



Bert Palsma, STOWA  
Henk van Wieringen, DHV  
Wouter Stapel, DHV

# Is het op de riolering aangesloten verharde oppervlak te valideren?

**Het op de riolering aangesloten verharde oppervlak speelt een grote rol in allerlei processen, zoals de stedelijke wateropgave, het ontwerpen van randvoorzieningen en afvoercapaciteitsberekeningen. Ondanks forse inspanningen om de omvang vast te stellen met behulp van digitale plattegronden - Grootschalige BasisKaart Nederland (GBKN) - blijven toch vaak twijfels bestaan. De hemelwaterafvoer-analysesystematiek (HAAS) geeft snel inzicht of deze twijfels terecht zijn. HAAS geeft een indicatie van de omvang van het aangesloten oppervlak en de hoeveelheid regenwater die door de riolering wordt afgevoerd.**

**H**et ontwerpen van riolering was tot voor enkele jaren geleden voornamelijk gebaseerd op theoretische uitgangspunten en aannamen. De laatste jaren wordt echter routinematig veel meer gemeten aan debieten van gemalen en rwzi's. Deze metingen geven de gelegenheid om het werkelijk functioneren van de riolering te analyseren en te toetsen aan de theoretische ontwerpuitgangspunten. Eén van de belangrijkste ontwerpuitgangspunten voor de riolering is de omvang van het op de riolering aangesloten verharde oppervlak. Hieraan worden veel berekeningen en maatregelen opgehangen, zoals hydraulische afvoercapaciteitsberekeningen voor de rioolstelsels, emissieberekeningen

van overstortingen op oppervlaktewater, de afnameverplichting voor de afvoer naar de rwzi's, de omrekening van de berging naar millimeter, optimalisatiestudies van de afvalwaterketen, afkoppelsenario's voor verharde oppervlakken en de stedelijke wateropgave voor oppervlaktewater voor berging, peilstijgingen en afvoer.

De HAAS-methode is mede gericht op een signaalwerking voor een correcte omvang van het aangesloten verharde oppervlak. Aan de hand van gemeten dagsommen is een inschatting te maken van het aangesloten verharde oppervlak. De methode is complementair aan de reeds veelvuldig toegepaste DWAAS-methodiek<sup>1)</sup>. Richt DWAAS zich

op de toetsing van de theoretische droogweerafvoer met algemeen beschikbare gegevens, HAAS richt zich met dezelfde gegevens op de regenwaterafvoer en de toetsing van de omvang van het op de riolering aangesloten oppervlak.

## Uitvoering onderzoek

Het onderzoek is uitgevoerd met analyses op zes casussen. Meerdere methodieken en analyses zijn getoetst op bruikbaarheid en toegepast op rioolstelsels van Almere, Boxtel, Emmen, Epe, Wageningen en 's-Hertogenbosch. Vertegenwoordigers van deze gemeenten en van de waterschappen Aa en Maas, Brabantse Delta, De Dommel, Velt en Vecht, Vallei & Eem, Veluwe en Zuiderzeeland hebben aan de begeleidingscommissie van het HAAS-onderzoek deelgenomen. Gezamenlijk hebben ze gegevens voor de

## Is dit verhard oppervlak geïnventariseerd?



De hemelwaterafvoeranalyse is in opdracht van STOWA door DHV ontwikkeld. Zes waterschappen en zes gemeenten hebben ieder hun specifieke casus aangedragen. Deze concrete situaties zijn tijdens het project met HAAS geanalyseerd. Daarnaast zijn berekeningen gemaakt met het NWRW-inloopmodel om gevoeligheden van omgevingsfactoren af te tasten en een parameter te identificeren die als indicatie kan dienen voor de omvang van het aangesloten oppervlak. In dit artikel worden dit onderzoek en de resultaten besproken. Het volledige rapport is gepubliceerd door STOWA<sup>2)</sup>.

casussen aangedragen en bijgedragen aan de ontwikkeling van de methodiek.

## De basis voor HAAS

Met het NWRW-inloopmodel en oppervlakteverdeling (40 procent dak hellend, 30 procent open verharding, 20 procent gesloten verharding en tien procent plat dak) en gemiddelde literatuurwaarden<sup>3),4),5),6)</sup> voor infiltratie in open verhardingen en voor plasvorming, zijn met de tienjarige regenreeks van De Bilt (1955-1964, 15 minuten tijdsinterval) waterbalansen berekend per bui en per jaar waaruit de riolinloop is berekend. De riolinloop is uitgedrukt met de afvloeiingscoëfficiënt C: de verhouding van de hoeveelheid neerslag die door de riolering wordt afgevoerd en de hoeveelheid die op het verharde oppervlak is gevallen. C kan als volgt worden uitgedrukt:

$$C = \frac{\text{riolinloop}}{\text{neerslag}}$$

Gebleken is dat op bui-niveau geen consistentie is te vinden in de afvloeiingscoëfficiënt C. De waarden vertoonden een willekeurige variatie, doordat de inloop per bui afhankelijk is van te veel processen, zoals de initiële condities, neerslagintensiteit, -duur en -spreiding.

Wél is gevonden dat de jaargemiddelde fractie van de neerslag van het op de riolering aangesloten verharde oppervlak (riolinloop) redelijk constant blijft. Dit jaargemiddelde blijkt, met literatuurwaarden voor de parameters, te variëren tussen 55 en 60 procent (C = 0,55 tot 0,60).

Belangrijk hierbij is dat de gebruikte neerslagreeks uitgesproken droge en natte jaren bevat en dat desondanks de jaargemiddelde afvloeiingscoëfficiënt nauwelijks varieert (zie tabel 1). Opmerkelijk zijn ook de twee natte jaren 1957 en 1960 die een vrijwel gelijke riolinloop vertonen bij geheel verschillende percentages voor de overstromingen.

De constatering dat de riolinloop relatief weinig varieert over in neerslag verschillende jaren, vormt de basis voor HAAS.

Overige resultaten en bevindingen met de modelberekeningen over de tienjarige regenreeks zijn:

- Afstroming van neerslag van onverhard oppervlak verhoogt de gemaalafvoer op jaarbasis nauwelijks (een of twee procent). Wél kunnen de overstortende hoeveelheden verdubbelen door deze additionele belasting van het stelsel. De oorzaak hiervan is dat afstroming van neerslag van onverhard en overstorting vaak gelijktijdig optreden;
- De jaargemiddelde afvloeiingscoëfficiënt is gevoelig voor het percentage open verhardingen binnen het totaal aan afstromend oppervlak. Plasvorming en infiltratie bij dit type oppervlak verhogen de neerslagverliezen en verlagen daardoor de riolinloop. De HAAS-methodiek houdt hier rekening mee door een correctie toe te passen op de jaargemiddelde afvloeiingscoëfficiënt bij een duidelijk van 30 procent afwijkend percentage.

Voor het toepassen van HAAS over een rioelstelsel zijn de dagsommen afgevoerd water en de dagsommen aan neerslag over minimaal één kalenderjaar benodigd. De neerslaggegevens kunnen afkomstig zijn van de KNMI-stations in de omgeving en worden gemiddeld. Ook de over een dag gesommeerde resultaten van de regenradar kunnen worden gebruikt. Daarna worden de droge en natte dagen vastgesteld. Voor de droge dagen waarop zeker geen regenwater wordt afgevoerd wordt de DWAAS-definitie van een droge dag gehanteerd (zie STOWA-rapport 2003-08). Hierdoor blijven de HAAS-natte-dagen over die gegroepeerd zijn in natte perioden die worden begrensd door droge dagen. Voor iedere natte dag wordt het aandeel regenwater in de afvoer bepaald door de afvoer tussen de twee aan weerszijden grenzende droge dagen te interpoleren. De afvoer boven deze interpolatielij is het aandeel regenwater binnen de dagsom (zie afbeelding 1).

Om de waterbalans voor een natte periode volledig te krijgen, dienen nog de overstromingen te worden toegevoegd. De overstromingen kunnen worden geschat door een eenvoudig bakjesmodel voor het rioelstelsel. Omdat de overstromingen over een geheel jaar slechts een klein aandeel hebben in de waterbalans, blijft de 'fout' in de jaarbalans gering. Ook kan gebruik worden gemaakt van gemonitorde overstortingsgegevens. Aandachtspunt hierbij is echter dat er sprake kan zijn van verhoogde afvoer door afstroming van neerslag van onverhard oppervlak. De opgestelde waterbalans

kan dan een verkeerd beeld geven van het aangesloten oppervlak.

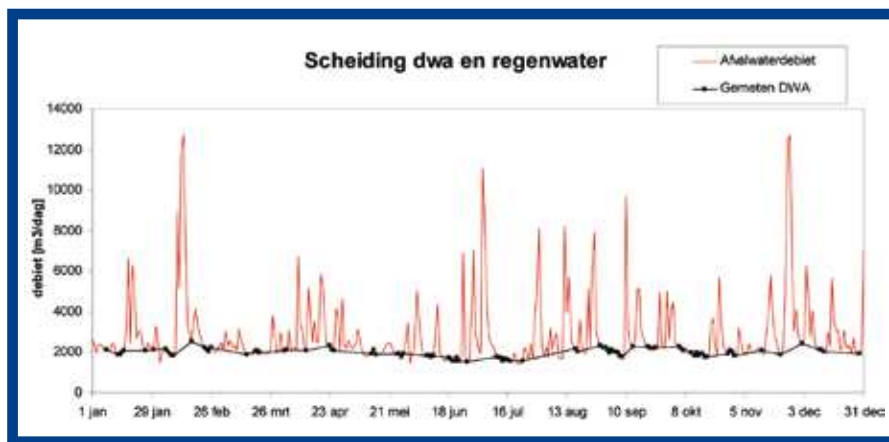
Indien de overstortingen een groot deel van de waterbalans vormen, bijvoorbeeld bij verbeterd gescheiden stelsels, dan is de HAAS-methodiek minder nauwkeurig. De methode is voor een analyse van dergelijke stelsels daarom minder geschikt. Voor gemengde stelsels met (verbeterd) gescheiden onderbemalingen kan HAAS wel goed gebruikt worden. Dan dienen de onderbemalingen als externe 'in prik' in de waterbalans te worden opgenomen.

Nu kan een waterbalans over de neerslag (neerslagdiepte x verhard oppervlak) en de afvoer door het rioelstelsel (gemaal en overstortingen) worden opgesteld. Hieruit kan de afvloeiingscoëfficiënt van de door de riolering afgevoerde neerslag per natte periode en per jaar worden berekend (zie afbeelding 2).

## Toepassing

De methodiek is toegepast op rioelstelsels van de zes deelnemende gemeenten. De resultaten staan in tabel 2.

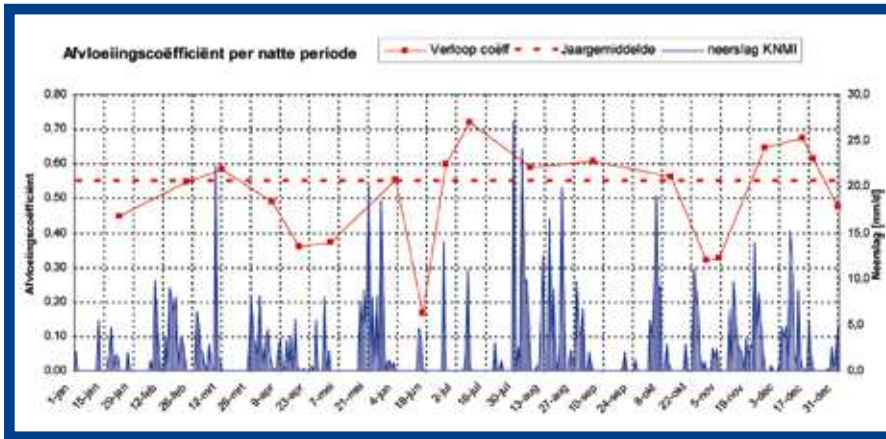
Uit de besprekingen met gemeenten en waterschappen bleek dat de inventarisatie van het aangesloten verharde oppervlak niet op dezelfde wijze wordt uitgevoerd. De digitale ondergrond vormt in alle gevallen het uitgangspunt, maar het grootste verschil zit in de naverkenningen met name voor de particuliere verhardingen. Deze verhardingen staan niet aangegeven op de GBKN's. Voor de casussen die het particulier



Afb. 1: Scheiding van droogweerafvoer en regenwater.

Tabel 1: Jaargemiddelden (in millimeters) voor neerslag en riolinloop.

jaar	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
neerslag	659	752	921	832	539	923	915	762	781	740
gemaalafvoer	349	403	525	454	302	485	487	407	414	406
overstromingen	10	18	12	13	5	60	59	23	18	28
riolinloop	359	421	538	471	303	545	546	430	432	435
<b>% t.o.v. regen</b>										
gemaalafvoer	53	54	57	55	56	53	53	53	53	55
overstromingen	2	2	1	2	1	7	6	3	2	4
riolinloop	55	56	58	57	56	59	60	57	55	59



Afb. 2: Voorbeeld presentatie van berekende afvloeiingscoëfficiënten.

Tabel 2: Resultaten HAAS op de casussen.

gemeente	totaal aangesloten oppervlak (ha)	jaargemiddelde afvloeiingscoëfficiënt
Almere	101,0	0,45
Boxtel	169,2	0,74
Emmen	404,7	0,58
Epe	128,4	0,58
's-Hertogenbosch	1474,0	0,55
Wageningen	174,5	0,63

Tabel 3: Beoordeling jaargemiddelde afvloeiingscoëfficiënten.

coëfficiënt	beoordeling
$C > 0,75$	Het werkelijk aangesloten oppervlak is met redelijke zekerheid groter dan aangenomen.
$0,65 < C < 0,75$	Het werkelijk aangesloten oppervlak verdient aandacht: zijn bijvoorbeeld particulier verhardingen meegenomen?
$0,55 < C < 0,65$	Het werkelijk aangesloten oppervlak lijkt in omvang goed te zijn ingeschat.
$C < 0,55$	Het werkelijk aangesloten oppervlak lijkt in omvang te groot te zijn ingeschat.

aangesloten verhard oppervlak hebben verrekend (Emmen, Epe, 's-Hertogenbosch en Wageningen), blijkt de afvloeiingscoëfficiënt tussen de 0,55 en 0,65 te liggen. Bij deze waarden is er geen aanleiding om aan de omvang van het opgegeven aangesloten oppervlak te twijfelen.

Boxtel heeft een inventarisatie van de aangesloten oppervlakken uitgevoerd, echter zonder verrekening van particulier afstromend oppervlak. Dit resulteert in een duidelijk afwijkende en hogere afvloeiingscoëfficiënt.

Almere is een apart geval: het effectief aangesloten oppervlak is niet precies bekend en het stelsel is uitgevoerd als een serie van kleine verbeterd gescheiden stelsels. Ook de berging en de afvoer via wervelventielen zijn niet precies bekend. De berekende lage waarde voor de afvloeiingscoëfficiënt doet echter vermoeden dat het daadwerkelijk aangesloten oppervlak kleiner is dan opgegeven.

Naast de hiervoor genoemde casussen is

reeds veel ervaring opgedaan in andere rioolstelsels. Gebleken is dat de methodiek goed bruikbaar is als signaalfunctie. Ook bleek bij toepassing over meerdere jaren de resultaten consistent te blijven.

### Validatie aangesloten verharde oppervlakken

De gemiddelde afvloeiingscoëfficiënt over een jaar blijkt een goede parameter te zijn om de omvang van het aangesloten verharde oppervlak te valideren.

Omgekeerd kan bij een aanname voor de jaarlijkse rioolloop ( $C = 0,6$  ofwel 60 procent van de neerslagjaarsom) het aangesloten verharde oppervlak worden geschat. De nauwkeurigheidsmarge van deze methode wordt geschat op circa tien procent.

Een andere en niet minder belangrijke beoordeling van het resultaat kan verkregen worden door in een gebied de C's onderling te vergelijken voor alle onderzochte stelsels. Dit is een zeer belangrijke stap. Een groot

verschil (meer dan 0,1) kan een aanwijzing zijn dat een stelsel meer aangesloten oppervlak heeft dan is opgegeven. Door verder de methode over meerdere jaren en meerdere stelsels toe te passen kan een consistent beeld worden verkregen en kunnen stelsels onderling met elkaar worden vergeleken.

### Conclusies en aanbevelingen

De jaargemiddelde afvloeiingscoëfficiënt van de neerslag blijkt een goede parameter te zijn om de omvang van het aangesloten oppervlak te valideren. Deze coëfficiënt dient tussen de 0,55 en 0,65 te liggen.

Gebleken is verder dat de inventarisaties van het aangesloten verharde oppervlak niet eenduidig worden uitgevoerd. De grootste verschillen zitten in de verrekening van particulier oppervlakken. Deze worden soms wél en soms geheel niet geïnventariseerd of naverkend. Dit kan leiden tot verschillen in oppervlakken tot wel 30 procent. De consequenties hiervan zijn groot: los van het werkelijke oppervlak zal een extra afvoerend oppervlak van 20 procent al leiden tot een extra jaarlijks overstortingsvolume van 75 procent<sup>7)</sup>. Aanbevolen wordt om de omvang van het aangesloten verharde oppervlak, zoals deze met GBKN-inventarisaties voor het opstellen van basisrioleringsplannen wordt bepaald, altijd te valideren met de HAAS-methodiek.

Bij het toepassen van HAAS wordt gebruik gemaakt van vrijwel dezelfde gegevens als bij DWAAS voor het bepalen van het aandeel rioolvreemd water. Beide zijn gericht op het analyseren van het werkelijk functioneren van de afvalwaterketen. Aanbevolen wordt om beide methoden geïntegreerd toe te passen en de resultaten te toetsen aan de rioolstelselkenmerken die de theoretische uitgangspunten vormen bij het opstellen van basisriolerings- en basiszuiveringsplannen.

Er dient nog meer ervaring te worden opgedaan met deze methode. Interessant kan zijn om na enige tijd de resultaten van de diverse studies naast elkaar te leggen en verdergaande conclusies te trekken. Gebleken is wel dat iedere afwijkende waarde vaak een eigen verhaal heeft.

### LITERATUUR

- 1) STOWA (2003). Rioolvreemd water. Rapport 2003-08.
- 2) STOWA (2009). HAAS - Hemelwaterafvoer Analyse Systematiek.
- 3) Van de Ven F. (1990). Van neerslag tot rioolloop in vlak gebied.
- 4) NWRW (1989). De vuiluitwerp van gemengde rioolstelsels 5.2.
- 5) Leidraad Riolerings (2004). C2100 Rioleringsberekeningen, hydraulisch functioneren.
- 6) NWRW (1989). Neerslag, inloop, overstortmodel. Beschrijving en analyse 4.3.
- 7) Stichting RIONED (2004). Nieuwsbrief juli.