

Overlast alleen te keren door integrale aanpak

Extreme neerslag rondom bouwwerken

Om wateroverlast door extreme neerslag rondom bouwwerken te beperken, zijn onder- en bovengrondse maatregelen nodig. De architect, de bouwconstructeur, de adviseur/installateur van de riolering en de inrichter van het particuliere terrein, moeten gezamenlijk anticiperen op frequentere en extremere regenbuien die door klimaatverandering (gaan) optreden. Maar hoe kunnen we ons wapenen tegen (zeer) extreme situaties die (nog) moeilijk te voorspellen zijn?

W. (Will) Scheffer, Rehva Fellow, TVVL Expertgroep ST

We moeten ons voorbereiden op de consequenties die klimaatverandering voor ons in petto heeft. Volgens professor Patrick Willems van de KU Leuven zijn sinds de jaren negentig de neerslagextremen (voor eenzelfde kans op voorkomen) met 20 tot 25 procent gestegen in vergelijking met de meetperiode vanaf het begin van de vorige eeuw [1]. Willems maakt daarbij de aantekening dat deze stijging niet volledig het gevolg is van de klimaatopwarming door toegenomen uitstoot van broeikasgassen. Hypothetisch zou ongeveer de helft van de stijging het gevolg zijn van natuurlijke klimaatschommelingen. Schommelingen in de neerslagextremen worden over perioden van meerdere decennia waargenomen. Tijdens de schommelingspieken in de perioden 1910-1920, rond 1960 en 1990-2000 kwamen meer en hogere neerslagextremen voor, terwijl tijdens schommelingsdalen in de perioden 1930-1940 en 1970-1980 die extremen minder en minder hoog waren. Voor de wintermaanden werd het effect van klimaatverandering in periode 1990-2000 in grote mate versterkt door de schommelingspiek in deze periode. Volgens Willems is op dit ogenblik een daling ingezet in de klimaatschommeling, maar het effect van klimaatverandering worden dezelfde klimaatschommelingen waargenomen, maar is het effect van klimaatveran-

dering (nog) niet zichtbaar. Gelijkaardige klimaatschommelingen werden ook vastgesteld voor Nederland.

■ EXTREME NEERSLAGEN

De schommelingen kunnen dus de trend naar meer extreme neerslag als gevolg van klimaatverandering tijdelijk versterken of afzwakken. Willems stelt dat er op dit ogenblik een trend naar minder extreme neerslag is, maar die trend kan binnen enkele decennia omkeren en in combinatie met de toename in extreme neerslag als gevolg van de klimaatopwarming tot een sterke stijging leiden. Dit soort informatie noemt Willems van groot belang voor het ontwerp van hemelwaterafvoer- en bergingssystemen. Die dienen immers te worden ontworpen op basis van de verwachte evoluties tijdens de levensduur van het bouwwerk en zijn directe omgeving. Klimaatprojecties op basis van klimaatmodellen geven aan dat de extreem hoge neerslagintensiteiten in zowel zomer als winter de volgende decennia met hoge waarschijnlijkheid verder zullen toenemen. Dit is het geval voor de meeste plaatsen in de wereld, ook in Nederland, en vooral in stedelijk gebied.

■ VAKER PROBLEMEN

Regen in stedelijk gebied wordt meestal snel afgevoerd. Maar extreme neerslag kan in

bebouwd gebied, en dus ook binnen de perceelgrenzen, voor aanzienlijke wateroverlast zorgen. Om meer inzicht in het functioneren van hemelwaterafvoer- en bergingssystemen bij hevige regen te krijgen, moeten extreme neerslaggebeurtenissen en haar gevolgen bestudeerd worden. Daarvoor zijn veel neerslaggegevens van goede kwaliteit nodig. Professor Wilco Hazeleger (KNMI en Wageningen Universiteit) bevestigt de enorme trends in neerslag met ook de natuurlijke variaties die gewoon in het klimaat zitten [2]. De vraag is hoe we daarop voorbereid zijn en of we ons overal tegen kunnen beschermen? Zo nu en dan gaan we door een kritische grens heen. De schematische neerslagcurve die varieert door natuurlijke variaties gaat langzaam omhoog, waardoor we vaker door de kritische grens heen gaan en dus vaker een probleem hebben, constateert Hazeleger. En dat betekent ook dat aanpassing aan klimaatverandering aan de orde is om niet te vaak (water) overlast te hebben. Maar wat die kritische grens is, is niet aan de klimaatwetenschappers om te bepalen. Het is aan de riolerings technici om daarmee om te gaan, aldus Hazeleger.

■ DAUWPUNT EN EXTREME NEERSLAG

Hazeleger wijst op de zeer extreme neerslaggebeurtenis op 28 juni 2011 in Herwijnen. De

temperatuur vloog rond 20.00 uur binnen een uur van 30°C naar 20°C en dat ging gepaard met enorme neerslaghoeveelheden van 20 mm per 10 minuten. Dat was een gebeurtenis die het KNMI nooit eerder had waargenomen. Dat wil niet zeggen dat het niet vaker voorkomt, want niet op elke hoek van de straat staat een neerslagmeter. Zijn ook dit soort extremen aan het toenemen? Het KNMI heeft van extremen niet zoveel waarnemingen. Die zijn er wel van de Bilt, waar al lange tijd wordt gemeten. De neerslagextremen in figuur 1 zijn niet heel extreem. Daarvan zijn er ongeveer tien per jaar. En ook dit gaat op en neer, maar vanaf de jaren tachtig is er een enorme toename. Dat noemt Hazeleger zorgelijk. Deze extremen kan het KNMI nog niet modelleren in haar weermodellen. Wel duidelijk is dat tegelijkertijd met de neerslag ook het dauwpunt omhoog gaat. Het dauwpunt blijkt goed gerelateerd te zijn aan de extreme neerslag. Dat geldt ook voor het gemiddelde dauwpunt op die dagen. En over het gemiddelde dauwpunt kunnen de wetenschappers veel meer vertellen. Dus heeft Hazeleger toch wel enig vertrouwen dat voor de toekomst, als er iets over de temperatuur en het dauwpunt kan worden verteld, er ook wel iets te zeggen is over extreme neerslag in Nederland. Misschien nog niet in detail maar wel welke richting het op gaat.

■ KRITISCHE GRENZEN

Welke kritische grenzen, waar Hazeleger op doelt, worden momenteel getrokken bij het ontwerp van hemelwaterafvoer- en bergingsystemen en hoe kan het totale systeem toekomstbestendig worden ontworpen? In nieuwbouw wordt de gebouwriolering voor hemelwater ontworpen overeenkomstig NEN 3215:2011 met een frequentie van overlopen, via de ontlastvoorzieningen, van eens in de vijf jaar ($T=5$). Van oudsher is de straatriolering zo ontworpen dat deze eens in de twee jaar overloopt ($T=2$, bui 08 Leidraad Riolering, Stichting Rioned). De buitenriolering binnen de perceelgrens, waarmee de gebouwriolering wordt aangesloten op de straatriolering, wordt eveneens ontworpen op een frequentie van overlopen van eens in de twee jaar ($T=2$). Bij stagnatie van de buitenriolering zorgt de ontlastvoorziening in de aansluiting van de gebouwriolering op de buitenriolering dat het hemelwater over het maaiveld stroomt. De ontlastvoorziening overbrugt ook het capaciteitsverschil tussen beide deelsystemen van de riolering door het overtollige hemelwater over het maaiveld te storten ($T=2$). Bij stagnatie van de gebouwriolering zorgen noodafvoeren ervoor dat het overtollige hemelwater van het dak rechtstreeks naar het maaiveld afstroomt.

Noodafvoeren worden aangebracht vanwege constructieve veiligheid (voorkomen instorten dak) en/of de hoogte van de waterdichte lijn van het dak. Noodafvoeren worden ontworpen op een extreme bui die eens in de 50 jaar plaatsvindt ($T=50$). Stagnatie van op het dak afstromend hemelwater naar de gebouwriolering kan ook het gevolg zijn van vervuilde of verstopte dakafvoeren. Het schoonhouden van het dak is dus van groot belang voor het goed functioneren van het hemelwaterafvoersysteem, en van cruciaal belang voor het goed functioneren van het noodafvoersysteem.

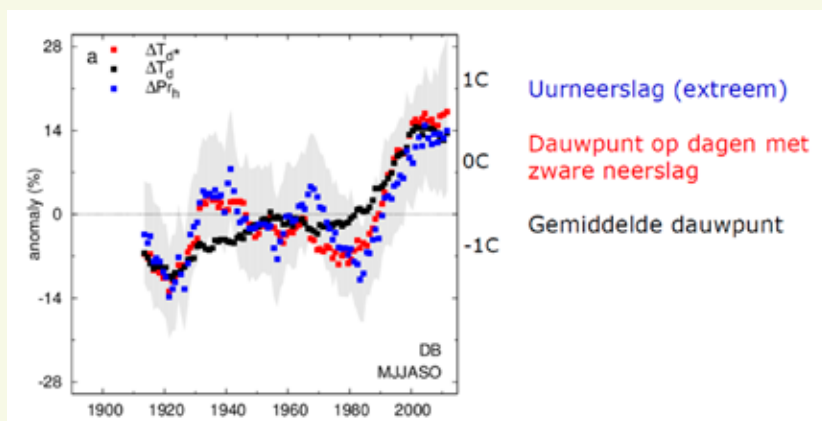
■ BEGRENZINGEN

In het openbare gebied betekent het overlopen van de riolering veelal 'water op straat'. Binnen de perceelgrens moet het overtollige hemelwater, vanuit ontlastvoorzieningen en noodafvoeren, zijn weg vinden naar een veilige plek op het eigen terrein. Door de klimaatverandering zal het overlopen van de systemen vaker en in heviger mate optreden dan waarop de huidige ontwerpuitgangspunten van die systemen en de opvangmogelijkheden in het terrein

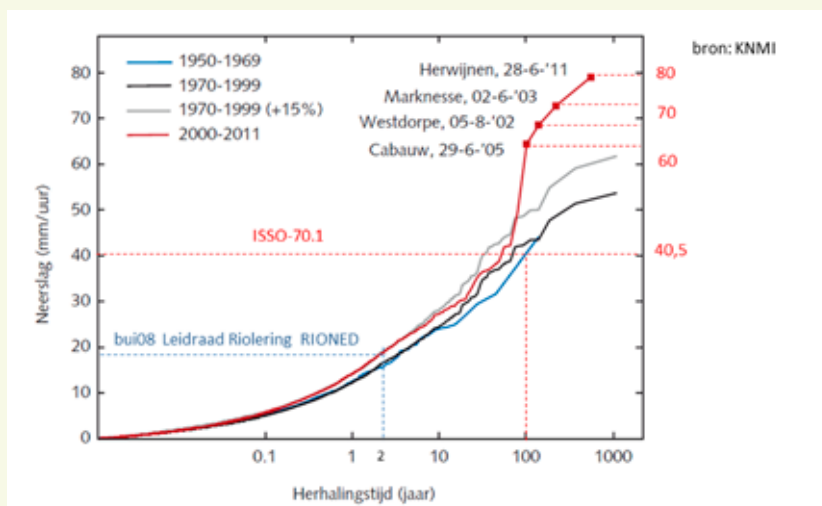
zijn gebaseerd. Bij nieuwbouw kan worden geanticiperd op de toename van extremere buien. De gebouwriolering en de buitenriolering worden zo ontworpen dat het hemelwater van normale buien snel kan worden afgevoerd naar een openbaar (hemelwater)stelsel, of naar een voorziening voor tijdelijke berging en vertraagde afvoer op en in eigen terrein, of naar aan het perceel grenzend oppervlaktewater. Met het ontwerp van riolering binnen de perceelgrens wordt geen rekening gehouden met berging van hemelwater in het leidingsstelsel zelf, dat gebeurt wel bij het openbaar stelsel. Als niet wordt aangesloten op een openbaar stelsel kan er voor gekozen worden de maximale capaciteit van de buitenriolering in eigen terrein aan te passen aan die van de gebouwriolering. Vanuit de ontlastvoorziening stroomt dan minder frequent hemelwater over het maaiveld (volgens de huidige ontwerpuitgangspunten wordt het dan $T=5$ in plaats van $T=2$).

■ REGENDUURLIJNEN

Het Bouwbesluit 2012 stelt geen eisen aan



-Figuur 1- Trends in neerslagintensiteit & dauwpunt. Bron: Lenderink et al, HESS, 2011



-Figuur 2- Trends extreme buien: perioden 1950- 1999 en 2000-2011

t tijd [min]	Data voor regenduurlijnen					
	T = 2		T = 5		T = 100	
	gemiddelde intensiteit [(l/s)/ha]	neerslag [mm]	gemiddelde intensiteit [(l/s)/ha]	neerslag [mm]	gemiddelde intensiteit [(l/s)/ha]	neerslag [mm]
5	226,7	6,8	280,0	8,4	486,7	14,6
15	131,1	11,8	166,7	15,0	298,9	26,9
60	50,0	18,0	62,2	22,4	112,5	40,5

-Tabel 1- Enkele data voor regenduurlijnen uit bijlage C van ISSO-publicatie 70.1(2011)

de voorzieningen voor de tijdelijke berging en afvoer van hemelwater op en in eigen terrein. De keuze voor een voorziening met bergings-, vertraging- of infiltratiecapaciteit bepaalt de perceeleigenaar zelf. Op grond van het Bouwbesluit 2012 (artikel 16, lid 1) moet wel kunnen worden aangetoond dat de voorzieningen het hemelwater kunnen verwerken en geen overlast opleveren voor naburige percelen. Bijlage C van ISSO-publicatie 70.1 (2011) 'Omgaan met hemelwater binnen de perceelgrens' bevat informatie voor de berekening van de bergings- en infiltratiecapaciteit. Voor het bepalen van de instroom van hemelwater worden regenduurlijnen gebruikt. Deze zijn gebaseerd op neerslagmetingen van het KNMI

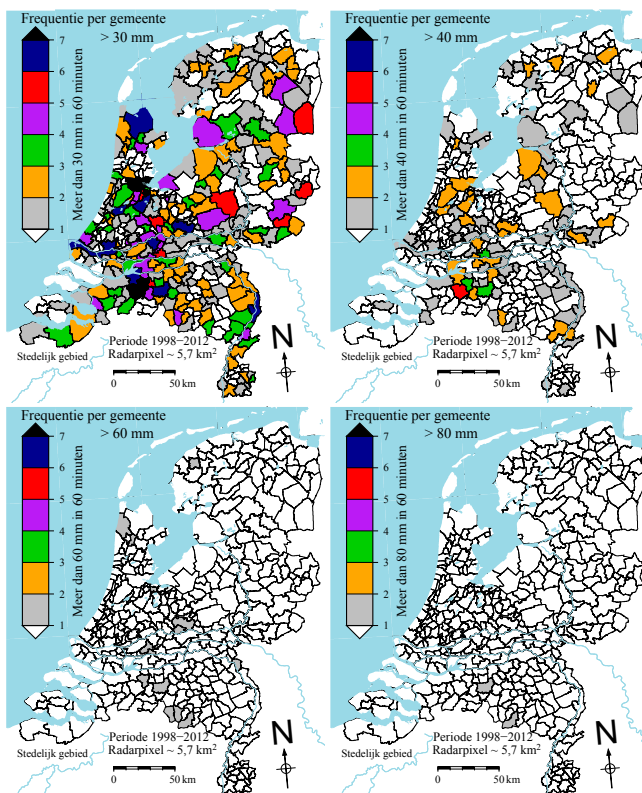
(tot 1990) en geven weer hoeveel neerslag valt bij $T = x$ gedurende een bepaalde tijdperiode. Tabel 1 geeft enkele data voor regenduurlijnen. De regenduurlijnen kennen echter een aantal onnauwkeurigheden:

- ze geven het buiverloop niet weer;
- de regenduurlijnmethode houdt geen rekening met de neerslaggebeurtenissen vóór de regenbui (de opeenvolging van buien);
- de herhalings tijd van een regenduurlijn komt niet overeen met de werkelijke herhalings tijd van het systeem.

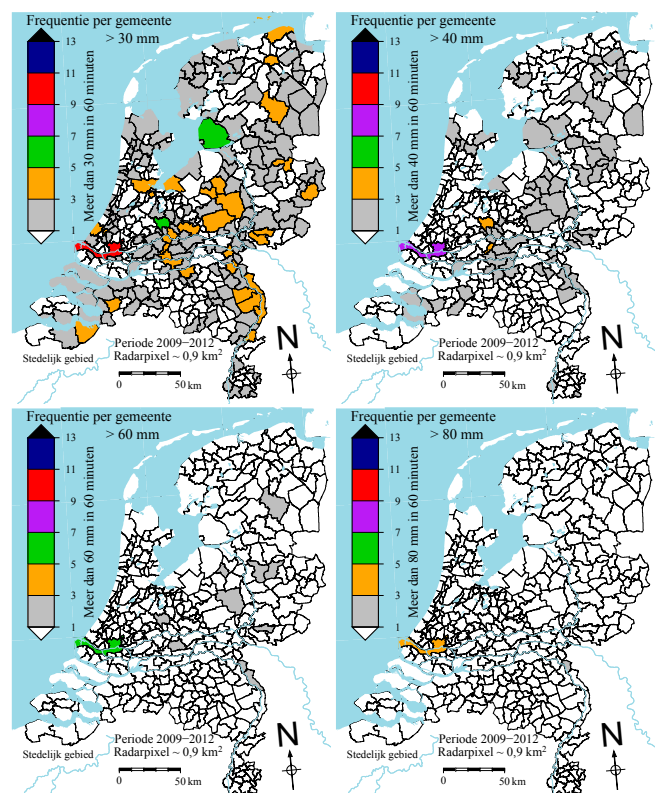
■ NIEUWE INFORMATIE

Het KNMI beschikt nu over twee weerradars, één in de Bilt en één in Den Helder. Het KNMI

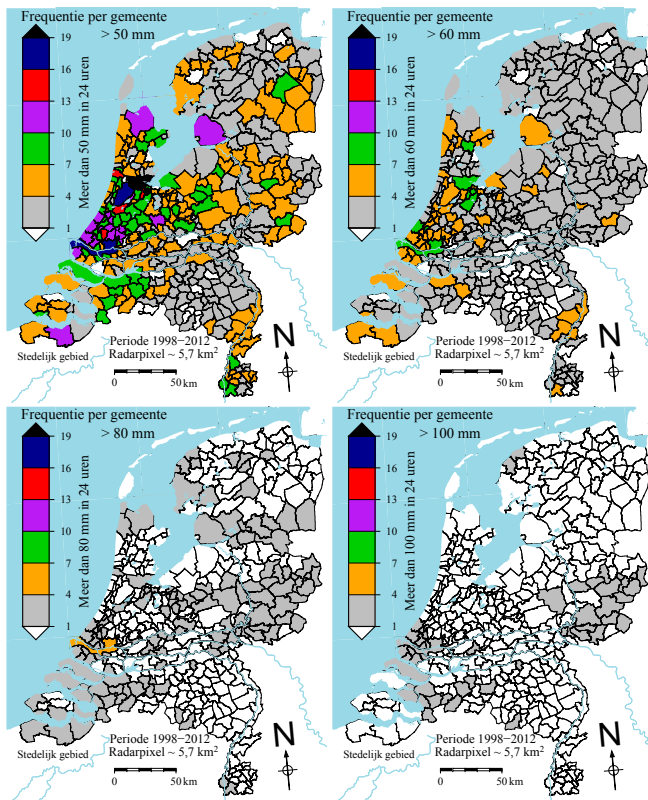
berekent sinds enkele jaren elke vijf minuten voor elke 1 km² van Nederland een regenintensiteit. Maar deze kan behoorlijk afwijken van de opgetreden regenintensiteit op een punt aan het aardoppervlak. Er zijn meerdere fouten(bronnen) die hiervoor zorgen, zoals grondecho's. Om radarneerslagbeelden in het stedelijk waterbeheer te kunnen gebruiken, worden deze gecorrigeerd met regenmeterdata. De huidige neerslagstatistieken geven doorgaans de kans op extreme neerslag op een vaste locatie en soms voor een vast gebied. De gemiddelde herhalingskans geeft aan dat een extreem, bijvoorbeeld 40 mm regen of meer op een gegeven plaats in 60 minuten, gemiddeld eens in de zoveel jaar optreedt (zoals



-Figuur 3- Frequentie per gemeente van 60-minutenneerslagsommen groter dan 30 mm, 40 mm, 60 mm en 80 mm over de periode 1998-2012 (6 km²). Opvallend zijn de grote verschillen tussen gemeenten. Het oppervlak aan stedelijk gebied kan behoorlijk variëren tussen gemeenten en dit vertoebelt de vergelijking tussen de gemeenten. Bron: KNMI/Rioned-reeks 18



-Figuur 4- Frequentie per gemeente van 60-minutenneerslagsommen groter dan 30 mm, 40 mm, 60 mm en 80 mm over de periode 2009-2012 (1 km²). Opvallend is de hoge frequentie in de gemeente Rotterdam: tien keer meer dan 30 mm in 60 minuten. Dit is hoogstwaarschijnlijk grotendeels veroorzaakt door grondecho's in de Maasvlakte. Bron KNMI/Rioned-reeks 18.



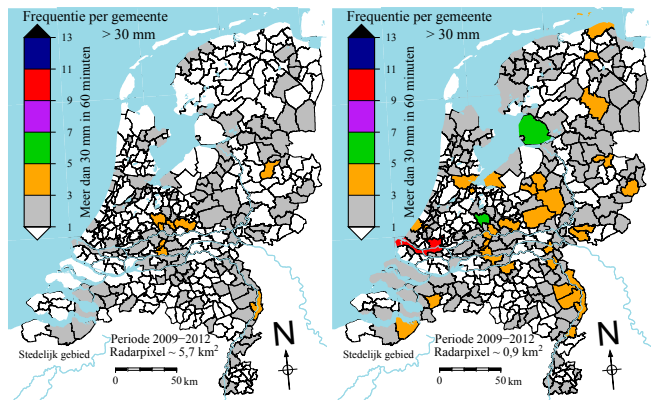
-Figuur 5- Frequentie per gemeente van 24 uurneerslagsommen groter dan 50 mm, 60 mm, 80 mm en 100 mm over de periode 1998-2012 (6 km²). Opnieuw zijn de verschillen tussen gemeenten groot. Het aantal gemeenten met een of meerdere neerslagsommen boven 100 mm is vrij klein. Bron KNMI/Rioned-reeks 18

in tabel 1, T=100). Maar de kans op extreme neerslag op een willekeurige locatie in een gebied, is veel groter dan de bekende neerslagstatistieken aangeven. Het KNMI heeft over de perioden 1998-2012 en 2009-2012, in samenwerking met de Wageningen Universiteit, een hogere kwaliteit van informatie opgebouwd met twee klimatologische radardatasets (6 km² en 1 km²) in combinatie met regenmeterdata. Dr. Aart Overeen van het KNMI en de Wageningen Universiteit schrijft daarover in de recente Rioned-reeks18 [3]. Die informatie biedt nieuwe mogelijkheden, omdat ze landsdekkende neerslaginformatie geeft met veel ruimtelijke details. Dit biedt ruimte voor een andere benadering van extreme neerslag in het stedelijk gebied. De extreme neerslag treedt gemiddeld vaker op ergens in de stad dan op een vaste locatie in die stad, uiteraard afhankelijk van de grootte van die stad. In het huidige klimaat komen de grootste extremen in één stad niet vaak voor, maar treden ze wel vaker op in het totale stedelijke gebied in Nederland. Het overzicht van de gemiddelde overschrijdingsfrequentie per jaar over de periode 2009-2012 voor de 1 km²-radardataset voor 15- en 60-minutensommen toont dat een 60-minutensom van ≥ 40 mm ongeveer 114 keer per jaar ergens in een stedelijk gebied wordt waargenomen. Een 60-minutensom van ≥ 60

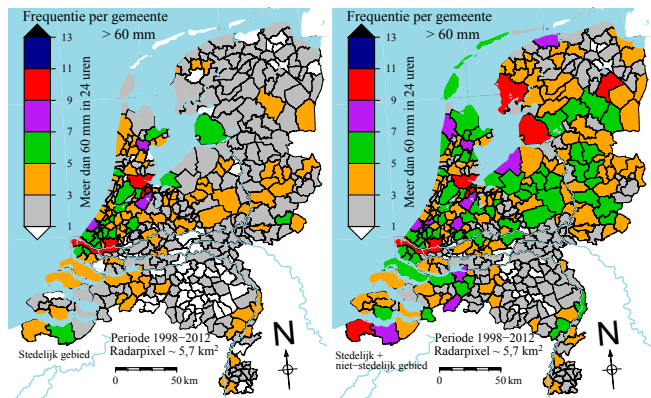
mm treedt gemiddeld ongeveer 63 keer per jaar op in een pixel van 1 km² in Nederland, waarvan ongeveer twintig keer in stedelijk gebied. Op basis van deze cijfers kan worden geconcludeerd dat neerslaggebeurtenissen met verwachte grote wateroverlast elk jaar jaar frequenter voorkomen in stedelijk gebied in Nederland. De frequentie bij de 1 km²-radardataset is veel hoger dan bij de 6 km²-radardataset. Dat wordt onder meer verklaard door het feit dat extremen gemiddeld hoger worden voor kleinere gebieden. De figuren 3 tot en met 7 visualiseren de frequentie van extreme neerslag in stedelijk gebied per gemeente. Hierbij zijn de gemeentegrenzen van 1 januari 2013 gebruikt.

ZEER EXTREME NEERSLAG

Tabel geeft 2 (volgende pagina) een overzicht van extreme 15- en 60-minutensommen die in stedelijk gebied in Nederland zijn gemeten in de periode 2009-2012, afkomstig uit de 1 km²-radardataset. De klimatologische radardatasets leveren zo goed mogelijke landsdekkende neerslagschattingen en geven



-Figuur 6- Frequentie per gemeente van 60-minutenneerslagsommen groter dan 30 mm over de periode 2009-2012 voor de 6 km²-radardataset en de 1 km²-radardataset (rechts). De frequentie is duidelijk hoger voor de 1 km²-radardataset. Waarschijnlijk ligt de oorzaak voornamelijk in het feit dat extreme neerslag die in 1 km² wordt gemeten gemiddeld hoger is dan die in 6 km² wordt gemeten. Bron KNMI/Rioned-reeks 18



-Figuur 7- Frequentie per gemeente van 24-uurneerslagsommen groter dan 60 mm over de periode 1998-2012 (6 km²). Alleen gebaseerd op waarnemingen in stedelijk gebied (links) of op waarnemingen in stedelijk en niet-stedelijk gebied (rechts). De frequentie in stedelijk en niet-stedelijk gebied neemt behoorlijk toe ten opzichte van de frequentie in alleen stedelijk gebied (links). Bron KNMI/Rioned-reeks 18

nieuwe inzichten in de frequentie van extreme neerslag in de stad. Dit neemt niet weg dat ook de radardatasets hun beperkingen hebben. Zo hebben de radarpixels een grootte van ongeveer 1 of 6 km². Maar binnen een radarpixel is volgens het KNMI nog een veel hogere waarde te meten. Gemiddeld vakt de hoeveelheid extreme neerslag af voor toenemende gebiedsgrootte. Het is lastig om in stedelijk gebied nauwkeurig neerslag te meten. Maar ondanks de tekortkomingen levert de combinatie van radar- en regenmeterdata belangrijke aanvullende informatie voor het stedelijke waterbeheer. Om echter de kans op neerslag op een willekeurige locatie ergens in Nederland of een groot gebied te modelleren, zijn volgens het KNMI veel langere radardatasets nodig. Hierdoor zou het mogelijk worden om voor lange termijn herhalingsstijden van de neerslaghoeveelheden te berekenen via extrapolatie.

datum en lokale tijd van einde meting	15 min.- neerslagsom in mm	60 min.- neerslagsom in mm	gemeente
26 mei 2009, 04:20 / 04:20	57	71	Utrecht
28 juni 2011, 20:15	53		Zaltbommel
6 juni 2011, 17:05	45		Brummen
5 juli 2012, 15:55 / 16:40	42	78	Raalte
3 juli 2009, 16:45 / 17:00	40	101	Gennep
10 juli 2010, 22:20	39		Nieuwegein
14 juli 2010, 17:40	39		Maastricht
3 juli 2009, 16:10		79	Apeldoorn
3 juli 2009, 15:40		68	Elburg

-Tabel 2- Extreme 15- en 60-minutenneerslagsommen in stedelijk gebied in Nederland in de periode 2009-2012, afkomstig uit de 1 km²-radardataset

■ RISICOANALYSE

De nieuwe informatie van het KNMI geeft het belang aan dat voor het verwerken van extreme neerslag binnen de perceelgrens het zaak is dat de deskundige op het gebied van hemelwaterafvoer en -berging, de rioleringsadviseur/-installateur, in een vroeg stadium betrokken is bij het ontwerp van het bouwwerk en het terrein daaromheen. Die deskundige zal met de architect, de bouwconstructeur en de inrichter van het eigen terrein een risicoanalyse moeten maken. Aan de hand van die analyse wordt bepaald welke voorzieningen nodig zijn om hinder, overlast en schade door extreme neerslag te beperken.

■ MAATREGELEN

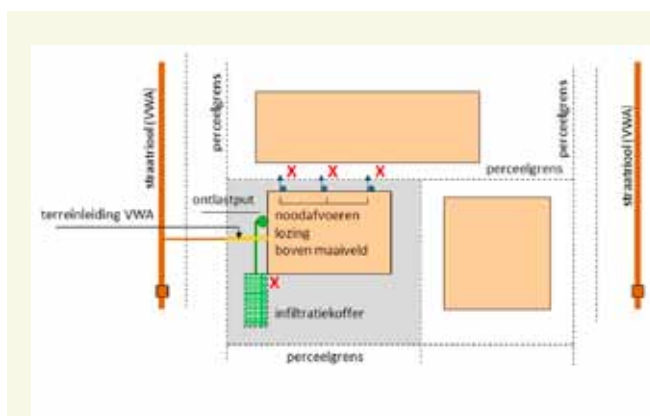
Als eerste en zeer belangrijke maatregel voor de bescherming tegen extreme neerslag geldt dat het bouwpeil (bovenkant afgewerkte beganegrondvloer) op voldoende hoogte ligt ten opzichte van het terrein en de straat. De keuze van de type noodafvoeren ligt

vooral bij de architect. Voor de plaatsen van de noodafvoeren in de dakconstructie en de vereiste capaciteit draagt de bouwconstructeur de verantwoordelijkheid als het gaat om de constructieve veiligheid. De plaatsbepaling van de noodafvoeren dient mede te worden afgestemd op geschikte afstromingspunten boven het maaiveld. Wordt gekozen voor een noodafvoerleidingsysteem, dan is er ook een extra rol weggelegd voor de rioleringsadviseur/-installateur. Het gaat dan om een tweede leidingsysteem dat geheel los staat van de gebouwriolering voor hemelwater en met een veel grotere capaciteit. Om te kunnen anticiperen op de frequentere en extremere regenbuien moeten de huidige ontwerppuntgangspunten in NTR 3216 tegen het licht gehouden worden van de nieuwe informatie van het KNMI, met tabel 2 als voorbeeld. Het bouwteam zal op grond van de risicoanalyse de keuze van de ontwerppuntgangspunten onderbouwd moeten vastleggen in de contractstukken. Rekening houdend met

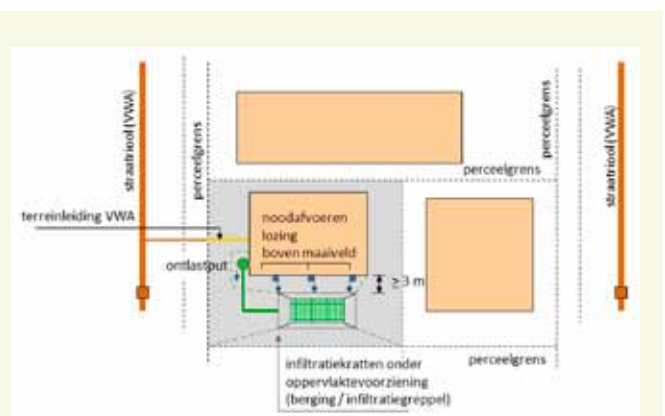
de klimaatverandering in de toekomst kan dat een aanname zijn van een neerslag van bijvoorbeeld $0,06 \text{ (l/s)/m}^2 + y \%$ in 2050 bij $t = 15 \text{ min.}$ Voor de capaciteit van de tijdelijke berging van het hemelwater op of in het terrein geldt eveneens dat de huidige ontwerppuntgangspunten (in ISSO-publicatie 70.1) tegen het licht van de nieuwe informatie moeten worden gehouden. Een grotere capaciteit van de gebouwriolering van hemelwater en de ontlastvoorzieningen dan volgens NEN 3215 is vooralsnog niet nodig omdat er toch vanuit wordt gegaan dat het rioleringsysteem kan stagneren. De plaatsen boven en in het terrein van noodafvoeren, ontlastvoorzieningen, waterbergingen en infiltratievoorzieningen, en de inrichting van het terrein, moeten zodanig gekozen worden dat het hemelwater, ook in de toekomst, snel en veilig kan afstromen naar de geplande (tijdelijke) bestemming.

■ BRONNEN

- 'Klimaatverandering en riolering', prof.dr.ir Patrick Willems, KU Leuven, Vakantiecursus Drinkwater en Afvalwater van TU-Delft, 2014
- 'Welk extreem weer kunnen we verwachten?', prof.dr.ir. Wilco Hazeleger, KNMI en Wageningen Universiteit, Rioned-dag 2014
- 'Inzicht in extreme neerslag in de stad op basis van langjarige radardatasets met veel ruimtelijk detail', dr.ir. Aart Overeen, KNMI en Wageningen Universiteit, Rioned-reeks18, februari 2014
- 'Omgaan met hemelwater binnen de perceelgrens', ISSO-publicatie 70.1 (herziene uitgave 2011)
- 'Gebouwriolering en buitenriolering binnen de perceelgrenzen/Bepalingsmethoden voor de afvoercapaciteit, water- en luchtdichtheid en afstand dakuitmondningen', NEN 3215:2011



-Figuur 8- Verkeerde plaatsing van noodafvoeren, ontlastput en infiltratievoorziening. Regenwater uit de noodafvoeren stroomt over het maaiveld naar aangrenzend perceel en regenwater kan vanuit de infiltratievoorziening in de kruipruimte stromen.



-Figuur 9- Terraininrichting afgestemd op berging regenwater van extreme buien. Plaatsing van noodafvoeren, berging en infiltratievoorziening zodanig dat wateroverlast en schade beperkt blijven.