

Gevolgen van overstromingen voor het drinkwaterleidingnet

Jojanneke van Vossen-van den Berg en Bas Wols (KWR Watercycle Research Institute)

Dit onderzoek richtte zich op de vraag welke delen van het drinkwaternet onder welke omstandigheden potentieel kwetsbaar zijn bij overstromingen. Grote effecten op de drinkwaterlevering (los van eventuele effecten op de productielocaties) zijn alleen te verwachten voor grootschalige overstromingen die gepaard gaan met extreme weersomstandigheden en dijkdoorbraken (indien hierdoor transportleidingen worden getroffen). Bij lokale overstromingen zullen gevolgen beperkt zijn. (Drink)waterbedrijven kunnen de effecten van grootschalige overstromingen beperken door proactief voorbereidingen te treffen. Dit betreft zaken als communicatie met achterblijvers, effectieve levering van nooddrinkwater of alternatieve waterlevering, isoleren van probleemgebieden en verminderen van kwetsbaarheid van het leidingnet in risicovolle gebieden.

Aangezien drinkwater een eerste levensbehoefte is, is een continue levering van drinkwater heel belangrijk. Dit is ook vastgelegd in de Drinkwaterwet en het Drinkwaterbesluit. Maar wat gebeurt er onder extreme omstandigheden, zoals bij overstromingen? In de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie is vastgelegd dat Nederland in 2050 'zo goed mogelijk klimaatbestendig en waterrobuust is ingericht' en dat 'bij ontwikkelingen voor zover redelijkerwijs haalbaar geen extra risico's ontstaan op schade en slachtoffers'. De overheid zet daarbij in op een opeenvolging van 'weten', 'willen' en 'werken'. 'Weten' staat hier voor analyse van de problematiek, 'willen' voor het formuleren van de ambities en 'werken' voor het vormen van beleid en uitvoeren van maatregelen. De (drink)waterbedrijven werken momenteel aan het onderdeel 'weten', waarbij wordt geïnventariseerd wat de gevolgen van overstromingen zijn op het functioneren van de drinkwatervoorziening. Uiterlijk in 2020 moeten de ambities zijn geformuleerd in het onderdeel 'willen'. Het hier gepresenteerde onderzoek is een inventarisatie van de effecten van overstromingen op de levering van drinkwater vanuit de vraag: gegeven dat de winning en zuivering in werking blijven of snel hersteld worden, is het leidingnet tijdens en na overstromingen in staat om drinkwater te leveren?

In tegenstelling tot de recente RIVM-publicatie, die zich vooral richt op productielocaties van drinkwater [1], richtte deze studie zich op de drinkwaterdistributie.

Leidingnet

Het drinkwaterleidingnet bestaat uit een aantal componenten. Ruwwaterleidingen transporteren (deels) ongezuiverd water van winnings- of innamelocaties naar zuiveringslocaties. Dit zijn over het algemeen leidingen met relatief grote diameters die het water over grote afstanden verplaatsen. Na zuivering brengen transportleidingen het drinkwater van de zuiverings- of opslaglocatie naar de gebieden met consumenten. Daar vertakt het netwerk zich in kleinere leidingen, de distributieleidingen, die het drinkwater over het gebied met consumenten verdelen. De aansluitleidingen brengen het drinkwater vervolgens vanuit het distributienet naar de woningen en bedrijven waar het wordt gebruikt. In afbeelding 1 staat een voorbeeld van een typisch drinkwaterleidingnet. Transport- en distributieleidingen, die het water binnen de stedelijke gebieden verspreiden, zijn typisch aangelegd in ringstructuren (redundant), zodat bij uitval van een element de

levering kan worden opgevangen door een andere leiding. Ruwwaterleidingen zijn niet altijd redundant uitgevoerd.



Afbeelding 1. Voorbeeld van een drinkwaterdistributienet met de grootste leidingen weergegeven in blauw en oranje. De ringstructuur in de blauwe leidingen is duidelijk zichtbaar

Transportnetten bestaan uit leidingen met afsluiters, pompen en reservoirs (ook wel reinwaterkelders genoemd). Distributienetten bestaan uit leidingen, afsluiters, brandkranen en dienstkranen die de verbinding met de aansluitleiding vormen. In het net bevinden zich verder sensoren (vooral druksensoren) met telemetrie om de sensorgegevens te ontsluiten waarmee de pompen worden aangestuurd.

Van deze onderdelen zijn de elektrische componenten het meest kwetsbaar voor overstromingen. Bij uitval van elektriciteit is er noodstroom aanwezig in de vorm van dieselaggregaten, maar als de componenten zelf overstromen treedt er kortsluiting en corrosie op. Uitval van sensoren en telemetrie zorgt ervoor dat pompen geen gegevens uit het getroffen gebied meer ontvangen, waardoor ze in een noodstand gaan. Voor reinwaterkelders is het belangrijkste dat ze niet leeg mogen worden gepompt om opdrijven van de kelder met bijbehorende grote schade te voorkomen.

Uitval van pompen kan ervoor zorgen dat de druk in een leveringsgebied te laag wordt, maar het grootste directe gevaar voor de levering is het bezwijken van veel of kritieke leidingen. Daarom is onderzocht onder welke omstandigheden leidingen kwetsbaar zijn.

Overstromingsscenario's

Overstromingsscenario's lopen uiteen van lokale hinder na zware regenval tot grootschalige overstromingen met dijkdoorbraken onder invloed van bijvoorbeeld een orkaan. De drinkwaterbedrijven hebben ervaring met lokale hinder en het leidingnet is in het algemeen prima bestand tegen dergelijke situaties. Alleen als toevallig de elektrische component van een pomp onderloopt, kan er schade optreden, maar deze is dan lokaal en kan worden opgevangen door de redundantie in het leidingnet. In deze studie ligt de nadruk dan ook op grootschalige overstromingen. Hiervoor worden de Deltascenario's en de Ergst Denkbare Overstromingen (EDO's) gebruikt. In de

Deltabeslissing veiligheid is een risico van 10^{-5} per jaar vastgesteld op overlijden door een overstroming. De normen zijn strenger in gebieden met grote aantallen slachtoffers, grote economische schade en/of ernstige schade aan vitale en kwetsbare infrastructuur. De normen voor dijkhoogte zijn op deze Deltanormen gebaseerd, wat automatisch betekent dat een overstroming van dit type wordt veroorzaakt door bovenmaatgevende omstandigheden. Het gaat dus om extreme, maar realistische scenario's. De EDO's zijn, zoals de naam al zegt, gebaseerd op de ergst denkbare situaties. De grootste overstromingen komen voort uit de volgende situaties:

- Een orkaan in het noordelijk of zuidelijk kustgebied of in het merengebied (IJsselmeer) (waarbij meestal pas in een zeer laat stadium bekend is waar de orkaan precies gaat toeslaan);
- Bovenmaatgevende afvoer in het bovenrivierengebied;
- Een zeer zware storm gecombineerd met extreme rivierafvoer in het benedenrivierengebied.

Voor dergelijke overstromingen is het realistisch dat een aanzienlijk deel van de bevolking in de waarschuwingsperiode voorafgaand aan de overstroming niet kan worden geëvacueerd. Zeker bij orkanen is de waarschuwingstijd slechts een paar dagen. Achterblijvers zijn een aantal dagen op zichzelf aangewezen. De kans op een orkaan is in Nederland zeer klein. De verwachting is dat deze bij de klimaatverandering zoals nu voorzien licht toeneemt [1]. Bovendien is de kans groter dat deze dan in het seizoen optreden wanneer de bomen nog blad dragen, waardoor de kans op schade door omvallende bomen groter is.

Tijdens overstromingen treden ook cascade-effecten op, zoals uitval van elektriciteit, riolering en communicatie en slechte fysieke bereikbaarheid. Er moet rekening worden gehouden met uitval van telefonie en digitale netwerken, zodat mogelijk alleen radio overblijft. Ook kan schade slecht tot niet worden hersteld en kunnen normale procedures, zoals voor de nooddrinkwatervoorziening, niet worden uitgevoerd, omdat de oorspronkelijke uitdeellocaties onbereikbaar zijn. Belangrijk hierbij is dat waarschuwingen tegen vervuild drinkwater moeilijk kunnen worden gecommuniceerd en dat consumenten vervolgens niet altijd in staat zijn om eventuele kookadviezen op te volgen.

Bezwijken van leidingen

Er is een aantal processen dat kan leiden tot het bezwijken van leidingen. Na beschouwing bleken de belangrijkste:

- Erosie of uitspoelen van grond bij grote stroomsnelheden;
- Opdrijven van leidingen bij een laag soortelijk gewicht van leidingen ten opzichte van het soortelijk gewicht van (zee)water;
- Bezwijken van leidingen door het gewicht van de extra laag water op de bodem;
- Bezwijken van leidingen door verschildzettingen;
- Schade door weersomstandigheden: uit storingsanalyses is bekend dat bij hoge windsnelheden een toename in storings optreedt, waarschijnlijk door de werking van boomwortels en het meesleuren van leidingen door omvallende bomen. In het geval van een orkaan is het zeer waarschijnlijk dat op grote schaal storings optreden door omgevallen bomen, maar ook door schade aan huizen en aansluitleidingen. In Florida veroorzaakte orkaan Andrew in 1992 bijvoorbeeld in de zwaarst getroffen regio Miami Dade County een drukverlies in het leidingnet van 0,5 MPa naar 0,14 MPa en daardoor een instroom van vervuild water [3], [4].

Opdrijven vindt alleen plaats in veengronden bij PE-leidingen en, in geval van zeewater, ook bij PVC- en AC-leidingen met een grote diameter.

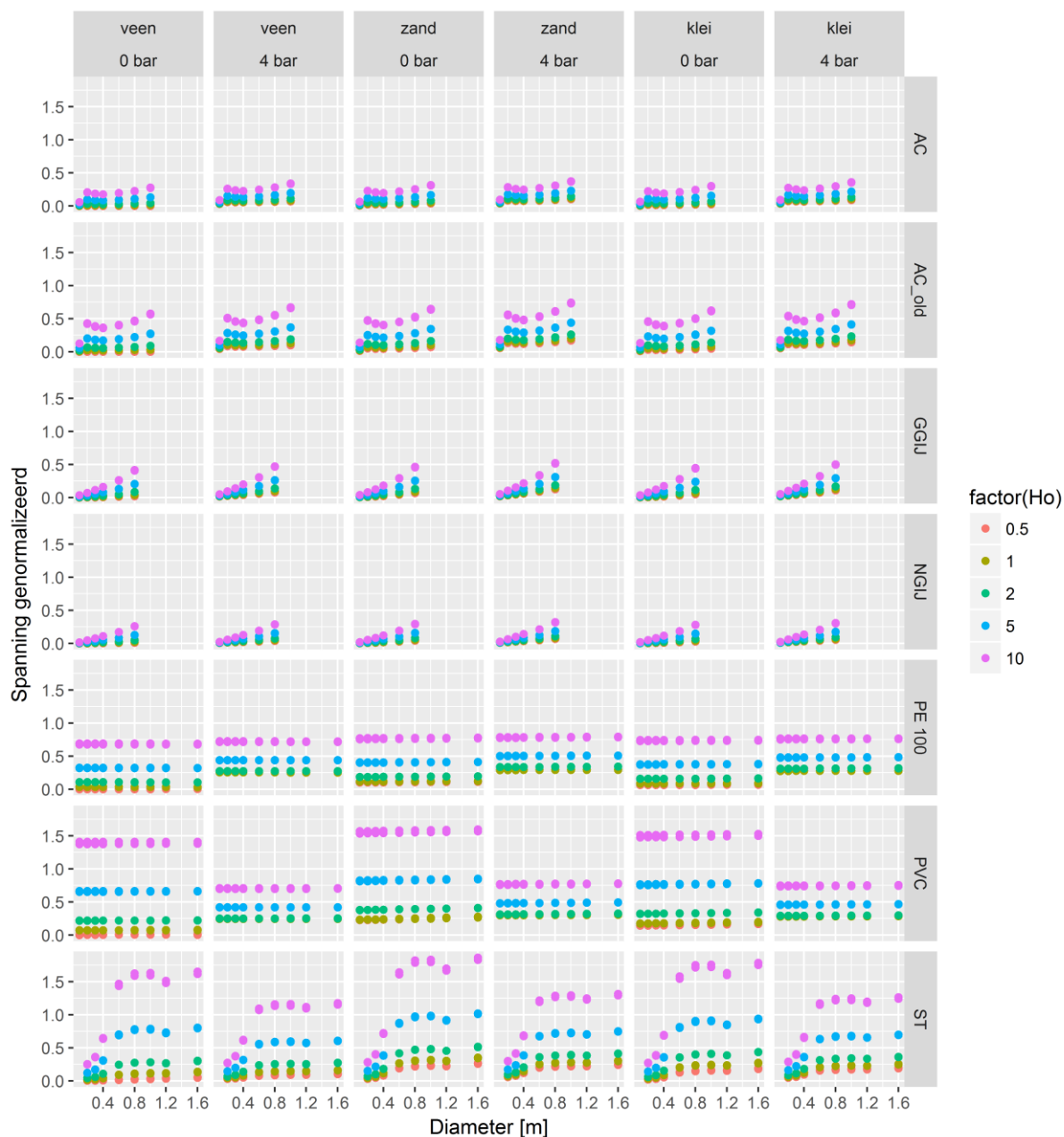
Uitspoelen van grond treedt vooral op bij dijkdoorbraaklocaties en is beschouwd op basis van een model voor de doorbraakzone. Een doorbraakzone wordt gedefinieerd volgens twee criteria, namelijk [5]:

- Het product van waterdiepte en stroomsnelheid is groter of gelijk aan $7 \text{ m}^2/\text{s}$;
- De stroomsnelheid is groter dan of gelijk aan 2 m/s .

Dit zijn omstandigheden waarbij metselwerk, beton en stenen huizen worden verwoest en vormen daarmee een goede maat voor schade aan aansluitleidingen. Bovendien zijn dit ook de locaties met stroomsnelheden en waterdieptes waarbij leidingen bloot komen te liggen. De doorbraakzone geeft daarmee een goede schatting van de omvang van het gebied rond dijkdoorbraken met grote schade aan het drinkwaterleidingnet. Uitgaande van een radiaal verspreidingspatroon rond een doorbraaklocatie gaat het dan afhankelijk van het doorbraakdebiet om een zone van maximaal enkele honderden meters rond een dijkdoorbraak.

Bezwijken van leidingen door het gewicht van de extra waterlaag is een worstcasescenario. Deze spanningen treden alleen op als de grond nog niet verzadigd is en er geen interactie tussen overstromingswater en grondwater optreedt, anders zal er juist een opwaartse kracht op de buis werken. Dit scenario is daarmee kortdurend en/of vooral van toepassing in slecht doorlatende grondsoorten, zoals klei. Verschilzettingen treden juist op na een overstroming als de bodem opdroogt en de grondwaterstand terugkeert naar de oorspronkelijke positie.

Met het softwareprogramma Comsima kunnen de spanningen en hoekverdraaiingen als gevolg van diverse belastingen berekend worden voor ondergrondse leidingen [6], [7]. Hierin kunnen de volgende belastingen meegenomen worden: verkeersbelasting, grondbelasting, interne druk en (verschil)zetting. In afbeelding 2 staan de genormaliseerde spanningen voor het scenario met de extra waterlaag voor verschillende bodemsoorten, leidingmaterialen, diameters en waterdieptes. Te zien is dat de meeste waterleidingen niet kwetsbaar zijn voor dergelijke belastingen. Alleen als binnen korte tijd zeer grote waterdieptes (meer dan 5 meter) worden bereikt, zijn PE, PVC en staal gevoelig voor bezwijken. We spreken van 'bezwijken' als de genormaliseerde spanning groter wordt dan 1, want dan zijn de optredende spanningen hoger dan de normspanning voor vloeigedrag. Voor staal moet worden vermeld dat de wanddiktes in de praktijk regelmatig groter zijn dan de in de berekeningen gebruikte standaardwaarde (overdimensionering). Ook moet worden vermeld dat leidingen niet per definitie direct bezwijken als de normspanning wordt overschreden, omdat materiaal (zoals staal) ook nog kan vervloeien.



Afbeelding 2. Genormaliseerde spanning in leidingen met verschillend materiaal (van boven naar beneden AC, gedegraderd AC, Grijs Gietijzer (GGIJ), Nodulair Gietijzer (NGIJ), PE100, PVC-U (0,75 MPa) en Staal (ST)). De kleuren staan voor verschillende overstromingsdieptes tussen 0,5 en 10 meter. Dit alles van links naar rechts in veen, zand en klei voor drukloze (0 MPa) leidingen en leidingen op normale druk (0,4 MPa). Bovendien voor diameters (van links naar rechts) tussen 0 en 1,6 meter

Voor de berekeningen met verschilzettingen zijn zettingen tot 0,5 meter over een horizontale afstand van 6,25 meter aangenomen. Dit komt redelijk overeen met een inschatting op basis van de formule van Koppejan [7]. Deze verschilzettingen blijken alleen voor overgangen van zand naar klei of veen relevant te zijn.

Maatregelen en aandachtspunten

Bij de meeste overstromingen treden geen of beperkt problemen op, zoals uitval van individuele pompen. Om deze te voorkomen kan bij vervanging gekeken worden naar waterdichte uitvoering van onderdelen of het aanbrengen van een drempel om overstromen te voorkomen. De grootste problemen met drinkwaterlevering treden op bij zeer zware stormen en orkanen met dijkdoorbraken (vooral als er transportleidingen worden getroffen), waardoor gebieden in korte tijd met grote hoeveelheden water overstromen. Dit zorgt voor een combinatie van veel schade aan distributieleidingen en aansluitleidingen in het overstroomde gebied (en daarbuiten!) en potentieel schade aan transportleidingen als deze zich in doorbraaklocaties bevinden. Deze schade is vervolgens beperkt tot niet te repareren, waardoor de druk in het leidingnet daalt en potentieel vervuiling van het net optreedt, waardoor of geen of slechte kwaliteit drinkwater kan worden geleverd. Consumenten zijn vervolgens slecht te bereiken voor waarschuwingen om het water niet te drinken en kunnen niet altijd kookadviezen opvolgen.

Drinkwaterbedrijven kunnen naast maatregelen om elektrische onderdelen te beschermen nu al een aantal zaken doen om schade te beperken, mocht zich een overstroming voordoen:

- Schade beperken door in de vervangingsprogramma's rekening te houden met risicogevoelige gebieden bij overstromingen;
- Controleren of belangrijke leidingen in de buurt van potentiële dijkdoorbraaklocaties liggen en maatregelen afspreken met Rijkswaterstaat en/of waterschappen;
- Controleren of de noodstanden van pompen het gewenste effect hebben, namelijk voldoende water de gebieden in pompen, zonder dat reservoirs leeg vallen;
- Mogelijkheden onderzoeken om door netwerkcompartmentering risicovolle gebieden te kunnen isoleren, zodat problemen beperkt blijven en niet doorwerken naar andere gebieden.

Tijdens de overstroming zal de nadruk liggen op het zoveel mogelijk in stand houden van de drinkwaterlevering en opzetten van alternatieve levering. Bij alle mogelijke maatregelen moet worden aangetekend dat het een paar dagen zal duren voor ze helemaal zijn doorgevoerd. Mogelijkheden zijn:

- Nooddrinkwatervoorziening: tijdens calamiteiten zijn de drinkwaterbedrijven verplicht om minimaal 3 liter per persoon per dag te leveren op aangewezen locaties. Deze locaties zijn tijdens een overstroming echter mogelijk niet bereikbaar;
- Chloren van drinkwater; bij grote schade is het echter niet te zeggen of het gechloorde water alle leidingen bereikt. De drinkwatervraag neemt sterk af gedurende een overstroming en daarmee gaan de stroomsnelheden in het net ook sterk omlaag. Dit betekent dat het dagen kan duren voor gechloord water de consumenten bereikt (eerst moet al het niet-gechloorde drinkwater de leidingen uit). Ook zijn de chloorvoorraden en de installaties om chloor toe te dienen niet ingericht op grootschalige toediening gedurende een aanzienlijke periode. Bovendien moet het mogelijk zijn het chloren gedurende een langere periode continu vol te houden, anders is er geen garantie op een goede waterkwaliteit. Chloren is daarmee op zijn minst problematisch als oplossing gedurende de eerste dagen van een overstroming;
- Uitdelen van flessenwater; dit vraagt afhankelijk van de omvang van het getroffen gebied en de hoeveelheid achterblijvers om grote hoeveelheden flessenwater, en de distributie is afhankelijk van externe partijen die de beschikking hebben over boten. Ook hier duurt het zeker enkele dagen voor iedereen van flessenwater is voorzien, zeker omdat de boten ook zullen worden gebruikt voor evacuatie;

- Opzetten van mobiele voorzieningen, zoals tankwagens met noodleidingen of mobiele zuiveringsinstallaties. Ook hiervoor geldt dat de voorzieningen beschikbaar moeten zijn en dat het enkele dagen duurt voordat alle achterblijvers voorzien zijn van water.

Om dit te realiseren moeten de drinkwaterbedrijven samenwerken met andere partijen, zoals de veiligheidsregio's. Er wordt aangeraden calamiteitenoefeningen te houden, zodat kan worden bepaald in welke gebieden de drinkwaterlevering hersteld kan worden, en in welke gebieden evacuatie de beste optie is.

Ook moet voor achterblijvers duidelijk zijn dat ze van tevoren voldoende (drink)water en waterzuiveringstabletten in huis moeten hebben, zodat ze een aantal dagen zelfvoorzienend kunnen zijn. Dit zal in de waarschuwingsperiode voorafgaand aan een calamiteit een piek in de watervraag veroorzaken, waar drinkwaterbedrijven zich op moeten voorbereiden. Een voorbeeld hiervan was de verdubbeling in watervraag in Gloucester (VK) voorafgaand aan de overstroming in de zomer van 2007 [9].

Dankwoord

Dit artikel is tot stand gekomen in het kader van het collectieve DPWE-onderzoeksprogramma van KWR met de drinkwaterbedrijven Dunea, PWN, Waternet en Evides. Bij dit onderzoek was ook Brabant Water betrokken. Met dank aan Marin Oosterhuis, Peter Schaap, Martin Klein-Arfman, Arne Bosch, Christian Kivit en Roel Diemel.

Referenties

1. RIVM: Grote overstroming heeft forste impact op drinkwatervoorziening. *H2O-actueel*, 20 februari 2019. <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/rivm-grote-overstroming-heeft-forse-impact-op-drinkwatervoorziening>
2. Haarsma, R.J. et al. (2013). More hurricanes due to hit western Europe due to global warming. *Geophys. Res. Letters* **40**: 1783-1788.
3. Murphy, M. (1994). Weathering the storm. *AWWA journal* **86**: 74-83.
4. Larsen, T., K. Porter, M., Zadeh, C.V.A., Scawthorn, C. (1996). *Impact of Hurricane Andrew on performance, interaction and recovery of lifelines*. National Science Foundation, Arlington, USA.
5. Jonkman, S.N. (2007). *Loss of life estimation in flood risk assessment; theory and applications*. PhD-thesis, Department of civil engineering and geosciences, TU Delft, Delft.
6. Wols, B.A. en Moerman, A. (2017). *Verouderingsmodule voor spanningsberekeningen in leidingen met Comsima*. KWR, Nieuwegein, BTO 2017,074.
7. Wols, B.A., Moerman, A. en Vertommen, I. (2015). *Comsima: model voor spanningen op ondergrondse leidingen*, KWR, Nieuwegein, BTO 2015.082.
8. Locher, W.P. en Bakker, H. de (1990). *Bodemkunde van Nederland. Deel 1: Algemene bodemkunde*, Malmberg, Den Bosch.
9. Severn Trent Water (2007). *Gloucestershire 2007: the impact of the July floods on the waterinfrastructure and customer service*.