

20 Maaiveld

Toepassing laserdata bovengrond in modellering: minder onzekerheden, steviger basis voor verbetermaatregelen

Nu steeds vaker heviger regenbuien vallen, willen steeds meer gemeenten behalve het ondergronds functioneren van de riolering ook de bovengrondse afstroming van neerslag en water op straat beter in beeld brengen. Maar hiervoor is zeer gedetailleerde informatie over het maaiveld nodig. De belangrijkste bronnen voor deze informatie zijn het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2) en het minder bekende Mobile Laser Mapping (MLM). Beide bieden interessante mogelijkheden en hebben eigen keuzecriteria, die in dit artikel aan bod komen. Ook krijgt u inzicht in de resultaten bij toepassing van AHN2- en MLM-gegevens in modelberekeningen. Het aantal onzekerheden blijkt af te nemen, waardoor de basis voor te bepalen (bovengrondse) verbetermaatregelen steviger wordt.

Inhoud

20.1 Inleiding

20.2 Beschikbare bronnen van maaiveldinformatie

20.3 Welke data kiezen voor modellering maaiveld?

20.4 Praktijkttest: effecten bij toepassing in modelberekeningen

20.5 Aandachtspunten voor gebruik AHN2 en MLM in praktijk

20.6 Toekomstige ontwikkelingen

20.7 Nabeschuwing

Auteurs

ing. Marcel Glasbergen (ARCADIS), marcel.glasbergen@arcadis.nl

ir. Michel Moens (ARCADIS), michel.moens@arcadis.nl

20.1 Inleiding

Nu steeds vaker heviger regenbuien voorkomen, neemt de behoefte toe om naast het ondergronds functioneren van rioolsystemen de bovengrondse afstroming van neerslag en water op straat beter in beeld te brengen. Traditionele rioleringsmodellen met putten, leidingen en kunstwerken zijn niet betrouwbaar zodra water boven het maaiveld komt. Hierin ontbreekt namelijk een goede procesmatige beschrijving van de interactie tussen riolering en maaiveld en van het gedrag van het water op het maaiveld. Daarom zijn geen zinnige uitspraken te doen over het effect van bovengrondse maatregelen. Om dat wel te kunnen, is zeer gedetailleerde informatie over het maaiveld en de ligging van de straatkolken nodig. Door de toename van rekencapaciteit en het verzamelen van betrouwbare gegevens over maaiveldhoogten en objecten in de ruimte, groeit de behoefte om het bovengrondse afstromingsproces beter in beeld te brengen.

| 265

0D-, 1D- en 2D-modellen

Het 1D rioleringsmodel berekent de 1-dimensionale ondergrondse afvoer in leidingen. Voor de bovengrond is binnen het stedelijk waterbeheer sprake van 0D-, 1D- en 2D-modellen. Hiermee wordt bedoeld:

- 0D, alleen berging op straat vanuit de putten, geen afstroming via de straat; rioolloop via de putten.
- 1D: 1-dimensionale afstroming via de straat geschematiseerd als open kanalen; rioolloop via de putten.
- 2D: 2-dimensionale afstroming via het maaiveld, rioolloop via de putten.
- 2D+: 2-dimensionale afstroming via het maaiveld, rioolloop via de kolken (en eventueel perceelaansluitingen).

Voor de combinatie van riolering en bovengrond spreken we van 1D/0D, 1D/1D, 1D/2D en 1D/2D+ modellen.

De traditionele 1D-rioleringsmodellen (1D/0D) zijn in principe betrouwbaar zolang de berekende waterstand onder maaiveld blijft. Zodra water op straat wordt berekend, geven de rekenresultaten slechts een indicatie van de ernst en omvang daarvan. Het model berekent ophoping van water bij de put waaruit het stroomt in plaats van spreiding over straat. Het water wordt opgezet in rekentechnische, kegelvormige reservoirs op de putten (zie figuur 20.1).



Figuur 20.1 Schematische weergave 1D-rioleringsmodel met 0D berging van water op straat.

Bovendien kan water op straat zich in de praktijk op heel andere locaties manifesteren dan de berekening aangeeft. Dit komt door de afstroming van neerslag over maaiveld en/of uittredend water dat zich bovengronds verspreidt. Niet zichtbaar is of het water binnen de banden blijft staan, het trottoir op- of afstroomt of tegen bebouwing aan blijft staan. Hierdoor is het effect van verbetermaatregelen of ingrepen in de openbare ruimte met onvoldoende zekerheid in te schatten. Zelfs als u een weg in het rekenmodel als 'goot' opneemt, is nog steeds sprake van een 1D-model, waardoor u de werkelijke situatie niet goed benadert.

Modellen met alleen een 2-dimensionale component (zoals maaiveldafstromingsmodellen) zijn ook minder geschikt, omdat de interactie met het ondergrondse rioolsysteem ontbreekt. Deze modellen bieden geen inzicht in de duur van water op straat en in knelpunten in de afvoer van het maaiveld naar de riolering via kolken. Ook het in- en uittreden van overtollig water via de riolering is met dergelijke modellen niet te simuleren. Door capaciteitsverschillen kan water op de ene plaats instromen en ergens anders weer uitstromen. Dit verschijnsel kan op een heel andere locatie voor problemen zorgen dan het maaiveldafstromingsmodel laat zien.

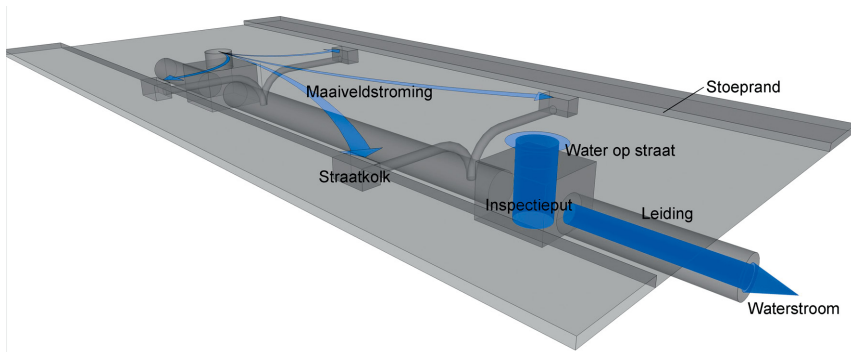
Het combineren van een 1D-rioleringsmodel met een 2D-maaiveldmodel (inclusief kolken: 1D/2D+) neemt de tekortkomingen van beide afzonderlijke modellen weg. Het over het maaiveld afstromende water komt via de regenwaterkolken in de riolering terecht. Als het riool onvoldoende bergings- en/of afvoercapaciteit heeft, treedt het overtollige water via de kolken uit de riolering en komt het op straat.



Figuur 20.2 Resultaat 1D/0D berekening



Figuur 20.3 Resultaat 1D/2D+-berekening



Figuur 20.4 Schematische weergave 1D/2D+-model.

20.2 Beschikbare bronnen van maaiveldinformatie

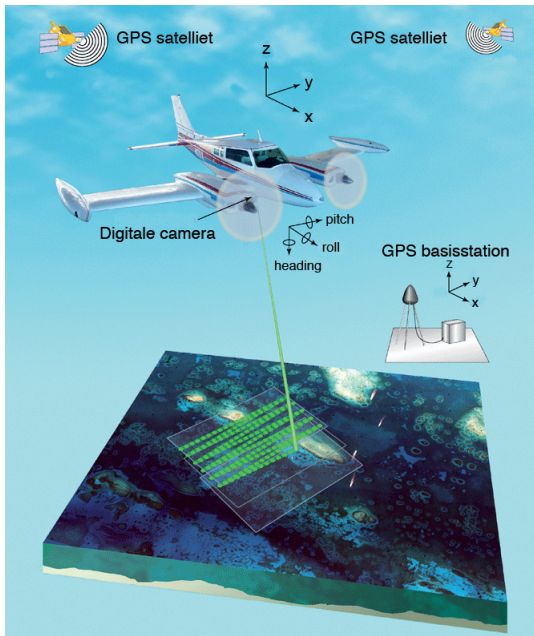
Voor elke beschrijving van het maaiveld zijn data nodig. De benodigde hoeveelheid en de mate van detail en betrouwbaarheid zijn afhankelijk van de toepassing. Zo is voor het modelleren van een droge rivierbedding minder gedetailleerde hoogte-informatie nodig dan voor het modelleren van de afstroming van neerslag naar een kolk in de straat.

Een grove schematisering van het maaiveld is eenvoudig te genereren uit de geïnspecteerde putdekselhoogten uit een rioolbeheerbestand. Meestal zijn deze ingemeten met gps-metingen of (nauwkeuriger) met waterpassing. Maar dit beeld van het maaiveld bevat onvoldoende details (is niet nauwkeurig genoeg) om de bovengrondse afstroming van water te beschrijven. Omdat kleine oneffenheden in het maaiveld de waterstroming behoorlijk kunnen beïnvloeden, zijn datasets met een hogere resolutie nodig.

Voor nauwkeuriger afstromingsberekeningen is detailinformatie nodig van de ligging van zowel maaiveld als kolken. In Nederland zijn momenteel het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2) en Mobile Laser Mapping (MLM) de belangrijkste bronnen van maaiveldinformatie. Beide gebruiken lasermetingen om de informatie te verzamelen. De nauwkeurigheid van deze metingen is voldoende voor gebruik in 1D/2D+-modellen. Andere databronnen (zoals stereoluchtfoto's of cycloramafoto's) zijn ook te gebruiken, maar minder geschikt vanwege een te lage resolutie en betrouwbaarheid.

AHN2

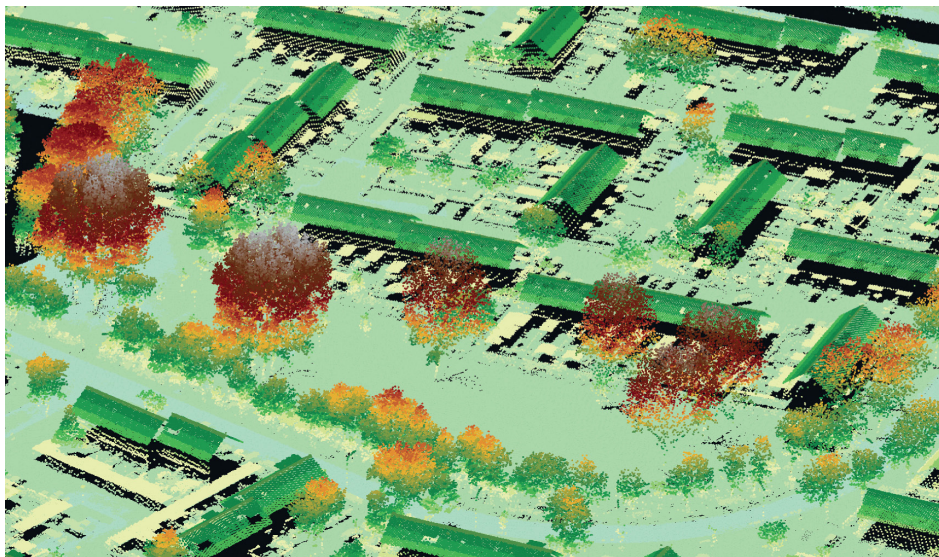
Het AHN2 is een vorm van Airborne Laser Scanning (ALS). De sensor is bevestigd aan een vliegtuig of helikopter, zodat in korte tijd een groot gebied is te scannen. Door de relatief grote afstand tot het maaiveld is de maximaal haalbare resolutie van de punten op het oppervlak lager dan bij metingen vanaf de grond. Bovendien zijn alleen de meest bovenopgelegen delen zichtbaar, doordat de aarde van bovenaf wordt bekeken.



Figuur 20.5 Inwinningstechniek ALS (Bron: USGS)

Objecten of oppervlakken onder een (af)dak, begroeiing of wolken zijn niet zichtbaar en worden niet gemeten. ALS is sterk weersafhankelijk. Bij bewolkt of nat weer is niet alles te detecteren, doordat de laser weerkaatst op waterdruppels en natte oppervlakken. Bij te harde wind kan überhaupt niet worden gevlogen.

Volledige vernieuwing van een landsdekkende AHN2 voor Nederland is kostbaar en vergt ook enkele jaren, omdat de data alleen tijdens de winterperioden (minste begroeiing) en op onbewolkte dagen is te vergaren. De updatefrequentie bedraagt zo'n 5 tot 6 jaar. De actualiteit van de data is afhankelijk van wanneer de gegevens zijn/ worden ingewonnen. Tot op heden gebeurde dat over het algemeen op het niveau van waterschappen. Het voormalige waterschap Zeeuwse Eilanden is in 2007 ingewonnen en een jaar later beschikbaar gekomen, terwijl bijvoorbeeld Roer en Overmaas in 2012 is ingewonnen en in 2013 beschikbaar is gekomen.



Figuur 20.6 Ongefilterd resultaat na invliegen AHN2 (meetpunten gekleurd op hoogte)

MLM

MLM is een vorm van Mobile Laser Scanning (MLS). Hierbij is de sensor bevestigd aan een rijdend voertuig. Door de lagere verplaatsingssnelheid en zeer korte afstand tot het te meten oppervlak is de resolutie zeer hoog. De nauwkeurigheid van de positiebepaling van het voertuig (gps) is gelijk aan die bij ALS.

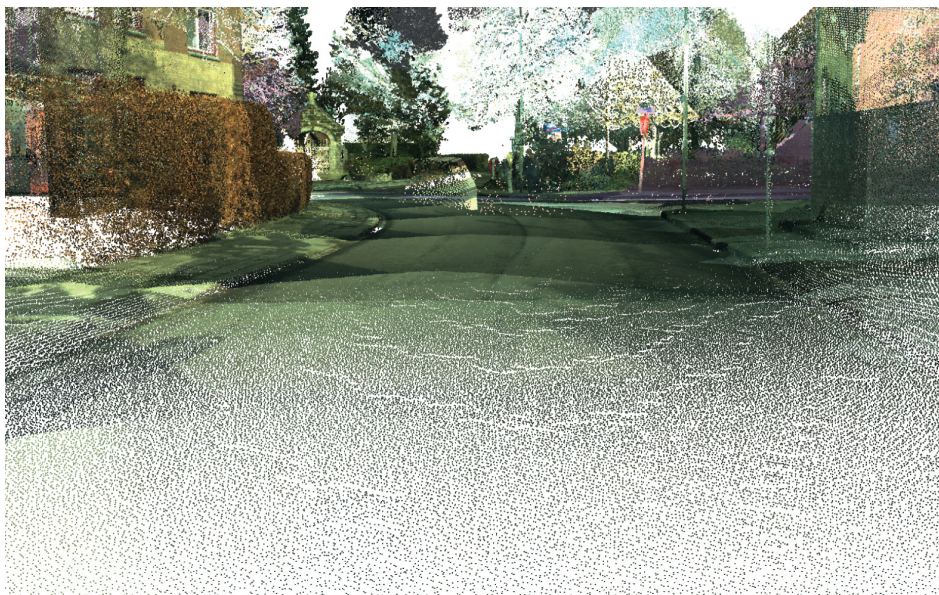
Doordat het geheel vanaf de grond wordt bekeken, zijn ook objecten onder een afdak en onder bomen te detecteren. De keerzijde is dat alleen de meest vooraangelegen delen van objecten zichtbaar zijn. Plaatsen waar het voertuig niet kan komen (afgesloten terreinen, achtertuinen, te smalle straten) en objecten achter muurtjes, borden, schermen of begroeiing neemt hij niet mee.



Figuur 20.7 Inwinningstechniek MLS

MLS is minder afhankelijk van het weer dan ALS en seizoensonafhankelijk. Ook bij bewolkt weer, harde wind en zelfs 's nachts kan het voertuig zijn werk doen. Alleen bij regen, sneeuw en/of plasvorming is MLS niet mogelijk. Dit komt doordat druppels of sneeuwvlokken het zicht van de sensoren ontnemen en waterplassen de werkelijke hoogte afschermen.

De relatief lage kosten en seizoensonafhankelijkheid maken een updatefrequentie van minder dan een jaar goed mogelijk. Bijkomend voordeel hiervan is dat ook een uitspraak is te doen over bijvoorbeeld maaiveldverzakkingen. Afhankelijk van de hoeveelheid ingewonnen data zijn bruikbare gegevens binnen 2 tot 3 maanden beschikbaar.



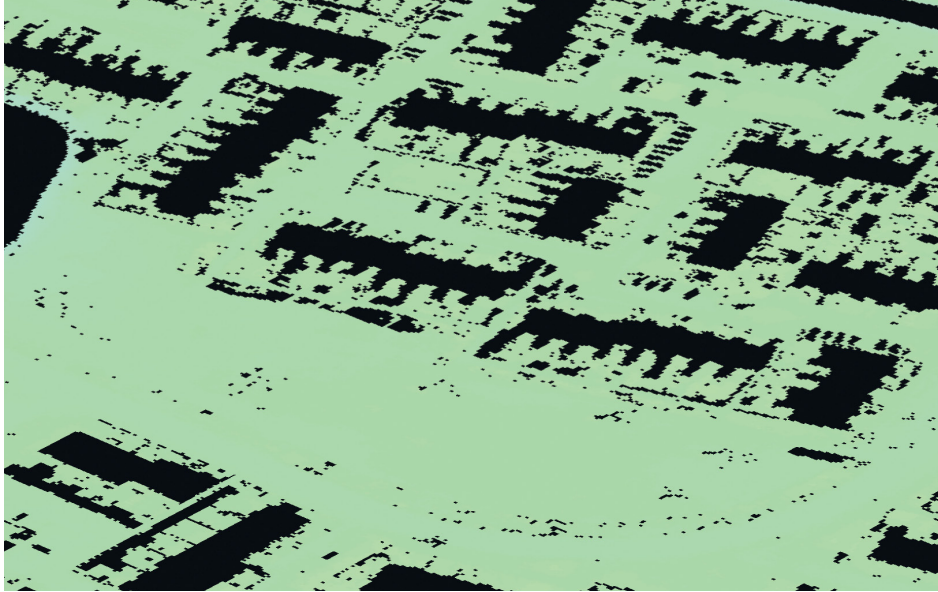
Figuur 20.8 Ongefilterd resultaat na rijden MLM (punten gekleurd op foto's)

Correcties

De data van beide technieken zijn na inwinning niet meteen te gebruiken. Eerst moeten de gegevens worden gecorrigeerd op onvolkomenheden door de bewegingen van het vliegtuig dan wel voertuig. Ook moeten alle objecten die niet tot het maaiveld behoren er nog uit worden gefilterd, zoals bomen en auto's.

Correctie AHN2

De vluchtgegevens worden gebruikt om alle ingewonnen datapunten binnen een strook van circa 400 meter breed te corrigeren op de bewegingen van het vliegtuig, zoals hoogteverschillen en verdraaiingen. Door paspunten (nauwkeurig ingemeten controlepunten) op de grond te gebruiken, worden de verschillende losse stroken op juiste hoogte gebracht. De stroken worden op elkaar aangesloten door overlappende punten en/of objecten (vooral zadeldaken) te gebruiken. De datapunten worden automatisch ingedeeld in de categorieën maaiveld en niet-maaiveld (zoals begroeiing en bebouwing). Waar nodig wordt dit met de hand bijgewerkt. Van de maaiveldpunten wordt uiteindelijk een rasterbestand gemaakt, dat bestaat uit vakken van 5 x 5 meter of 0,5 x 0,5 meter met elk één hoogtewaarde. Van de AHN2 zijn zowel de maaiveld- als niet-maaiveldpunten beschikbaar. De correctie en filtering zijn al op de data uitgevoerd en de AHN2 is dan ook als gecorrigeerd bestand beschikbaar.

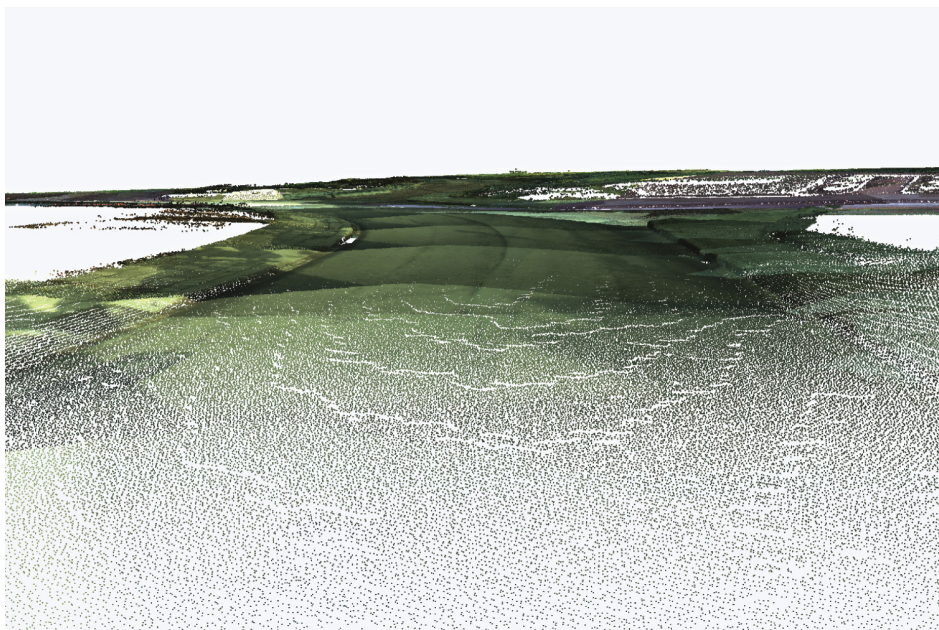


Figuur 20.9 Voorbeeld terrein na filtering, correctie en omzetting van de individuele meetpunten naar een 0,5 x 0,5 0m grid AHN2

Correctie MLM

Omdat het doel van een MLM-opname is om een zo nauwkeurig mogelijke 3D-opname van de buitenruimte te maken, blijven alle datapunten behouden in het eindproduct. MLM beperkt zich dus niet alleen tot het maaiveld. Ook bij deze techniek worden eerst alle ingewonnen datapunten van een opname gecorrigeerd op de bewegingen van het voertuig. Hier worden afzonderlijk ingemeten paspunten gebruikt om de ingemeten puntenwolk op de juiste hoogte te brengen. Binnen de bebouwde kom zijn hiervoor bijvoorbeeld putdekselhoogten te gebruiken (mits nauwkeurig bekend). In tegenstelling tot AHN2 vindt geen vergaande controle of filtering van de datapunten plaats, omdat de puntenwolk als geheel het eindproduct vormt. De gebruiker moet zelf een verdere classificatie (laten) uitvoeren voor toepassing in rioleringsmodellering.

Bij beide inwinningstechnieken is na de eerste correctieronde een tweede slag nodig om te filteren: wat is maaiveld en wat niet. Bij AHN2 heeft deze slag bij oplevering al plaatsgevonden. De gebruikte softwarepakketten zijn in het algemeen ontwikkeld voor filtering (op basis van statistische filtermethoden) van ALS-bestanden. Maar vanwege de enorme hoeveelheid data kunnen deze pakketten niet altijd een MLM-bestand voor 100% geautomatiseerd filteren. Volledig automatische filtering zou voor MLM leiden tot een onacceptabel verlies aan punten of zou er juist voor zorgen dat foutieve data behouden blijven. Daarom is vrijwel altijd nog een zekere handmatige opschoning



Figuur 20.10 Voorbeeld terrein na filtering en correctie MLM

nodig om ook de laatste restjes ongewenste datapunten te verwijderen. MLM is dus in zekere zin bewerkelijker voor de gemeente dan AHN2, hoewel deze opschoning vrijwel altijd binnen de opdracht voor inwinning wordt uitgevoerd en daarmee voor een gemeente zelf geen werk betekent.

20.3 Welke data kiezen voor modellering maaiveld?

Bij de modellering van het maaiveld kunt u kiezen voor data van ALS- of MLS-systemen, of voor een combinatie. Die keuze hangt voornamelijk af van de beschikbaarheid van data en/of beoogde toepassing. Het gebruik van MLS om louter aan maaiveldhoogten voor rioleringsmodellering te komen, zal bij de gemeente niet veel draagvlak vinden. Bekijk daarom of deze informatie ook voor andere afdelingen interessant is. Denk aan koppeling met bijvoorbeeld de BGT (Basisregistratie Grootschalige Topografie) om zo een driedimensionale weergave van de stad te genereren. Hiervoor zijn vele gebruiksmogelijkheden te bedenken, zoals het bepalen van dakvormen voor zonnepanelen of groene daken en akoestische studies. Andersom kunt u natuurlijk ook meeliften op MLS als dit voor andere doeleinden wordt uitgevoerd, zoals controle van bouwvergunningen. De AHN2 is door iedereen aan te schaffen. Ook hebben de waterschappen en Rijkswaterstaat, opdrachtgevers voor de AHN, de beschikking over de AHN voor hun beheersgebied en kunnen deze, bijvoorbeeld op projectbasis, ter beschikking stellen.

Als beide datasets beschikbaar zijn, kunt u een verdere afweging maken op basis van kwaliteit. De betrouwbaarheid van zowel AHN2- als MLM-datasets hangt samen met de systematische fout, de relatieve fout en een eventuele interpolatie.

De systematische fout in de hoogtemeting ontstaat door de (on)nauwkeurigheid van het GPS-systeem en bedraagt circa 5 cm. Dit levert een hoogtefout op ten opzichte van NAP (plus of min 5 cm ten opzichte van de werkelijke hoogte).

De relatieve (of stochastische) fouten – onjuiste hoogteverschillen tussen twee naastliggende meetpunten – zijn voor beide technieken verschillend. Deze fouten ontstaan door de ruis op het signaal als gevolg van bijvoorbeeld wolken of luchtvervuiling. Voor AHN2 is de stochastische fout 5 cm. Uitgaande van een normale verdeling betekent dit dat minimaal 68,2% van de punten binnen een stochastische fout van 5 cm valt (1 maal de standaarddeviatie), minimaal 95,4% binnen een fout van 10 cm (2 maal de standaarddeviatie) en minimaal 99,7% binnen een fout van 15 cm (3 maal de standaarddeviatie). De beide fouten samen betekenen dat met een betrouwbaarheid van 95,4% een AHN2-meetpunt maximaal 15 cm (5 cm systematisch en 10 cm stochastisch) van de werkelijkheid afwijkt.

| 275

Bij MLM is de stochastische fout 1,5 cm. Hiervoor geldt dan dat met een betrouwbaarheid van 95,4% een MLM-meetpunt maximaal 8 cm (5 cm systematisch en 3 cm stochastisch) van de werkelijkheid afwijkt. De MLM-meetpunten hebben dus een beduidend hogere nauwkeurigheid. Door de conversie van de individuele AHN2-meetpunten naar een raster wordt de systematische fout kleiner (middeling van de waarden).

AHN2

In tegenstelling tot MLM zijn bij AHN2 ook data beschikbaar van bijvoorbeeld achtertuinen en wegen/paden die voor een auto ontoegankelijk zijn. Met gemiddeld 8 punten per m² is de AHN2 vooral geschikt om hoogten toe te kennen aan lijnen en vlakken die al in 2D-tekeningen aanwezig zijn of die in kaart worden gebracht met hogeresolutieluchtfoto's.

Object- en/of vormherkenning uit de hoogte-informatie is met AHN2 beperkt tot relatief grote, homogene vlakken, zoals weggedeelten en daken. Stoepranden en kleine objecten (zoals paaltjes of betonnen bloembakken) zijn gemakkelijk te missen of verkeerd te interpreteren. Datzelfde geldt voor de helling en hoogte van kleine oppervlakken, zoals in- en uitritten en korte verkeersdrempels. Met extra bestanden (bijvoorbeeld de grootschalige basiskaart Nederland (GBKN), de basisregistratie grootschalige topografie (BGT) of een vlakkenkaart) zijn de datapunten makkelijker te interpreteren. De locatie van de objecten is dan al bekend, waardoor er alleen een hoogte aan hoeft te worden toegekend.

MLM

Afhankelijk van de snelheid waarmee het voertuig zich verplaatst, is met MLM een horizontale resolutie te behalen van 1 meetpunt per cm², ofwel 10.000 meetpunten per m². Het maximale meetbereik bedraagt circa 100 meter vanaf het voertuig. In een MLM-puntenwolk zijn nagenoeg alle objecten en vormen in de buitenruimte te herkennen en op te meten. Dit varieert in schaalgrootte van de voegen in trottoirverharding tot boomkruinen en gevels. Eventueel is met aanvullende lasermetingen een completer beeld te krijgen op plaatsen waar de auto niet kan komen.

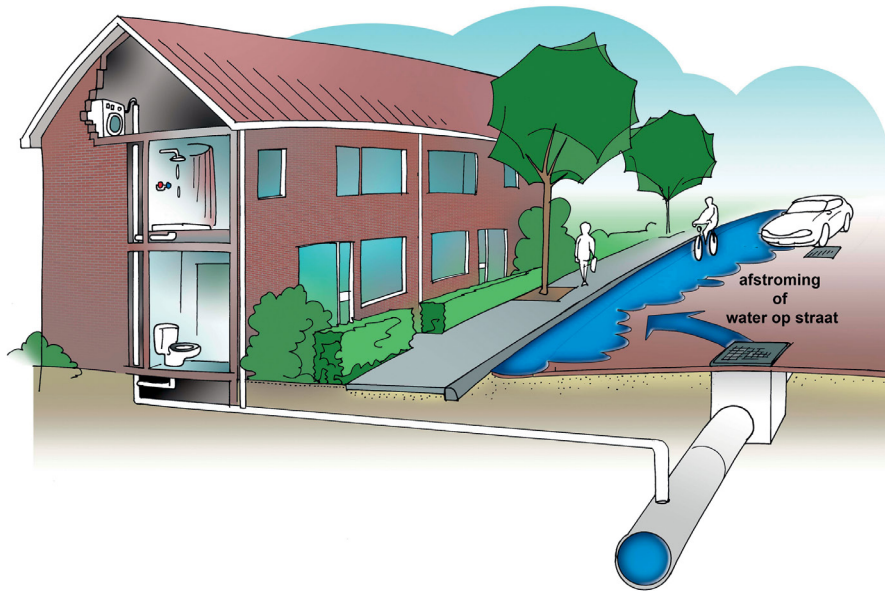
In tabel 20.1 staan de verschillen en overeenkomsten tussen AHN2 en MLM.

Tabel 20.1 Samenvatting verschillen en overeenkomsten AHN2 en MLM

	AHN2	MLM
Leverancier	Rijkswaterstaat en waterschappen	Private partijen
Inwinningssnelheid	Groot gebied in korte tijd	Klein gebied in korte tijd
Resolutie	3 x 3 meetpunten per m ²	100 x 100 meetpunten per m ²
Meetbereik	Alleen meest bovenopgelegene delen	Alleen meest vooraangelegene delen (per auto bereikbaar)
Weers- en seizoensafhankelijkheid	Niet bij bewolkt of nat weer of bij harde wind Alleen in winterperiode	Niet bij regen, sneeuw of plasvorming Hele jaar door
Updatefrequentie	1 x per 5 tot 6 jaar	1 x per jaar of vaker
Correctie + filtering	Al uitgevoerd	Nog niet uitgevoerd, puntenwolk is eindproduct
Identificatie wel/geen maaiveld	Al uitgevoerd	Nog niet uitgevoerd
Maximale afwijking met betrouwbaarheid van 95,4 %	15 cm	8 cm
Object- en vormherkenning/helling en hoogte van kleine oppervlakken	Kleine objecten beperkt/niet zichtbaar	Alles is zichtbaar en meetbaar (binnen meetbereik)
Opbouw terreinmodel	Raster	Puntenwolk

20.4 Praktijktest: effecten bij toepassing in modelberekeningen

Om inzicht te krijgen in de effecten van de verschillen in resolutie en nauwkeurigheid, zijn de 1D/2D en 1D/2D+-modelberekeningen in InfoWorks ICM (Integrated Catchment Management) uitgevoerd voor vier verschillende scenario's. Gekozen is voor 2D en 2D+ (inclusief kolken), omdat anders problemen ontstaan met de inloop (2D+) danwel terugloop (2D en 2D+) van water in de riolering. Zonder de kolken kan het afstromende water de riolering niet in en ontstaat een vertekend beeld (zie figuur 20.11).



Figuur 20.11 Water kan de riolering niet in door het ontbreken van kolken

Met een AHN2- en een MLM-dataset is eenzelfde gebied doorgerekend met een 2D+-rekenmodel in InfoWorks ICM. De hierna genoemde stappen en/of uitgangspunten zijn dan ook specifiek voor deze software. Beide datasets zijn op vier verschillende manieren vertaald in een maaiveldmodel in InfoWorks ICM:

- 1 AHN2-gridcellen van 0,5 x 0,5 m.
- 2 AHN2-gefilterde (maaiveld)meetpunten.
- 3 MLM-gefilterde (maaiveld)meetpunten.
- 4 AHN2- en MLM-gefilterde (maaiveld)meetpunten.

Voor elk van deze scenario's is alleen het maaiveldmodel anders. Alle andere randvoorwaarden (zoals 1D-rioleringsmodel en neerslag) en het 2D+ -rekenmodel (rekencelgrootte) zijn voor alle situaties gelijk.

Voor elk van de vier scenario's zijn twee verschillende afstromingsmodellen gehanteerd, die het onderscheid vormen tussen 2D en 2D+:

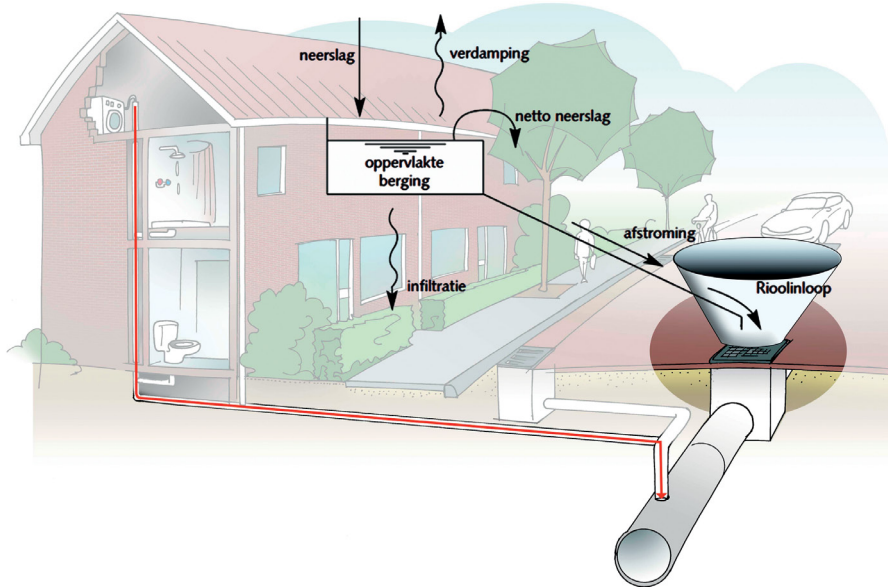
- 1 2D - Sterk geschematiseerd afstromingsmodel waarbij de neerslag via inloopparameters direct wordt vertaald naar inloop in de inspectieputten.
- 2 2D+ - Gedetailleerd afstromingsmodel waarbij de neerslag via het (on)verharde oppervlak afstroomt naar de laagste punten. Voor neerslag op bebouwing is wel het sterk geschematiseerde afstromingsmodel gebruikt.

In beide gevallen zijn wel de kolken opgenomen. In het eerste geval kan het water via de kolken weer de riolering instromen als er water op straat is opgetreden. In het tweede geval loopt ook de neerslag over het maaiveld naar de kolken en zo de riolering in.

In de eerste situatie is het traditionele NWRW-inloopmodel gebruikt. Hierbij wordt neerslag via een eenvoudig bakjesmodel met berging, verdamping, infiltratie en afstromingsvertraging vertaald naar inloop in de riolering. Water komt pas op het maaiveld zodra de capaciteit van de riolering wordt overschreden.

In de tweede situatie is de optie gebruikt om neerslag direct op het maaiveld te laten vallen. Hierbij wordt aangenomen dat de bebouwing wel via het NWRW-inloopmodel direct in de riolering loost (aansluiting op de riolering via de huisaansluiting). Water dat op verhard en onverhard oppervlak valt, stroomt over het maaiveld naar het laagste punt (vaak de kolken) en belast zo het rioolstelsel. Ook hier wordt rekening gehouden met verdamping en infiltratie. Berging wordt meegenomen in de maaiveldhoogte (verlagingen die niet leegstromen) en de afstromingsvertraging is gerelateerd aan een stromingsweerstand. Het gebruik van een weerstandscoefficiënt (bijvoorbeeld op basis van Manning) resulteert in een ruimtelijk gevarieerde afstromingsvertraging.

278 |



Figuur 20.12 Weergave NWRW-inloopmodel en OD-berging van water op straat (in trechter).

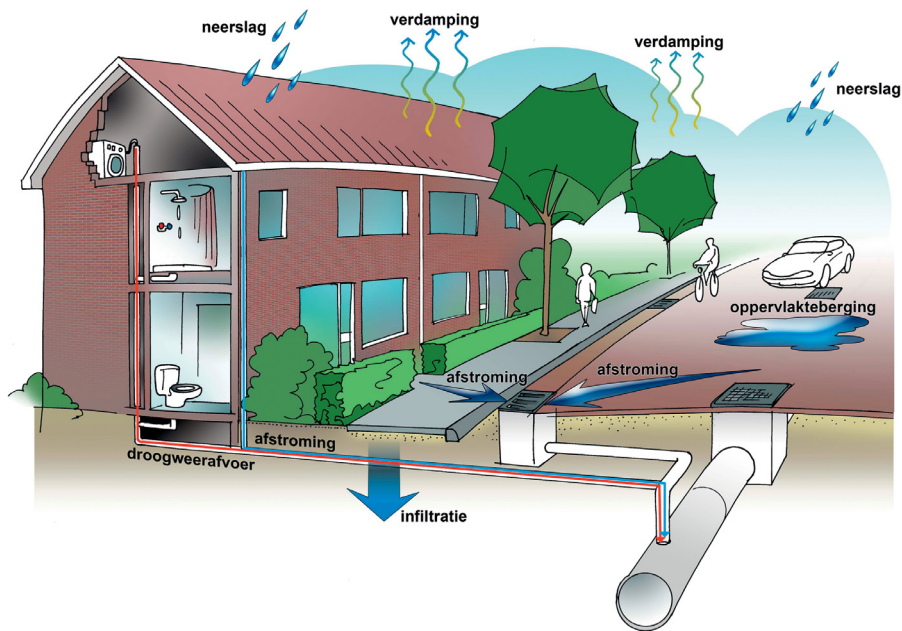
De belangrijkste verschillen met het geschematiseerde afstromingsmodel houden verband met de toestroom naar en instroom in kolken. Door oneffenheden in het maaiveld of obstakels kan het zijn dat water kolken bijvoorbeeld niet kan bereiken. Ook als een kolk de hoeveelheid water niet kan verwerken, stroomt het water verder naar een volgend laagstgelegen punt. In de berekeningen is geen rekening gehouden met eventuele vervuiling van kolken, maar de methode biedt hiertoe wel mogelijkheden.

De vier scenario's zijn zowel met het sterk geschematiseerde als met het gedetailleerdere afstromingsmodel doorgerekend met bui 8 uit module C2100 van de Leidraad riolering. Deze bui komt gemiddeld eens per twee jaar voor en leidt in korte tijd (circa 1 uur) tot een forse afstroming van het (on)verharde oppervlak.

Resultaten met sterk geschematiseerd afstromingsmodel (NWRW)

| 279

De berekeningsresultaten voor de vier scenario's lijken grotendeels redelijk overeen te komen. Wel zit een duidelijk verschil tussen scenario 3 (alleen MLM-data) en de andere scenario's. Bij scenario 3 treedt in de achtertuinen geen water op straat op. Dit komt door het gebrek aan maaiveldinformatie, de hoogtegegevens zijn hier geïnterpoleerd op basis van omliggende hoogtemetingen.

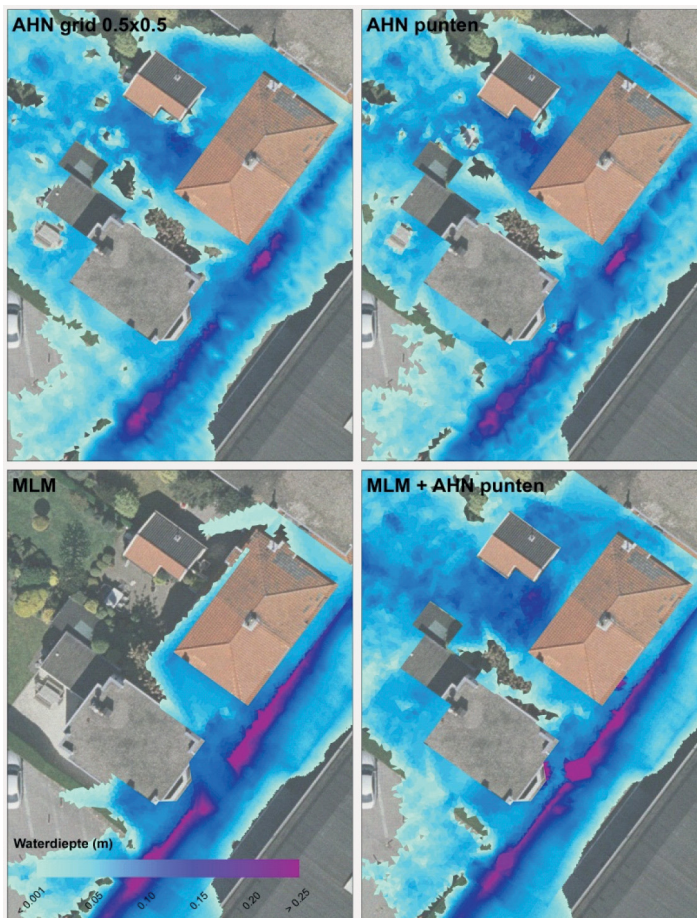


Figuur 20.13 Gedetailleerd 2D afstromingsmodel

Meer in detail zijn kleine verschillen zichtbaar voor water-op-sstraatlocaties en de optredende maximale waterdiepte. Vooral voor scenario's 3 en 4 (respectievelijk MLM en MLM + AHN) ziet het resultaat er 'natuurlijker' uit. Het water lijkt zich veel meer te concentreren in de goten dan bij gebruik van alleen AHN2. Dit is een gevolg van de gedetailleerder hoogte-informatie en daarmee het gedetailleerder beeld van het wegprofiel. De AHN2-data zijn te grof om het maaiveld tot op gootniveau altijd goed te modelleren. Dit is ook het geval bij gebruik van meetpunten in plaats van het raster van 0,5 x 0,5 m.

Duidelijke verschillen tussen de scenario's zijn met name zichtbaar bij de stoepranden. Dit is deels te verklaren uit de aanwezigheid van geparkeerde auto's. Waar een auto

280 |

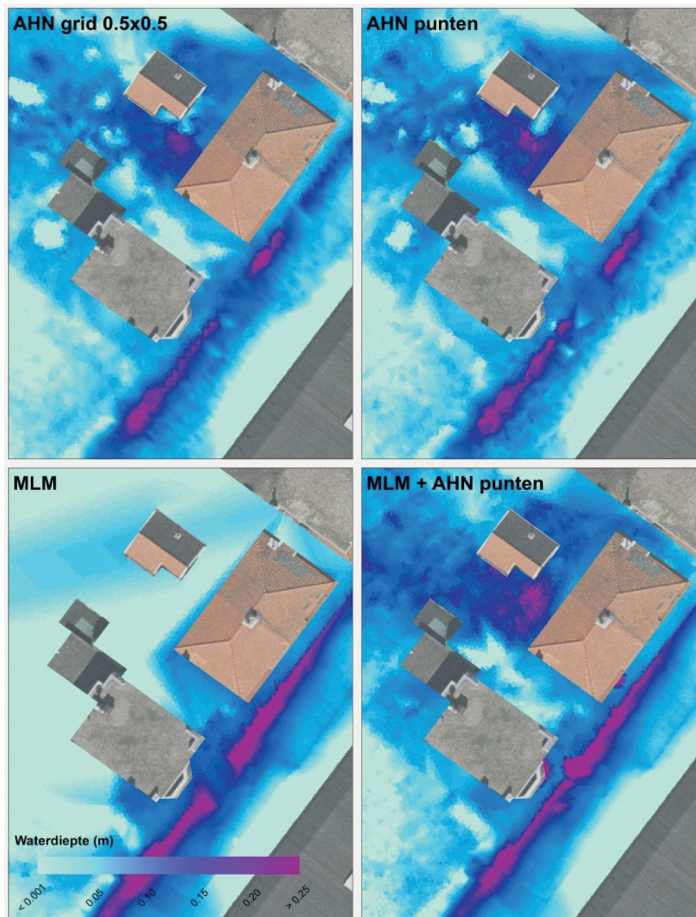


Figuur 20.14 Resultaat scenarioberekeningen met (NWRW-)afstromingsmodel (inloop via de putten).

staat, is bij zowel de AHN2- als MLM-data geen maaiveldinformatie beschikbaar en is geïnterpoleerd op basis van omliggende data. Aangezien de hoogtedata op verschillende momenten zijn ingemeten, kunnen de posities van geparkeerde auto's verschillen. Dit is deels te ondervangen door beide databronnen te combineren.

Resultaten met gedetailleerd afstromingsmodel

Ook hier zijn de resultaten van de scenario's redelijk vergelijkbaar en wijkt scenario 3 (alleen MLM-data) duidelijk af bij de achtertuinen. Maar in tegenstelling tot het geschematiseerde afstromingsmodel is nu overal sprake van een zekere hoeveelheid water die over maaiveld stroomt. De neerslag valt direct op het 2D-model en stroomt daarna pas de riolering in. Aan de oost- en zuidzijde lijkt de maximale waterdiepte in de goten bij



Abbeelding 20.15 Resultaat scenarioberekeningen met gedetailleerd 2D afstromingsmodel (inloop via de kolken (wegen en onverhard) en putten (bebouwing)).

AHN2 groter dan bij MLM. In deze situatie is het gebrek aan detailniveau bij de goten nu beter zichtbaar. Ook in de achtertuinen is nu duidelijk meer water zichtbaar. Dit is vooral goed te zien als de resultaten meer in detail worden bekeken.

Samenvattend is te stellen dat een gedetailleerd afstromingsmodel met gebruik van MLM-data een iets realistischer beeld geeft van de omvang en locatie van water op straat (op de locaties waar data beschikbaar zijn) dan een gedetailleerd afstromingsmodel en AHN2-data. Belangrijkste conclusie is dat beide databronnen elkaar kunnen versterken. AHN2-data zijn te gebruiken voor die delen waar MLM niet kan komen, en andersom. Samen vormen ze een completer beeld dat bij gebruik van een gedetailleerd afstromingsmodel de werkelijkheid redelijk benadert. Dit gaat vooral op voor achtertuinen waar MLM niet kan komen en AHN2 wel.

20.5 Aandachtspunten voor gebruik AHN2 en MLM in praktijk

- Gebruik eenzelfde derde dataset om correcties door te voeren bij MLM + AHN2.
- Interpolatie naar een grid verhoogt de betrouwbaarheid van een AHN2-meting.
- De relatief lage updatefrequentie van AHN2 kan leiden tot fouten.
- Het gebrek aan MLM-data in met name achtertuinen noopt tot gebruik van aanvullende data.

Toelichting

Bij het gebruik van zowel AHN2 als MLM is het verstandig beide datasets te corrigeren (als het ware kalibreren) op basis van eenzelfde (gecontroleerde) derde dataset, zoals inspectieputhoogten of waterpassingen. Dit voorkomt (zo veel mogelijk) dat beide hoogtebestanden niet op elkaar aansluiten door verschillen in de foutmarge van hoogtemetingen. Met een betrouwbaarheid van 95,4% wijkt een AHN2-meetpunt maximaal 15 cm af van de werkelijkheid, een MLM-meetpunt 8 cm. In theorie zouden twee naastliggende punten van de beide sets maximaal 23 cm van elkaar kunnen afwijken. Met een derde dataset met in hoogte overeenkomstige punten wordt dit verschil kleiner.

De updatefrequentie van AHN2 is laag. Bij nieuwe ontwikkelingen in hoog intensief stedelijk gebied (zoals wegrenovatie en herinrichting) kan dit leiden tot fouten in het hoogtemodel ten opzichte van de actuele situatie. MLM is dynamischer en biedt meer kansen om de hoogtegegevens actueel te houden. Denk hierbij aan een opleveringscan met een statische laser na bijvoorbeeld een wegrenovatie. Dit kan ook met AHN2 als basis, waarbij deze wordt geactualiseerd met de nieuwe informatie.

Het gebruik van alleen MLM-data is geschikt zolang het modelgebied beperkt blijft tot de gebieden waar ook meetpunten aanwezig zijn. Doordat er geen data zijn voor bij-

voorbeeld achtertuinen, ontstaat daar een interpolatie die weinig aansluiting heeft met de werkelijkheid. De combinatie van MLM en AHN lijkt hier een praktische oplossing.

20.6 Toekomstige ontwikkelingen

Naar verwachting zal het inwinnen van hoogtegegevens zich de komende tijd niet snel ontwikkelen. De huidige ALS- en MLS-systemen werken goed. Een toename in ruimtelijke resolutie zou wellicht nog van belang kunnen zijn. Dit is met MLM te bereiken door meer scanners op het voertuig te plaatsen. Voor water-op-sraatsimulaties heeft dit weinig toegevoegde waarde, de huidige hoeveelheid punten is vaak al te groot voor de rekensoftware en/of computercapaciteit die nu beschikbaar is.

De grootste vooruitgang is nog te boeken op het gebied van (automatische) verwerking van laserdatasets, bijvoorbeeld door objectherkenning. Automatische objectherkenning is waardevol bij de verschillende correctiestappen en komt het uiteindelijke gebruikersgemak ten goede. MLS-systemen die op het spoor worden gebruikt, filteren bijvoorbeeld al automatisch portalen uit de data.

| 283

20.7 Nabeschouwing

Waar circa tien jaar geleden nog enige scepsis heerste rondom gedetailleerde afstromingsberekeningen voor water-op-sraatsimulaties, lijkt de tijd nu wel rijp voor de toepassing ervan. Niet zozeer vanwege een significant verschil in het te verkrijgen inzicht, maar vanwege een betere verhouding tussen benodigde inspanning en resultaat. Het AHN2 is voor heel Nederland beschikbaar en steeds vaker worden nieuwe meettechnieken als MLM gebruikt om de omgeving nauwkeurig in beeld te brengen. Het is slechts een kwestie van tijd dat de rekencapaciteit voldoende is voor grotendeels gautomatiseerde verwerking van de enorme hoeveelheid gegevens. De data zijn beschikbaar en de rekenmodellen zijn erop toegerust, dus waarom zouden we die niet gebruiken?

Afgezien van enkele haken en ogen tekent de meerwaarde van 1D/2D+-rekenmodellen ten opzichte van alleen 0D-, 1D- of 2D-rekenmodellen zich langzaam af. Het gebruik van 1D/2D+-rekenmodellen geeft een realistischer beeld van de werkelijke situatie, waarbij de resultaten ook sneller tot de verbeelding spreken. Door AHN2 met meer nauwkeurige MLM-hoogtemetingen te combineren, ontstaat de beste benadering. Bij een goed beschreven buisstroming in de riolering neemt het aantal onzekerheden in rioleringsberekeningen met de toepassing van 1D/2D+-modellen verder af. Hierdoor wordt de basis voor een vergelijking met praktijkmetingen steviger en daarmee ook de zekerheid over te bepalen (bovengrondse) verbetermaatregelen.