



Erik Dekker, Witteveen+Bos
Hans Kriele, Witteveen+Bos

Hydraulische gevoeligheid van rioolstelsels voor klimaatverandering

In het kader van het programma WAKker (Waterkwaliteitsspoor en optimalisatie AfvalwaterKeten) verkent Waterschap Rijn en IJssel de effecten van de klimaatontwikkeling op de afvalwaterketen. Witteveen+Bos heeft de effecten van de vier KNMI'06-klimaatscenario's op het functioneren van de riolering nader bepaald voor twee rioolstelsels in het beheersgebied van het waterschap.

Het hydraulisch functioneren van een rioolstelsel wordt voornamelijk beoordeeld aan de hand van de jaarlijkse vuiluitwerp op het oppervlaktewater en het voorkomen van water op straat. Vooral een hoge neerslagintensiteit is hierop van invloed. Juist deze zwaardere neerslag zal als gevolg van de klimaatverandering vaker gaan voorkomen en nog intensiever worden. Een kleine verhoging van de intensiteit heeft vaak al grote gevolgen voor het functioneren van een rioolstelsel. Uit deze studie blijkt dat de vuiluitwerp en de hoeveelheid water op straat exponentieel toenemen in relatie tot de toename van de intensiteit van regen.

Uit de klimaatscenario's komt naar voren in hoeverre het aantal dagen met een bepaalde hoeveelheid neerslag in 2050 is veranderd.

In hoeverre de dagsommen veranderen, is afhankelijk van het betreffende klimaatscenario. In tabel 1 is een overzicht gegeven van de vier klimaatscenario's.

Bij deze klimaatscenario's dient wel opgemerkt te worden dat de verandering in neerslag niet de enige verandering zal zijn die invloed zal hebben op de vuiluitwerp en het water op straat. Zo zullen bijvoorbeeld verandering van afvoerd oppervlak, toe- of afname van de bevolking, verandering in waterverbruik en aanpassingen aan het stelsel ook invloed hebben. Naast perioden van verhevigde neerslag kan er ook sprake zijn van langdurige perioden van droogte waardoor, met name in gemengde systemen, een toename van de accumulatie van slib kan optreden met alle gevolgen van dien voor de vuilemissie tijdens overstortingen. Daarnaast zal een tempera-

tuurstijging effecten hebben op biochemische omzettingsprocessen, waardoor bijvoorbeeld de effecten van een overstorting op oppervlaktewater andere (ernstiger) effecten kan hebben dan tot nog toe aangenomen.

Ontwikkelingen in de zuiveringstechniek (gekoppeld aan een toename van de gemiddelde temperatuur) zouden ertoe kunnen leiden dat de zuiveringsinstallaties grotere vuilvrachten aankunnen. Zo zijn er tal van invloeden te bedenken. Het doorrekenen van de klimaatscenario's kan dan ook alleen worden gezien als een beperkte analyse van de hydraulische gevoeligheid van de gebruikte rioolstelsels in de huidige situatie.

Gebruikte methode

Het KNMI heeft een transformatieprogramma ontwikkeld waarmee neerslag- en temperatuurreeksen omgezet kunnen worden naar één van de vier KNMI'06-klimaatscenario's. Hoe dit programma werkt, is beschreven in het artikel 'Neerslagreeksen voor de KNMI'06-scenario's' van Alexander Bakker en Janette Bessembinder (KNMI) in nr. 22/2007 van dit tijdschrift. Het programma past de verandering van de gemiddelden en de variabiliteit, zoals voorgeschreven door het gekozen KNMI'06-scenario, voor een bepaalde tijdshorizon toe op een gegeven historische reeks van temperatuur of neerslag. De KNMI'06-klimaatscenario's geven aan dat de verandering in de gemiddelden vaak anders is dan de verandering in extreme waarden. Het transformatieprogramma houdt hier rekening mee en zorgt ervoor dat dit tot uiting komt in de tijdreeksen voor de toekomst.

Het transformatieprogramma is door Witteveen+Bos ook gebruikt om de tienjarige regenreeks 1955-1964, die op dit

Tabel 1: Veranderingen in neerslag rond 2050 ten opzichte van 1976-2005, volgens de KNMI'06-klimaatscenario's.

	G	G+	W	W+
wereldwijde temperatuurstijging	+1°C	+1°C	+2°C	+2°C
verandering in luchtstromingspatronen in West-Europa	nee	ja	nee	ja
winter (december en januari): gemiddelde neerslaghoeveelheid	+4%	+7%	+7%	+14%
aantal natte dagen (meer of gelijk aan 0,1 mm)	0%	+1%	0%	+2%
zomer (juni t/m augustus): gemiddelde neerslaghoeveelheid	+3%	-10%	+6%	-19%
aantal natte dagen (meer of gelijk aan 0,1 mm)	-2%	-10%	-3%	-19%

moment wordt gebruikt voor de meeste hydrodynamische rioleringsberekeningen, om te zetten in een tijdreeks voor 2045-2054. Om de tienjarige regenreeks 1955-1964 om te kunnen zetten, zijn eerst de kwartiersommen van de tienjarige reeks omgezet naar een reeks bestaande uit dagsommen. Deze dagsommen zijn aan de hand van de KNMI-methode omgezet naar één nieuwe reeks per klimaatscenario voor 2045-2054. De verhoudingen tussen de dagsommen van de huidige en de nieuwe reeksen zijn gebruikt om de nieuwe reeksen met kwartiersommen voor 2045-2054 te genereren.

Het grote voordeel van deze methode is dat op een eenvoudige manier een goede inschatting kan worden gemaakt van de veranderingen in neerslag per klimaatscenario. Het nadeel van deze methode is dat het transformatieprogramma uitgaat van dagsommen. Hierdoor verdwijnt het onderscheid tussen korte buien met een hoge intensiteit en lange buien met een lage intensiteit. Ook worden buien die een datum overschrijden in stukken geknipt, waardoor twee kleine buien ontstaan die in onvoldoende mate worden aangepast. Hoe groot de invloed op de uiteindelijke reeks is, is niet tot in detail onderzocht, maar lijkt binnen acceptabele marges te liggen. Om een nauwkeuriger beeld van de toename in intensiteit en frequentie van de zwaardere neerslaggebeurtenissen te verkrijgen, zou de relatieve verandering van de zwaardere neerslag over bijvoorbeeld de periode 1976-2005 nader onderzocht moeten worden.

Omdat de genoemde bezwaren een relatief lage invloed lijken te hebben, is in deze studie gebruik gemaakt van de transformatie van dagsommen. Met behulp van de vier nieuwe regenreeksen 2045-2054 zijn rioleringsberekeningen gemaakt voor de kernen Velp en Doetinchem. Door deze uitkomsten te vergelijken met de uitkomsten van de berekeningen met de regenreeks 1955-1964, kan worden bepaald welk effect de klimaatscenario's hebben op het overstortende volume van beide stelsels.

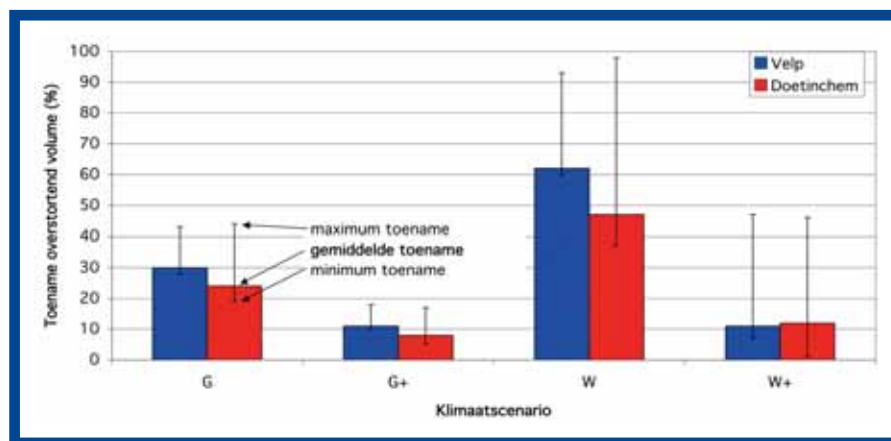
Ook de invloed van een gewijzigd klimaat op het voorkomen van water op straat is getoetst met behulp van huidige en de vier nieuwe regenreeksen. Deze analyse kan namelijk niet direct worden uitgevoerd met bijvoorbeeld standaardbui 08 uit de Leidraad Riolerings, wat gebruikelijk is bij dit soort berekeningen, omdat er geen enkele relatie tussen de standaardbuizen en de klimaatscenario's kan worden gelegd. Om de invloed op het voorkomen van water op straat te bepalen, is voor elk van de vier nieuwe klimaatreeksen en de huidige reeks per bui het totale volume water op straat per kern bepaald. Met de uitkomsten is per scenario een kansverdeling van het totale volume bepaald. Deze kansverdelingen voor de verschillende scenario's zijn vervolgens met elkaar vergeleken.

Verandering overstortend volume en water op straat per klimaatscenario

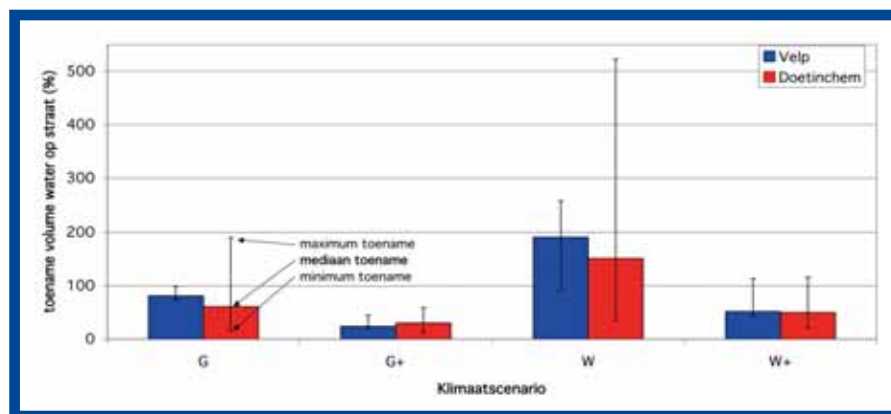
De resultaten van de berekeningen zijn in hoge mate afhankelijk van de betrouwbaarheid van de gebruikte gegevens en van



Afkoppelling in de gemeente Rheden.



Afb. 1: Toename overstortend volume per klimaatscenario ten opzichte van de tienjarige regenreeks 1955-1964.



Afb. 2: Toename volume water op straat per klimaatscenario ten opzichte van de tienjarige regenreeks 1955-1964.

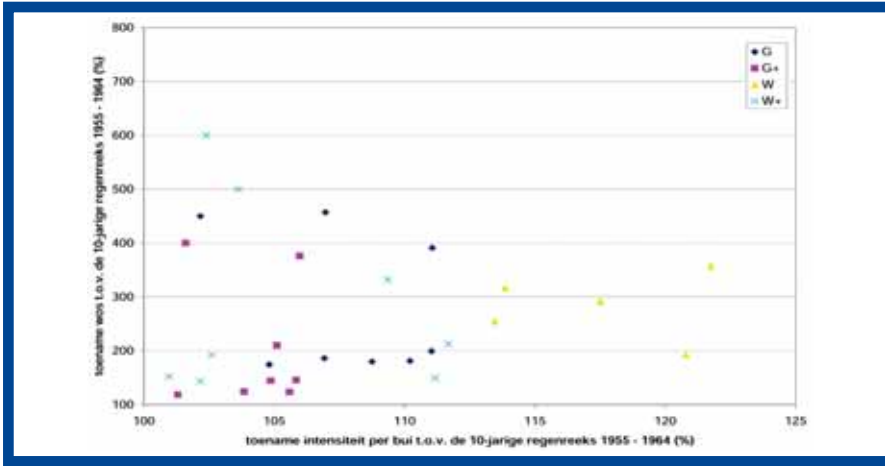
de gebruikte reekstransformatiemethode. Zoals de resultaten van de berekeningen weergegeven, verschilt de toename van het overstortende volume per overstort en per kern. Bij het toepassen van de resultaten in een algemene zin dienen daarom ruime marges te worden gehanteerd op de in deze studie berekende toenames.

Verandering overstortend volume

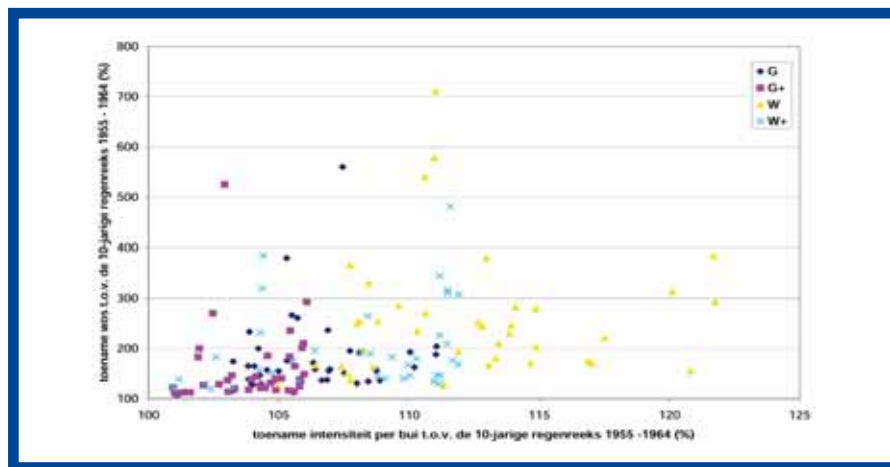
De invloed van de klimaatscenario's op de gemiddelde toename van het overstortende volume is na de transformatie van de tijdreeksen vrij makkelijk te berekenen. De

rioolstelsels van beide kernen zijn opnieuw doorgerekend met de vier klimaatreeksen en de uitkomsten zijn vergeleken met de referentiereeks 1955-1964. De resultaten van deze vijf reeksberekeningen zijn weergegeven in afbeelding 1. De kleinste en de grootste toename bij een afzonderlijke overstort zijn met behulp van zogeheten whiskers aangegeven.

De toename van het overstortende volume is variabel per overstort. Vooral bij de overstorten met de kleinere overstortende volumes neemt het overstortende volume



Afb. 3: Spreiding van de toename van water op straat per bui en de relatie tussen de toename in intensiteit van de bui en de toename van het volume water op straat in Velp.



Afb. 4: Spreiding van de toename van water op straat per bui en de relatie tussen de toename in intensiteit van de bui en de toename van het volume water op straat in Doetinchem.

relatief sterker toe dan bij de overstorten met de grotere overstortende volume.

Verandering water op straat

De invloed van de klimaatscenario's op het voorkomen van water op straat is wat lastiger te berekenen. Om een goede vergelijking te kunnen maken van de toename van ondergelopen straten is gekeken naar het totale volume aan water op straat per scenario en naar de gemiddelde toename van het water op straat per bui. De toename van de totale

hoeveelheid water op straat is per scenario weergegeven in tabel 2. In tabel 2 is te zien dat de relatieve toename van de totale hoeveelheid water op straat per scenario in beide kernen enigszins verschilt. Wel ligt de toename in dezelfde orde van grootte.

In de relatieve toename van het water op straat per bui zijn wel grote verschillen te zien. De gemiddelde toename van het water op straat per bui en de mediaan zijn

Tabel 2: Toename totaal volume water op straat in procenten.

rioolstelsel	klimaat-scenario G	klimaat-scenario G+	klimaat-scenario W	klimaat-scenario W+
Velp	81	24	108	52
Doetinchem	63	18	80	36

Tabel 3: Gemiddelde toename volume water op straat per bui en de mediaan (bij volumes van meer dan 50 kubieke meter).

rioolstelsel	klimaatscenario G		klimaatscenario G+		klimaatscenario W		klimaatscenario W+	
	gemiddeld	mediaan	gemiddeld	mediaan	gemiddeld	mediaan	gemiddeld	mediaan
Velp	84	81	31	24	182	191	70	52
Doetinchem	74	61	31	30	170	151	65	50

weergegeven in tabel 3. In deze berekening is alleen gekeken naar de buien die meer dan 50 kubieke meter water op straat in totaal veroorzaken. Dit zijn namelijk de buien die het meest relevant zijn voor de toename van het water op straat bij de klimaatscenario's. Daarnaast zijn de relatieve afwijkingen van de toename van het water op straat bij de kleinere buien veel groter. Dit geeft een vertekend beeld als je de mediaan of de gemiddelde toename bepaald over alle keren dat er water op straat stond.

De invloed van de klimaatscenario's op de toename van de hoeveelheid water op straat is weergegeven in afbeelding 2. Hierbij is de kleinste en de grootste toename bij een individuele bui met behulp van 'whiskers' weergegeven (bij volumes van meer dan 50 kubieke meter).

De intensiteit van de buien die water op straat veroorzaken, neemt per klimaatscenario bij de meeste buien ongeveer evenveel toe. De berekende toename van het volume aan water op straat verschilt echter sterk per bui. Toch is ondanks deze grote spreiding een relatie te zien tussen de toename van de intensiteit van de bui en de toename van het volume water op straat.

Als de toename van het volume water op straat nader (per bui) wordt bekeken, dan valt op dat een grote spreiding bestaat in de toename van het volume aan water op straat per bui. Voor zowel Velp als Doetinchem is deze spreiding inzichtelijk gemaakt in afbeeldingen 3 en 4.

Conclusie

Uit de resultaten van deze studie blijkt dat de klimaatverandering een negatieve invloed heeft op het hydraulisch functioneren van rioolstelsels. Dit geldt voor alle klimaatscenario's. Omdat vooral de extreme buien (met een hoge neerslagintensiteit) van grote invloed zijn op het hydraulisch functioneren, wordt aanbevolen om nader onderzoek te doen naar de trends van deze extreme buien over de laatste tientallen jaren. Met deze trends kan nauwkeuriger voorspeld worden hoe groot de invloed van het klimaat op het hydraulisch functioneren van een rioolstelsel is. Zoals uit deze studie blijkt, is een kleine toename van de intensiteit van regen namelijk al van grote invloed op de toename van het overstortende volume en de hoeveelheid water op straat. De reekstransformatie op basis van dagsommen is niet nauwkeurig genoeg om de echte toename van de extreme neerslaggebeurtenissen te bepalen. Deze studie kan daarom ook alleen worden gezien als een hydraulische gevoeligheidsanalyse van een rioolstelsel ten aanzien van de klimaatverandering.