



stowa
Stichting
RIONED

Samenvatting proefschrift Wouter van Riel

Besluitvorming voor rioolvervangning

Besluitvorming voor rioolvervangning

Samenvatting proefschrift Wouter van Riel

Voorwoord

Wouter van Riel verdedigde op 6 juli 2016 zijn proefschrift *On Decision-Making for Sewer Replacement*. In de voorliggende Nederlandstalige samenvatting van het proefschrift beschrijft Van Riel de aanpak en resultaten van het onderzoek dat hij uitvoerde binnen het Kennisprogramma Urban Drainage.

Het Kennisprogramma Urban Drainage is vanuit de sector opgericht om de leerstoel riolering aan de TU Delft te versterken. Naast ontwikkeling van nieuwe kennis zorgt het voor nieuwe aanwas van ingenieurs en promovendi op het vakgebied stedelijk waterbeheer. Beide zijn nodig om het hoofd te bieden aan de uitdagingen waarvoor de sector staat, zoals klimaatverandering, doelmatigheid, hergebruik, verouderende infrastructuur, verantwoording en transparantie, en het vinden van kwalitatief hoogwaardig personeel.

In zijn proefschrift analyseert Van Riel de huidige besluitvorming rond rioolvervangings. Hij legt een belangrijk verband tussen de informatiekwaliteit, samenwerking en doelmatigheid. Rioleringsbeheerders nemen vaak intuïtieve vervangingsbeslissingen. Intuïtie vergt ervaring maar de kans om te leren is klein omdat er nauwelijks terugkoppeling is van langetermijneffecten van uitgevoerde maatregelen. Van Riel beveelt aan besluitvormingsprocessen te gaan documenteren om hieruit verder te leren. Zo ontstaat meer transparantie in de besluitvorming, wat een eerste stap is naar een meer doelmatige vervangingsstrategie.

Wij wensen u veel leesplezier en inspiratie.

Hugo Gastkemper, Stichting RIONED
Joost Buntsma, STOWA

Juli 2016

Inhoud

1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Uitdagingen	8
1.3 Doel en onderzoeksmethoden	8
1.4 Leeswijzer	8
2 De individuele beheerder: intuïtie en informatie	9
2.1 Intuïtieve besluitvorming	9
2.2 Het besluitvormingsproces	10
2.3 Gebruik van informatie en intuïtie	11
3 Individuele en groepen beheerders: spelontwerp	13
3.1 Aanleiding tot spelontwikkeling	13
3.2 Spelontwerp	13
3.3 Informatie over toestand van objecten en veroudering	14
3.4 Dataregistratie en -analyse	15
4 Individuele en groepen beheerders: spelresultaten	16
4.1 Individuele besluitvorming en informatiekwaliteit	16
4.2 Groepsbesluitvorming en informatiekwaliteit	17
5 Conclusies en aanbevelingen	19
5.1 Conclusies	19
5.2 Aanbevelingen	20
Dankwoord	21
Literatuur	22
Wetenschappelijke publicaties die uit het onderzoek zijn voortgekomen	23
Colofon	26

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Een goed werkende riolering beschermt de volksgezondheid en houdt de voeten droog. Om de riolering naar behoren te laten functioneren, is goed rioleringsbeheer noodzakelijk. Jaarlijks besteden gemeenten ongeveer 60% van de rioolheffing aan rioolvervangning. Daarmee is rioolvervangning de belangrijkste kostenbepalende factor in de rioleringszorg.



Figuur 1.1 Rioolvervangning in Breda

Rioleringsbeheer is een gemeentelijke en dus publieke verantwoordelijkheid. Gemeenten moeten hun besluiten en uitgaven kunnen verantwoorden. Burgers mogen ervan uitgaan dat deze efficiënt en effectief zijn tegen zo laag mogelijke maatschappelijke kosten (doelmatig). Vooral de doelmatigheid heeft de laatste jaren extra aandacht gekregen: lagere kosten en hetzelfde of zelfs een beter effect.

Om de uitgaven voor rioolvervangning te kunnen verantwoorden, moeten de besluiten hierover transparant zijn. Maar het is onduidelijk waarop beheerders hun vervangingsbeslissingen baseren en in hoeverre de kwaliteit van de gebruikte informatie de besluiten beïnvloedt. Om te kunnen bepalen of, waar en hoe de vervangingsbesluitvorming is te verbeteren, is dus eerst meer transparantie nodig.

Met de introductie van assetmanagement (ofwel rioleringsbeheer+) maken gemeenten de besluitvorming al wat explicieter door bijvoorbeeld concreet en eenduidig risicoafwegingen gebaseerd op meerdere criteria te maken. Een stap in de goede richting dus. Maar is er meer?

Rioleringsbeheer en assetmanagement

De NEN-EN 752 (NEN, 2011) definieert rioleringsbeheer als:

“het gecoördineerde beheer van planning, ontwerp, constructie, rehabilitatie, bedrijfsvoering en onderhoud van alle riolering in een afwateringsgebied, waarbij rekening wordt gehouden met alle aspecten van de prestaties van het systeem. De prestatie van het systeem is vervolgens op te splitsen in hydraulisch en milieutechnisch functioneren, en de toestand van objecten zoals buizen, kolken of putten. De prestatie van het systeem wordt in stand gehouden door het vervangen van individuele objecten, voornamelijk rioolbuizen, waarbij de toestand van deze buizen wordt geclassificeerd door inspectieclassen”.

Deze definitie zegt niets over hoe gemeenten rioleringsbeheer zouden moeten inrichten. Hierop focust assetmanagement juist wel. Enkele sleutelwoorden daarbij zijn: risico-gestuurd, beargumentering van keuzes en bedrijfswaarden.

1.2 Uitdagingen

Het is niet eenvoudig om de transparantie binnen rioolvervangingsbeslissingen te vergroten. Dit komt doordat:

- 1 De riolering een ingewikkeld netwerk is. Er is nog onvoldoende informatie over de interactie van de objecten met elkaar met hun omgeving (technische complexiteit) en de daarmee samenhangende faalmechanismen. Zo is het moeilijk het effect van maatregelen (zoals rioolreiniging), de actuele toestand en het verouderingsproces te duiden.
- 2 Het moeilijk is om de vele interacties tussen relevante actoren, hun belangen, onderlinge onderhandelingen en het effect op de rioleringsbeheerder te analyseren en voorspellen (procedurele complexiteit). Denk bijvoorbeeld hoe de inzet van resterend budget tegen het einde van het jaar de rioolvervangingsbeslissingen beïnvloedt.

Door de technische en procedurele complexiteit is de besluitvorming dus weinig transparant. En dat is in het kader van verantwoording van doelmatig publiek bestuur onwenselijk.

Betere informatie en besluitvorming

Veel beheerders en wetenschappers denken bovendien dat betere informatie over de systeemprestatie (met name de toestand van de riolering) tot betere operationele besluitvorming leidt.

Besluiten worden genomen door een individu of door meerdere personen samen. Als slechts één persoon een besluit neemt (één actor), is de besluitvorming meestal rationeel (Simon, 1955). Dit houdt in dat deze persoon stapsgewijs een proces doorloopt. Hij definieert het probleem eenduidig, vergaart informatie om alternatieven te wegen en neemt een besluit. Objectieve informatie speelt hierin een belangrijke rol. Bijvoorbeeld: een rioleringsbeheerder constateert meerdere gaten in de weg en besluit een specifieke streng te vervangen.

Als meerdere personen samen een besluit moeten nemen, is sprake van ‘politieke besluitvorming’ (Lindblom & Woodhouse, 1993; Stone, 1988). Dit houdt in dat de verschillende besluitvormers moeten overleggen en redeneren vanuit hun eigen belangen, posities en waarden, en daarbij hebben ze niet altijd hetzelfde doel. Zij moeten dus onderhandelen en compromissen sluiten als zij samen besluiten willen nemen. De rol van objectieve informatie is hier een stuk kleiner dan in het rationele model.

Dan rijst de vraag: leidt betere informatie over de conditie van de buizen tot andere of betere operationele besluitvorming?

1.3 Doel en onderzoeksmethoden

Om tot mogelijke verbeteringen in besluitvorming te komen, is inzicht nodig in hoe de huidige rioolvervangingsbeslissingen tot stand komen. Daarnaast is het relevant na te gaan of betere informatie over de huidige toestand van de riolering leidt tot doelmatiger beheer, gegeven de dynamiek van groepsbesluitvorming. Het doel van het promotieonderzoek is dan ook de werkelijke besluitvormingsprocessen voor rioolvervangingsbeslissingen en het onderliggende gebruik van informatie te beschrijven, om vervolgens na te gaan of variaties in informatiekwaliteit de besluitvorming beïnvloeden.

Vanwege het verkennende karakter van het onderzoek lag casestudieonderzoek voor de hand. Omdat bijna geen enkele gemeente de betreffende besluitvormingsprocessen heeft gedocumenteerd, heb ik met interviews, een enquête en ‘serious gaming’ data over de invloed van informatiekwaliteit op de besluitvorming vergaard. Met serious gaming gebruik je een spel om bijvoorbeeld data te vergaren of de spelers iets te leren. In dit onderzoek hebben beheerders uit de praktijk een besluitvormingssituatie nagebootst via een computerspel.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 verkent hoe rioleringsbeheerders rioolvervangingsbeslissingen nemen. Hierbij komt zowel de beslissingsargumentatie als het besluitvormingsproces aan bod.

Hoofdstuk 3 belicht de ontwikkeling van het onderzoeksinstrument Maintenance in Motion, een serious game die speciaal voor dit onderzoek gemaakt is.

Hoofdstuk 4 gaat in op de resultaten van Maintenance in Motion.

Hoofdstuk 5 beschrijft de belangrijkste conclusies en aanbevelingen.

2 De individuele beheerder: intuïtie en informatie

Dit hoofdstuk beschrijft hoe intuïtie (het bekende 'boerenverstand') en informatie leiden tot rioolvervangingsbeslissingen. Hiervoor heb ik 29 rioleringsbeheerders in elf gemeenten geïnterviewd, verdeeld over twee rondes. De eerste ronde richtte zich op het gebruik van informatie voor rioolvervangingsbeslissingen in algemene zin, de tweede ronde op het gebruik van informatie in 150 recent uitgevoerde rioolvervangingsprojecten.

2.1 Intuïtieve besluitvorming

Besluiten nemen op basis van intuïtie is volkomen normaal, iedereen doet dat. Neem autorijden. Op tijd remmen of schakelen doe je eigenlijk zonder er veel bij na te denken. De tegenhanger van intuïtie is analyse. Analytisch denken vraagt om denkracht en gebeurt niet automatisch. Denk aan het uitrekenen van een ingewikkelde som. Intuïtie vloeit voort uit ervaring en kan een hulpmiddel zijn voor besluitvorming (Klein, 2008), maar ook een bron van fouten (Tversky & Kahneman, 1974). Omdat intuïtie een belangrijke rol speelt binnen rioolvervangingsbeslissingen, is het relevant deze intuïtieve besluitvorming onder de loep te nemen.

Bepalende factoren

Twee aspecten van intuïtie zijn in dit kader belangrijk:

- 1 de omstandigheden waarin iemand intuïtieve besluitvorming verkiest boven analytische redenerie;
- 2 de omstandigheden die bepalen of intuïtie een hulpmiddel is of een mogelijke bron van fouten.

Wanneer is het waarschijnlijk dat mensen intuïtie gebruiken bij besluitvorming? Orasanu and Connolly (1993, p. 7) beschreven acht factoren die intuïtieve oordelen oproepen. Niet alle acht zullen zich even zichtbaar voordoen binnen rioleringsbeheer, maar zijn hier wel beschreven om de lijst te completeren:

- Slecht gestructureerde problemen. Het besluitprobleem presenteert zich niet in een nette en complete vorm, waardoor geen eenduidig antwoord te geven is. Zo is een relatie tussen een toestandsklasse en de daadwerkelijke instortingskans van een riool niet bekend. Hierdoor is een probleem, in dit geval onvoldoende reststerkte, niet objectief te duiden.
- Onzekere en dynamische omgeving. Besluitvorming vindt plaats in een wereld van incomplete en onvolmaakte informatie en veranderende omgevingen.
- Verschuivende, slecht gedefinieerde of tegenstrijdige doelen. De beslisser heeft waarschijnlijk meerdere doelen voor ogen die niet allemaal duidelijk zijn of tegenstrijdig met andere.
- Actie-reactiemechanismen. Traditionele beslissingsmodellen gaan uit van een gebeurtenis, een moment in de tijd waarop één besluit valt dat een zeker effect bewerkstelligt. Maar het komt vaker voor dat een reeks van besluiten wordt genomen in een tijdsperiode. Denk aan het onderwijs, waar opeenvolgende ministers steeds nieuwe plannen lanceren nog voor het effect van de vorige in beeld is. Daarbij kunnen resultaten van de ondernomen actie moeilijk zichtbaar zijn, waardoor het lastig is een oorzaak-effectrelatie aan te duiden.
- Tijdsdruk. Beslissers onder tijdsdruk kunnen veel stress ervaren, waardoor hun denkstrategie verschuift naar vereenvoudigde redeneries (Payne et al., 1988).
- Grote belangen. Denk aan zware politieke belangen of projecten waar grote investeringen mee gemoeid zijn.
- Meerdere actoren. Bij veel besluitvormingsproblemen zijn meerdere mensen betrokken, die ieder een bepaalde rol en belang in het besluitvormingsproces hebben.
- Persoonlijke motieven. Doelen, waarden en normen van de organisatie hoeven niet te stroken met de persoonlijke doelen, waarden en normen.

Vakkundige intuïtie

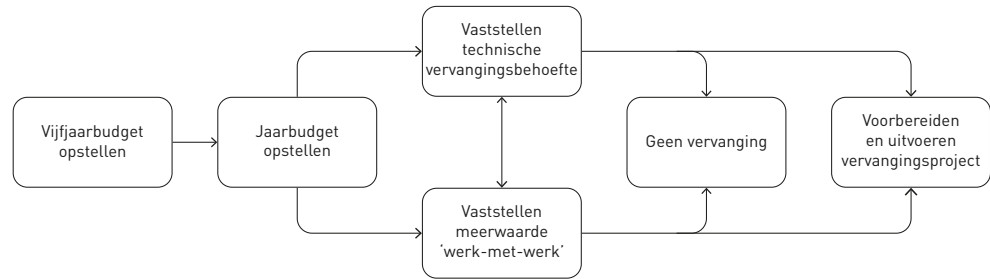
Wanneer is intuïtie vakkundig? Intuïtie moet voldoen aan twee voorwaarden voordat een intuïtief oordeel echt vakkundig is te noemen (Kahneman & Klein, 2009):

- 1 Vakkundige intuïtie kan zich alleen ontwikkelen in een omgeving met voldoende regelmaat, waarin valide signalen over de situatie worden afgegeven. Bijvoorbeeld poker of schaken. In deze situaties is een bijna directe relatie te zien tussen een besluit en het effect ervan.
- 2 Mensen moeten voldoende mogelijkheid hebben om van de relevante signalen uit de omgeving te kunnen leren. Zo heeft een schaakmeester of muzikant jaren oefening nodig om een expert te worden en de complexe taken te kunnen uitvoeren op basis van intuïtief handelen (Ericsson, 2006).

2.2 Het besluitvormingsproces

Bij rioolvervangning bestaat het operationele besluitvormingsproces uit zes stappen (zie figuur 2.1).

Figuur 2.1 Operationeel besluitvormingsproces bij rioolvervangning



Eerst stelt de rioleringsbeheerder het budget voor vijf jaar vast, een strategische activiteit. De hoogte van dit budget baseert hij op de kosten voor de geraamde vervangingsinspanning in km per jaar (totale lengte stelsel gedeeld door verwachte levensduur). Het jaarbudget is een vijfde van het vijfjaarbudget. Vanuit dit jaarbudget initieert de beheerder individuele vervangingsprojecten, gebaseerd op de technische vervangingsbehoefte van het stelsel (hydraulisch of conditie) en de potentiële meerwaarde door 'werk-met-werk'.

Uit de projectanalyse blijkt dat de rioleringsbeheerder circa de helft van de projecten alleen (met zijn team) initieert en de andere helft met meerdere beheerders samen. Twee voorbeelden uit de interviews:

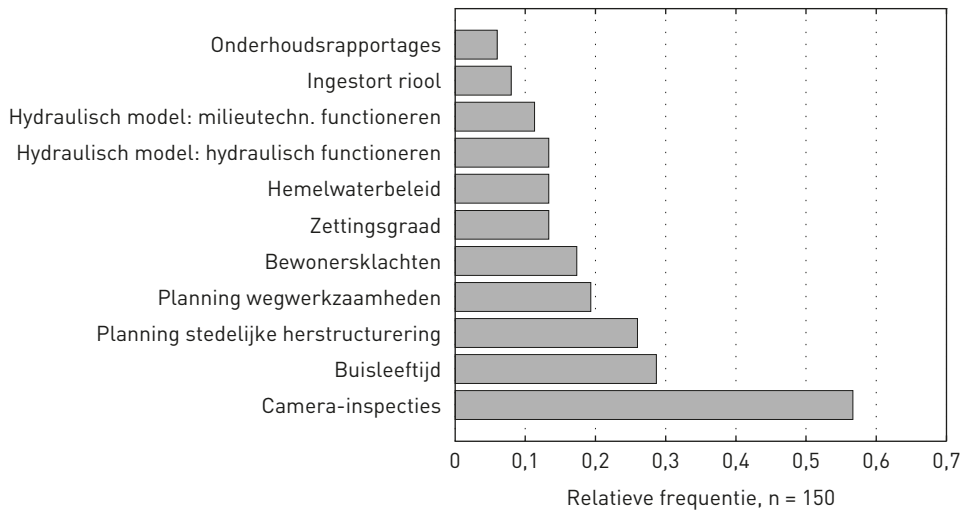
Voorbeeld 1: "Hier vielen gaten in de weg. De riolering is zo slecht geworden door aansluiting van een persleiding op een vrijvervalstelsel, waardoor H2S-gas de betonnen leiding heeft aangetast. De leiding was voor een groot deel weggevreten. Wegverzakkingen die elkaar snel opvolgden, vormden aanleiding om een tussentijdse inspectie uit te voeren. Toen bleek dat deze erg slecht was, is er vaart gezet achter de uitvoering van dit project."

Voorbeeld 2: "(...) Vanwege verkeer kun je pas weg A openmaken als weg B klaar is. Als weg B toch opengaat, moet je daar ook riolen vervangen. (...) Het ligt er niet optimaal in. Een van de activiteiten was weg C, vanwege hydraulisch oogpunt. Ook 'bedrijf X' wilde in de grond om capaciteit te vergroten. Daarnaast bleek uit inspectie dat de kwaliteit van weg C niet goed was. Bij latere inspectie bleek het wel weer goed te zijn. Het proces was al ingezet, dus kon men niet meer terug. Afspraken met 'bedrijf X' waren al te ver gevorderd. Het project moest daarom wel doorgaan. Desondanks moet weg C vervangen worden, voordat weg B (met groot onderliggend riool) vervangen kan worden. Dat geldt zowel voor bereikbaarheid als hydraulica. Het overkoepelende project gaat gewoon door. Waarschijnlijk had weg C nog 5 tot 10 jaar kunnen blijven liggen, met de kennis van nu. (...) Het is een ingrijpend en duur project geweest. De hele weg C lag open en heeft een nieuwe inrichting gekregen. Dat had ook uitgesteld kunnen worden."

In voorbeeld 1 is het besluitvormingsproces vrij rationeel: de rioleringsbeheerder bepaalt, data-analyse is leidend om het probleem te analyseren en de te maken keuze is eenduidig. In voorbeeld 2 verloopt het proces anders: meerdere actoren bepalen wat er gebeurt, er zijn meerdere belangen, geen duidelijk probleem en proces, data-analyse is niet leidend en onderhandelingen leiden tot een compromis over wat uiteindelijk gaat gebeuren. Dit zijn duidelijke kenmerken van politieke besluitvorming (zie paragraaf 1.2). Dit beeld komt terug in de analyse van de beslissingsargumentatie in paragraaf 2.3.

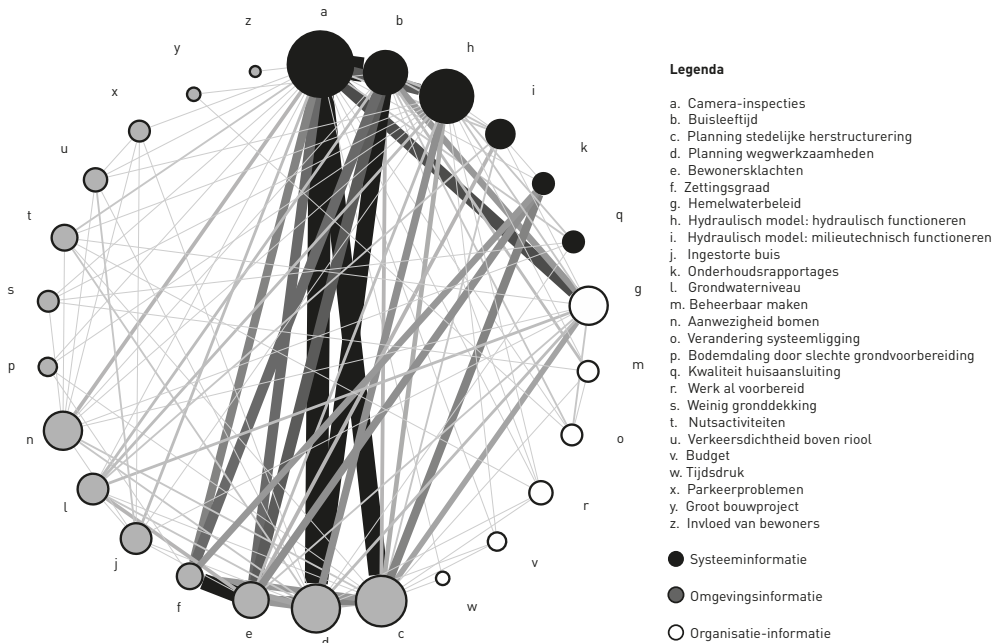
2.3 Gebruik van informatie en intuïtie

Uit de projectanalyse komen 28 unieke informatiebronnen die elk op een bepaalde manier een rioolvervangingsbeslissing hebben beïnvloed. Figuur 2.2 geeft de informatiebronnen weer die meer dan vijf keer genoemd zijn en de relatieve frequentie van voorkomen.



Figuur 2.2 Meer dan vijf keer genoemde informatiebronnen als beslissingsargumentatie

De meeste rioolvervangingsprojecten zijn niet gebaseerd op een enkele informatiebron. De meerderheid (ongeveer twee derde) is gebaseerd op twee of meer informatiebronnen. Dit houdt dus in dat beheerders informatiebronnen moeten wegen om tot een besluit te komen. Figuur 2.3 toont alle genoemde informatiecombinaties in een graaf. Een graaf is een verzameling van punten en verbindingen, waarbij de verbindingen een relatie tussen de punten aanduiden. In figuur 2.3 zijn de punten de genoemde informatiebronnen en de verbindingen de combinaties. De relatieve puntdikte bepaalt hoe vaak een bron genoemd is. De relatieve lijndikte en kleur bepalen hoe vaak een combinatie genoemd is. Verder onderscheidt de graaf waarnaar elke informatiebron verwijst: de riolering zelf (systeem), de omgeving of wensen van de organisatie.



Figuur 2.3 Alle combinaties van informatiebronnen als beslissingsargumentatie

Dit ingewikkelde netwerk van punten en verbindingen symboliseert de dynamiek binnen de besluitvorming voor rioolvervangning. De beheerder moet informatie combineren en wegen, terwijl die informatie niet altijd direct concrete bewijzen geeft of rioolvervangning daadwerkelijk nodig is. Intuïtie blijft noodzakelijk om van de beschikbare informatie iets bruikbaar te kunnen maken.

Risicoanalyses op intuïtie

De beheerder gebruikt intuïtie om de verzamelde informatie te interpreteren en vertalen naar oordelen en beslissingen over de technische vervangingsbehoefte en potentiële meerwaarde van werk-met-werk (zie figuur 2.1). Vervangingsbeslissingen zijn in feite gebaseerd op vijf impliciete risicoanalyses, waarbij risico het product is van kans en gevolg. Impliciet betekent hier dat de analyse niet een aparte en bewuste stap is in het besluitvormingsproces, waarbij de beheerder kans en gevolg kwantificeert om een basis te vormen voor beslissingen. De vijf impliciete risicogevolgen zijn:

- Onvoldoende buisconditie.
- Onvoldoende hydraulische prestatie.
- Overlast of ongemak voor bewoners en gerelateerde reputatie van de gemeente.
- Kosten voor graafwerkzaamheden en reconstructie van de bovengrond.
- Verkeersstremming door graafwerkzaamheden.

De beheerder schat de kans op deze gevolgen intuïtief in, omdat de gegevens hierover meestal niet voorhanden zijn. Op basis van buisleeftijd en inspectiebeelden schat hij de kans op bezwijken van de buizen. Sommige geïnterviewden gaven aan dat het aannemelijk is dat hun oordeel over vervangingsbehoefte gebaseerd op buisleeftijd en inspectiebeelden van dag tot dag kan wisselen. Ook de kans op en ernst van overlast voor bewoners en verkeersstremming schat de beheerder intuïtief in. Hoewel kwantificering hiervan wellicht onmogelijk is, is er ook geen eenduidig beeld dat ernstige overlast of stremming van mild onderscheidt. Het is natuurlijk logisch dat verkeersstremming bij het openbreken van een drukke driebaansweg groter is dan bij een afgelegen doodlopende straat. Maar het is moeilijk om te oordelen over het grijze middengebied. Hetzelfde geldt voor het beoordelen van overlast voor bewoners.

Beter te vroeg dan te laat

Omdat accurate en reproduceerbare risicoanalyses niet zijn te maken, hebben rioleringsbeheerders een risicomijdende vervangingsstrategie. Met andere woorden: beter te vroeg dan te laat. Hiermee garanderen zij het functioneren en komen calamiteiten zoals instortende leidingen nauwelijks voor. Dit is mede een gevolg van het beschikbare budget, dat proactieve rioolvervangings mogelijk maakt voordat leidingen instorten.

3 Individuele en groepen beheerders: spelontwerp

Dit hoofdstuk beschrijft de ontwikkeling en werking van het spel Maintenance in Motion. In dit spel is de besluitvorming in de praktijk voor vervanging van infrastructuurobjecten versimpeld tot een simulatieomgeving waarin mensen actief kunnen deelnemen aan de besluitvorming.

3.1 Aanleiding tot spelontwikkeling

Serious gaming wordt gezien als een van de beste methoden om complexe systemen te begrijpen, omdat de daadwerkelijke besluitvormers en computermodellen zijn te combineren (Bekebrede & Mayer, 2006). Het idee is dat spelers een proces uit de praktijk simuleren met ondersteuning van bijvoorbeeld spelregels, computermodellen, een bordspel of speelkaarten. Het interessante is dat de spelers zelf besluiten nemen en dat daarmee een relatie te leggen is tussen het spelersgedrag en de speluitkomst. Bij conventionele simulatietechnieken simuleert een computer spelersgedrag via vooropgelegde besluitvormingsmodellen, bijvoorbeeld rationele besluitvorming. Aangezien besluitvorming voor rioolvervanging deels afhangt van werken aan andere infrastructuren (zie hoofdstuk 2), is een serious game een logische keuze.

3.2 Spelontwerp

Het spel Maintenance in Motion is een experimenteel onderzoeksinstrument om hypothesen te toetsen tussen spelresultaat en spelersgedrag. Daarom is het spel ontworpen met een relatief kleine oplossingsruimte, meetbare variabelen en een kwantitatieve resultatenanalyse. Hiermee is het uiteindelijke spelmodel een behoorlijk versimpelde versie van infrastructuurbeheer in de praktijk.

Het doel van het spel is de invloed van informatiekwaliteit op vervangingsbeslissingen te kunnen onderzoeken. Hiervoor simuleert het spel één- en multi-actorbesluitvorming voor vervanging van infrastructuur.

Inhoud

Spelers beheren ieder een drinkwater-, gas-, riolerings- of weginfrastructuur. Deze infrastructuur is gemodelleerd als vier dezelfde en onafhankelijke objecten. Deze objecten verouderen in de tijd tot zij falen (bijvoorbeeld ingestort riool), wat de spelers uiteraard moeten voorkomen. De beschikbare beheermaatregelen zijn 'niets doen', 'inspecteren' of 'vervangen'.

Speltypen

Om het doel te behalen, zijn vier speltypen gemaakt:

- één-actorbesluitvorming en perfecte informatie over de huidige toestand van de objecten;
- één-actorbesluitvorming en imperfecte informatie over de huidige toestand van de objecten;
- multi-actorbesluitvorming en perfecte informatie over de huidige toestand van de objecten;
- multi-actorbesluitvorming en imperfecte informatie over de huidige toestand van de objecten.

Eén-actorbesluitvorming houdt in dat de spelers beslissingen maken zonder overleg, dus ieder voor zich. In de multi-actorspeltypen maken de spelers eerst zelf een vervangingsplanning (ook zonder overleg). Daarna bepalen zij gezamenlijk welke objecten vervangen worden. Hierbij kunnen de spelers van hun eigen planning afwijken. De opdracht is om te optimaliseren naar het groepsdoel (verhogen kwaliteit infrastructuur en minimaliseren publieke kosten). Het resultaat van de groep is beoordeeld met een ander criterium dan doelmatigheid, omdat de beste strategie per actor afhangt van de strategie van anderen.

Referentiesituatie

Het spel is gebaseerd op een typisch Nederlandse woonstraat met de volgende kenmerken:

- de straat is ongeveer 12 m breed;
- rioolbuizen hebben een diameter van 300 mm en liggen onder de as van de weg ten minste op 1 m onder straatniveau;
- gas- en waterleidingen hebben een diameter van 60 en 150 mm, en liggen aan de zijkant van de weg op ongeveer 60 tot 100 cm onder straatniveau.

In deze referentiesituatie leidt rioolvervanging ook tot wegvervanging, vanwege de diepte en breedte van de sleuf en vervanging van kolken en huisaansluitingen. Wegvervanging beslaat daarmee ongeveer 60% van de totale kosten. Vervanging van gas- of waterleidingen gebeurt meestal via kleine sleuven, waarna het wegdek lokaal wordt gerepareerd. Deze fysieke interacties zijn ook in het spel opgenomen. Samen vervangen (werk-met-werk) beperkt de kosten doordat graafwerkzaamheden gecombineerd worden. Deze financiële interacties zijn opgenomen in de multi-actorspeltypen en geven de spelers aanleiding tot samenwerking.

In figuur 3.1 ziet u de spelomgeving in Maintenance in Motion.

Figuur 3.1 Spelomgeving in Maintenance in Motion: voorbeeld voor rioolspeler



3.3 Informatie over toestand van objecten en veroudering

De toestand van de objecten en het verouderingsproces zijn gemodelleerd door een Markovketen. Een Markovketen is een wiskundig model dat een systeem beschrijft dat zich door stapsgewijze overgangen van de ene naar de andere toestand beweegt, zoals veroudering van riolering en inspectieklassen. De objecten in het spel kennen vijf toestanden die logischerwijs de kwaliteit voorstellen: groen, geel, oranje, rood en zwart (object gefaald).

Het verouderingsproces laat de objecten in de tijd van kleur veranderen. Hierbij kunnen de objecten alleen dezelfde toestand behouden of slechter worden. Vooruitgaan in de tijd gebeurt in stappen van ongeveer zes jaar. Net als in de praktijk hebben de infrastructuur in het spel een eigen verouderingssnelheid. Zo is aangenomen dat wegen tweemaal sneller verouderen dan riolering.

Perfekte informatie over de huidige toestand van het object houdt in dat de weergegeven toestand (een kleur) 100% overeenkomt met de werkelijke toestand van dat object. Wat de speler ziet, is dus exact hoe dat object er daadwerkelijk aan toe is. Imperfekte informatie over de huidige toestand van het object houdt in dat de weergegeven toestand kan afwijken van de werkelijke toestand. Hierbij is er dus een verschil tussen wat de speler ziet en hoe dat object er daadwerkelijk aan toe is. De grootte van dit verschil wordt weergegeven in een percentage, zodat de speler kan inschatten hoe betrouwbaar de beschikbare informatie over de huidige toestand van het object is. De spelers weten niet wat de toekomstige

toestand van het object is, het verouderingsproces is hun dus niet bekend. Hierdoor kunnen zij alleen beslissingen nemen op basis van de huidige toestand en een verwachting van de toekomstige toestand.

Spelers kunnen hun objecten inspecteren om erachter te komen wat de echte toestand is. Het resultaat van een inspectie geeft 100% zekerheid over de huidige toestand. Hiermee is dus perfecte in plaats van imperfecte informatie over de huidige toestand te krijgen.

3.4 Dataregistratie en -analyse

Een belangrijk onderdeel van de spelsoftware is de dataregistratie. Deze gegevens zijn nodig om informatie te kunnen krijgen over het spelersgedrag. Alle acties van alle spelers, informatie over de objectstaten en onzekerheid van weergegeven informatie worden opgeslagen.

Het individuele doel voor de spelers is om zo doelmatig mogelijk te beheren. Doelmatigheid is de verhouding tussen input en effect (*Katz & Kahn, 1978*), ook in het spel. De input is de restwaarde per vervangen object en het effect is het falen van de objecten.

Het effect van groepshandelen is geanalyseerd als het verschil tussen wat de beheerders individueel plande (zonder overleg) en wat zij gezamenlijk uitvoerden (met overleg). De parameters zijn vervangingskosten en gemiddelde kwaliteit van de objecten. De gemiddelde kwaliteit is uitgedrukt als de gemiddelde restwaarde van alle objecten van alle spelers. Hierbij is er dus voor het gemak vanuit gegaan dat alle objecten van alle infrastructures gelijk aan elkaar zijn. Dat geldt in de praktijk natuurlijk niet, maar is voor dit speldeel afdoende.

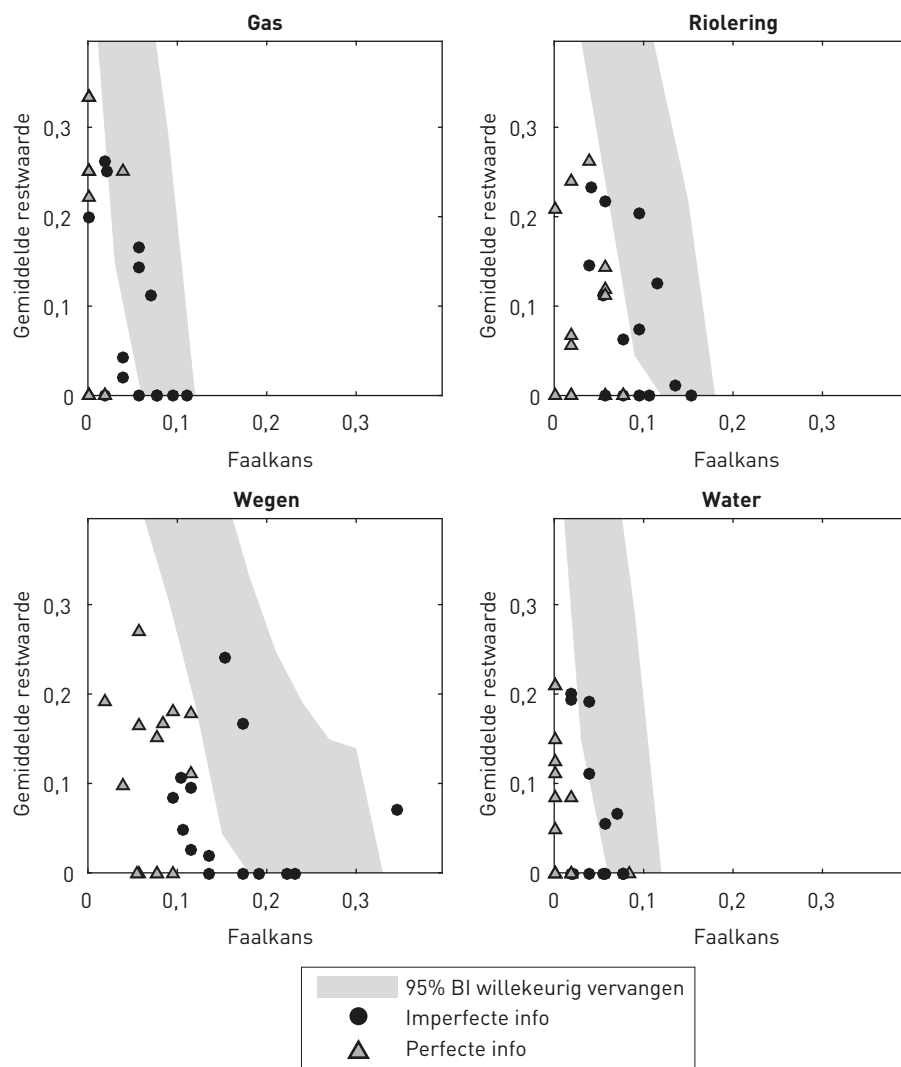
4 Individuele en groepen beheerders: spelresultaten

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van het spel Maintenance in Motion. Infrastructuurbeheerders bij achttien verschillende organisaties hebben het spel gespeeld, verdeeld over 25 sessies. Met de eerste elf sessies is de spelsoftware getest, waarna kleine aanpassingen zijn gedaan. Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de veertien spelsessies met de aangepaste software.

4.1 Individuele besluitvorming en informatiekwaliteit

In figuur 4.1 ziet u de resultaten van de individuele spelsessies. Elke plot toont de doelmatigheidsscore (gemiddelde restwaarde van alle vervangen objecten versus de faalkans) van veertien spelers. Iedere speler heeft twee datapunten gegenereerd: een van het speltype met perfecte informatie en een van het speltype met imperfecte informatie. Daarnaast bevat elke plot een grijze band die dient als vergelijkingsmateriaal. De band is het resultaat van een computerspeler die het spel met imperfecte informatie tweehonderd miljoen keer heeft gespeeld. De band is het 95%-betrouwbaarheidsinterval (BI) van alle punten. Deze computerspeler hanteerde de volgende strategie: inspecteer willekeurig, vervang object zodra dit is gefaald en vervang willekeurig wanneer object niet is gefaald.

Figuur 4.1 Spelresultaten één-actorspeltypen

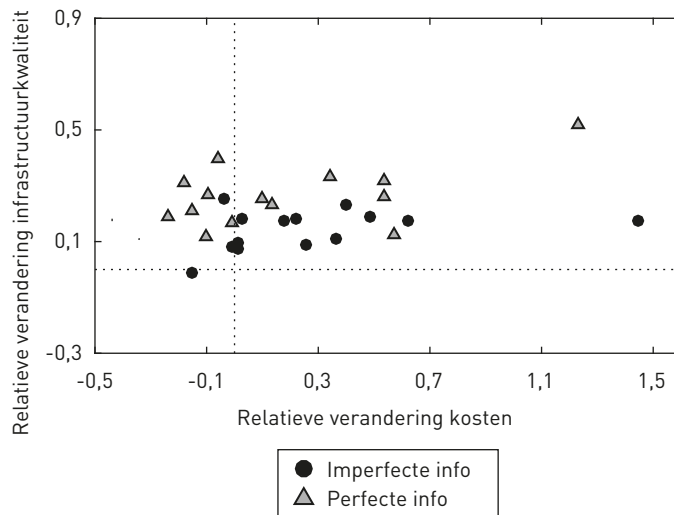


De positionering van de twee clusters van datapunten in elke subplot verschilt significant op faalkans; niet op gemiddelde restwaarde. Dit bleek uit de resultaten van een statistische test (t-test) die gebruikt wordt om te kijken of de gemiddelden van twee datasets van elkaar verschillen. Hieruit is te concluderen dat spelers doelmatiger kunnen beheren als zij perfecte informatie over de huidige toestand van de objecten hebben. De spelers hebben hun vervangingsstrategie kennelijk nauwelijks aangepast, want de gemiddelde restwaarde van alle vervangen objecten verschilt niet significant. Maar hun objecten faalden iets vaker in het spel met imperfecte informatie.

Een deel van de spelersscores van het speltype met imperfecte informatie is even doelmatig als de willekeurige strategie van de computerspeler. Dit geeft aan dat – binnen de grenzen van het spel – het voor de spelers niet uitmaakt hoe zij hun objecten beheren, zolang zij maar reactief vervangen. De beschikbaarheid van perfecte informatie leidt over het algemeen tot doelmatiger beheer dan willekeurig vervangen.

4.2 Groepsbesluitvorming en informatiekwiteit

In figuur 4.2 ziet u de resultaten van de multi-actorspeltypen. Elke groep heeft twee datapunten gegenereerd: een van het speltype met perfecte informatie en een van het speltype met imperfecte informatie. De x-as geeft de relatieve verandering in kosten weer tussen wat de spelers individueel planden en gezamenlijk uitvoerden. 0 betekent dan geen verschil, boven de 0 betekent meer kosten en beneden de 0 minder kosten door gezamenlijke uitvoering. De y-as geeft de verandering van gemiddelde infrastructuurkwaliteit weer. Hier betekent 0 geen verschil, boven de 0 betekent een betere kwaliteit en beneden de 0 slechtere kwaliteit door gezamenlijke uitvoering.



Figuur 4.2 Spelresultaten multi-actorspeltypen

De beschikbaarheid van perfecte in plaats van imperfecte informatie over de huidige toestand van objecten verandert de uitkomst van het groepshandelen nauwelijks. In de x-richting is er geen significant verschil in de positionering van beide dataclusters. Een verandering van informatiekwiteit over de huidige toestand heeft dus geen effect op kosten. In de y-richting is er wel een significant verschil. Dit is als volgt te verklaren. De gemiddelde infrastructuurkwaliteit van de individuele planningsfase van het speltype met perfecte informatie blijkt significant lager dan de kwaliteit in de planningsfase met imperfecte informatie. Daarnaast blijkt er geen duidelijk verschil te zijn in de gemiddelde infrastructuurkwaliteit van beide gezamenlijke uitvoerende fasen. Dit verklaart ten eerste de significantie in figuur 4.2 in de y-richting. Bovendien is hieruit te concluderen dat het groepshandelen nauwelijks wordt beïnvloed door de beschikbaarheid van perfecte in plaats van imperfecte informatie over de huidige toestand; dit gebeurt enkel op individueel niveau.

Meerkosten samenwerking

Verder blijkt uit figuur 4.2 dat de meeste (ongeveer 65%) datapunten rechtsboven van de gestippelde nullijn liggen. Rechtsboven houdt in: een betere gemiddelde infrastructuurkwaliteit en hogere kosten door gezamenlijke uitvoering vergeleken met individuele planning. Kortom, samenwerking kostte vaak geld hoewel alle kosten vooraf op het scherm te zien waren. De gemiddelde meerkosten zijn ongeveer 30% ten opzichte van individuele

planning. Hoe is dit te verklaren? Samenwerking veranderde de mening van spelers over de vervangingsbehoefte. De spelers konden alle kosten op het scherm zien en hadden dus de mogelijkheid om als groep rationeel te handelen. Maar vaak werden meer kosten gemaakt. Een typische uitspraak hierbij is: “Ah, jij gaat jouw object daar vervangen? Dan ga ik ook vervangen om met jou mee te gaan.” In dit type situaties laten spelers zich door anderen – direct of indirect – overhalen om toch te vervangen, ook al leidt dat tot hogere kosten. Dit is mogelijk te verklaren door ‘groepsdenken’: een fenomeen waarbij personen binnen een groep zoeken naar groepsharmonie, hoewel dit leidt tot irrationele uitkomsten. Uiteraard is een betere infrastructuurkwaliteit ook wat waard. De vraag in hoeverre meerkosten acceptabel zijn om een betere infrastructuurkwaliteit te krijgen, is puur een beleidsmatige afweging.

Besparingen samenwerking

De andere 35% van de punten in figuur 4.2 liggen linksboven van de gestippelde nullijn. Linksboven houdt in: een betere gemiddelde infrastructuurkwaliteit tegen lagere kosten door gezamenlijke uitvoering vergeleken met individuele planning. Kortom, samenwerking loont en het groepsgedrag is als doelmatig te bestempelen. De gemiddelde besparing is ongeveer 10% ten opzichte van individuele planning. De verklaring voor scores in dit kwadrant is simpelweg dat enkele spelers goed naar het scherm keken of samenwerken daadwerkelijk een zinnige optie was. Het feit dat slechts enkele spelersgroepen een dergelijke doelmatige score produceerden, komt doordat voor analytische redenering denkkracht en dus extra moeite nodig zijn.

5 Conclusies en aanbevelingen

Met dit onderzoek heb ik geprobeerd de inhoud en het proces van rioolvervangingsbeslissingen transparanter te maken. De meerwaarde van de resultaten is vooral van conceptuele aard: kan de rioleringsbeheerder zijn vervangingsbeslissingen (nog) doelmatiger maken? De conclusies stroken volledig met literatuur over besluitvorming (*Lindblom & Woodhouse, 1993; Simon, 1955; Stone, 1988*), maar zijn nu ook voor het eerst empirisch en kwantitatief vastgesteld.

5.1 Conclusies

Gezien de omstandigheden waarbinnen rioleringsbeheerders vervangingsbeslissingen nemen, is het logisch dat zij intuïtieve besluitvorming verkiezen boven analytische redenerie. De complexiteit van het werkveld waarin de beheerder zich bevindt, manifesteert zich door de vele interacties en relaties die hij met zijn omgeving heeft. Hij verzamelt data uit verschillende bronnen, maar moet omgaan met de gebreken van die data en de belangen van andere actoren en invloeden. Dit betekent dat rationeel rioleringsbeheer simpelweg niet mogelijk is en intuïtieve besluitvorming eigenlijk de enige manier is om het dagelijks handelen voort te zetten.

Geen relatie actie en effect

Rioleringsbeheerders gebruiken hun best beschikbare kennis om de riolering zo goed mogelijk in stand te houden. Maar het gebruik van intuïtie voor rioolvervangingsbeslissingen is niet professioneel, omdat beheerders hiermee niet voldoen aan de twee gestelde voorwaarden voor professionele intuïtie (zie paragraaf 2.1). Dit is geen verwijt aan de beheerders, het is nu eenmaal een consequentie van hoe de praktijk in elkaar zit. Voor rioolvervang is een relatie tussen een besluit en het effect ervan praktisch afwezig. Dat komt onder meer door de robuustheid van de riolering en de lange tijd dat rioolobjecten meegaan. Hierdoor is het effect van de vervangingsstrategie nauwelijks merkbaar. Daarnaast wordt tijdens vervangingswerkzaamheden de fysieke toestand van te vervangen rioolbuizen niet gecontroleerd. Ook evalueren beheerders hun vervangingsstrategie niet. Omdat er dus nauwelijks terugkoppeling is van een uitgevoerde actie, is de kans om te leren (en verbeteren) klein.

Meerwaarde betere informatie

Kwalitatief betere informatie over de toestand van de riolering – bijvoorbeeld door andere inspectietechnieken – heeft alleen meerwaarde op individueel niveau. De spelresultaten laten zien dat de beheerders geen andere vervangingsstrategie toepassen als ze perfecte informatie hebben. Ze hebben dan wél minder ingestorte objecten, dus met perfecte informatie blijken zij wel doelmatiger te beheren. Besluitvorming in groepen lijkt nauwelijks baat te hebben bij betere informatie over de toestand van objecten. Daarbij leidt samenwerking zelfs vaak tot meerkosten, wat niet strookt met de manier om de besparingsdoelstelling in het Bestuursakkoord Water te halen.

5.2 Aanbevelingen

Algemeen

- Een kosten-batenanalyse om te onderzoeken of kwalitatief betere informatie nuttig is voor het rioleringsbeheer.
- Nader onderzoek naar de onderliggende motivaties in multi-actorbesluitvorming om te begrijpen hoe groepskeuzen tot stand komen. Als hierin meer inzicht ontstaat, is na te gaan of en waar besluitvorming is te verbeteren.
- Een nieuwe serious game bouwen voor trainingsdoeleinden, waarin spelers realistische feedback krijgen op hun toegepaste beheerstrategie. Daarnaast zijn hierin beheerstrategieën, alternatieve wijzen van budgettoedeling en alternatieve organisatiestructuren te testen en evalueren.

Rioleringsbeheerders

Beheerders kunnen hun besluitvormingsproces gaan documenteren. Bijvoorbeeld door de gebruikte informatie waarop zij een beslissing baseren én het proces te beschrijven. Welke informatie heb ik gebruikt? Welke processtappen zijn te herkennen? Hoe verloopt en beïnvloedt samenwerking uiteindelijke keuzen? Dit vergt uiteraard wat extra tijd, maar biedt wel een enorme kans om de strategie te evalueren. Hiermee ontstaat een mogelijkheid om te leren en verbeteren.

Dankwoord

Het promotieonderzoek is tot stand gekomen met de steun en inzet van de partners in het Kennisprogramma Urban Drainage (in alfabetische volgorde): ARCADIS, Deltares, Evides, de gemeenten Almere, Arnhem, Breda, 's-Gravenhage en Utrecht, Gemeentewerken Rotterdam, GMB Rioleringsstechniek, KWR Watercycle Research Institute, Royal HaskoningDHV, Stichting RIONED, STOWA, Sweco, Tauw, vandervalk+degroot, Waterschap De Dommel, Waternet en Witteveen+Bos.

Extra dank gaat uit naar Irene Meyer voor haar hulp bij het ontwikkelen en programmeren van Maintenance in Motion. Daarbij bedank ik ook iedereen die dit spel heeft gespeeld. De betrokken partijen bij het spel zijn (in alfabetische volgorde): ARCADIS, Brabant Water, Deltares, Evides, de gemeenten Almere, Arnhem, Breda, Ede en Utrecht, Gemeentewerken Rotterdam, Oasen, Royal HaskoningDHV, Samenwerking (Afval)waterketen Zeeland, Sweco, Vitens, Waterschap Brabantse Delta, Waterschap De Dommel en Waternet.

Literatuur

- Bekebrede, G., & Mayer, I.S. (2006). *Build your seaport in a game and learn about complex systems*. Journal of design research, 5(2), 273-298. doi: 10.1504/JDR.2006.011366.
- The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp. 683-703). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ericsson, K.A. (2006). *The influence of experience and deliberate practice on the development of superior expert performance*. In K.A. Ericsson, N. Charness, P.J. Feltovich & R.R. Hoffman (Eds.)
- Kahneman, D., & Klein, G. (2009). *Conditions for intuitive expertise: a failure to disagree*. American Psychologist, 64(6), 515-526. doi: 10.1037/a0016755.
- Katz, D., & Kahn, R.L. (1978). *The social psychology of organizations (second ed.)*. New York: John Wiley & Sons.
- Klein, G. (2008). *Naturalistic decision making*. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 50(3), 456-460. doi: 10.1518/001872008X288385.
- Lindblom, C.E., & Woodhouse, E.J. (1993). *The Policy Making Process (Third ed.)*. Eaglewood Cliffs: Prentice Hall PTR.
- NEN. (2011). *NEN-EN 752 Buitenriolering*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- Orasanu, J., & Connolly, T. (1993). *The reinvention of decision making*. In G.A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood & C.E. Zsombok (Eds.), *Decision making in action: models and methods*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Payne, J.W., Bettman, J.R., & Johnson, E.J. (1988). *Adaptive Strategy Selection in Decision Making*. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 14(3), 534-552.
- Simon, H.A. (1955). *A behavioral model of rational choice*. The Quarterly Journal of Economics, 69(1), 99-118.
- Stone, D.A. (1988). *Policy Paradox and Political Reason*. Glenview: Scott.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). *Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases*. Science, 185(4157), 1124-1131. doi: 10.1126/science.185.4157.1124.

Wetenschappelijke publicaties die uit het onderzoek zijn voortgekomen

Peer-reviewed wetenschappelijke artikelen

- Van Riel, W., Langeveld, J.G., Herder, P.M., & Clemens, F.H.L.R. (2014). *Intuition and information in decision-making for sewer asset management*. Urban Water Journal, 11(6), 506-518.
- Van Riel, W., Langeveld, J., Van Bueren, E., Herder, P., & Clemens, F. (2016). *Decision-making for sewer asset management: Theory and practice*. Urban Water Journal, 13(1), 57-68.
- Van Riel, W., Langeveld, J.G., Herder, P.M., & Clemens, F.H.L.R. (2016). *The Influence of Information Quality on Decision-Making for Networked Infrastructure Management*. Structure and Infrastructure Engineering, ter perse.
- Van Riel, W., Post, J., Langeveld, J.G., Herder, P.M., & Clemens, F.H.L.R. (2016). *A gaming approach to networked infrastructure management*. Structure and Infrastructure Engineering, ter perse.
- Van Riel, W., Langeveld, J.G., Herder, P.M., & Clemens, F.H.L.R. (2016). *Valuing information for sewer replacement decisions*. Water Science & Technology, ter perse

Conferentieartikelen

- Van Riel, W., Langeveld, J., Herder, P. & Clemens, F. *Information Use in Dutch Sewer Asset Management*. In: Lee, W.B., MA, B.C.L. & Mathew, J., eds. World Congress on Engineering Asset Management, 2012 Daejeon, South Korea. Springer, 615-624.
- Van Riel, W., Langeveld, J., Herder, P., & Clemens, F. (2014). *Value of Information for Sewer Replacement Decisions*. Paper presented at the 13th International Conference on Urban Drainage, 7 - 12 September 2014, Sarawak, Malaysia.
- Van Riel, W., Langeveld, J., Herder, P., & Clemens, F. (2014). *Integrating road and sewer works: risk attitude and costs*. Paper presented at the 9th World Congress on Engineering Asset Management – WCEAM 2014, 28-31 Oct, Pretoria, South Africa.
- Van Riel, W., Stanić, N., Langeveld, J., & Clemens, F. (2014). *Pipe quality information in sewer asset management: use and uncertainties*. Paper presented at the 9th World Congress on Engineering Asset Management – WCEAM 2014, 28-31 Oct, Pretoria, South Africa.

Nederlandstalige publicaties

- Van Riel, W., Langeveld, J.G., Herder, P.M., & Clemens, F.H.L.R. (2013). *Intuïtie en informatie in besluitvorming voor rioleringsbeheer*. WT Afvalwater. 13(4), 217-233.
- Van Riel, W., Langeveld, J.G., Herder, P.M., & Clemens, F.H.L.R. (2014). *Waarde van informatie voor rioolvervangingsbeslissingen*. WT Afvalwater. 14(3), 381-387.

STOWA en Stichting RIONED in het kort

Stichting RIONED is de koepelorganisatie voor de riolering en het stedelijk waterbeheer in Nederland. In RIONED participeren alle partijen die bij de rioleringszorg betrokken zijn: overheden (gemeenten, waterschappen, rijk en provincies), bedrijven (leveranciers, adviesbureaus, inspectiebedrijven en aannemers) en onderwijsinstellingen. De belangrijkste taak van Stichting RIONED is het beschikbaar stellen van kennis aan de vakwereld. Dit doet RIONED door onderzoek, het bundelen van bestaande kennis en het op vele manieren informeren en bij elkaar brengen van professionals.

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

© 2016 Stichting RIONED en STOWA

Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Disclaimer

Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van deze publicatie.

promotoren

François Clemens (hoogleraar Riolering TU Delft en promotor)
Paulien Herder (hoogleraar Engineering Systems Design TU Delft en promotor)
Jeroen Langeveld (directeur Kennisprogramma Urban Drainage en copromotor)

auteur

Wouter van Riel (promovendus TU-Delft)

tekstadvies

Karlijn Kunst

vormgeving

Jelle de Gruyter, gaw ontwerp+communicatie b.v., Wageningen

druk

Drukkerij Modern b.v., Bennekom

rapportnummer

2016-07

isbn/ean

978.90.5773.710.7

Het proefschrift *On Decision-Making for Sewer Replacement* van Wouter van Riel kunt u downloaden via: <http://repository.tudelft.nl/>



Deze samenvatting van het proefschrift *On Decision-Making for Sewer Replacement* van Wouter van Riel beschrijft het verband tussen informatiekwaliteit, samenwerking en doelmatigheid bij besluiten over rioolvervangning. Met een serious game onderzocht de promovendus de invloed van betrouwbaarheid van beschikbare informatie op de beslissing over rioolvervangning. Tevens onderzocht hij daarbij de invloed van mogelijke samenloop van werkzaamheden met andere infrastructuur op de besluitvorming. Rioleringsbeheerders nemen bij beperkte informatiekwaliteit en bij mogelijke samenwerking intuïtieve vervangingsbeslissingen. Intuïtie vergt ervaring. Beheerders hebben echter weinig kans om op basis van ervaringen van hun besluiten te leren omdat er nauwelijks terugkoppeling is. Wouter van Riel beveelt aan om vervangingsbesluiten te documenteren teneinde deze ervaring wel op te bouwen.

ISBN/EAN 978 90 5773 710 7