



Rob Weeda, Gemeente Roosendaal
 Klaas-Jan Douben, Waterschap Brabantse Delta
 Herman de Jonge, Royal Haskoning
 Jos 't Mannetje, Royal Haskoning

Kwantitatieve modelanalyse van de stedelijke wateropgave voor Roosendaal

In 2008 is de gemeente Roosendaal gestart met het opstellen van het nieuwe verbrede gemeentelijk rioleringsplan. Hierin zijn ook de resultaten van de kwantitatieve stedelijke wateropgave verwerkt. In het recente verleden hebben zich tijdens extreem zware of langdurige neerslag of grote regenhoeveelheden in korte tijd inundaties voorgedaan, waarbij tevens sprake was van overloop van de riolering in het oppervlaktewater. Medio vorig jaar begon de gemeente Roosendaal samen met Waterschap Brabantse Delta en Royal Haskoning een studie naar inundaties vanuit het oppervlaktewater en interacties met het rioleringsstelsel in het kader van de stedelijke wateropgave.

Deze studie maakt de stedelijke wateropgave voor Roosendaal modelmatig inzichtelijk. Na aanpassing van bestaande rekenmodellen is een kalibratie en validatie uitgevoerd van zowel de neerslagafvoermodellen als het hydraulische oppervlaktewatermodel. Met behulp van de zogenaamde stochastische analyse zijn maatgevende buien voor Roosendaal bepaald die behoren bij maatgevende waterstanden met een herhalingstijd (T) van 10, 25, 50 en 100 jaar. De bijbehorende waterstanden zijn vervolgens statistisch afgeleid. De inundaties vanuit het oppervlaktewater zijn voor verschillende herhalingstijden berekend met een 1D/2D-overstromingsmodel.

De (dynamische) interactie tussen het oppervlaktewater en het rioleringsstelsel is voor elke riooloverstort afzonderlijk in beeld gebracht middels een overschrijdingscurve waarin de relatie tussen herhalingstijden en berekende oppervlaktewaterstanden is weergegeven. Tenslotte zijn de berekeningsresultaten getoetst aan de praktijk, waarvoor onder andere resultaten van de gemeentelijke waterenquête zijn gebruikt.

Het watersysteem

Roosendaal ligt in het stroomgebied van verschillende beken, waaronder de Molenbeek, Spuitendonksche beek, Rissebeek, Krampenloop, Natte- of Eldersche Vaart, Rucphensche Vaart en de omloop

Bakkersberg (zie afbeelding 1). De neerslag van dit gebied wordt via de Roosendaalse Vliet, Steenbergse Vliet en Mark naar het Volkerak afgevoerd. Het neerslagafvoerproces is sterk bepalend voor optredende waterstanden in Roosendaal. Het grote achterliggende stroomgebied van de Molenbeek beïnvloedt in grote mate de oppervlaktewaterstanden in Roosendaal. Ter bescherming van de binnenstad wordt een groot deel van de afvoer van de Molenbeek in natte perioden met behulp van een verdeelwerk omgeleid langs de westzijde van Roosendaal.

Oppervlaktewater en modellering neerslagafvoer

In de studie is als onderlegger een regionaal

Twee maal de Molenbeek: links ten zuiden van Roosendaal (bovenstrooms) en rechts ten noorden van Roosendaal (benedenstrooms).



hydraulisch oppervlaktewatermodel van het waterschap gebruikt. Veel tijd is geïnvesteerd in de controle en verfijning van het netwerk van watergangen in het stedelijk gebied. Alle relevante waterlopen en waterpartijen, alsmede lozingspunten (overstorten), zijn in het model opgenomen. Hierdoor zijn de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid ten opzichte van het oorspronkelijke model toegenomen.

Daarnaast is het oppervlaktewatermodel uitgebreid met de 1D/2D-overstromingsmodule om stroming over het maaiveld te simuleren. Het neerslagafvoerproces van de afwateringsgebieden bovenstrooms van Roosendaal zijn gesimuleerd met het Wageningenmodel¹⁹. Voor het stedelijk gebied is per lozingspunt een bakjesmodel gebruikt met de kenmerken van het achterliggende rioleringsgebied.

De oppervlaktewater- en neerslagafvoermodellen zijn gekalibreerd en gevalideerd voor een aantal extreme neerslaggebeurtenissen. De kalibratie van het oppervlaktewatermodel is met name gericht op de afregeling van het verdeelwerk in de Molenbeek. Voor de kalibratie en validatie van het neerslagafvoermodel is vooral aandacht besteed aan de waterstromen die de stad binnenkomen. Het debiet van de Molenbeek wordt ter hoogte van meetstuw Oude Turfvaartsestraat in Nispen nabij de Nederlands-Belgische grens gemeten. Het neerslagafvoerproces dat met het Wageningenmodel is berekend, is op basis van deze meetreeks gekalibreerd voor de periode oktober 1998 tot december 1998. Voor de overige waterlopen in het studiegebied zijn geen meetreeksen beschikbaar. De afvoer van deze waterlopen zijn met het gekalibreerde Wageningenmodel berekend.

Kalibratie en validatie Wageningenmodel

Voor de kalibratie en validatie van het Wageningenmodel is gebruik gemaakt van de 'Nash-Sutcliffe coëfficiënt of efficiency'²¹:

$$R^2 = (F_0^2 - F^2) / F_0^2$$

waarin:

F^2 : sommatie(t) $(Q_0(t) - Q_c(t))^2$

F_0^2 : sommatie(t) $(Q_0(t) - Q_{0,gem})^2$

$Q_0(t)$: gemeten afvoer op tijdstip t (m³/s)

$Q_c(t)$: gesimuleerde afvoer op tijdstip t (m³/s)

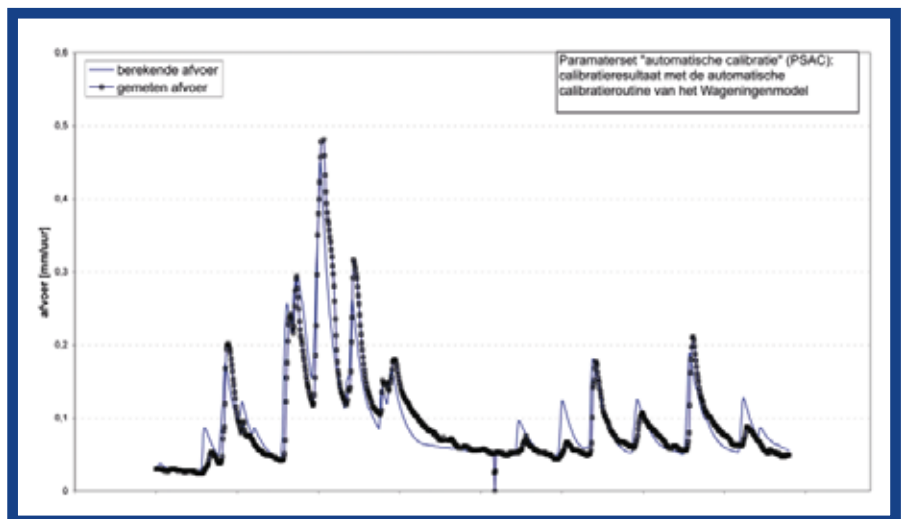
$Q_{0,gem}$: gemiddelde gemeten afvoer (m³/s)

Deze coëfficiënt varieert tussen 0 en 1 en is een maat voor de voorspellende waarde (nauwkeurigheid) van een model. Een efficiency van 1 geeft aan dat het modelresultaat zeer goed overeen komt met de werkelijk gemeten waarden. Een efficiency van 0 geeft aan dat het modelresultaat overeen komt met het gemiddelde van de gemeten data. Negatieve efficiency's geven aan dat het gemiddelde van de gemeten reeks een betere schatting geeft dan het modelresultaat.

De kalibratie van het Wageningenmodel (oktober tot december 1998) is 75 procent nauwkeurig. Het neerslagafvoermodel is gevalideerd voor de periode 30 oktober



Afb. 1: Overzicht projectgebied.



Afb. 2: Validatie Wageningenmodel bij meetstuw Nispen november 2002.

2002 tot 7 januari 2003. Voor deze periode is gekozen omdat het najaar van 2002 nat is geweest met hevige neerslag. De model-efficiëntie van de validatie bedraagt 78 procent (zie afbeelding 2).

Tenslotte zijn de initiële condities van de grondwaterstanden in het Wageningenmodel gekalibreerd voor de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) in augustus 1998 en voor de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) in januari 1999.

Toetsing

Voor de toetsing van het oppervlaktewaterstelsel is gebruik gemaakt van de stochastenmethode. Hierbij worden in totaal 27 buien of 'stochasten' met verschillende neerslagpatronen, neerslagdiepte, intensiteiten en herhalings tijden doorgerekend vanuit twee verschillende initiële condities, namelijk een GLG in de zomerperiode en een GHG in de winterperiode. Omdat het stedelijk gebied betreft, is gekozen voor een regenperiode van 24 uur met korte tijdstappen. De herhalings tijd van de verschillende neerslaggebeurtenissen is met behulp van een statistische analyse van de berekeningsresultaten bepaald.

De toetsing van het watersysteem vond plaats met maatgevende waterstanden bij verschillende herhalings tijden: een inundatie van het stedelijk gebied bij een T100-gebeurtenis (de NBW-werknorm) en een interactie met de riolering vanaf een T2-gebeurtenis.

De inundaties vanuit het oppervlaktewater zijn bij een T100-neerslaggebeurtenis berekend met de 1D/2D-overstromingsmodule. Met name rondom de Molenbeek in de wijk Kroeven (Roosendaal-zuid) en op enkele locaties in het centrum vinden inundaties plaats (blauwe vlekken in afbeelding 3).

Er is sprake van een interactie tussen het oppervlaktewaterstelsel en het rioleringsstelsel indien de waterstand in de waterloop hoger is dan de overstortdrempel. Als uit de berekeningsresultaten blijkt dat interacties plaatsvinden, is geanalyseerd of dit tot meer water op straat leidt.

Met name bij hoog frequente herhalings tijden kan interactie ongewenst zijn, omdat rioleringsstelsels worden ontworpen op neerslaggebeurtenissen met een kleinere herhalings tijd dan het oppervlaktewater.



Afb. 3: Berekende inundaties vanuit het oppervlaktewater (T100).

waterpartijen af op een overkluizing van het centrale rioleringsstelsel van Roosendaal. Door in de toekomst het water gedoseerd af te voeren naar de overkluizing wordt dit rioolstelsel verder ontlast en loop de straat minder frequent onder water;

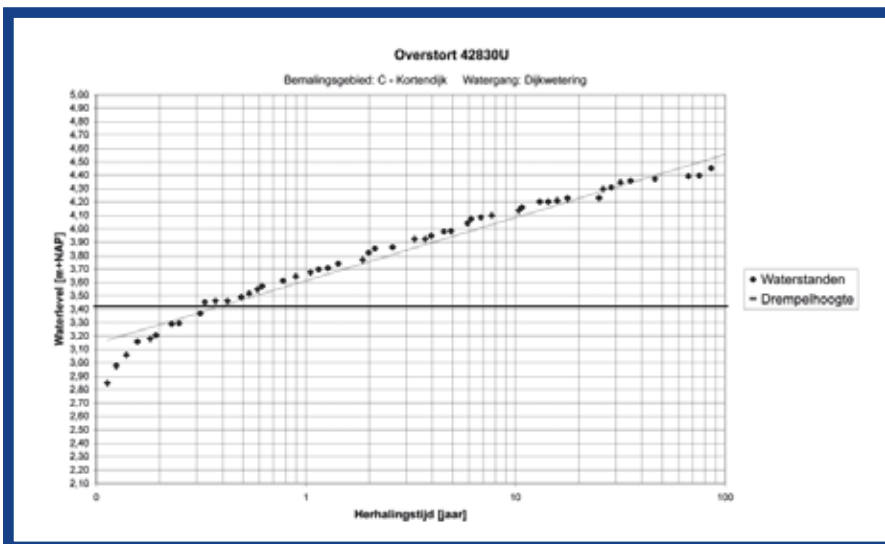
- De frequente inundatie van de Molenbeek in Roosendaal kan verder worden geminimaliseerd door optimalisatie van het verdeelwerk, waardoor de resterende capaciteit in de watergang 'omloop Tolberg' (Roosendaal-west) beter kan worden benut.

Vervolg

In het verbrede gemeentelijk rioleringsplan van Roosendaal worden enkele maatregelen overgenomen die voortkomen uit voorliggende studie (optimaliseren van het gebruik van de reeds beschikbare berging in de Dijkwetering). Hierbij worden combinaties gezocht met plannen binnen de gemeente, zoals inrichting van de ecologische verbindingzone van de Molenbeek en de ruimtelijke ontwikkeling Stadsoevers. Overige maatregelen, zoals het verder inregelen van het verdeelwerk, komen in vervolgstudies nader aan bod. De gemeente stelt eind dit jaar het rioleringsplan vast, met daarin de resultaten van de stedelijke wateropgave. Op deze wijze geeft de gemeente Roosendaal invulling aan haar zorgplichten voor afval-, hemel- en grondwater.

LITERATUUR

- Warmerdam P., J. Kole en J. Chormanski (1996). Modelling rainfall-runoff processes in the Hupselse Beek research basin. Proceedings Strasbourg Conference on Ecohydrological processes in small basins. Technical Documents in Hydrology nr. 14. UNESCO Paris.
- Nash J. en J. Sutcliffe (1970). River flow forecasting through conceptual models part I; A discussion of principles. Journal of Hydrology 10 nr. 3, pag. 282-290.



Afb. 4: Overschrijdingscurve overstort.

Om de (dynamische) interactie tussen het oppervlaktewater en het rioleringsstelsel in beeld te brengen, is voor elke riooloverstort een curve opgesteld die de relatie tussen herhalingstijden en berekende oppervlaktewaterwaterstand weergeeft. Hiermee wordt direct inzichtelijk gemaakt bij welke herhalingstijd de drempel van de overstort van het hemelwater stelsel en het gemengde rioleringsstelsel verdrinkt (zie afbeelding 4).

Praktijk

De berekende knelpunten zijn getoetst aan waarnemingen uit de praktijk. Hiervoor is een digitale waterenquete uitgevoerd, waarin bewoners hun waarnemingen en ervaringen konden aangeven. Tevens is een digitaal bewonerspanel uit Roosendaal geënquêteerd over ervaren wateroverlast. Locaties waar volgens de enquête wateroverlast optreedt maar niet zijn berekend, bleken het gevolg te zijn van verstoppingen van de riolering en achterstallig onderhoud. De berekeningsresultaten komen over het algemeen overeen met de waarnemingen in de praktijk.

Conclusie

Op basis van de modelberekeningen en de praktijktoets kan het volgende worden geconcludeerd:

- In de wijk Kroeven treedt bij een T2-neerslaggebeurtenis interactie op tussen het oppervlaktewater (Molenbeek) en het rioleringsstelsel. Dit leidt echter niet tot water op straat. In deze studie is overigens geen rekening gehouden met het tijdstip waarop piekafvoeren optreden. Uit de modelberekeningen bleek dat de hoogwatergolf uit het bovenstroomse achterland op een later tijdstip in Roosendaal arriveert dan de afvoergolf uit de riolering van het stedelijk gebied. Het faalmechanisme 'interactie' is in werkelijkheid een samenspel van enerzijds hoge afvoeren in het oppervlaktewatersysteem die de overstordrempel doen verdrinken en anderzijds een intensieve piek vanuit het stedelijk gebied die de riolering hydraulisch zwaar belast;
- Het regenwater van de gescheiden bemalingsgebieden in de wijk Kortendijk (Roosendaal-oost) voert via een aantal