



Tijdens een droge periode stroomt water uit een regenwaterafvoerpijp van Jefferson Parish direct op het oppervlaktewater. Chemische analyses wijzen uit dat hier drinkwater wegstroomt

AUTEURS



Laura Nougues en Roelof Stuurman
(Deltares)



GRONDWATERDRAINAGE IN NEW ORLEANS

Greater New Orleans in Louisiana bestaat uit drie gemeenten: Orleans Parish, Jefferson Parish en St. Bernard Parish. Deze zijn bijna volledig omringd door water: Lake Pontchartrain in het noorden, de Mississippi-rivier in het zuiden, Lake Borgne in het oosten en wetlands in zowel het oosten als het westen. Deze natte grenzen en het feit dat een groot deel van New Orleans onder de zeespiegel ligt, zorgen voor grote overstromings- en drainageproblemen. Door de komachtige vorm van deze gemeenten kan vrijwel alle regen die in het gebied valt, en kwel die opstijgt, alleen worden afgevoerd met uitgebreide pompsystemen of door verdamping. Dit afvoersysteem blijkt samen met het afvalwatersysteem en het drinkwaternetwerk een cruciale rol te spelen bij grondwaterdrainage en -aanvulling.

Grondwater en regenwaterafvoer

New Orleans is uitgerust met een uitgebreid netwerk van pompstations (afbeelding 1) om regenwater af te voeren. Het netwerk is ontworpen om bij regen maximaal 1 inch (2,5 cm) af te voeren in het eerste uur, gevolgd door 0,5 inch (1,3 cm) per volgend uur. In totaal kan dit pompsysteem water uit de stad pompen met een snelheid van meer dan



Drainagesysteem van New Orleans met vele pompstations (rood)

45000 cubic feet (1300 m³) per seconde. De pompstations draineren echter tevens grondwater, zowel in natte als droge perioden, via het drainagebuizenennetwerk. Door de ouderdom van het regenwaterafvoersysteem en schade veroorzaakt tijdens orkaan Katrina is dit systeem ernstig beschadigd. Er zijn veel scheuren in de buizen en lekkages bij de leidingaansluitingen. Regenwater wordt afgevoerd naar straatkolken van waaruit het water door middel van zwaartekracht via leidingen naar het dichtstbijzijnde afvoergemaal getransporteerd wordt. Als het niet regent, verwijderen kleinere *constant duty* pompen de droogweerafvoer om de waterkelders van de pompstations te legen. Deze *constant duty* pompen worden ook aangezet als er grote stormen voorspeld zijn. Ze worden ook belast door irrigatie afvloeiing, huishoudelijk afvloeiing vanuit (voor) tuinen en gedraineerde grondwater. In droge perioden zorgt de lage waterstand in de leidingen en duikers voor drainage van grondwater en in natte perioden verhoogt de snelle grondwaterstijging de druk op de regenwaterafvoerbuizen waardoor er extra grondwater door dit systeem wordt afgevoerd.

Grondwater, riool en drinkwaternetwerk

Er is ook een interactie tussen grondwater en andere waterinfrastructuren zoals het afvalwatersysteem en het drinkwaternetwerk. Het afvalwatersysteem is een zwaartekracht-opvangsysteem. Door het hele systeem heen zijn er een aantal afvalwaterpompstations die het afvalwater weer naar een hoger niveau tillen voor een doorlopende zwaartekrachtstroom naar de rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's). Idealiter transporteert het afvalwatersysteem alleen industrieel en huishoudelijk afvalwater en geen regenwater of grondwater. Zoals gezegd is het systeem in New Orleans echter in slechte staat waardoor de rwzi's veel meer influent krijgen dan het volume aan huishoudelijk- en industrieafvalwater. Tijdens natte perioden zuiveren de rwzi's aanzienlijk meer water dan tijdens droge perioden door de verhoogde grondwaterdruk op de afvalwaterleidingen.

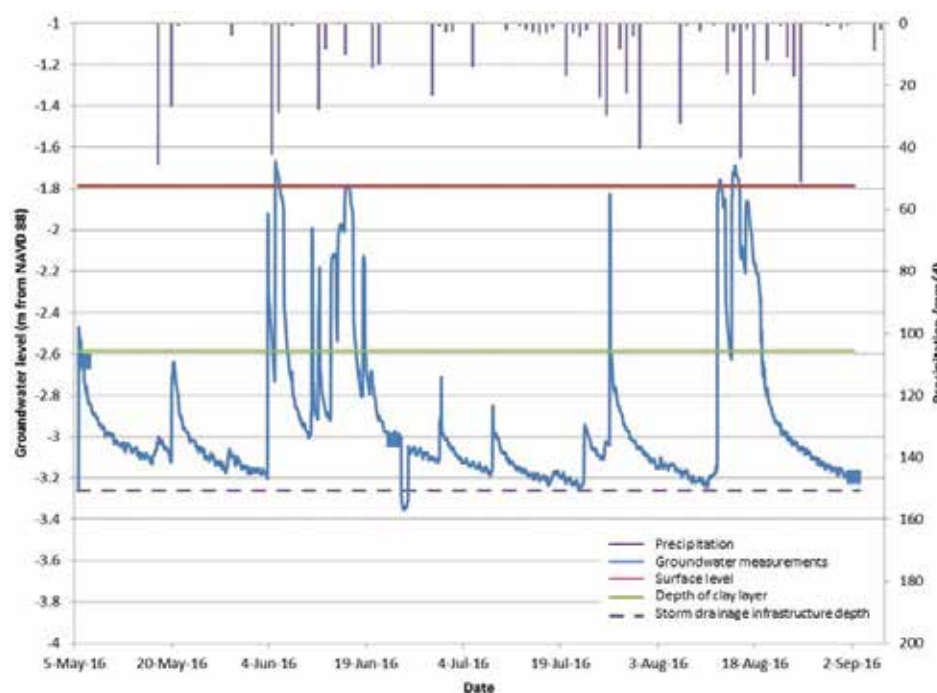
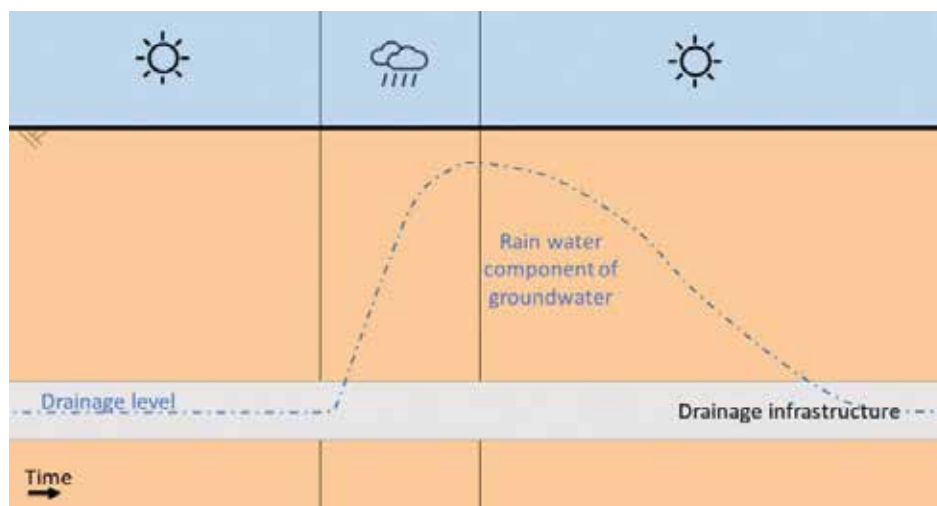
Het huidige drinkwaternetwerk in New Orleans heeft onderdelen van meer dan 100 jaar oud en heeft dus, net als de andere twee systemen, last van lekkende leidingen. De interactie tussen grondwater en drinkwaternetwerk is echter het tegenovergesteld aan de interactie met de andere systemen. Door de lekkende leidingen lekt het drinkwater de grond in, waardoor het verloren gaat. Dit water vult het grondwatersysteem aan, waarna het meeste gedraineerd wordt door de dicht bij elkaar gelegen lekkende regenwaterafvoer- en afvalwatersystemen. Bij een deskstudie op basis van gegevens en informatie van verschillende partijen, zijn de grootte en de gevolgen van de totale grondwaterdrainage en -lekkage in New Orleans via het regenwaterafvoersysteem, het afvalwatersysteem en het drinkwatersysteem gekwantificeerd.

Grondwaterdrainage

Om de hoeveelheid water die via het regenwaterafvoersysteem gedraineerd wordt te kwantificeren is gebruik gemaakt van informatie en gegevens van het waterschap van New Orleans oftewel de Sewerage & Water Board of New Orleans (SWBNO). De gegevens betreffen tijdreeksen voor de dagelijkse neerslag en pompstation afvoer. Uit een impuls-responsanalyse die tijdens het onderzoek is uitgevoerd, bleek dat een aanzienlijk deel van het afgevoerde water niet verklaard kon worden door neerslag. Dit wijst op de aanwezigheid van gedraineerd grondwater in de pompstation afvoer.

Om de hoeveelheid gedraineerd grondwater in het afvalwatersysteem te kwantificeren, is het totale dagelijkse rwzi influent (East Bank rwzi, Lower 9th Ward) verzameld bij SWBNO en is er een onderscheid gemaakt tussen afvalwaterstroom, gedraineerd grondwater in droge perioden (de *base flow*) en gedraineerd grondwater in natte perioden. De *base flow* is gekwantificeerd met behulp van een reeds bestaand model ontwikkeld door Stantec. De afvalwaterstroom en het totaal gedraineerde grondwater zijn vervolgens gevonden met behulp van de gemonitorde rwzi influenttijdreeksen. De hoeveelheid influent bleek duidelijk te fluctueren, wat wijst op een sterke respons van rwzi influent op neerslag. Tijdens natte perioden neemt het water in het afvalwatersysteem hoofdzakelijk toe door extra grondwaterdruk op de afvalwaterleidingen.

Gemonitorde grondwaterstanden uit boorgatgegevens en grondwatermonitoring verzameld door Deltares, Batture LLC en Tornqvist bevestigen de invloed van het regenwaterafvoersysteem en het afvalwatersysteem op grondwaterdrainage. Na regenbuien zakt het grondwaterpeil



Afbeelding 2: (Boven) Een schema van het grondwatergedrag voor en na regenbuien. Na regenbuien zien we het grondwater terug zakken naar de diepte van de regenwaterafvoersysteem (locatie Mirabeau, Gentilly New Orleans, gegevens zomer 2016).

naar een constant niveau dat samenvalt met de diepte van de waterinfrastructuur leidingen (afbeelding 2).

Om de drinkwaterverliezen te kwantificeren is, tot slot, een wateraudit van Freeman LLC gebruikt. Het totale drinkwaterverlies blijkt te bestaan uit twee componenten: de schijnbare verliezen en de reële verliezen. De schijnbare verliezen omvatten onnauwkeurigheden in de meting van klanten, waterdiefstal, illegale verbindingen, problemen met gegevensverwerking en fouten in het factureringssysteem. De reële verliezen bestaan uit distributielekkages en aansluitingslekkages. In dit onderzoek is alleen gekeken naar de reële verliezen, aangezien dit het water is wat de grond in sijpelt.

Conclusies over de waterbalans

Uit de deskstudie zijn de volgende conclusies getrokken: 1) het regenwaterafvoersysteem verzorgt het grootste deel van de totale grondwaterdrainage (58 procent); 2) 50 procent van het influent van de rwzi is grondwater, wat een

grote onnodige belasting is voor het zuiveringsproces; en 3) 55 procent van het geproduceerde drinkwater infiltreert in de bodem tijdens distributie, waardoor de drinkwaterverliezen een grotere grondwateraanvulling vormen dan het jaarlijkse neerslagoverschot (zie afbeelding 3).

Gevolgen

De enorme hoeveelheid grondwater die wordt gedraineerd of in de bodem infiltreert, heeft grote fysieke en financiële gevolgen. Grondwaterdrainage via het regenwaterafvoersysteem en het afvalwatersysteem leidt tot lagere grondwaterstanden. Dit leidt tot bodemdaling door oxidatie in veenbodems (ongeveer 12 procent van het casestudie gebied). In minerale bodems zoals klei (51 procent van het casestudie gebied) treedt er een schadelijk krimp-zwelp proces op waarbij de ondergrond in droge perioden uitdroogt en krimpt en weer opzwellt in natte perioden. Hoe meer het land verzakt, hoe meer grondwater gedraineerd moet worden om grondwateroverstromingen te voorkomen, met als gevolg verdere bodemdaling; een vicieuze cirkel.



Afbeelding 3: De verhoudingen en hoeveelheden van de verschillende fluxen in de periode 2018-2020 (neerslag 1782 mm/jaar en verdamping ongeveer 1289 mm/jaar)

Aangezien bodemdaling met verschillende snelheden optreedt, afhankelijk van bodemeigenschappen en grondwatercondities, zijn er veel breuken, scheuren en zinkgaten in wegen, parkeerplaatsen en patio's wat leidt tot hoge renovatie- en reparatiekosten. Een ander financieel gevolg betreft de drinkwaterverliezen. Meer dan de helft van het geproduceerde drinkwater gaat tijdens transport verloren.

Zoals hierboven vermeld, is 50 procent van het influent van de rwzi gedraineerd grondwater wat niet gezuiverd hoeft te worden. Dit vormt een enorme belasting voor de rwzi, is slecht voor de waterkwaliteit en kost veel geld. Bij grote stormen leidt dit tot directe lozing van afvalwater in de Mississippi omdat de rwzi de hoeveelheid influent plus gedraineerd grondwater niet aankan.

Het repareren van deze systemen is essentieel om al deze fysieke en financiële problemen op te lossen, maar is duur. Niet alle leidingen kunnen in één keer vervangen worden. Het is belangrijk om de meest kritieke locaties te identificeren (oudste pijpleidingen of pijpleidingen in gebieden die het ergste getroffen zijn door orkaan Katrina) en deze als eerste te herstellen. Verder is er extra onderzoek nodig voordat er op een locatie met de reparaties begonnen kan worden, om de invloed van verschillende drainage- en aanvullingsfluxen lokaal te voorspellen.

Herstel van het regenwaterafvoersysteem kan grondwaterdrainage verminderen, wat kan leiden tot grondwateroverstromingen. Of omgekeerd: door het herstel van het drinkwaternetwerk neemt de grondwateraanvulling af waardoor bodemdaling mogelijk kan versnellen.

Deze deskstudie was gericht op New Orleans, maar grondwaterdrainage en -aanvulling via defecte leidingen is op veel plekken een groot probleem, zowel in ontwikkelde landen als in ontwikkelingslanden. Dit onderzoek toont de waarde aan van geïntegreerde stedelijke wateranalyses. Voordat een grondwatermodel kan worden gemaakt, is het belangrijk om de beschikbare gegevens grondig te bestuderen en evalueren om te begrijpen wat er in het veld gebeurt. Pas hierna kan er een model worden gemaakt wat nauwkeurig weergeeft wat er in de werkelijkheid gebeurt.

Laura Nougues en Roelof Stuurman (Deltares)

Dankbetuiging

Dank aan Adam Kay en Tyler Antrup van SWBNO voor hun gegevens en uitleg. En aan Bob Mora en Jennifer Snape van Batture LLC voor hun peilbuisgegevens; ook brachten ze ons in contact met Sean Walsh van Eustis Engineering LLC. Tot slot dank aan Christopher Sanchez van Stantec voor zijn hulp met het afvalwatermodel en Tor Tornqvist voor de Irish Channel grondwatergegevens.

BRONNEN

National Resources Conservation Service. (2021). Web Soil Survey. <https://websoilsurvey.sc.egov.usda.gov/App/HomePage.htm>
 Nougues, Laura (2021): Groundwater drainage in New Orleans. An internship (TU Delft) at Deltares

SAMENVATTING

Greater New Orleans is omgeven door de Mississippi, twee meren en wetlands. Door de komachtige vorm van een groot deel van de stad (onder de zeespiegel) kan overtollig regen- en kwelwater alleen worden afgevoerd met uitgebreide pompsystemen of door verdamping. Die pompsystemen moeten ook veel weglekkend drinkwater wegpompen (meer dan de helft gaat tijdens transport verloren). Dit leidt ertoe de rwzi nodeloos wordt belast met grote hoeveelheden relatief schoon gedraineerd grondwater (de helft van het influent). Bij grote stormen leidt dit tot directe lozing van afvalwater in de Mississippi omdat de rwzi de hoeveelheid influent niet aankan. Het repareren van al deze systemen is essentieel om al deze problemen op te lossen, maar is duur en kan grote veranderingen in het stedelijk grondwatersysteem met zich meebrengen.