



Martine van den Boomen

Assetmanagement voor een veilige en vitale Rotterdamse delta

Assetmanagement voor een veilige en vitale Rotterdamse delta



Hogeschool Rotterdam Uitgeverij

ISBN: 9789493012172

1e druk, februari 2021

Dit boek is een uitgave van Hogeschool Rotterdam Uitgeverij
Postbus 25035
3001 HA Rotterdam

© Martine van den Boomen

Opmaak The creative hub, Canon

Publicaties zijn te bestellen via
hr.nl/projecten

De copyrights van de afbeeldingen (figuren en foto's) berusten bij
Hogeschool Rotterdam en de makers tenzij anders vermeld.
Deze publicatie valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-
NietCommercieel-GelijkDelen 4.0 Internationaal-licentie.



Assetmanagement voor een veilige en vitale Rotterdamse delta

Openbare Les

Martine van den Boomen

Lector Assetmanagement bij Kenniscentrum Duurzame HavenStad
van Hogeschool Rotterdam.

Rotterdam, 9 maart 2021

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1

Zijn we klaar voor de toekomst?	7
1.1. Onze Infrastructuur wordt oud	11
1.2. Onze infrastructuur piept en kraakt door overbelasting	13
1.3. Klimaatverandering doet er een schepje bovenop	15
1.4. Spelregels veranderen	21
1.5. Als de enige zekerheid onzekerheid is...	24

Hoofdstuk 2

Assetmanagement, oude wijn in nieuwe zakken?	27
2.1. Waar komt assetmanagement vandaan en waarom?	29
2.2. Assetmanagement stapt uit de kinderschoenen	30
2.3. Hoe ziet de toekomst eruit?	37
2.4. Voorwaarts!	43

Hoofdstuk 3

To boldly go where no one has gone before	45
3.1. Mijn missie en speerpunten voor praktijkgericht onderzoek	47
3.2. Slimmer onderhoud aan infrastructuur	48
3.3. Betere langetermijnbesluitvorming over infrastructuur	51
3.4. Circulair en energieneutraal werken aan infrastructuur	52
3.5. De kracht van praktijkgericht assetmanagementonderzoek	55

Hoofdstuk 4

Verbinding met onderwijs	57
4.1. De assetmanager anno 2020	59
4.2. Assetmanagement in de opleidingen bij Hogeschool Rotterdam	61
4.3. Onderzoek en de toekomstige assetmanagementprofessional	66

Literatuurlijst	71
Over de lector	79
Dankwoord	81
Eerdere uitgaven	83

1

**Zijn we klaar voor
de toekomst?**



Wat hebben waterkeringen, kades, bruggen, sluizen, tunnels, wegen, spoor, riolen, waterleidingen en gemalen met elkaar gemeen? Ze vormen de levensaders van onze samenleving. Zonder deze infrastructuur is er geen leven. Zonder infrastructuur zou het grootste deel van Rotterdam onder water staan; de stad ligt immers onder zeeniveau. Waterkeringen en kades beschermen Rotterdam tegen overstromingen vanuit de Noordzee en de Maas. Vele gemalen - die je niet ziet tenzij je er oog voor ontwikkelt - houden onze voeten droog. Want onder zeeniveau is het letterlijk pompen of verzuipen.

Ook zou Rotterdam zonder infrastructuur geen bloeiende havenstad zijn. Dat vraagt immers om kades en goede transportverbindingen. Stel je voor dat schepen niet meer kunnen laden en lossen omdat goederen niet vervoerd kunnen worden van en naar het achterland. Dan nemen andere wereldhavens de positie van de Rotterdamse haven heel snel over. Dit zou een ramp zijn voor de werkgelegenheid in de Rotterdamse regio. Veel mensen werken in de haven of in industrieën die zorgen dat de haven functioneert.

Er is meer. Zonder infrastructuur zouden we allemaal ziek worden, want dan is er ook geen veilig drinkwater en geen riolering. En geen ambulances die zieke mensen naar het Erasmus MC brengen, want wegen zijn er niet. Zonder infrastructuur wordt de vuilnis natuurlijk ook niet opgehaald. Rotterdam zou veranderen in een grote vuilnisbelt. Ook de andere nutsvoorzieningen zouden ontbreken. Geen elektriciteit, geen gas, geen warmte, geen WiFi.

Infrastructuur zijn we als vanzelfsprekend gaan beschouwen. En dat is gevaarlijk. Want veel infrastructuur is kort na de Tweede Wereldoorlog aangelegd en is dus al vrij oud. Dat betekent dat materialen verzwakken. Bij bruggen ontstaan bijvoorbeeld haarscheurtjes. Als dat niet op tijd wordt gezien, kan een brug bezwijken. Denk bijvoorbeeld aan de Merwedeburg die in 2016 halsoverkop werd afgesloten omdat haarscheurtjes optraden. Volgens Delftse hoogleraren was de brug nog maar zes dagen van bezwijken af en zijn we in Nederland aan een ramp ontsnapt (NOS, 2016, 17 januari). Ook neemt de kans op breken van rioolleidingen toe. Rioolwater komt dan op straat met ernstige gevolgen voor de volksgezondheid. Gemalen gaan vaker in storing en dijken verzakken. Dat kan leiden tot natte voeten en overstromingen.

Tegelijkertijd groeit Rotterdam en maken we meer gebruik van infrastructuur dan ooit. Er is veel meer verkeer dan vroeger en ook vrachtwagens zijn fors zwaarder geworden. In de haven meren steeds grotere zeeschepen aan. Het is alsof we onze infrastructuur op haar oude dag de marathon van Rotterdam laten lopen.



Ook klimaatverandering doet van alles met infrastructuur. De zeespiegel stijgt, de temperatuur gaat omhoog, de bodem zakt, er komt meer water op ons af (Rotterdams weerwoord, 2019). Het is nog lang niet duidelijk wat dit precies doet met onze infrastructuur en hoe snel dit gaat. Wat is de invloed van temperatuur op materialen? Tot wanneer zijn de waterkeringen hoog en sterk genoeg? Het mag duidelijk zijn dat veroudering, verstedelijking en klimaatverandering grote uitdagingen vormen voor onze infrastructuur. De vraag is of we klaar zijn voor de toekomst. Over het antwoord kunnen we kort zijn: nee. Het geschetste probleem is een veelkoppig monster dat zich niet zomaar laat temmen. Daarvoor moeten we eerst het probleem begrijpen. Daarom ga ik eerst in op veroudering, verstedelijking en klimaatverandering en wat dit met de Rotterdamse infrastructuur doet.

1.1. Onze Infrastructuur wordt oud

Alles en iedereen wordt ouder. Zo ook infrastructuur die veelal in de periode 1950 - 1970 is aangelegd. Als infrastructuur ouder wordt gaat de conditie achteruit (Gemeente Rotterdam, 2020b; Lange, 2018; Van den Boomen, 2020). Materialen verzwakken, er komen gaten in het asfalt, beton kan gaan scheuren en staal vermoeien of roesten.

Met onderhoud kunnen we die veroudering vertragen. Denk bijvoorbeeld aan het schilderen van houten kozijnen. Als we dat netjes iedere vijf jaar doen, en beschadigingen snel repareren, dan gaan deze kozijnen heel lang mee. Uiteraard hebben zon, regen, temperatuur, atmosfeer en materiaaleigenschappen invloed op de levensduur van de kozijnen. Met secuur en tijdig onderhoud beschermen we materialen tegen deze invloeden en natuurlijke veroudering. Goed onderhoud kan dertig jaar schelen in de levensduur van houten kozijnen.

Datzelfde geldt voor infrastructuur. Goed en tijdig onderhoud is levensduurverlengend. Tijdig repareren van betonscheuren voorkomt dat materiaal verzwakt. Dit geldt bijvoorbeeld ook voor asfalt. Asfaltscheuren die niet tijdig gerepareerd worden, gaan van kwaad tot erger en leiden snel tot gaten in het wegdek. Dit is niet alleen nadelig voor levensduur maar ook rondt gevaarlijk.

Bij stalen onderdelen moet periodiek de beschermende coating worden hersteld om erosie te voorkomen, verven dus. Een anekdote die rondwaart is een vrouw die sokken breide voor stalen brugleuningen omdat de beheerder deze niet op tijd verfde. Dat is natuurlijk niet de bedoeling en bovendien gevaarlijk. Infrastructuur kan verzakken waardoor inwendige belastingen ontstaan. Dan is versterken van de fundering bijvoorbeeld een optie. Ook het tijdig smeren van bewegende onderdelen van bruggen en gemalen is belangrijk, en natuurlijk tijdig vervangen van bewegende onderdelen.

Maar wat is nu het probleem? Ten eerste hebben we in het verleden niet altijd het onderhoud aan infrastructuur uitgevoerd dat nodig was. Dit heet achterstallig onderhoud en heeft tot gevolg dat levensduren korter geworden zijn (Algemene Rekenkamer, 2019). Bouwend Nederland heeft het over een tikkende tijdbom en hamert op de urgentie van dit probleem (Bouwend Nederland, 2020).

Het gevaarlijke is dat onderhoud vaak zonder onmiddellijke consequenties kan worden uitgesteld maar later komt het als een boemerang terug en zijn de consequenties niet meer te overzien. Onderhoud is niet populair en hebben we heel lang als een kostenpost voor ons uitgeschoven. Het is nu echt tijd om dit om te draaien en onderhoud als een goudader te gaan zien. Want met tijdig onderhoud gaat infrastructuur langer mee en kunnen dure vervangingen later worden uitgevoerd. Om onderhoud uit het verdomhoekje te halen is de term 'levensduurverlengend onderhoud' in opkomst, wat natuurlijk net zo dubbelop is als 'witte sneeuw'.

Ten tweede, door de grootschalige aanleg na de Tweede Wereldoorlog dreigen al die vervangingen tegelijkertijd op ons af te komen; zo'n beetje vanaf nu tot over 10 á 20 jaar. Dit gaat gigantisch veel geld kosten in een korte tijd. Hebben we dat? Bovendien, waar komen de mensen vandaan die dit allemaal gaan doen?

Om een beeld te geven, de opgave voor instandhouding en vervanging van infrastructuur voor de periode 2015-2030 was door het Economisch Instituut voor de Bouw ingeschat op 244 miljard euro (Groot, 2019; Groot, Saitua & Visser, 2016). Iedereen in Nederland zou ongeveer € 14.000 moeten ophoesten om dit allemaal te betalen. Dit bedrag is echter alweer ingehaald door de actualiteit. Er blijkt meer achterstallig onderhoud aan infrastructuur te zijn dan gedacht (kamerstukken II; 35000-A; nr. 98, 2019. 28 mei). Ook is eigenlijk niet goed bekend wat de conditie is van infrastructuur. Dat is ook lastig want de buitenkant kan er goed uit zien terwijl het van binnen niet best is. Wat we wel weten is dat deze 244 miljard euro voor infrastructuur veel te laag is ingeschat. De Algemene Rekenkamer en de politiek waarschuwen voor grote tekorten.

We moeten voorkomen dat we in een situatie terecht komen waarbij op korte termijn alles tegelijkertijd moet worden aangepakt want daarvoor ontbreekt simpelweg het geld en de mensen. Er zijn dus oplossingen nodig om deze boeg golf aan investeringen te spreiden en af te vlakken. Onderhoud of renovaties die de levensduur verlengen gaan hierbij helpen. Wat ook heel belangrijk is, is preciezer te weten wat we wanneer moeten aanpakken - niet te vroeg en niet te laat. Daarvoor zal dus onderzoek moeten worden wat de kwaliteit is van infrastructuur, hoe snel de kwaliteit afneemt en hoe onderhoudsmaatregelen dit vertragen. Pas dan kan een boeg golf aan vervangingsinvesteringen worden beheerst.

1.2. Onze infrastructuur piept en kraakt door overbelasting

13

Het wordt steeds drukker in Rotterdam. Rotterdam telt momenteel ruim 650.000 inwoners en ontvangt jaarlijks 1,3 miljoen hotelgasten. Deze aantallen blijven groeien. Goed voor de economie, maar ze maken allemaal gebruik van dezelfde naoorlogse infrastructuur zoals wegen, drinkwaterleidingen en riolering.

De wegen in en om Rotterdam worden steeds zwaarder belast (Egeter, Verroen & Wilmlink, 2020; Gemeente Rotterdam, 2017). Rotterdam heeft de twijfelachtige vierde en vijfde plaats van verkeersopstoppen in Nederland bemachtigd (ANWB, 2020). In de stad krijgen vooral de Erasmusbrug en de wegen erom veel verkeer te verwerken en iedere Rotterdammer weet wanneer je daar niet moet zijn. Het aantal auto's in de stad bedroeg 222.000 in 2018, een groei van 10% ten opzichte van tien jaar geleden (Mascini, 2019).

Maar ook de ring Rotterdam barst uit haar voegen en dat terwijl de Van Brienenoordbrug maar liefst twaalf rijbanen kent. De verkeersintensiteit op de ring varieert tussen de 100.000 en 250.000 voertuigen per dag.

De filedruk op de hele ring is fors toegenomen in de afgelopen jaren. Daardoor besluiten steeds meer automobilisten om de ring te mijden en door de stad te rijden. Je kan je voorstellen wat er dan gebeurt. De stad slibt steeds verder dicht, de luchtkwaliteit is code rood, er ontstaan onveilige situaties, winkels zijn niet goed bereikbaar, kortom de leefbaarheid holt achteruit. Dat terwijl Rotterdam na de tweede wereldoorlog een ontwikkelvisie had om auto's ruim baan te geven. Desondanks slibt Rotterdam dicht.

Door de toename van verkeer worden de wegen en bruggen zwaarder belast. Dit komt ook omdat het vrachtverkeer fors zwaarder is geworden. In 2015 verzakte een deel van de kade op het Noordereiland. Uit onderzoek bleek dat deze kade de huidige verkeersbelasting niet meer aankon. Inmiddels is deze 500 meter kademuur hersteld en versterkt. Zwaarder en intensiever gebruik verkorten de levensduur van infrastructuur. Het vervangingsvraagstuk gaat hand in hand met de ontwikkelvisie en ruimtelijke inrichting van de stad, de gemeente en de regio. Als Rotterdam bijvoorbeeld auto's en vrachtverkeer uit het centrum gaat weren kunnen we lichter ontwerpen en bouwen.

Wat geldt voor de weg, geldt ook voor het spoor. Meer mensen en meer goederen vragen om meer treinen. De eerste oplossing is om het huidige spoornet zo veel mogelijk uit te nutten. Ook dit leidt tot versnelde veroudering. Samenvattend weten we eigenlijk nog maar heel weinig over hoe deze toename van belastingen de veroudering van infrastructuur beïnvloedt.



1.3. Klimaatverandering doet er een schepje bovenop

15

Het meest onzeker en risicovol op dit moment is de invloed van klimaatverandering op de levensduur van infrastructuur. Klimaatverandering versnelt het verouderingsproces, maar onzeker is hoe en in welk tempo. Klimaatverandering leidt tot extremere temperaturen, tot meer neerslag in kortere tijd afgewisseld met langere periodes van droogte, tot versnelde bodemdaling, tot hogere waterstanden in de rivieren en tot zeespiegelstijging. De combinatie van deze factoren heeft invloed op de kwaliteit van materialen zoals staal en beton en zorgt voor wisselende of grotere belastingen van de infrastructuur – allemaal factoren die de levensduur verkorten.

Het lastige is dat de klimaatverandering zelf en de gevolgen hiervan voor infrastructuur moeilijk te voorspellen zijn. Als het om klimaat gaat, kunnen kleine verschillen extreme gevolgen hebben. Warmt de aarde één, twee, drie of meer graden op? Wie zal het zeggen? Wat zijn de gevolgen? En hoe snel? Het is dus alsof we een auto besturen met een blinddoek voor onze ogen. We weten dat er een weg is en dat we tussen de lijnen moeten blijven, maar we zien niet goed hoe deze lopen. Misschien zien we nog net een beetje door de rafels van de stof heen maar erg veilig voelt het niet.

De effecten van klimaatverandering op de infrastructuur zijn nu al merkbaar in Rotterdam (Gemeente Rotterdam, Waterschap Hollandse Delta, Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard & Hoogheemraadschap van Delfland, 2008; Rotterdam Climate Initiative, 2013; Rotterdams weerwoord, 2019).

Rotterdam loopt vast door extreme hitte

De laatste jaren lopen steeds meer beweegbare bruggen vast door extreme hitte in de zomer. Door hitte zet het staal van bruggen uit. Die kunnen dan niet meer open of dicht. Dan moet een keuze worden gemaakt: brug open (keuze voor de scheepvaart) of brug dicht (keuze voor het autoverkeer). Voor dit probleem bestaat nog geen structurele oplossing. De gemeente Rotterdam is de afgelopen jaren flink in de weer geweest om met brandweerspuiten haar beweegbare bruggen koel te houden (AD, 2019, 24 juni). Ook Rijkswaterstaat moet in hete zomers haar Merwedeburg koelen, met fikse files en belemmeringen voor de scheepvaart tot gevolg.

Hogere temperaturen hebben ook invloed op het spoor en met name spoorbruggen. In de zomer van 2019 was Rotterdam vier dagen op rij minder bereikbaar voor treinverkeer. Spoorstaven kunnen wel zeventig graden warm worden als de zon heftig schijnt. Bij ProRail treedt dan een hitteprotocol in werking, want het spoor heeft maar weinig tolerantie; het is letterlijk millimeterwerk.



Piekbuien zetten Rotterdam blank

Naast hogere temperaturen valt er door klimaatverandering ook meer neerslag in een kortere tijd, de zogenoemde piekbuien. Rotterdam kan al dat water niet zomaar bergen en afvoeren (Bals & Klerk, 2016; Gemeente Rotterdam, e.a., 2008). De laatste jaren is Rotterdam veel in het nieuws geweest vanwege wateroverlast, waar 12% van de woningen mee te maken heeft. De singels kunnen de piekbuien niet aan en de riolen kunnen al dit water niet afvoeren (Keunen, 2019, 31 mei).

Water op straat is geen fijne situatie. In het minst erge geval leidt het tot overlast. Kelders en viaducten die onderlopen, auto's die niet kunnen parkeren, plassen op straat en wegen die tijdelijk niet begaanbaar zijn. In het ergste geval leidt wateroverlast tot een gevaar voor de volksgezondheid. Riolen in Rotterdam vangen immers deels regenwater op. Als een rioolbuis vol is, loopt deze over. Rioolwater op straat of in de singels is ongewenst. Te veel water ineens kan ook leiden tot verzakking van straten en huizen.

Gelukkig zijn er nieuwe initiatieven om water te bergen, zoals de ondergrondse waterberging in de Museumparkgarage en het Sparta-stadion. Ook vergroening van de stad en straatstenen met slimme oplossingen dragen bij aan het opvangen van water. Maar de huidige maatregelen zijn niet voldoende. Om in 2050 het water in Rotterdam op te vangen, is naar verwachting 30% meer opvangcapaciteit nodig dan Rotterdam nu heeft.

Rottende funderingen door droogte

Klimaatverandering leidt niet alleen tot meer piekbuien, maar tussen die piekbuien door ontstaan juist langere periodes van extreme droogte. Daardoor daalt de grondwaterstand. En dat is niet fijn voor houten funderingspalen die deels droog komen te staan, waardoor schimmels en bacteriën een kans krijgen en funderingspalen kunnen gaan rotten (Kok & Angelova, 2020). In 2018 luidde funderingsexpert Dick de Jong de noodklok. Veel woningen in Rotterdam zijn gebouwd voor 1970 en staan op houten palen. Zeker 20.000 woningen zijn aangemerkt als risicovol (KCAF, 2020). Ook kent Rotterdam bruggen met houten funderingen en vooral veel kademuren steunen op houten palen (Klaassen, 2010). Aantasting van deze funderingspalen kan ervoor zorgen dat bruggen eerder worden afgekeurd op draagkracht en dat kademuren verzakken.

Help! Rotterdam zakt!

Rotterdam is gebouwd op slappe grond: veen en klei. De bodem is als een spons die langzaam inzakt door zijn eigen gewicht en alles wat wij erop bouwen. Door klimaatverandering gaat dit sneller. Hogere temperaturen leiden namelijk tot snellere oxidatie van veen waardoor dit inzakken sneller verloopt: de spons verliest aan veerkracht (Gemeente Rotterdam, 2020c).



Maar ook verlaging van de grondwaterstand als gevolg van extremere droogte leidt tot een snellere bodemdaling. Een droge spons druk je makkelijker in dan een natte. Omdat de bodem daalt moet de grondwaterstand in natte en normale periodes door menselijk ingrijpen naar beneden worden gebracht en zo ontstaat een vicieuze cirkel. In Rotterdam daalt de bodem momenteel tot ongeveer een centimeter per jaar. De bodemdaling gaat momenteel zelfs sneller dan de zeespiegelstijging. Het effect van bodemdaling tot 2100 is volgens Deltares vergelijkbaar met een halve meter zeespiegelstijging (Kind e.a., 2019). Als de bodem zakt en het water stijgt, zullen de dijken op een gegeven moment opgehoogd moeten worden.

Het vervelende is verder dat deze daling van de bodem niet gelijkmatig verloopt. Sommige delen zakken sneller dan andere. Alles wat op en in deze bodem is gebouwd, heeft daar last van. Constructies die niet op stevige funderingspalen staan, kunnen verzakken en scheuren. Dit zien we bij oudere huizen, bruggen, wegen, kademuren en waterkeringen, maar ook bij leidingen zoals riolen en drinkwater- en gasleidingen. Het starre materiaal kan de verschillen in bodemdaling niet volgen. Er komt dus spanning op het materiaal en dat leidt tot scheuren en verzwakking (Gemeente Rotterdam, 2020b, 2020c; Van Meerten, Lambert, Woning & Eijbersen, 2015).

Ook ontstaan er problemen bij constructies die wel stevig op funderingspalen staan. Want de omgeving zakt, maar de constructie niet. Bij onderheide woningen kunnen huisaansluitingen van de riolering, het drinkwater en het gas gaan lekken of breken door verschillen in de mate van zakking. Of er ontstaan gaten tussen de straat en gebouwen. (Gemeente Rotterdam, 2020c). Rioolleidingen die gaan lekken, gaan onbedoeld als drainagevoorziening werken voor grondwater, waardoor de grondwater-spiegel lokaal nog verder naar beneden wordt getrokken. Door deze onregelmatige bodemdaling wordt de levensduur van rioolleidingen bijna gehalveerd. In Rotterdam gaan rioolleidingen vijftig tot zestig jaar mee, terwijl dat elders tussen de zestig en tachtig jaar ligt (Bunt & Oude Essink, 2015; Rekenkamer Rotterdam, 2015).

Bodemdaling, ongelijkmatige zettingen en wisselende grondwaterstanden vormen een ingewikkeld probleem voor veel infrastructuurobjecten. Het vereist dat we goed in de gaten houden of er geen gevaarlijke situaties ontstaan. Het vraagt bovendien om meer onderhoud en sneller vervangen van deze infrastructuur. En het vraagt om ophoging van dijken want die zakken mee met de bodem.

Rotterdam loopt onder

De bodem daalt, en het waterpeil stijgt in rap tempo door aanvoer van water van twee kanten: vanuit de rivier en vanuit de zee. De Maas wordt voller en waterstanden zullen meer wisselen, doordat het meer gaat regenen en gletsjers gaan smelten door hogere temperaturen.



Daarbij komt het effect van zeespiegelstijging. Rotterdam staat in open verbinding met de zee via de Nieuwe Waterweg. Dat is goed voor de haven en de economie. Echter, hoogwater leidt tot opstuwing in rivieren. Bewoners in buitendijkse gebieden weten daar alles van. Het Noordereiland loopt ieder jaar wel één keertje onder. Als we niets doen, kunnen we straks het Noordereiland teruggeven aan de rivier. Dit geldt ook voor de Botlek met zijn industrie, want ook de Botlek is buitendijks gebied.

Ook de stad Rotterdam zullen we moeten beschermen tegen hogere waterstanden. Immers, als de bodem daalt en het water in de rivier stijgt, zullen dijken niet meer voldoen. Dit beschermen vraagt om een ingewikkeld samenspel van dijken, waterkeringen en andere maatregelen. Zo sluit de Maeslantkering in de Nieuwe Waterweg bij een zeewaterstand van drie meter boven NAP. Dit komt momenteel ongeveer één keer per vijftien jaar voor. De hoogte van de dijken die Rotterdam beschermen, is afgestemd op de veiligheid die de Maeslantkering biedt. Echter, als het zeewater stijgt, zal de Maeslantkering vaker moeten sluiten om Rotterdam veilig te houden. Dit is niet goed voor de scheepvaart maar ook niet voor de kering zelf, want deze reus is er niet op ontworpen om vaak te worden gesloten (Kind, e.a., 2019). Het ligt dan voor de hand om pas te gaan sluiten bij hogere waterstanden. Als dan ook de rivieren voller worden, ontkomen we niet aan het versterken en verhogen van de stads- en rivierdijken. Hogere dijken vragen meer ruimte. En het is al zo vol in Rotterdam.

Ook andere maatregelen zoals ruimte maken voor de rivier waar dat kan en zorgen dat bij overstromingen mensen het gebied snel kunnen verlaten, zijn onderdeel van de plannen om de Rotterdamse delta veilig te houden. De deltacommissaris zegt dat we in de toekomst rekening moeten houden met één meter zeespiegelstijging en waarschuwt nadrukkelijk dat dit wel eens meer kan worden (Haasnoot e.a., 2018).

We moeten goed nadenken over hoe we de waterkeringen en dijken sterk en hoog genoeg houden. Ook hier geldt dat we dit niet als afzonderlijke problemen kunnen zien. We kunnen bijvoorbeeld de Nieuwe Waterweg afsluiten en met spuisluizen het rivierwater afvoeren, maar dat zou niet goed zijn voor de economie en de natuur. Als we de verbinding met zee openhouden, ontkomen we niet aan hogere rivier- en stadsdijken bij de stad Rotterdam.

1.4. Spelregels veranderen

We hebben gezien dat infrastructuur onder druk staat. Zij wordt ouder en wordt vaker gebruikt, en vraagt als gevolg van klimaatverandering om eerdere vervanging of versterking. Er gebeurt echter meer op het speelveld, in de vorm van gamechangers: ontwikkelingen die maken dat we in de toekomst dingen anders willen doen.



Belangrijke ontwikkelingen die aanleg, onderhoud en vervanging van infrastructuur gaan veranderen, zijn de energietransitie, de grondstoffentransitie (circulair), de digitalisering en de technologische innovaties zoals robotisering en 3D-printen. Ook maatschappelijke behoeften aan infrastructuur kunnen veranderen (De Graaf van Dinther, 2021).

Deze ontwikkelingen hebben consequenties voor de levensduur van infrastructuurobjecten. Als we vandaag een nieuwe brug bouwen, heeft deze een levensduur van honderd jaar. Zolang gaan staal en beton mee. De brug moet groot genoeg zijn om honderd jaar gebruik aan te kunnen. Maar wat als over twintig jaar die brug niet meer in volle omvang nodig is omdat goederen via drones of pijpleidingen vervoerd gaan worden? Of omdat er een andere verbindingroute wordt aangelegd? Willen we zo'n brug dan niet liever voor twintig jaar bouwen en tegen die tijd kijken wat nodig is?

Zo heeft ook de energietransitie invloed op de behoeften aan infrastructuur. Er komen bijvoorbeeld meer windmolenparken en leidingen om de elektriciteit te transporteren. Pijpleidingen voor de huidige bronnen van energie zoals olie en gas worden dan vervangen door transportnetwerken voor warmte, stoom, CO₂, elektriciteit en waterstof (Port of Rotterdam, 2019). Over twintig jaar rijden alle auto's op elektriciteit of waterstof. En zelfrijdende auto's nemen een vlucht. Wat gaat dit betekenen voor de aanleg van nieuwe wegen? Bijvoorbeeld de matrixborden boven de snelweg verdwijnen, want auto's zijn uitgerust met eigen realtime routeplanners. Ook zullen er oplaadlussen in het wegdek komen. En meer duurzame materialen gaan het bestaande asfalt vervangen.

Digitalisering en robotisering gaan invloed hebben op de aanleg en het onderhoud van de infrastructuur. Denk aan sensoren of drones die realtime de gezondheid van de infrastructuur meten en aan intelligente algoritmes die deze gezondheid vertalen naar onderhouds- en vervangingstermijnen. Steeds meer taken zullen door robots worden uitgevoerd. Een interessante ontwikkeling is het 3D-printen. Een robot kan daarmee uiterst precies op locatie de meest ingewikkelde onderdelen printen. Dit vraagt van onderhoudstechnici dat ze naast kennis van techniek, ook kennis ontwikkelen van informatietechnologie, zoals programmeren en data-analyse.

Dit soort ontwikkelingen heeft invloed op hoe we infrastructuurvoorzieningen in de toekomst aanleggen, onderhouden en gebruiken. Wat ze gemeen hebben met klimaatverandering, verstedelijking en mobiliteitsdruk is dat hun impact op onderhoud en vervanging van infrastructuur even onzeker is.

1.5. Als de enige zekerheid onzekerheid is...

Vroeger werkten mensen hun hele leven bij één werkgever en bouwden we infrastructuur voor 'de eeuwigheid'. Scholen leidden mensen op tot civiel-, werktuigbouw- of elektrotechnicus en daarmee was duidelijk wat voor werk ze gingen doen. Die tijd is voorbij. Veranderingen gaan sneller dan ooit. De eenzijdige technicus bestaat niet meer. Tegenwoordig moeten ze van alle markten thuis zijn en samenwerken met andere disciplines. Bovendien is veel infrastructuur aan het einde van haar levensduur en chronisch overbelast. Als we niets doen, stort alles tegelijkertijd in en klimaatverandering maakt dat dit nog wel eens eerder kan gebeuren dan we denken. We moeten nu nadenken over versterking en vervanging en niet wachten tot het water aan de lippen staat, of erger, Rotterdam volloopt, instort of dichtslibt. Tegelijkertijd moeten we nadenken over wat we dan bouwen en hoe we dat doen. Want in 2050 willen we wel energieneutraal zijn en volledig circulair. Wat een opgave. Ga er maar aan staan. Hoe doen we dat?

Als de enige zekerheid onzekerheid is, hebben we iets nodig om met onzekerheid om te gaan. Daar hebben we assetmanagement voor. Een ander woord voor assetmanagement is levensduurmanagement. Het is twintig jaar geleden ontstaan vanuit de observatie dat de tijd van grootschalige nieuwbouw achter ons lag en het zwaartepunt kwam te liggen op onderhoud van de infrastructuur. Nu, twintig jaar verder zijn we in een nieuwe fase aangekomen. Het zwaartepunt ligt op onderhoud dat de levensduur verlengt en op grootschalige vervangingen in een onzekere toekomst (Groot, 2019).

Waar gaat assetmanagement ons bij helpen? Assetmanagement bekijkt alles in samenhang. Een dijk, brug, wegvak of leiding kunnen we niet los zien van het netwerk en de omgeving waar het onderdeel van is. Dus als we beslissingen nemen over aanleg, onderhoud en vervanging van infrastructuurobjecten kijken we naar de omgeving. Want uiteindelijk gaat het niet om het infrastructuurobject, maar om de redenen waarvoor deze is gebouwd: bereikbaarheid, veiligheid, economie, leefbaarheid en gezondheid. Niet alleen vandaag maar ook morgen. We kijken dus over de grenzen van organisaties en bestuurstermijnen heen.

Regeren is vooruitzien. Assetmanagement is dat ook. Het gaat dus over samenhange besluiten over aanleg, onderhoud en vervanging die de tand des tijds doorstaan. We hebben gezien dat ons monster vele koppen heeft: veroudering, verstedelijking, klimaatverandering en gamechangers. Daarom gaat assetmanagement ook over besluiten nemen onder onzekerheid. Daar zijn we nog niet zo goed in. Maar waar het naar toe gaat, is dat we met meerdere toekomstrekeningen gaan houden en we aanleg, onderhoud en beheer flexibel inrichten zodat we een afslag naar een andere toekomst kunnen nemen als dat nodig is.

De Harry Potter-fans onder ons kunnen denken aan de Sluipwegwijzer, een magische kaart die zichtbaar maakt wat onzichtbaar is. In het echte leven combineert zo'n aanpak scenario's voor bijvoorbeeld bodemdaling, zeespiegelstijging en technologie-ontwikkeling. Levensduuractiviteiten voor infrastructuur stemmen we af op die scenario's met flexibele paden. We bouwen dus flexibiliteit in om een afslag te kunnen nemen bij extremere of minder extreme scenario's (Haasnoot e.a., 2020; Lawrence e.a., 2019; Van den Boomen, Spaan, Schoenmaker & Wolfert, 2018).

Dan gaat assetmanagement over de vraag hoe we weten wanneer we straks een afslag moeten nemen. Wie waarschuwt ons? Daarvoor zetten we in op meten, want meten is weten. We komen er steeds meer achter dat veroudering van de infrastructuur een uiterst complex geheel is en van veel factoren afhangt. Dat maakt het voorspellen van de kwaliteitsafname van de infrastructuur lastig. We kunnen niet alles meten, maar steeds meer en steeds beter. We verzamelen steeds grotere hoeveelheden data. Nieuwe technieken zoals machine learning en artificial intelligence helpen ons om verbanden in deze data te vinden. In de toekomst zullen we dus veel vaker gaan ingrijpen op het moment dat realtime data analyses ons vertellen dat het nodig is. En omdat de kwaliteit van data beter wordt, worden we ook beter in voorspellen (Lughofer & Sayed-Mouchaweh, 2019; Selcuk, 2017). Tot slot gaat assetmanagement over de vraag hoe we dat ingrijpen dan zo goed en efficiënt mogelijk doen. Dus op het juiste moment, snel, met zo min mogelijk overlast, met zo min mogelijk mensen en middelen en met een minimale impact op het milieu. Want afgesproken is dat Nederland in 2050 100% energieneutraal en circulair is. Dat gaat niet vanzelf. Deze doelstelling gaat leiden tot een aardverschuiving in hoe we werken en welke energie en materialen we gebruiken. Ook vraagt dit om efficiënte logistiek om alle bestaande en nieuwe stromen van mensen, middelen, materialen en energie daar te krijgen waar ze nodig zijn. En we zullen moeten nadenken over nieuwe organisatievormen. Want als we materialen gaan hergebruiken en delen, van wie zijn ze dan (Platform CB'23, 2019; Transitieteam Transitieagenda Circulaire Bouweconomie, 2018)?

Om een lang verhaal kort te maken: er is veel te doen en de praktijk roept om professionals die de grote infrastructuuropgaven in goede banen kunnen leiden. Dit zijn breed inzetbare professionals die met een stevige inhoudelijke basis assetmanagement naar het volgende niveau kunnen tillen.

2

Assetmanagement, oude wijn in nieuwe zakken?



De term assetmanagement roept al snel de associatie op met onderhoud en beheer en krijgt soms het stempel van oude wijn in nieuwe zakken. Dat is begrijpelijk maar niet helemaal terecht. Onderhoud en beheer vormen maar een klein onderdeel van assetmanagement. En ook onderhoud en beheer zullen moeten innoveren om op smaak te blijven. Om te begrijpen hoe we de eerder geschetste problemen het hoofd kunnen bieden, gaan we eerst kijken naar waar we vandaan komen en waar we nu staan.

2.1. Waar komt assetmanagement vandaan en waarom?

Het begrip assetmanagement kwam in Nederland op in de jaren 2000-2005. Het waaide over uit Engeland, Australië en Nieuw-Zeeland (Too & Tay, 2020). Ik zeg dit met een slag om de arm, want ook de Amerikanen claimen voorzichtig de oorsprong van assetmanagement ("Infrastructure asset management", 2020). In die tijd hadden Engeland, Australië en Nieuw-Zeeland te maken met privatisering van nutsbedrijven (Too & Tay, 2020). Dit leidde ertoe dat in korte tijd door private aandeelhouders veel geld uit infrastructuurbedrijven werd getrokken, geld dat eigenlijk bedoeld was voor onderhoud en investeringen in infrastructuur. De kwaliteit van de infrastructuur holde achteruit en om het tij te keren, voerden de overheden regulering in. De overheid ging toezien op de bestedingen. Tarieven werden aan banden gelegd en de geprivatiseerde overheidsbedrijven moesten met zogenoemde assetmanagementplannen aantonen te investeren in infrastructuur en zo ook hun tarieven onderbouwen.

Vanuit Nederland keken we vooral naar de situatie in Engeland. In 2004 werd vanuit het Engelse Institute of Asset Management een eerste richtlijn voor assetmanagement gelanceerd, de PAS 55, die uiteindelijk als een Britse standaard (vergelijkbaar met de Nederlandse NEN-normen) ging gelden vanaf 2008 (The Institute of Asset Management, 2019). Die Britse standaard maakte het mogelijk dat ook Nederlandse bedrijven zich formeel konden laten certificeren als assetmanagementorganisatie.

In Nederland werd dit proces met interesse gevolgd. Niet omdat we problemen hadden als gevolg van grootschalige privatisering maar omdat we in Nederland, vanuit een fase van grootschalige aanleg, in de fase van beheer waren beland. De infrastructuur werd ouder en ook in Nederland groeiden de bomen niet tot in de hemel. Verder wilden we natuurlijk voorkomen dat we in een situatie terecht kwamen waar de Engelsen een term voor hadden: 'sweating the assets', misschien het best vertaald met 'uitknijpen van infrastructuur'. Want we begrepen heel goed dat er een kritiek punt is in de conditie van infrastructuur dat we niet moeten willen passeren.

Als dat wel gebeurt, is het dweilen met de kraan open. Je kunt geld blijven pompen in infrastructuur zonder dat de kwaliteit verbetert. Wij hebben dus heel veel geleerd van de situatie in Engeland en konden gebruik maken van de wet van de remmende voorsprong. Maar we moeten niet te vroeg juichen. Het veelkoppige monster uit hoofdstuk 1 is nog niet getemd.

2.2. Assetmanagement stapt uit de kinderschoenen

In deze paragraaf schets ik de ontwikkeling van assetmanagement tot het punt waar we nu staan, om vervolgens te kijken welke driedubbele salto we nog moeten maken voor de toekomst. Sinds de introductie van de PAS 55 is assetmanagement volwassen geworden. De belangrijkste ontwikkelingen zijn het levensduurdenken, het besef dat assetmanagement de hele organisatie raakt en dat assetmanagement als doel heeft om waarde toe te voegen. Daarover eerst wat meer, voordat ik inga op 'het hoe'.

De levensduur staat centraal

De PAS 55 omschreef assetmanagement als alle activiteiten die nodig zijn voor het goed managen van fysieke assets zoals infrastructuur en installaties. Dit was dus nadrukkelijk breder dan onderhoud en beheer. Sterke nadruk kwam te liggen op levensduuractiviteiten – om te voorkomen dat goedkoop duurkoop wordt. Je kunt bijvoorbeeld iets goedkoop bouwen en de kosten voor vervroegd vervangen bij de beheerder of afnemer leggen. Dat is niet de bedoeling. Bij goed assetmanagement houd je tijdens het ontwerp en de bouw ook rekening met wat nodig is in de veel langere fase van onderhoud en beheer. Deze aspecten moeten in balans zijn, zodat over de levensduur de gevraagde prestaties geleverd worden tegen de laagste levensduurkosten en risico's worden beheerst.

De hele organisatie doet mee

Het realiseren van deze balans tussen prestaties, risico's en levensduurkosten brengt ons bij een tweede speerpunt van de PAS 55. Namelijk, het management van assets heeft betrekking op alle niveaus in een organisatie. Ook dat was nieuw. De PAS 55 onderscheidde drie niveaus in organisaties: strategisch (directie), tactisch (beleid) en operationeel (uitvoering). Assetmanagement-activiteiten vinden plaats op alle niveaus en in samenhang. De directie heeft een missie en visie oftewel een reden waarom de organisatie bestaat. Het bestaansrecht is het leveren van een product, dienst of service en daarvoor heeft de organisatie fysieke assets. Op strategisch niveau legt de organisatie in een strategisch assetmanagementplan vast hoe fysieke assets bijdragen aan haar bestaansrecht. De assets samen vormen een portfolio. De gemeente Rotterdam bijvoorbeeld heeft een hele grote portfolio van assets waar ik er een paar van uitlicht: ruim 1100 bruggen, sluizen en viaducten, 30 kilometer kademuren, 2550 kilometer riolering, 11.000 gemalen en 25.100.000 vierkante meter verharding. Ook bomen, groen en speeltoestellen zijn onderdeel van de assetportfolio van de gemeente Rotterdam.

De elementen in de portfolio zorgen er in samenhang voor dat het prettig, gezond en veilig leven is in Rotterdam en dat de economie floreert. De gemeente zorgt ervoor dat de infrastructuur wordt aangelegd, goed wordt onderhouden en op tijd wordt vervangen.

Om dat te kunnen doen, moeten keuzes worden gemaakt. Als budgetten beperkt zijn is transparant beleid nodig om te bepalen welke investeringen het meest nodig zijn en welke even kunnen wachten. Dit is wat op tactisch niveau gebeurt en dit resulteert in langetermijnplannen voor investeringen, onderhoud en vervangingen. De keuzes op tactisch niveau werken door naar de uitvoering, het operationele niveau. Dus op tactisch niveau worden beleidskeuzes gemaakt en op operationeel niveau worden deze beleidskeuzes zo efficiënt mogelijk uitgevoerd. Dat klinkt logisch maar dat was tot tien jaar terug behoorlijk revolutionair, want de manager onderhoud maakte vaak ook de beleidskeuzes; assetmanagement introduceerde een scheiding tussen de verschillende rollen. In organisaties ontstonden afdelingen assetmanagement voor de tactische rol. Soms als een hiërarchische laag en soms als een adviesafdeling zonder mandaat.

Het draait om waarde

De ontwikkeling van assetmanagement laat zich wellicht het best omschrijven als leren door te doen. De PAS 55 is in 2014 vervangen door de internationale en breed gedragen standaard ISO 55000 (BSI Group, 2014; International Organization for Standardization, 2014). De ISO 55000 volgt het gedachtegoed van de oorspronkelijke PAS 55. Nieuw is echter dat het begrip waarde wordt geïntroduceerd:

"Assetmanagement zijn alle activiteiten die waarde halen uit assets." Hiermee ontstaat de ruimte die nodig is om assetmanagement naar een hoger plan te tillen. Want waarde is breder dan alleen de primaire functie van een asset. Waarde omvat bijvoorbeeld niet alleen de hoeveelheid water die een pomp per uur moet verpompen maar ook het energieverbruik en de milieubelasting voor het maken en gebruiken van zo'n pomp.

Ook legt de ISO-standaard veel nadruk op betrokkenheid van het topmanagement. Dus ook hier: assetmanagement is niet het feestje van de onderhoudsafdeling maar vraagt richting en visie op het hoogste niveau van organisaties, gedreven door de behoeften van stakeholders.

Tot slot legt de ISO-standaard meer nadruk op risicomanagement. Hier een kleine kanttekening. Sturen op risico's betekent niet dat we de grenzen opzoeken van wat nog aanvaardbaar is. Eigenlijk zou betrouwbaarheidsmanagement een beter woord zijn om de bedoeling van de ISO 55000 te duiden. Risico's zijn er altijd geweest maar in het verleden hadden we ze vaak niet expliciet in beeld. De kennis over risico's was verankerd in personen. Als een persoon de organisatie verliet, was ook zijn of haar kennis verdwenen. De ISO-standaard stelt dat risico's bekend moeten zijn, dus systematisch in beeld gebracht, om ze in samenhang te beheersen.



Maar hoe?

Net zoals de PAS 55 vertelt de ISO 55000 wel wat een organisatie allemaal ingericht moet hebben om aan goed assetmanagement te voldoen, maar niet hoe een organisatie dat methodisch moet doen. De ISO 55000 geeft dus bijvoorbeeld geen instrumenten om tot een onderbouwde onderhouds- en investeringsplanning voor een assetportfolio te komen. Dat mogen de gemeente Rotterdam en al die andere beheerders van infrastructuur en installaties zelf inrichten. En ook dit is een proces van jaren geweest.

De risicomatrix of bedrijfswaardematrix is een van de eerste instrumenten die zijn intrede deed (Antosz, Stadnicka & Ratnayake, 2017; Duijm, 2015; Gemeente Uden, 2018; Novozhilov, 2015). Een risicomatrix koppelt bedrijfswaarden zoals beschikbaarheid, bereikbaarheid en veiligheid aan een faalkans en legt een risicoacceptatiegrens vast. Op deze wijze kan een organisatie beoordelen hoe vaak een infrastructuurobject of een installatie mag falen voordat de effecten voor de omgeving niet meer acceptabel zijn. Dit instrument helpt bij het maken van een indeling in kritieke en niet-kritieke infrastructuurobjecten en legt een expliciete verbinding tussen wat een organisatie belangrijk vindt en het functioneren van de infrastructuur.

De risicomatrix legde de basis voor de ontwikkeling dan wel introductie van drie nieuwe methoden. Als eerste werd betrouwbaarheidsgestuurd onderhoud en beheer geïntroduceerd. De risicomatrix werd ingezet als instrument om onderhoudsintervallen te bepalen met het doel om de risico's van falen te beheersen. De risicomatrix gaf de onderbouwing voor het gebruiksduurafhankelijke, toestandsafhankelijke en storingsafhankelijke onderhoud.

De risicomatrix werd ten tweede gebruikt in methodeontwikkeling om investeringsvoorstellen onderling te prioriteren en faseren. Dit was nodig om verschillende typen assets met elkaar te kunnen vergelijken, zoals een transportleiding en een beweegbare brug. Samen met leeftijden en conditiemetingen van infrastructuur en installaties werd hier de basis gelegd om tot langetermijnassetplannen (LTAP'en) te komen. Deze LTAP'en geven een doorkijk naar wat een organisatie voor een periode van vijftig jaar nodig heeft aan investeringen en onderhouds- en vervangingsuitgaven (Van de Ven-Glastra, Verberk, Sonke, Dominicus & Bindt, 2017). Toen we dit een beetje op orde kregen, ontstond er lichte paniek. De planningen gaven aan dat veel infrastructuur het einde van haar levensduur nadert en al deze vervangingen kwamen als een boeggolf op ons af. Dit is dan ook een van de uitdagingen voor de komende decennia, zoals beschreven in hoofdstuk 1 (Groot, 2019; Groot, e.a., 2016).

Tot slot werd de risicomatrix ingezet om kritieke assets te selecteren, die in systeemfaalkansanalyses worden doorgerekend. Want het gaat immers niet alleen om een individueel bedrijfsmiddel maar ook om het functioneren van het systeem dat gevormd wordt door die bedrijfsmiddelen. Systeemfaalkansanalyses kijken dus naar een netwerk en geven antwoord op de vraag of het systeem aan de klantvraag voldoet. Denk bijvoorbeeld aan het ontwerp van een rioolwater-zuiveringsinstallatie. Die bestaat uit een ontvangstwerk voor rioolwater, pompen die water verder transporteren en verschillende zuiveringsstappen waarin het water gereinigd wordt en gescheiden van het vuile slib. Tot slot wordt het schone water teruggebracht in het milieu en wordt slib mogelijk vergist voor energie. We kunnen alle installaties afzonderlijk toetsen aan de risicomatrix en daar kan uit komen dat incidenteel falen acceptabel is. Echter, installaties kunnen ook gelijktijdig falen, wat tot uitval van de hele rioolwaterzuiveringsinstallatie kan leiden. Deze systeemkans berekenen we met faalkansanalyses, en de risicomatrix helpt om de meest belangrijke installaties aan te wijzen zodat we deze mee kunnen nemen in de faalkansanalyse (International Electrotechnical Commission, 2016; Smit e.a., 2019; Van den Boomen, 2019).

De risicomatrix is een belangrijk instrument binnen assetmanagement, maar er is meer. Ook levensduurkostenberekeningen deden hun intrede. Bij het vergelijken van gelijkwaardige maar verschillende varianten voor ontwerp of beheer werd niet meer alleen gekeken naar de kosten op korte termijn maar naar alle kosten over de langere termijn. Levensduurkostenberekeningen werden meer en meer een onderdeel van besluitvorming (Treiture e.a., 2018; Van den Boomen, 2020; Van den Boomen, Schoenmaker, Verlaan & Wolfert, 2016).

Tegelijkertijd werden dashboards voor prestatiesturing verbeterd door niet alleen naar de prestaties van individuele assets te kijken maar ook naar de prestaties van de systemen die deze assets samen vormen (Federal Highway Administration, 2013; Frangopol, Dong & Sabatino, 2017; Lin, Yuan & Tovilla, 2019; Roach, Kapelan & Ledbetter, 2018). Hier merken we op dat deze dashboards gevoed worden door data en dat dit wel een hete aardappel is. Gegevens waren vaak niet op orde. Een deel van de gegevens was verloren gegaan bij de conversie van papier (kaarten) naar digitaal. Maar ook veel gegevens raakten verloren toen organisaties fuseerden. Andere redenen zijn dat datasystemen niet uitwisselbaar waren of lijstjes door personen werden bijgehouden. Ook in datamanagement zijn enorme slagen gemaakt. ICT-systemen en -standaarden zijn verbeterd. Building information modelling (BIM) deed zijn intrede en maakt het mogelijk om driedimensionale bouw informatie uit te wisselen tussen verschillende gebruikers en een koppeling te leggen met duurzaamheidsindicatoren (Cecconi, Maltese & Dejaco, 2017; Navil, Alan, David & Julian, 2013; Pocock, Shetty, Hayes & Watts, 2014).

Dan was er ook nog de kwaliteit van data. Niet alles werd gemeten of bijgehouden. En waarden waren niet altijd betrouwbaar. Ook hier zijn flinke slagen gemaakt. Tegenwoordig voeren organisaties periodiek conditiemetingen uit volgens gestandaardiseerde methoden. Ook sensing is opgekomen en het gebruik van satellieten, radars en drones (Lee e.a., 2019; Lughofer & Sayed-Mouchaweh, 2019; Noman, Nasr, Al-Shayea & Kaid, 2019; Selcuk, 2017). Zo kunnen we bijvoorbeeld realtime verplaatsingen meten van bruggen en kademuuren. Deze ontwikkeling is jong. Om echt inzicht te krijgen in het kwaliteitsverloop van infrastructuur zijn langetermijnreeksen nodig, die echter nog onvoldoende aanwezig zijn (Aremu, Palau, Parlikad, Hyland-Wood & McAree, 2018; Husson, 2020, 20 februari). Een meting is een foto. Maar omdat faalgedrag heel complex is en behalve van materiaaleigenschappen en leeftijd, sterk afhangt van de context zoals verkeersbelasting, klimaat en zettingen, hebben we geen foto nodig maar een film die bestaat uit heel veel foto's. Hier is dus nog wel verbetering nodig. Met de komst van steeds meer data kwamen ook technieken om deze nieuwe data te analyseren, te vergelijken en te vertalen naar beslisinformatie. Die technieken zijn machine learning en artificial intelligence. Omdat we al die data niet meer handmatig kunnen verwerken, laten we een computer verbanden en patronen zoeken. We moeten de computer echter wel vertellen waar deze moet zoeken, dus begrip van faalmechanismen onder verschillende omstandigheden is onontbeerlijk en de toepassing van machine learning voor assetmanagement staat op dit moment nog in de kinderschoenen.

Beleid en methoden vonden hun weg naar de zogenoemde strategische assetmanagementplannen (SAMP) (Roelfsema, Hillegers & Van den Boomen, 2017; The Institute of Asset Management, 2020; Van de Ven-Glastra, e.a., 2017). In een SAMP ligt vast welke bedrijfsmiddelen een organisatie heeft, hoe deze bedrijfsmiddelen bijdragen aan het hogere doel van de organisatie en hoe deze bedrijfsmiddelen 'gemanaged' worden vanuit een levensduurbenadering. De genoemde methoden zijn onderdeel van het beleid dat de werkwijzen op verschillende organisatieniveaus beschrijft. Iedere organisatie die infrastructuur of installaties beheert, heeft vandaag de dag een SAMP. Dit is ook een van de eisen van de ISO 55000: 'Gij zult een strategisch assetmanagementplan hebben.'

Dit is in een notendop waar we nu globaal staan. Natuurlijk zijn er verschillende snelheden en accenten bij verschillende sectoren. Gemeente Rotterdam heeft assetmanagement omarmd sinds 2013 en mocht in 2020 de Nederlandse IAM Award in ontvangst nemen (Gemeente Rotterdam, 2020a).



2.3. Hoe ziet de toekomst eruit?

37

Niemand heeft een glazen bol maar ik durf wel voorzichtig te voorspellen dat we op de drempel staan van een toekomst waarin alles anders wordt. Met name veroudering van de infrastructuur, klimaatverandering, de energie- en grondstoffen-transitie en de digitalisering leiden tot aardverschuivingen. Er zijn diverse technologieën die veelbelovend zijn om assetmanagement naar een volgende fase te brengen. Ik zou ze kunnen opsommen, maar geen enkele technologie kan los gezien worden van de andere. Hieronder een paar scenario's die volgens mij in de nabije toekomst al realiteit kunnen zijn.

Een incident

Het is vijf uur in de ochtend. Bleep, bleep, bleep. Assetmanager Souhaila van de gemeente Rotterdam schiet overeind en grijpt haar smartwatch. Incidenten komen nauwelijks meer voor, dus dit moet iets bijzonders zijn. De sensoren op brug 503 laten een verdraaiing zien die buiten de tolerantiegrens ligt. Souhaila is niet de enige die deze melding krijgt. Ook de afdelingen Engineering en Beleid en het management zijn geïnformeerd. Souhaila weet dat bewoners hun eigen meet-netwerk hebben. Sensoren kosten namelijk niets meer tegenwoordig en je plakt ze overal op. Ja hoor, de eerste bewoner meldt zich al via een publieke chat en heeft een livestream met camera geopend. Souhaila weet dat binnen twee uur de hele wereld mee kan kijken.

De verdraaiing is niet dusdanig dat afsluiten nodig is; maar omdat de oorzaak niet bekend is, zet Souhaila er wel onmiddellijk een collega op die dit 24/7 blijft monitoren en ingrijpt voordat gevaarlijke situaties ontstaan. Ook wordt onmiddellijk een melding naar alle nabijgelegen infrastructuurbeheerders gestuurd.

Via haar tablet voert Souhaila in no time haar eerste analyses uit. Ze heeft toegang tot alle benodigde data. Met haar kennis zoekt ze naar verbanden. Eerst naar directe oorzaken. Zwaar verkeer? Een aanvaring? Zijn er recent zware werkzaamheden geweest? Een aardbeving wellicht? Een sinkhole (gat in de bodem)? Lekkages aan pijpleidingen? Versnelde zettingen? Is er zware neerslag geweest of juist extreme droogte? Problemen met funderingspalen door houtrot? Haar tablet voert de opdrachten uit en geeft aanvullende suggesties. Souhaila weet dat haar collega deze analyses ook uitvoert. Beiden houden de publieke chat in de gaten want die kan nieuwe ideeën en informatie opleveren. Binnen een half uur hebben Souhaila en haar collega onafhankelijk van elkaar dezelfde oorzaak gevonden. Water in de grond heeft onopgemerkt een gat in de bodem veroorzaakt. Dat water komt hoogstwaarschijnlijk van een nabijgelegen waterleiding. Dit kan alleen onopgemerkt zijn gebleven als de lekkage heel klein en sluipend is. Immers, het drinkwaterbedrijf heeft ook sensoren.



Het waterbedrijf is al geïnformeerd. De communicatieafdeling ook. Om het gevoel van onrust bij bewoners weg te nemen, wordt direct gecommuniceerd op de publieke chat wat de vermoedelijke oorzaak is, wat de risico's zijn en hoe de vervolgstappen eruitzien. Omdat infrastructuurbeheerders online samenwerken, kan binnen twee uur het sein 'veilig' worden afgegeven en kan Souhaila aan haar ontbijt beginnen.

Einde verhaal, denk je, maar dat is niet helemaal waar. Dit incident is de aanleiding voor een scan van locaties met soortgelijke omstandigheden, dat wil zeggen: leidingen die sluipend kunnen lekken, de oorzaken daarvan, een grondsoort waar dit tot problemen leidt en andere constructies dichtbij zijn. Samen met alle leidingbeheerders wordt deze scan uitgevoerd. De computer leert en voegt deze informatie toe aan haar database waarin faalmechanismen worden verzameld. Deze database is voor iedereen toegankelijk. Alleen bij kritieke infrastructuur van nationaal belang is informatie deels afgeschermd. Bij gevonden potentieel risicovolle situaties wordt extra onderzoek gedaan. De nieuwe informatie leidt automatisch tot aanpassing van inspectie-intervallen en verbeterde sensing. De assetmanager hoeft alleen goedkeuring te geven.

Ook wordt een analyse uitgevoerd naar het effect van de verdraaiing op de restlevensduur van brug 503, gevolgd door wat gesteggel over wie dat moet betalen, want niet alles verandert in de toekomst. Aan het einde van de dag kijkt Souhaila nog even op Google Review: 52 reviews. De gemeente krijgt vier sterren voor haar adequate optreden. Met een glimlach zet ze haar device op stand-by.

Langetermijnplanning

Ryan is assetmanager van Havenbedrijf Rotterdam en heeft een grote uitdaging: zorgen dat de infrastructuur van de haven klaar is voor de toekomst. De haven haalt haar bestaansrecht uit overslag van goederen. Een deel van die goederen wordt op het haventerrein verwerkt door de industrie, alvorens een weg te vinden naar het achterland. Daar is infrastructuur voor nodig: kademuuren, opslag- en overslagfaciliteiten, wegen, treinrails, transportleidingen, energievoorzieningen, enzovoorts.

De haven, de ontwikkeling van haar infrastructuur en de verbinding met het achterland zijn in grote mate afhankelijke van macro-economische ontwikkelingen, de huidige gevestigde industrie en de afnemers. Over twintig jaar kan de haven van Rotterdam twee keer zo groot zijn of haar bestaansrecht verliezen doordat andere havens haar positie hebben overgenomen of doordat de wereldhandel gewoonweg stopt omdat bedrijven lokaal gaan produceren. Dan zijn er ook de mondiale en nationale doelen om in 2050 volledig circulair en energieneutraal te zijn. Het lastige is dat die toekomst zo verdomd onzeker is.

Over de impact van deze ontwikkelingen op de energie-infrastructuur heeft Ryan met zijn collega's al goed nagedacht. Dat heeft geresulteerd in vier mogelijke toekomstscenario's, van doorgaan op de oude voet (fossile forwards) tot een groene-energierevolutie (lean and green). Die scenario's zijn gekoppeld aan prognoses voor de overslag van goederen en op basis daarvan zijn masterplannen gemaakt waarin fossiele-brandstofvoorzieningen gefaseerd door duurzame energienetten zoals waterstof worden vervangen.

Software helpt Ryan om de prognoses en masterplannen te vertalen naar mogelijke adaptieve strategieën voor de ontwikkeling van de energie-infrastructuur voor deze toekomstscenario's. Deze adaptieve strategieën kan Ryan niet allemaal zelf bedenken, ook niet met zijn collega's want heel veel combinaties zijn mogelijk. Geavanceerde algoritmes helpen Ryan vervolgens bij het vinden van de beste adaptieve strategieën waarbij de verschillende klimaat- en energiedoelen met de vraagprognoses en economische macro-ontwikkelingen worden gecombineerd. Dit resulteert in een geoptimaliseerde gefaseerde planning voor de ontwikkeling van de infrastructuur, zodat in 2050 aan de doelen van de onderliggende masterplannen wordt voldaan. De geavanceerde algoritmes houden rekening met onzekerheid, bijvoorbeeld door te beginnen met no-regretmaatregelen. Welk scenario het ook wordt, de aanleg van deze infrastructuur blijft voor alle scenario's haar waarde behouden. Tijdens de uitvoering van de langetermijn-infrastructuurplanning blijft Ryan actief ontwikkelingen monitoren en past hij zijn modellering daarop aan. Ryan voegt meer infrastructuur toe en meer onderliggende doelen, zoals bereikbaarheid en doorvoertijd. Daarvoor koppelt Ryan zijn infrastructuurontwikkelmodellen aan die van Rijkswaterstaat, ProRail, de industrie en de scheepvaart.

Doordat steeds meer informatie beschikbaar komt, kan Ryan steeds betere besluiten nemen, zodat de haven van Rotterdam in 2050 voldoet aan de klimaat- en energiedoelen en nog steeds de eerste haven van Europa is.

Samenwerken over grenzen van organisaties heen

De zeespiegel steeg harder dan verwacht. De Maeslantkering die de Rotterdamse delta moest beschermen tegen hoogwater, faalde in 2025. Het is nooit helemaal duidelijk geworden wat de oorzaak was. Iets van een combinatie van hogere belasting en ketenfalen. Een beetje Murphy's law of het domino-effect. Het falen zat nog binnen de norm maar als het dan gebeurt, dan is het toch schrikken. De achterliggende dijken waren nog niet overal voldoende opgehoogd. Echt grote problemen ontstonden er niet, want de dijken konden wel tegen een stootje, maar de schrik zat er wel in. Dit had anders kunnen aflopen. Nationaal laaide de discussie over wel of geen Maeslantkering weer op. 'Dichtgooien die Nieuwe Waterweg', vond het ene kamp. Aan het andere uiterste stonden de mensen die vonden dat je helemaal niet in laaggelegen plekken moest willen wonen en werken.

Daartussen ontelbare oplossingen, variërend van drijvend bouwen tot gedeeltelijke afsluiting en allerlei maatregelen in de richting van snelle evacuatie en ruimte voor de rivier. Door de vele meningen en mogelijkheden ontstond een patstelling. De uitkomst was: tijd winnen door de Maeslantkering zo lang mogelijk in gebruik te houden en de tijd te benutten om gezamenlijke goede strategieën voor de toekomst te ontwikkelen.

Deze gebeurtenis was de start van een nieuwe hechte samenwerking voor het in stand houden van de Maeslantkering over de grenzen van organisaties heen. Er werd een koepel opgericht waarin Rijkswaterstaat, de betrokken waterschappen, het havenbedrijf, kennisinstellingen en onderwijsinstellingen samen de veiligheid van de Rotterdamse delta gingen borgen, als onderdeel van het landelijke Hoogwaterbeschermingsprogramma. Deze koepel kreeg een mandaat. Praktijk, onderzoek en onderwijs sloegen de handen ineen om samen de beste beslissingen te nemen over de bestaande infrastructuur die de Rotterdamse delta moest beschermen tegen overstromingen, terwijl op een ander niveau werd nagedacht over de verre toekomst en mogelijk West-Nederland teruggeven aan de zee. Peter is al dertig jaar beheerder van de stormvloedkeringen, waaronder de Maeslantkering. Peter is uiterst deskundig. Het beheer van dit soort belangrijke infrastructuur vraagt om deskundigheid die over jaren wordt opgebouwd. Hij vertelt het verhaal in geuren en kleuren. Hij geeft tegenwoordig ook les, op Hogeschool Rotterdam en de universiteiten van Delft en Rotterdam. Want we mogen nooit vergeten waarom het zo belangrijk is wat we doen.

Anno 2030 wordt niet alleen de Maeslantkering continu gemonitord, maar ook de dijken. Informatie wordt realtime doorgegeven en opgeslagen in een gezamenlijk platform. Geavanceerde algoritmes, ontwikkeld door de kennisinstellingen in samenwerking met slimme studenten, vertalen de sensordata naar onderhoud, zodat altijd en overal het juiste onderhoud op de juiste tijd plaatsvindt. Het systeem analyseert condities en testresultaten. Faalkansanalyses vinden continue plaats op basis van reële data. Faalkansen zijn niet statisch meer maar dynamisch, net zoals de analyses voor de restlevensduren. Maatregelen voor onderhoud, vervanging en versterking worden geprognostiseerd in de tijd en in hun samenhang.

Op de Maeslantkering zijn aan beide zijden grote 3D-printers geplaatst. Een aantal onderdelen van de Maeslantkering is zo cruciaal dat wachten op reserveonderdelen in het stormseizoen geen optie is. Ach, en tegenwoordig zijn de meest exotische onderdelen zo geprint. Waar mogelijk duurzaam, met gebruik van hernieuwbare of gerecyclede materialen. Oude vervangen onderdelen van de Maeslantkering worden deels verwerkt tot grondstof voor deze printers. Op de vraag naar duurzaamheid antwoordt Peter dat verantwoord uitstel van vervanging vaak het meest duurzaam is.



Levensduurverlengend onderhoud dus, en dat kan alleen in samenhang met onderhouden en versterken van de achterliggende dijken. Tevreden kijkt Peter naar buiten. Daar schittert de Maeslantkering in alle kleuren van de regenboog. De fanclub van de Maeslantkering heeft dit icoon door Rotterdamse kunstenaars onderhanden laten nemen. Als herinnering aan een tijd die niet vergeten mag worden, de watersnoodramp van 1953, en als ode aan de beschermengel van een kosmopolitische delta.

2.4. Voorwaarts!

We hebben gezien waar assetmanagement vandaan komt, waar we staan en waar we de komende decennia naartoe willen. Daarvoor zullen praktijk, onderzoek en onderwijs de handen in elkaar moeten slaan om de al ontwikkelde theoretische kennis om te zetten naar werkbare praktijkkennis. Zodat we van papier naar werkelijkheid kunnen bewegen. De marsroute daarvoor bestaat uit een toegepaste onderzoeksagenda.

3

**To boldly go where no
one has gone before**



Onderzoek is naast waanzinnig belangrijk ook waanzinnig spannend. We zoeken de grenzen op van wat we weten en passeren die grens. Daar staan we dan, op onbekend terrein, 'to boldly go where no one has gone before!'

Wat me vroeger al verbaasde aan Star Trek was dat het nogal druk is in de ruimte en vooral aan die laatste grens, 'the final frontier' [*insert spannend muziekje*]. Zo is het ook met onderzoek. Internationaal zagen in 2019 maar liefst 3,9 miljoen peer-reviewed publicaties het licht (Rathenau Instituut, 2020). Nederland doet het niet slecht in deze ranking met plaats 16 op een lijst van 231 landen en 75.000 wetenschappelijke publicaties per jaar! Met andere woorden: het is druk, heel druk in de onderzoeksruimte. Er wordt dus waanzinnig veel onderzoek uitgevoerd en gerapporteerd. Je zou bijna denken dat alle wereldproblemen nu wel zijn opgelost. Niets is minder waar. En ook in het assetmanagementdomein staan we op onontgonnen terrein. Onderzoekers zijn ontdekkingsreizigers.

3.1. Mijn missie en speerpunten voor praktijkgericht onderzoek

Mijn missie is om als lector Assetmanagement door praktijkgericht onderzoek een bijdrage te leveren aan een veilige, droge, leefbare en bereikbare Rotterdamse delta. Samen met docenten en studenten wil ik onderzoeksvragen van de regionale praktijkpartners van Hogeschool Rotterdam beantwoorden. Deze onderzoeksresultaten helpen onze praktijkpartners om goed voor hun infrastructuur te zorgen, niet alleen nu maar vooral ook in een onzekere toekomst. Dit begint met inzicht vergroten in de conditie en restlevensduur van de infrastructuur, die onder druk staat door veroudering en klimaatverandering. We willen daarmee voorkomen dat infrastructuur uitvalt of bezwijkt. Daarnaast kijken we naar de toekomst en wat nodig is voor de noodzakelijke transitie. Daarbij sluiten we aan bij de nationale doelstelling om in 2050 alle levensduuractiviteiten volledig circulair en energie-neutraal te laten zijn.

De drie toekomstscenario's die ik schetste in het vorige hoofdstuk, geven aan waar we met assetmanagement naar toe willen. In deze scenario's gaat besluitvorming op basis van realtime data een grote rol spelen in het dagelijkse onderhoud. Ook de besluitvorming over de langere termijn wordt effectiever doordat we beter weten om te gaan met onzekerheden zoals veroudering en klimaatverandering. Dit doen we enerzijds door de onzekerheden te verkleinen (monitoren) en anderzijds door de onzekerheden mee te nemen in besluitvorming en flexibiliteit in te bouwen om in de toekomst betere beslissingen te nemen als er meer informatie beschikbaar komt.

Ook laten de scenario's zien dat we meer gaan denken in samenhangende infrastructuursystemen en de bijdrage van individuele infrastructuurobjecten aan die systemen. Immers, een ketting is zo sterk als haar zwakste schakel. Tot slot zullen alle levensduuractiviteiten die nodig zijn voor assetmanagement circulair en energieneutraal worden ingericht en uitgevoerd.

De toekomstscenario's brengen mij bij drie thema's die de rode draad en speerpunten vormen voor mijn onderzoeksagenda:

1. slimmer onderhoud aan infrastructuur
2. betere langetermijnbesluitvorming over infrastructuur
3. circulair en energieneutraal werken aan infrastructuur

In de volgende paragrafen licht ik deze speerpunten toe.

3.2. Slimmer onderhoud aan infrastructuur

Eerder al heb ik geschetst dat de infrastructuur kampt met achterstallig onderhoud, dat zij op leeftijd komt en onder druk staat door klimaatverandering. Bouwend Nederland praat over een tikkende tijdbom (Bouwend Nederland, 2020). Dit moet anders en kan anders. Goed onderhoud is niet per se duurder onderhoud, het is vooral slimmer onderhoud. Dit slimmere onderhoud noemen we *predictive maintenance* ofwel voorspellend onderhoud.

Aan de basis van *predictive maintenance* ligt de ontwikkeling van sensoren. Sensoren meten vaak niet de daadwerkelijke conditie van infrastructuurobjecten – die metingen zijn veel ingewikkelder en duurder – maar afgeleide grootheden zoals temperatuur, verplaatsing, trilling, rek of energieverbruik. Het voordeel van sensoren is dat ze steeds goedkoper worden en continu meten. Afwijkingen in de afgeleide grootheden kunnen duiden op een probleem, maar geven niet aan wat de oorzaak daarvan is. Zoals een koortsthermometer; wanneer deze verhoging meet, heb je nog geen uitsluitsel over de achterliggende oorzaak.

Om een concreet voorbeeld te geven: de Maeslantkering heeft aandrijvingsmotoren om de deuren van de dokken waarin de kerende wanden rusten, te openen. Bij een naderende stormvloed openen deze motoren de dokdeuren en worden de kerende wanden uitgevaren om de Nieuwe Waterweg af te sluiten. Deze motoren staan meestal stil, omdat de Maeslantkering maar zeer zelden de Nieuwe Waterweg hoeft af te sluiten. De motoren moeten het echter wel doen op het moment dat een stormvloed de Rotterdamse delta bedreigt. Daarom staan er meer motoren dan nodig is en worden de motoren periodiek getest. Alleen, periodiek testen garandeert niet dat een motor het doet op het moment suprême. Daarvoor is ook een indicatie van de conditie nodig.

Daarom wordt met sensoren het vermogen van deze motoren tijdens het testen geregistreerd. Dit levert big data. Met studenten van Hogeschool Rotterdam analyseren we de langetermijntrends in de ontwikkeling van het vermogen van deze motoren. Als het vermogen te veel oploopt, is dit een indicatie dat een motor mogelijk aan revisie of vervanging toe is. Door de trends te analyseren kunnen voorspellingen worden gedaan. Een motor kan zo vervangen worden voordat uit een test blijkt dat deze het niet doet. Dit vergroot de veiligheid maar ontlast ook de onderhoudsorganisatie, omdat onderhoud beter gepland kan worden. Benodigde onderdelen kunnen op tijd worden besteld, wat ook de uitvaltijd van een asset verkort. Vaak is iets preventief reviseren of vervangen goedkoper dan wachten tot het stuk gaat. Dit voorbeeld illustreert hoe een relatief eenvoudige sensormeting en analyse van de data tot slimmer onderhoud leidt: veiliger, goedkoper en met minder uitval.

We staan als sector aan de vooravond van het ontdekken van wat we kunnen doen met sensordata in het onderhoud en beheer van infrastructuur. In het verlengde geldt dit ook voor satellietmetingen en opnames van drones. Wat deze vormen van meten gemeen hebben, is dat ze relatief goedkoop veel data produceren die geanalyseerd moeten worden. Daarvoor doet data science haar intrede in het assetmanagementdomein.

Nu is het voorbeeld van de Maeslantkering nog een relatief eenvoudig voorbeeld, met een enkele grootheid: het vermogen. Maar er is niet veel verbeelding voor nodig om te begrijpen dat er heel veel onderdelen zijn die samen een infrastructuurobject vormen en dat die onderdelen allemaal anders zijn en ander faalgedrag laten zien. Ook kan conditieverandering of faalgedrag van onderdelen van een infrastructuur-object van meer factoren afhangen dan alleen vermogen of bijvoorbeeld temperatuur.

Misschien is het wel een combinatie van bodemdaling, zeewaterstand, temperatuur en trillingen. Het is de uitdaging om patronen in combinaties van voorspellende grootheden te vinden waarmee conditieverandering kan worden verklaard. Dit vraagt om het combineren van meerdere disciplines: installatiekennis, kennis over faalmechanismen en kennis over datasciencetechnieken waaronder machine learning.

Juist praktijkgericht onderzoek is hier essentieel, omdat we steeds meer onderkennen dat faalgedrag contextspecifiek is en van zoveel factoren afhangt dat we dit niet met generieke wiskundige relaties kunnen beschrijven. Een pomp bij de Maeslantkering zal zich anders gedragen dan een pomp in een zuiveringsinstallatie van een waterschap. Ook is geen brug of dijktraject hetzelfde. Wel kunnen we de context meten en een computer opdracht geven om in bepaalde datasets naar patronen te zoeken. Installatiekennis en kennis van faalmechanismen zijn nodig om de juiste grootheden aan te wijzen en in datasets klaar te zetten.



Want gegevens liggen niet op een gouden presenteerblaadje op ons te wachten, daarom gebruiken we ook de term data mining; we moeten in de datavoorraden van organisaties graven en de juiste data aanboren. Vervolgens is kennis over data science nodig om de juiste analysetechnieken in te zetten en om van data naar informatie te komen. Tot slot zal die informatie vertaald moeten worden naar slimmer onderhoud.

3.3. Betere langetermijnbesluitvorming over infrastructuur

Voor goed assetmanagement is meer nodig dan alleen slim onderhoud. Slim onderhoud gaat over wat vandaag en morgen nodig is voor het in stand houden van infrastructuurobjecten en onderdelen hiervan. Maar een infrastructuurobject is altijd onderdeel van een infrastructuursysteem of -netwerk en dient een doel over een langere periode. Ook dat systeem moet effectief beheerd worden. Dit zijn langetermijnvraagstukken, vaak over grenzen van sectoren of organisaties heen. Als we ons met assetmanagement alleen concentreren op slimmer onderhoud, dan lopen we het risico steeds beter te worden in het doen van de verkeerde dingen. Want onderhoud richt zich op in stand houden van een asset, maar misschien hebben we vanuit een systeembenadering wel iets anders nodig – zoals een bredere tunnel in plaats van een oude brug die we met levensduurverlengend onderhoud nog wel twintig jaar in de lucht kunnen houden. Of misschien kunnen we de renovatie van een afvalwaterzuiveringsinstallatie beter uitstellen omdat binnen een paar jaar een grotere nieuwe wordt gebouwd, die de capaciteiten van meerdere zuiveringsinstallaties gaat overnemen.

Het nationale Deltaprogramma en het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP, een uitvoeringsprogramma van het Deltaprogramma) is een voorbeeld van een systeembenadering. In het HWBP werken Rijkswaterstaat en de waterschappen samen aan versterking van 1300 kilometer aan waterkeringen en 500 sluizen en gemalen. Want één dijk versterken heeft natuurlijk geen zin, het is het systeem van waterkeringen, sluizen en gemalen dat Nederland beschermt tegen overstromingen. De Rotterdamse delta wordt beschermd tegen overstromingen door een ingenieus samenspel van dijken, sluizen, gemalen en stormvloedkeringen, waaronder de Maeslantkering. De faalkans van de Maeslantkering bepaalt in grote mate hoe hoog de achterliggende dijken moeten zijn (Haasnoot, e.a., 2018; Kind, e.a., 2019). Door de zeespiegelstijging neemt de faalkans van de Maeslantkering toe. Tegelijkertijd zakt de bodem, en de dijken dus ook, en het water in de rivieren stijgt. De vraag is dan: waar en wanneer moeten we welke dijken, sluizen en gemalen versterken en hoeveel? Zetten we in op faalkansverlaging van de Maeslantkering en minder verhoging van dijken of juist omgekeerd, of zoeken we een balans tussen die twee aspecten?

En hoe faseren we deze versterkingsmaatregelen in de tijd? Daarbij: hoe gaan we om met de onzekerheid over de snelheid van zeespiegelstijging, de stijging van het water in de rivieren en de daling van de bodem? Dit zijn onderzoeksvragen waar mijn lectoraat zich op gaat richten.

Een ander voorbeeld van een systeembenadering vinden we in de Rotterdamse haven. Wil deze haven een rol van betekenis blijven spelen dan zal de infrastructuur moeten meebewegen met grote onzekere transities. Een van die transities is de energietransitie. Gas maakt bijvoorbeeld plaats voor waterstof. Voor het transport van waterstof zijn leidingen nodig. Deels kan gebruik gemaakt worden van bestaande gasleidingen maar op termijn zijn ook nieuwe leidingen nodig. De uitbreiding van zo'n netwerk anticipeert op een onzekere omvang van de vraag naar waterstof. Wat is nu een optimale fasering voor uitbreiding? Ook dit vraagstuk past binnen het lectoraat Assetmanagement en wordt verkend door studenten van Hogeschool Rotterdam. Met een reële-optiebenadering hebben de studenten een optimale-uitbreidingsstrategie onderzocht en laten zien wat de toegevoegde waarde kan zijn van zo'n benadering voor besluitvorming onder onzekerheid (Spanjers, Van Ekris, Mulder, Ten Voorde & Van der Meulen, 2020).

Deze onderzoeksvragen haken aan bij kennis die is opgebouwd in de wetenschapsdomeinen reële-optieanalyse (besluitvorming onder onzekerheid), optimalisatie-modellering en systems engineering. Deze wetenschapskennis wordt in de praktijk echter nog maar weinig gebruikt. Ook hier geldt dat de toepassing maatwerk is omdat ieder systeem uniek is. Praktijkgericht onderzoek leent zich dus bij uitstek om dit krachtige gereedschap op bestaande praktijkvragen te gaan toepassen en geschikt te maken. De methoden en modellen zijn generiek maar de toepassing is specifiek.

Belangrijk is ook om de samenhang tussen de speerpunten slim onderhoud en langetermijnbesluitvorming expliciet te maken. Want met onderhoud beïnvloeden we de prestaties van onderdelen, die samen de prestaties van een systeem bepalen. We zetten dus niet alleen in op omgaan met onzekerheden maar ook nadrukkelijk op het verkleinen van onzekerheden door bijvoorbeeld sensormetingen te gebruiken.

3.4. Circulair en energieneutraal werken aan infrastructuur

Het derde speerpunt van mijn onderzoeksagenda gaat over het verduurzamen of milieuvriendelijker maken van de activiteiten die nodig zijn voor nieuwbouw, instandhouding en vervanging van infrastructuur. Dit vat ik samen in de termen circulair en energieneutraal, om aan te sluiten bij de rijksbrede doelstelling voor de bouwsector om in 2050 volledig circulair en energieneutraal te zijn.

Op dit moment is de bouw van woningen en infrastructuur goed voor 50% van het grondstofgebruik, 40% van het energiegebruik en 35% van de CO₂-uitstoot in Nederland. Tel daarbij op dat de infrastructuur aan het verouderen is en de komende decennia forse uitbreiding van bouwactiviteiten plaatsvindt als gevolg van noodzakelijke vervangingen en versterkingen. Het zou enorme winst betekenen als we de gevolgen van deze activiteiten voor het milieu kunnen terugdringen. Daarmee heeft assetmanagement dus potentieel een grote impact op duurzaamheid, want assetmanagement gaat juist over de levensduuractiviteiten die nodig zijn om infrastructuur goed en veilig te gebruiken.

De verwevenheid van assetmanagement en verduurzaming wordt ook geïllustreerd in het breed omarmde 10R-model voor circulariteit van Cramer, hoogleraar duurzaam ondernemen en voormalig minister van VROM (Platform CB'23, 2019). Dit conceptuele model benoemt activiteiten in de infrastructuur-sector die in meer of mindere mate bijdragen aan circulariteit. Dit zijn allemaal levensduuractiviteiten die de kern vormen van assetmanagement. Een essentiële onderzoeksvraag voor assetmanagement is, in welke mate een levensduur-activiteit bijdraagt aan verduurzaming, en dit is contextafhankelijk. Een oude brug niet vervangen maar opruimen kan bijdragen aan verduurzaming, echter niet als auto's en vrachtwagens hiervoor vervolgens vele kilometers moeten omrijden. Verduurzaming kan ook bereikt worden door: levensduurverlengend onderhoud te plegen en vervanging uit te stellen; bij herbouw gebruik te maken van gerecyclede materialen of materialen van hernieuwbare grondstoffen; slanker te ontwerpen; nieuwe bestemmingen te vinden voor afgedankte oude materialen; te zorgen voor energieneutraal transport en logistiek tijdens bouwactiviteiten; enzovoorts.

Maar ook de twee vorige speerpunten van mijn onderzoek (slimmer onderhoud en betere langetermijnbesluitvorming) dragen bij aan verduurzaming. Want sensoren inzetten voor slimmer onderhoud betekent ook tijdig onderhoud en vaak minder grootschalig correctief onderhoud, wat beter is voor het milieu. En betere besluitvorming op systeemniveau betekent ook dat we goed nadenken waar wel en niet infrastructurele aanpassingen nodig zijn. Alles wat niet nodig is of later in de tijd gerealiseerd kan worden, is winst.

In assetmanagement hebben we verduurzaming lange tijd voor ons uitgeschoven vanwege de complexiteit en omvang van dit vraagstuk. Het vraagt namelijk om een volledige omslag in denken en werken want duurzaamheid raakt alles, van inkoop van materialen tot de wijze waarop ze gemaakt worden, hoe transport plaatsvindt, het bouwen of installeren ervan, het onderhoud, het gebruik en het wegdoen of vernieuwen. En dit gaat dus ook over de strategische langetermijnbesluitvorming over deze samenhangende activiteiten. Daar begint de verduurzaming.



Veranderen is moeilijk, maar het voor ons uitschuiven is geen optie meer. De heldere en noodzakelijke nationale doelstelling om in 2050 volledig circulair en energieneutraal te zijn, liegt er niet om. Die doelstelling geldt ook voor assetmanagement en ligt vast in de Transitieagenda Circulaire Bouweconomie (Transitieteam Transitieagenda Circulaire Bouweconomie, 2018). Over tien jaar al, in 2030 zullen we 50% circulair en energieneutraal moeten zijn, willen we onze doelstelling in 2050 kunnen halen. Dit is dus geen ver-van-mijn-bed-show meer. Mijn derde speerpunt gaat daarom over de vraag hoe we de doelstelling gaan realiseren door in besluitvorming verduurzaming als randvoorwaarde mee te nemen en in de uitvoering ook daadwerkelijk met oplossingen te komen die bijdragen aan de doelstellingen van de transitieagenda. Dit is ingewikkeld. Om bijvoorbeeld de vraag te beantwoorden in welke mate een activiteit bijdraagt aan verduurzaming, hebben we thermometers nodig die ons vertellen hoe circulair en energieneutraal materialen en activiteiten zijn. Zulke thermometers bestaan wel, maar we passen deze nog niet grootschalig toe. Daarvoor is het als eerste stap bijvoorbeeld nodig om materialenpaspoorten bij te houden en energieverbruik toe te schrijven aan materialen en activiteiten. Dat doen we nog onvoldoende. De volgende stap is een aanpak opstellen om activiteiten te vertalen naar hun bijdrage aan verduurzaming. Hoeveel draagt bijvoorbeeld een reparatie bij aan de doelstellingen voor circulair en energieneutraal levensduurmanagement voor de infrastructuur? Met andere woorden: als we kiezen voor een reparatie in plaats van een renovatie, wat is dan het verschil in de bijdrage aan de doelstelling om circulair en energieneutraal te zijn?

Als we verduurzaming echt als randvoorwaarde gaan meenemen in de besluitvorming, dan kunnen beslissingen over infrastructuur wel eens heel anders gaan uitpakken. Dan kiezen we bijvoorbeeld voor materialen met een hogere prijs maar lagere milieubelasting en bouwen we wellicht meer modulair en adaptief (Peschier, 2019).

3.5. De kracht van praktijkgericht assetmanagementonderzoek

Aan onderzoeksvragen dus geen gebrek. Ook heb ik laten zien dat assetmanagement in hoge mate contextspecifiek is en juist daarom praktijkgericht onderzoek nodig heeft. De vele wetenschappelijke publicaties reiken ons een vette gereedschapskist aan met technieken, methoden en modellen waarmee we de geschetste onderzoeksvragen kunnen aanvliegen, maar de uitdaging zit in het geschikt maken van dit gereedschap voor specifieke toepassingen in de praktijk. Dus weten welke gereedschappen waar, wanneer, in welke combinatie en onder welke omstandigheden moeten worden ingezet. Een andere uitdaging is de vaardigheid opbouwen om ermee te werken. Dat vraagt om vakmanschap en om multidisciplinair werken, omdat die gereedschappen uit verschillende domeinen komen.

De genoemde assetmanagementonderzoeksvragen kunnen we niet beantwoorden vanuit een theoretisch perspectief. Bestaand gereedschap uit de wetenschap, zoals reële-optieanalyse en machine-learningalgoritmen, zullen contextspecifiek moeten worden gemaakt voor de situatie die we in de praktijk aantreffen. Als voorbeeld verwijs ik naar het eerder aangehaalde onderzoeksproject waarbij studenten van Hogeschool Rotterdam de reële-optieanalyse hebben ingezet om expansiestrategieën van een waterstofnetwerk voor de Rotterdamse haven te optimaliseren. De methode van de reële-optieanalyse is generiek, maar het reële-optiemodel moet passend worden gemaakt voor de onzekere ontwikkeling van de vraag naar waterstof, de mogelijke expansiestrategieën voor de waterstofleidingnetwerken en de kostengegevens die momenteel voor handen zijn. Dit is dus een contextspecifieke maatwerkmodellering.

Dit leidt ertoe dat ik in mijn lectoraat sterk wil inzetten op het ontwikkelen van werkwijzen en tooling voor effectievere besluitvorming voor onderhoud, vervanging en versterking van infrastructuur *door dit samen met praktijkpartners aan te pakken en door gebruik te maken van bestaande data en kennis die in hun organisaties zijn opgebouwd, aangevuld met meetprogramma's*. Behalve tot concrete antwoorden op vragen van praktijkpartners moet dit leiden tot een generieke aanpak die onder specifieke omstandigheden blijft werken en daardoor opschaalbaar is naar andere assets en sectoren.

Infrastructuur is overal en assetmanagementgerelateerde onderzoeksvragen liggen voor het oprapen. Eigenaren en beheerders van infrastructuur in de Rotterdamse delta zijn de stakeholders van mijn onderzoek. Rijkswaterstaat is eigenaar van de Maeslantkering maar ook van de snelwegen en rijksbruggen rondom Rotterdam. Het Havenbedrijf Rotterdam bezit veel infrastructuur die van vitaal belang is voor de economie van de Rotterdamse regio. De gemeente Rotterdam is eigenaar van bruggen, wegen, gemalen, rioolleidingen en infiltratievoorzieningen in de stad. Drie waterschappen, namelijk Waterschap Hollandse Delta, het Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard en het Hoogheemraadschap van Delfland zijn eigenaar van vele kilometers dijken die Rotterdam tegen overstromingen beschermen. De waterschappen zorgen ook voor een deel van de inzameling en het transport van afvalwater, zuiveren het afvalwater en verwerken het slib dat hierbij vrijkomt. Het drinkwaterbedrijf Evides is eigenaar van drinkwaterproductie-installaties en transportleidingen die Rotterdammers van schoon en veilig drinkwater voorzien. Ook ProRail en de bedrijven op het haven terrein bezitten infrastructuur. Samen gaan wij via praktijkgericht onderzoek assetmanagement naar een hoger niveau tillen en zo een bijdrage leveren aan een veilige, droge, leefbare en bereikbare Rotterdamse delta.

4

Verbinding met onderwijs



Assetmanagers zijn momenteel niet aangesleept te krijgen. Dat is ook niet verwonderlijk als we naar de uitdagingen kijken waar we met de infrastructuur voor staan en die ik in mijn eerste hoofdstuk heb belicht. Organisaties krijgen hun vacatures voor assetmanagers niet goed vervuld. Er is een ernstig tekort aan goed opgeleide assetmanagers en dat komt vooral doordat de vraag naar deze expertise fors is toegenomen. Naast meer vacatures zie ik ook de inhoud van deze vacatures voor assetmanagers veranderen. Assetmanagers moeten steeds meer van alle markten thuis zijn. Ze hoeven niet alles zelf te kunnen maar moeten wel voldoende inzicht in de materie hebben om de juiste verbanden te leggen en kritische vragen te stellen aan experts. Kortom, multidisciplinair denken en multidisciplinair werken worden steeds belangrijker in dit domein, evenals het vermogen om tijdens de loopbaan te blijven vernieuwen. Met mijn onderzoek wil ik bijdragen aan het opleiden van assetmanagers die we nu en in de toekomst heel hard nodig hebben. Ik wil dit toelichten aan de hand van een drietal vragen: Hoe ziet het huidige profiel van een assetmanager eruit? Hoe zit assetmanagement verweven in het huidige onderwijscurriculum van Hogeschool Rotterdam en hoe gaat toegepast onderzoek bijdragen aan het opleiden van onze toekomstige assetmanagementprofessionals?

4.1. De assetmanager anno 2020

De assetmanager beweegt zich soepel door alle lagen van een organisatie en is een gesprekspartner voor de eindbaas en externe stakeholders, maar kan ook vlot schakelen met mensen die onderhoud uitvoeren en assets beheren. Een assetmanager verbindt het hoogste doel van een organisatie met de infrastructuur en installaties. Die infrastructuur en installaties zijn namelijk nodig om dat doel te kunnen realiseren. Dat doel gaat immers over het leveren van een product of dienst zoals droge voeten, schoon water of bereikbaarheid, en dat lukt niet zonder 'assets'. Een assetmanager vertaalt het hoogste doel van een organisatie naar beleid en zorgt dat het onderhoud, het beheer en de vervanging van infrastructuur en installaties bijdragen aan dat hoogste doel. Sommige mensen noemen dit 'de spin in het web' maar een assetmanager vangt geen vliegen en eet ze zeker niet op. Om die vertaalslag te kunnen maken en een gesprekspartner te zijn voor interne en externe stakeholders, moet een assetmanager veel weten. Een assetmanager begrijpt wat een faalkansanalyse is en praat net zo makkelijk met de afdeling Inkoop als het gaat over uitbestedingsstrategieën als met de afdeling ICT over datamanagement. Een assetmanager heeft inzicht in de prestaties van de assets en weet wat op korte termijn en lange termijn nodig is om het product of de dienst van de organisatie te leveren met behulp van deze assets. Dit is een balans tussen in stand houden van infrastructuur en installaties, het vernieuwen daarvan en het inzetten van nieuwe technologieën.

De omschrijving van een assetmanager laat zich dus niet vangen in één mooie volzin. Grasduinen in recente vacatures leidt tot de volgende perspectieven die laten zien hoe divers een assetmanager moet zijn.

Een assetmanager:

"adviseert vanuit een integrale visie over de programmering van onze opgaven aan infrastructuur"

"levert een essentiële bijdrage aan de strategische doelen: beschikbare netwerken en droge voeten"

"is verantwoordelijk voor de betrouwbaarheid, beschikbaarheid, onderhoudbaarheid en veiligheid van onze assets"

"beoordeelt en vertaalt beleidsdoelstellingen in een programma van maatregelen dat wordt uitgevoerd binnen de processen bedienen, onderhouden, bouwen en monitoren"

"weet de meest optimale keuzes te maken in het uit te voeren onderhoud, de benodigde renovaties, vernieuwingen en de bijbehorende budgetten"

"stuurt op de korte- en langetermijndoelen en de gehele levenscyclus van onze assets"

"is in staat om vanuit de Predictive Maintenance-gedachte (meerjaren) onderhoudsplannen op te stellen en de afdeling hierin mee te nemen"

"laat regelmatig inspecties uitvoeren aan infrastructuur en installaties en vertaalt deze uitkomsten naar risicogestuurd onderhoud en beheer"

"werkt dagelijks aan het inrichten, optimaliseren, beheersen en standaardiseren van de materieelstromen en logistieke processen"

"is goed in staat data van assets te lezen en op orde te houden"

"is enerzijds verantwoordelijk voor de technische kwaliteit, anderzijds voor het stakeholdermanagement richting de gebruikers"

"haalt, bevraagt, brengt, organiseert wat hiervoor nodig is en doet dit vooral samen met andere specialisten en adviseurs"

Kortom, ik zou mijn lesbrief kunnen vullen met rol- en taakomschrijvingen voor de assetmanager. De rode draad in deze omschrijvingen is de vertaalslag die een assetmanager maakt tussen de strategische doelen van een organisatie naar zowel een planning voor de lange termijn voor de inzet van bedrijfsmiddelen als de operationele exploitatie van deze bedrijfsmiddelen voor de korte termijn. Een assetmanager moet dit zo goed mogelijk doen vanuit een levenscyclusbenadering. Uit de vacatures blijkt dat daar heel veel bij komt kijken en dat een assetmanager een verbinder is met kennis van heel veel zaken. Een assetmanager is dus een schaap met niet vijf maar met zeven poten, én de assetmanager heeft, als je het mij vraagt, de leukste en uitdagendste positie in organisaties die infrastructuur en installaties beheren.

Wat verder opvalt is dat een assetmanager overal gewild is: bij de rijksoverheid, bij waterschappen, gemeentes en provincies, bij de haven van Rotterdam, bij de industrie, bij vervoersbedrijven en bij aannemers.

4.2. Assetmanagement in de opleidingen bij Hogeschool Rotterdam

Omdat een assetmanager overal nodig is en verstand moet hebben van specifieke infrastructuur of installaties, is het niet mogelijk om assetmanagement als één opleiding aan te bieden. Iedere technisch georiënteerde opleiding zal assetmanagement moeten omarmen en gelukkig is dat ook het beeld dat ik aantrof toen ik mijn eerste rondje maakte langs de opleidingen van Hogeschool Rotterdam. Na mijn aanstelling als lector Assetmanagement ben ik gaan kijken bij verschillende opleidingen waar assetmanagement in het curriculum zit. Wat mij opviel, is dat assetmanagement en onderdelen ervan in alle opleidingen verweven zijn, maar niet altijd het label assetmanagement dragen. Op het eerste gezicht lijkt het dus alsof Hogeschool Rotterdam weinig aan assetmanagement doet omdat er geen aparte opleiding in assetmanagement is. Toch is dit verre van waar. Hogeschool Rotterdam doet juist heel veel aan assetmanagement en ik vond het terug in de haarvaten van de opleidingen. Dit verbaasde mij niet omdat assetmanagement in wezen niets anders is dan goed zorgen voor je infrastructuur en installaties, niet alleen nu maar ook in de toekomst. Dus alles wat met planning en inrichting van infrastructuur en installaties, het ontwerp, het onderhoud & beheer, het datamanagement en de bedrijfsvoering ervan te maken heeft, is onderdeel van assetmanagement. Ik beschrijf eerst wat ik aantrof in het onderwijs, daarna vertel ik mijn ideeën over hoe onderwijs en praktijkgericht onderzoek elkaar kunnen versterken.



Assetmanagement zie ik terug bij de opleidingen Civiele Techniek, Watermanagement, Werktuigbouwkunde & Electrotechniek, Logistiek, Maintenance & Engineering, Data Science & Engineering en Bedrijfskunde. Docenten van deze opleidingen hebben veelal bij organisaties in assetmanagementfuncties gewerkt.

Afstudeeronderzoeken

Afstuderende studenten van de hogeschool kwam ik tegen op de stormvloedkeringen van Rijkswaterstaat, bij de gemeentes Rotterdam en Den Haag waar ze nadachten over beter beheer voor riolering en bruggen, bij sluizen van Rijkswaterstaat, bij de procesindustrie op het haventerrein, bij een bouwer van trams en bij het waterbedrijf Evides. Ze waren allemaal bezig met assetmanagement. Ik geef een paar voorbeelden.

Samantha is werkvoorbereider bij Heijmans en volgt de AD Engineering and Maintenance & Mechanics. Samantha's onderzoek richt zich op het verbeteren van de onderhoudsplanning op basis van storingsanalyse. Samantha is verantwoordelijk voor het inplannen van haar mensen. Als planner moet zij de taal van haar monteurs spreken om effectief te zijn. Een storing moet ze immers goed en snel door kunnen zetten. Tegelijkertijd zoekt ze naar innovatieve oplossingen om het inplannen nog beter te doen. Door te leren van storingen uit het verleden, plant ze bepaalde werkzaamheden preventief in zodat minder storingsonderhoud nodig is. Marcha, een studente van de opleiding Watermanagement, kwam ik tegen bij de Hollandse IJsselkering, de oudste stormvloedkering van Nederland. Als de faalkans van deze stormvloedkering verbeterd kan worden, zijn in het achterland minder dure maatregelen nodig. Hiervoor is door gespecialiseerde bureaus een pakket aan faalkansverlagende maatregelen voorgesteld. Deze maatregelen kunnen echter niet in één keer worden uitgevoerd. Marcha heeft een meerjarenplanning ontworpen voor de gefaseerde implementatie, waarmee de faalkansverlaging zo effectief mogelijk en binnen de norm wordt gerealiseerd. Dit heeft ze visueel gemaakt in een poster met een tijdslijn tot 2030 zodat in één oogopslag duidelijk is wat wanneer moet gebeuren. De manager van de stormvloedkering vertelde me later hoe effectief deze poster is bij de interne communicatie binnen Rijkswaterstaat: een goed beeld zegt meer dan duizend woorden.

Ouaffa (Civiele Techniek) studeerde af bij de gemeente Den Haag op de afdeling Assetmanagement. Zij heeft onderzoek gedaan naar de implementatie van betrouwbaarheidsgestuurd onderhoud van civiele kunstwerken, en bruggen in het bijzonder. Bruggen worden visueel geïnspecteerd via een geldende norm. Dit geeft conditiescores van bouwdelen van een brug, maar die vertellen natuurlijk maar een deel van het verhaal. Hoe kom je nu van data over de conditie van bouwdelen naar een betrouwbaarheidsgestuurde meerjaren-onderhoudsplanning voor civiele infrastructuur?

Ouaffa heeft de gereedschapskist voor assetmanagement opengetrokken. Ze heeft onderzocht welk gereedschap bij deze specifieke vraag en organisatie past en ook advies gegeven over de implementatie ervan. Want, assetmanagement is ook verandermanagement.

Branco (Watermanagement) heeft een onderzoeksvraag opgepakt die sterk verweven is met mijn onderzoeksagenda. Namelijk: moeten we inzetten op de faalkansverlaging van de Maeslantkering of op versterking van de achterliggende dijken? Branco geeft aan dat van de achterliggende dijken die getoetst zijn volgens de nieuwe norm, 80% is afgekeurd. Dat is zorgelijk, zeker als we ook de impact van klimaatverandering mee gaan wegen in de toekomst. Branco is in de wereld van faalkansanalyses en -normeringen gedoken. De systeemonderzoeksvraag heeft Branco niet kunnen beantwoorden omdat op systeemniveau veel afhankelijkheden en onzekerheden spelen die verder onderzoek vragen. Gelukkig maar, want anders zat mijn taak erop ☺. Wel heeft Branco uitstekende adviezen gegeven over hoe de faalkans van de Maeslantkering met eenvoudige modificaties kan worden verlaagd en hoe dit de toetsresultaten van achterliggende waterkeringen kan beïnvloeden.

Ook Lars wil ik noemen. Lars is van Logistic Engineering en heeft ons verrast met een advies dat niet onderdoet voor dat van een professionele organisatie. Lars heeft onderzocht hoe procesoptimalisatie van reservedelenbeheer voor de Europoortkering verbeterd kon worden. Want ook goed reservedelenbeheer leidt tot minder uitvaltijd en dus een lagere faalkans. Naast uitvaltijd en -kosten heeft Lars nadrukkelijk gekeken naar duurzaamheid en het menselijke aspect van procesverandering.

Minoren, keuzevakken en praktijkgerichte projecten

Behalve in het afstudeeronderzoek vind ik assetmanagement terug in minoren, (keuze)vakken en praktijkgerichte projecten. De opleiding Technische Bedrijfskunde heeft een vak assetmanagement, waarin studenten kijken hoe de bedrijfsvoering met inzet van assetmanagementmethoden verbeterd kan worden. Ook de opleiding Watermanagement doceert een vak assetmanagement, waarin studenten onder andere leren afwegingen te maken op basis van levensduurkostenberekeningen. Bij de opleiding Watermanagement staat verder het beschermen van kwetsbare delta's en kritieke infrastructuur hoog op de agenda. Voorbeelden zijn het ontwikkelen van adaptieve langetermijnstrategieën voor waterveiligheid en klimaatbestendig watermanagement.

Een ander assetmanagementgerelateerd vak is dijkmonitoring bij de opleiding Civiele Techniek. In dit vak zoeken studenten bij dijktrajecten van de drie Rotterdamse waterschappen naar signalen die wijzen op mogelijke faalmechanismen. Naast deze risicoinschatting stellen de studenten een monitoringsplan op en geven ze advies over maatregelen om de risico's te reduceren.

Net als Watermanagement besteedt ook Civiele Techniek in de opleiding aandacht aan het beschermen van de Rotterdamse delta tegen zeespiegelstijging, en dan meer vanuit een waterbouwkundig perspectief. Alle constructievakken bij de opleiding Civiele Techniek hebben natuurlijk ook een verbinding met assetmanagement.

Bij de minor Service Logistiek was ik onder de indruk van studententeams die met oplossingen kwamen voor optimalisatie van onderhoud en beheer bij het drinkwaterbedrijf Evides, bij het chemiebedrijf Huntsman en bij Alstom, een organisatie die integrale oplossingen biedt aan vervoersbedrijven. Ook bij de opleidingen Werktuigbouwkunde, Elektrotechniek en Maritieme Techniek zag ik excellente voorbeelden van praktijkgericht assetmanagementonderzoek, zoals door studenten ontwikkelde aquabots: (onder)waterdrones die civiele constructies op en onder water inspecteren. Bij deze opleidingen vinden we de onderwerpen predictive maintenance, robotisering, 3D-printen, sensing, artificial intelligence & machine learning, en alles wat met smart industry te maken heeft. Bijzonder leuk vind ik de nagebouwde installatie waarin studenten met sensoren en data science lekverliezen moeten opsporen, die de docent in de installatie heeft verstoep. De kruisbestuiving tussen de industrie en de infrastructuursector is waardevol. De industrie heeft meer ervaring met sensing en predictive maintenance. Omgekeerd is de infrastructuursector meer gefocust op het ontwikkelen van langetermijnstrategieën en het balanceren tussen veel belangen. Data engineering en data science zitten ook nadrukkelijk in de opleidingen bij Hogeschool Rotterdam. Hierin vinden we de expertise die nodig is voor informatiemanagement en om conclusies te kunnen trekken uit data met inzet van statistiek en machine learning.

Verschillende technisch georiënteerde communities of practices (CoP's) in Hogeschool Rotterdam verbinden onderwijs, praktijk en onderzoek, zoals de TechCoP's Process & Maintenance, Data Engineering & Predictive Maintenance en Robots & Autonomous Systems. Het RDM Centre of Expertise trekt het thema Resilient Cities waaronder de CoP Hoogwaterveiligheid en Dijkmonitoring vallen. We hebben een paraplu Haven4.0 die hogeschool breed initiatieven voor assetmanagement en predictive maintenance bundelt en crossovers faciliteert.

Master River Delta Development

Relevant voor het lectoraat Assetmanagement is ook de nieuwe master River Delta Development, een gezamenlijk initiatief van drie hogescholen: Hogeschool Zeeland, Van Hall Larenstein en Hogeschool Rotterdam. Deze master wordt in Rotterdam door de opleiding Watermanagement verzorgd en leidt op voor *facilitators of change* voor de grote transitievraagstukken waar kwetsbare delta's voor staan. In deze master host het lectoraat Assetmanagement sinds september 2020 het living lab Assetmanagement. In dit living lab werken studenten, docenten en partners uit de beroepspraktijk aan innovatieve oplossingen voor transitie in de Rotterdamse delta.

De studenten werken aan drie onderzoeksopdrachten: infrastructuur voor de energietransitie in de Rotterdamse haven; predictive maintenance voor de Maeslantkering; en klimaatbestendige oplossingen voor watermanagement in de stad Rotterdam.

Het onderzoeksaspect in de opdrachten zit in de praktijkgerichte toepassing van wetenschappelijke methoden en modellen, zoals besluitvorming onder onzekerheid (reële-optieanalyse), data science en trendanalyses (machine learning) en afwegingen op basis van een levensduurbenadering (life cycle costing analysis). Door de inzet van deze methoden en technieken kunnen we beter anticiperen op veranderingen die transities met zich meebrengen. Dit resulteert in afgewogen maatregelen die deels flexibel en deels robuust zijn. Het methodische gereedschap is in colleges aangereikt vanuit de bredere context van het managen van kritieke infrastructuren in kwetsbare delta's. Daarmee levert het living lab Assetmanagement ook een bijdrage aan onderwijsvernieuwing.

Vanuit de onderzoeksopdrachten en als onderdeel van het onderzoek, worden stakeholders bij het living lab betrokken. De bedoeling is om het living lab de komende jaren te laten groeien tot een bloeiende actieve gemeenschap rond het onderzoeksthema assetmanagement.

Het living lab Assetmanagement is een ruimte om te experimenteren met assetmanagementmethoden en -technieken in een praktijkgerichte context. Vanuit dit living lab zullen wij de komende jaren meer water- en infrastructuur-gerelateerde onderzoeksprojecten verwelkomen en initiëren. Hierbij zetten we in op crossovers tussen opleidingen zodat multidisciplinair aan assetmanagement-vraagstukken wordt gewerkt, met als doel het bijdragen aan een veilige en bloeiende Rotterdamse delta.

Kortom, assetmanagement is ook binnen Hogeschool Rotterdam booming. Het bruist en spettert, het gonst van bedrijvigheid. En ik word daar heel blij van. Want assetmanagement, daar moet je niet te veel over praten, dat moet je gewoon doen, met studenten, docenten en praktijkpartners – en samen komen we verder.

4.3. Onderzoek en de toekomstige assetmanagementprofessional

De derde vraag die ik wil beantwoorden, is hoe toegepast onderzoek gaat bijdragen aan het opleiden van onze toekomstige assetmanagementprofessionals. Voor mij staan twee kernwoorden centraal: verbinden en ontwikkelen. We hebben gezien dat een assetmanager veelzijdig is en het functieprofiel zich blijft ontwikkelen.

De ideale assetmanager van de toekomst kan effectieve besluiten over infrastructuur nemen onder onzekerheid en hij of zij verkleint deze onzekerheid door kennis op te bouwen over bijvoorbeeld de effecten van klimaatverandering op de veroudering van infrastructuur. Daarnaast is duurzaamheid (circulair en energieneutraal) een randvoorwaarde in deze besluitvorming.

Onderwijs kan en moet in deze behoefte voldoen. Daarvoor is het belangrijk dat het onderwijs anticipeert op de ontwikkelingen en blijft vernieuwen. Praktijkgericht onderzoek levert een bijdrage aan deze vernieuwing. Praktijkgerichte onderzoeksvragen gaan namelijk juist over wat we nog niet weten maar wel moeten weten om in de toekomst het werk van de assetmanager nog beter te maken. Niet onbelangrijk: praktijkgericht onderzoek leert docenten en studenten om verbanden te leggen en kritische vragen te stellen. Ook deze competenties heeft een assetmanager heel hard nodig.

Verbinden

Het mag duidelijk zijn dat de uitdagingen waar de Rotterdamse infrastructuur de komende decennia voor staat, niet vanuit een eenzijdig perspectief kunnen worden opgelost. Een rode draad is het veelzijdige en complexe karakter van deze uitdagingen. In het Engels gebruiken we daar de term 'wicked problems' voor. We refereren dan aan uitdagingen die zeer complex en moeilijk oplosbaar zijn vanwege de omvang, grote onzekerheden, vele (conflicterende) belangen en vele oplossingsrichtingen. We kunnen bijvoorbeeld de dijken flink verhogen, maar de ruimte die dat beslaat, zal veel mensen die op en rond dijken wonen heel hard raken. En ook de kosten gaan de burgers allemaal voelen, want wat wordt geïnvesteerd in dijken, komt niet bij bijvoorbeeld de zorg of het onderwijs terecht. Een ander voorbeeld: we kunnen de Maeslantkering vervangen door een zeesluis. Heel robuust maar niet goed voor de scheepvaart, de economie en de natuur. Ook zal dit tot forse opstuwing van rivierwater in de Nieuwe Waterweg leiden, waardoor de dijken daar flink opgehoogd moeten worden. Er zijn dus geen eenvoudige oplossingen. En dit geldt ook voor andere infrastructuur. Onzekerheden over de impact van klimaatverandering en de grote transities waar we voor staan (digitalisering, grondstoffen- en energietransitie) vergroten zowel de sense of urgency als de complexiteit van de vraagstukken. Onze studenten zullen dus in een veel complexere omgeving terechtkomen dan ik indertijd. Ze zullen ook veel meer multidisciplinair moeten werken en hiervoor worden opgeleid.

Studenten moeten ogenschijnlijke tegenstrijdigheden kunnen verenigen, zoals een balans vinden tussen robuuste en flexibele maatregelen, tussen onzekerheid expliciet maken en onzekerheid verkleinen, tussen externe onzekerheden en modelonzekerheden, tussen beschermen en meebewegen of juist terugtrekken, tussen strategie en operatie, tussen korte termijn en lange termijn, tussen actuele prijzen en schaduwprijzen, tussen economische belangen en duurzaamheid, tussen veiligheid en risico.



Naast een eigen specialisme zal de assetmanagementprofessional van de toekomst voldoende moeten weten van andere domeinen om multidisciplinair te kunnen werken.

In het onderwijs kunnen de uitdagingen die ik heb geschetst dan ook niet vanuit één opleiding worden benaderd. Alle disciplines zijn nodig, van sensing tot ruimtelijke inrichting op de lange termijn, en van faalkansanalyses en constructieve berekeningen tot co-creatie met stakeholders. De beschreven CoP's die ontstaan zijn vanuit de opleidingen en bestaande praktijkbehoeften, zoeken ook naar deze verbindingen. Praktijkgericht onderzoek biedt hier een platform om opleidingsoverstijgend te werken. Vanuit mijn lectoraat wil ik via de overkoepelende onderzoeksthema's uit hoofdstuk 3 een onderzoeksomgeving bieden waarin opleidingen, CoP's en leernetwerken samen aan toekomstige uitdagingen werken. In andere woorden: adviezen en innovaties die volgen uit onderwijsprojecten, CoP's en leernetwerken wil ik gebruiken als voeding voor onderzoek naar het oplossen van de assetmanagementvraagstukken op de langere termijn waar we als sector voor staan.

Ontwikkelen

Door gezamenlijk aan praktijkgerichte overkoepelende onderzoeksvragen te werken, leren we multidisciplinair werken en komen we tot innovaties en tegelijkertijd tot vernieuwing van onderwijs en onderzoek. Het verschil tussen het lectoraat Assetmanagement en bestaande praktijkgerichte onderzoeksprojecten, leernetwerken en CoP's, zit voor mij in de reikwijdte van de onderzoeksvragen, de koppeling met de wetenschap en het langetermijnperspectief. Vanuit mijn rol als lector wil ik wetenschappelijke methoden inbrengen, zoals reële-optieanalyse voor besluitvorming onder onzekerheid (zeespiegelstijging, bodemdaling, conditie van de infrastructuur) en data science. Resultaten uit bestaande onderwijsprojecten, zoals het aquabotproject of projecten van de CoP Data Engineering & Predictive Maintenance, zijn essentieel om een reële-optie-besluitvormingsstrategie te voeden. En ook de competenties van andere opleidingen zijn nodig om haalbare strategieën te ontwikkelen. Het onderzoeksthema effectievere langetermijnbesluitvorming biedt dus mogelijkheden om nog meer multidisciplinair te werken dan we nu al doen.

Daarbij vind ik het als lector ook belangrijk om nieuwe methoden te introduceren, omdat dit bijdraagt aan vernieuwing van onderwijs. Als voorbeeld verwijs ik naar het living lab Assetmanagement, waarin we met drie docenten vernieuwende colleges hebben verzorgd die de studenten in staat stellen om in praktijkgerichte onderzoekopdrachten ook daadwerkelijk met nieuw gereedschap aan de slag te gaan en bestaande kennis hierin te integreren.

Hoe?

Bij Hogeschool Rotterdam trekken we gezamenlijk op in de driehoek praktijk, onderwijs en onderzoek en ik pleit ervoor om dit in de toekomst nog veel meer te doen binnen mijn drie onderzoeksthema's. Ik wil een lector zijn voor alle opleidingen die met assetmanagement te maken hebben. Samen met onze praktijkpartners verdiepen we de onderzoeksvragen zoals benoemd in hoofdstuk 3. Door synergie te zoeken met onderwijs en praktijk kunnen we efficiënt gebruik maken van bestaande middelen. Methodische innovaties hebben vooral een vraag, data en inzet van docenten, studenten en praktijkpartners nodig. Onze praktijkpartners en hun vraagstukken vormen onze proeftuin. Het RDM Innovation Dock biedt faciliteiten voor proefopstellingen en proeven als mogelijkheid voor validatie van modellen.

Door te werken met docenten, studenten en praktijkpartners, dragen we met praktijkgericht onderzoek expliciet bij aan het opleiden van onze *toekomstige* assetmanagementprofessionals. Dit doen we door een onderzoeksomgeving te bieden waarin multidisciplinair werken centraal staat en waar we vanuit verschillende disciplines werken aan de overkoepelende assetmanagement-vraagstukken. Ook vind ik het belangrijk om een onderzoeksomgeving een vrijplaats van experimenten en creativiteit te laten zijn. Een plek waar docenten en studenten kunnen experimenteren in een veilige omgeving en vooral plezier beleven aan onderzoek, want de mooiste innovaties komen voort uit intrinsieke motivatie. Ik wil eindigen met een citaat van Einstein, dat een student me onder de aandacht bracht: *"Science is a wonderful thing if one does not have to earn one's living at it."* Laten we samen zorgen voor een onderzoeksomgeving waar samenwerken, plezier en nut de boventoon voeren.

Literatuurlijst

71

- AD. (2019, 24 juni). Bruggen krijgen opnieuw koude douche om vastlopen door hitte te voorkomen. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.ad.nl/rotterdam/bruggen-krijgen-opnieuw-koude-douche-om-vastlopen-door-hitte-te-voorkomen~a2fbf5d3/>
- Algemene Rekenkamer. (2019). *Resultaten verantwoordingsonderzoek 2018 Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (XII)*. Rapport bij het jaarverslag. Geraadpleegd op 13 december 2020, van https://files.smart.pr/1f/dc3e1e300c44cf8d0f88bba1f2afc6/Resultaten-verantwoordingsonderzoek-2018-Ministerie-van-lenW-XII_.pdf
- Antosz, K., Stadnicka, D. & Ratnayake, R. M. C. (2017). Development of a risk matrix for the assessment of maintenance suppliers: A study based on empirical knowledge. *IFAC PapersOnLine*, 50(1), 9026-9031. doi: 10.1016/j.ifacol.2017.08.1586
- ANWB. (2020). File top tien 2019. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.anwb.nl/verkeer/nieuws/nederland/2019/december/knelpunten-2019#toptien>
- Aremu, O. O., Palau, A. S., Parlikad, A. K., Hyland-Wood, D. & McAree, P. R. (2018). Structuring Data for Intelligent Predictive Maintenance in Asset Management. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 514-519. doi: 10.1016/j.ifacol.2018.08.370
- Bals, J. & Klerk, S. (2016). Maatregelenplan wateroverlast Rotterdam 2016-2017. Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard. Geraadpleegd op 13 december 2020, van http://deltaplanrotterdamnoord.nl/assets/hogheemraadschap_maatregelenplan-wateroverlast-rdam-def.pdf.
- Bouwend Nederland. (2020). Verhagen: Staat infrastructuur tikkende tijdbom, 2,4 miljard nodig voor onderhoud. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.bouwendnederland.nl/actueel/nieuws/13237/verhagen-staat-infrastructuur-tikkende-tijdbom-2-4-miljard-nodig-voor-onderhoud>
- BSI Group. (2014). ISO 55001 Asset Management: de opvolger van PAS 55bsi. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.bsigroup.com/nl-NL/Over-BSI/Perscentrum/Nieuwsberichten/Nieuwsberichten-2014/ISO-55001-Asset-Management-de-opvolger-van-PAS-55/>
- Bunt, M. & Oude Essink, P. (2015). *Gemeentelijk rioleringsplan: Planperiode 2016 - 2020. Voor een gezonde en aantrekkelijke stad met een robuust stedelijk watersysteem*. Gemeente Rotterdam. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://rotterdam.notubiz.nl/document/2669574/1/document>

- Cecconi, F. R., Maltese, S. & Dejacó, M. C. (2017). Leveraging BIM for digital built environment asset management. *Innovative Infrastructure Solutions*, 2(1), 14. doi: 10.1007/s41062-017-0061-z
- De Graaf van Dinther, R. E. (Ed.). (2021). *Climate Resilient Urban Areas: Governance, design and development in coastal delta cities*. Palgrave Macmillan.
- Duijm, N. J. (2015). Recommendations on the use and design of risk matrices. *Safety Science*, 76, 21-31. doi: 10.1016/j.ssci.2015.02.014
- Egeter, B., Verroen, E. J. & Wilmink, I. R. (2020). *Infrastructuur en mobiliteit op weg naar 2030: mogelijke mobiliteitsontwikkelingen tot 2030, hun infrastructuur-consequenties en beleidsimplicaties*. Rijkswaterstaat. Geraadpleegd op 13 december 2020, van https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_105941_31/
- Federal Highway Administration (2013). Status of the Nation's Highways, Bridges, and Transit: Conditions & Performance. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.fhwa.dot.gov/policy/2013cpr/chap12.cfm>
- Frangopol, D. M., Dong, Y. & Sabatino, S. (2017). *Bridge life-cycle performance and cost: analysis, prediction, optimisation and decision-making*. *Structure and Infrastructure Engineering*, 13(10), 1239-1257. doi: 10.1080/15732479.2016.1267772
- Gemeente Rotterdam (2017). *Slimme bereikbaarheid voor een gezond, economisch sterk en aantrekkelijk Rotterdam: Stedelijk Verkeersplan Rotterdam 2016 - 2030+*. Geraadpleegd op 13 december 2020, van https://e15rotterdam.nl/pdf/2017_Stedelijk-Verkeersplan-Rotterdam-2030.pdf
- Gemeente Rotterdam (2020a). *Assetmanagement Rotterdam: Slim beheer helpt Rotterdam vooruit*. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.rotterdam.nl/werken-leren/assetmanagement/>
- Gemeente Rotterdam (2020b). *Bestuursopdracht vervangingsinvesteringen kapitaalgoederen openbare ruimte*. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.rotterdam.nl/werken-leren/assetmanagement/Vervangingsinvestering.pdf>
- Gemeente Rotterdam (2020c). *Bodemdaling*. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/bodemdaling/>
- Gemeente Rotterdam, Waterschap Hollandse Delta, Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard & Hoogheemraadschap van Delfland (2008). *Waterplan 2 - deel 1: Werken aan water voor een aantrekkelijke stad Rotterdam*. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.aanpakagniesebuurt.nl/content/uploads/2019/10/Waterplan-deel-1.pdf>
- Gemeente Uden. (2018). Handleiding invullen risicomatrix. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://repository.officiële-overheidspublicaties.nl/externebijlagen/exb-2018-53238/1/bijlage/exb-2018-53238.pdf>
- Groot, P. (2019). *Infrastructuurmonitor. Voortgang projecten Infrastructuurfonds en Deltafonds 2018-2019*. Amsterdam: Economisch Instituut voor de Bouw. Geraadpleegd op 13 december 2020, van https://www.eib.nl/pdf/Infrastructuurmonitor%202019_web.pdf

- Groot, P., Saitua, R. & Visser, N. (2016). *Investeren in de infrastructuur: Trends en beleidsuitdagingen*. Amsterdam: Economisch Instituut voor de Bouw.
Geraadpleegd op 13 december 2020, van https://www.eib.nl/pdf/investeren_in_de%20infrastructuur.pdf
- Haasnoot, M., Bouwer, L., Diermanse, F., Kwadijk, J., Van der Spek, A., Oude Essink, G., e.a. (2018). *Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma: Een verkenning*. Deltares rapport 11202230-005-0002. Delft: Deltares. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.deltacommissaris.nl/binaries/deltacommissaris/documenten/publicaties/2018/09/18/dp2019-b-rapport-deltares/DP2019+B+Rapport+Deltares.pdf>
- Haasnoot, M., Kwadijk, J., Van Alphen, J., Le Bars, D., Van den Hurk, B., Diermanse, F., e.a. (2020). Adaptation to uncertain sea-level rise; how uncertainty in Antarctic mass-loss impacts the coastal adaptation strategy of the Netherlands. *Environmental Research Letters*, 15(3), 034007. doi: 10.1088/1748-9326/ab666c
- Husson, E. (2020, 20 februari). Vier valkuilen in predictive maintenance. Geraadpleegd op 13 december 2020, van https://www.ptindustrieel-management.nl/maintenance/artikel/2020/02/vier-valkuilen-in-predictive-maintenance-1012913?_ga=2.54553132.600620663.1589369158-1866874648.1569318662
- Infrastructure asset management (2020). *Wikipedia*. Geraadpleegd op 13 december 2020, van https://en.wikipedia.org/wiki/Infrastructure_asset_management
- International Electrotechnical Commission (2016). IEC 61708:2016. Reliability Block Diagrams.
- International Organization for Standardization (2014). ISO 55000:2014. Asset management: Overview, principles and terminology.
- Kamerstukken II, 35000-A, nr. 98 (2019. 28 mei). Vaststelling van de begrotingsstaat van het infrastructuurfonds voor het jaar 2019. Brief van de minister en staatsecretaris van infrastructuur en waterstaat.
- KCAF (2020). Aanpak funderingsproblematiek gemeente Rotterdam. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.kcaf.nl/wat-doet-het-kcaf/aanpak-gemeente-rotterdam/>
- Keunen, Y. (2019, 31 mei). In Rotterdam hebben 42.000 huizen wateroverlast bij hevige regenval. *AD*. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.ad.nl/rotterdam/in-rotterdam-hebben-42-000-huizen-wateroverlast-bij-hevige-regenval~aec36d83/>
- Kind, J., De Bruijn, K., Diermanse, F., Wojciechowska, K., Klijn, F., Van der Meij, R., e.a. (2019). *Invloed Hoge Scenario's voor Zeespiegelstijging voor Rijn-Maas Delta. Herijking VKS DPRD en DB RMD, onderdelen 1 en 2*. Delft: Deltares. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.deltaprogramma.nl/binaries/deltacommissaris/documenten/publicaties/2019/10/11/invloed-hoge-scenarios-voor-zeespiegelstijging-voor-rijn--maas-delta/11203724-008-BGS-0001-v0.7-Invloed+Hoge+Scenario%27s+voor+Zeespiegelstijging+op+de+Rijn-Maas+Delta1.pdf>

- Klaassen, R. (2010). Houtgebruik in Rotterdam. Waterwerken in haven: Houten paalfunderingen in 19de en begin 20ste eeuwse wijken. *Monumenten*, 2010-12, 2-4.
- Kok, S. & Angelova, L. (2020). *Impact droogte op funderingen*. Delft: Deltares. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.verzekeraars.nl/media/7875/20200930-rapport-impact-droogte-op-funderingen.pdf>
- Lange, D. A. (2018). The Relevance of Ageing for Civil Infrastructure: The Profession, the Politics, the Classroom. In K. van Breugel, D. Koleva & T. van Beek (Eds.), *The Ageing of Materials and Structures: Towards Scientific Solutions for the Ageing of Our Assets* (pp. 57-68). Cham: Springer International Publishing
- Lawrence, J., Haasnoot, M., McKim, L., Atapattu, D., Campbell, G. & Stroombergen, A. (2019). Dynamic Adaptive Policy Pathways (DAPP): From Theory to Practice. In V. Marchau, W. Walker, P. Bloemen & S. Popper (Eds.), *Decision Making under Deep Uncertainty* (pp. 187-199): Cham Springer International Publishing
- Lee, W. J., Wu, H., Yun, H., Kim, H., Jun, M. B. G. & Sutherland, J. W. (2019). Predictive Maintenance of Machine Tool Systems Using Artificial Intelligence Techniques Applied to Machine Condition Data. *Procedia CIRP*, 80, 506-511. doi: 10.1016/j.procir.2018.12.019
- Lin, P., Yuan, X. X. & Tovilla, E. (2019). Integrative modeling of performance deterioration and maintenance effectiveness for infrastructure assets with missing condition data. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 34(8), 677-695. doi: 10.1111/mice.12452
- Lughofer, E. & Sayed-Mouchaweh, M. (2019). Predictive maintenance in dynamic systems: advanced methods, decision support tools and real-world applications. Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-030-05645-2
- Mascini, L. (2019). Het verkeer in Rotterdam loopt vast; waar blijft het plan? NRC. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.nrc.nl/nieuws/2019/01/11/het-verkeer-loopt-vast-waar-blijft-het-plan-a3274284>
- Navil, S., Alan, H., David, P. & Julian, W. (2013). Leveraging the Relationship between BIM and Asset Management. *Joined position paper from Institution of Civil Engineers (ICE) the Chartered Institution of Civil Engineering Surveyors (ICES) and the Institute of Asset Management (IAM)*. Geraadpleegd op 13 december 2020, van https://www.ice.org.uk/getattachment/disciplines-and-resources/best-practice/relationship-between-bim-and-asset-management/BIM_Modelling-and-Asset-Management_Position-Paper.pdf.aspx
- Noman, M. A., Nasr, E. S. A., Al-Shayea, A. & Kaid, H. (2019). Overview of predictive condition based maintenance research using bibliometric indicators. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 31(4), 355-367. doi: 10.1016/j.jksues.2018.02.003
- NOS (2016, 17 januari). Merwedebrug was bijna ingestort, Nederland aan ramp ontsnapt. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://nos.nl/artikel/2267818-merwedebrug-was-bijna-ingestort-nederland-aan-ramp-ontsnapt.html>

- Novozhilov, E. O. (2015). Guidelines for the construction of a risk matrix. *Functional safety. The theory and practice*, 3(54), 80-86
- Peschier, M. (2019). *Handvat duurzaam materiaalgebruik voor bouw- en infrabedrijven: Praktische tips en voorbeelden*. Bouwend Nederland en Stichting Stimular. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.bouwendnederland.nl/media/3441/handvat-duurzaam-materiaalgebruik.pdf>
- Platform CB'23 (2019). *Framework Circulair Bouwen: Raamwerk voor eenduidig taalgebruik en heldere kaders*. Geraadpleegd op 13 december 2020, van https://platformcb23.nl/images/downloads/20190704_PlatformCB23_Framework_Circulair_Bouwen_Versie_1.0.pdf
- Pocock, D., Shetty, N., Hayes, A. & Watts, J. (2014). Leveraging the relationship between BIM and asset management. *Infrastructure Asset Management*, 1(1), 5-7. doi: 10.1680/iasma.13.00013
- Port of Rotterdam (2019). *Energieinfrastructuur in het Rotterdamse havengebied*. Geraadpleegd op 13 december 2020, van https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/energie_infrastructuur_transitie_in_het_rotterdamse_havengebied.pdf
- Rathenau Instituut (2020). Aantal wetenschappelijke publicaties, internationaal vergeleken. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.rathenau.nl/wetenschap-cijfers/output/publicaties/aantal-wetenschappelijke-publicaties-internationaal>
- Rekenkamer Rotterdam (2015). *Leidingen onder druk*. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://rekenkamer.rotterdam.nl/wp-content/uploads/2015/09/R.O.14.06-leidingen-onder-druk-1.pdf>
- Roach, T., Kapelan, Z. & Ledbetter, R. (2018). Resilience-based performance metrics for water resources management under uncertainty. *Advances in Water Resources*, 116, 18-28. doi: 10.1016/j.advwatres.2018.03.016
- Roelfsema, R., Hillegers, S. & Van den Boomen, M. (2017). Een Strategisch Assetmanagementplan voor de sector Watersysteem van Waternet. *H2O*. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.h2owaternetwerk.nl/index.php/vakartikelen/een-strategisch-assetmanagementplan-voor-de-sector-watersysteem>
- Rotterdam Climate Initiative (2013). *Rotterdamse adaptatiestrategie*. Gemeente Rotterdam. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.010duurzamestad.nl/wat-wij-doen/lopende-projecten/rotterdamse-adaptatiestra/adaptatiestrategie.pdf>
- Rotterdams weerwoord (2019). *Urgentiedocument*. Gemeente Rotterdam i.s.m. Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpernerwaard, Waterschap Hollandse Delta en Hoogheemraadschap van Delfland. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://ruimtelijkeadaptatie.nl/publish/pages/158605/rapport.pdf>

- Selcuk, S. (2017). Predictive maintenance, its implementation and latest trends. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 231(9), 1670-1679. doi: 10.1177/0954405415601640
- Smit, R., Van de Loo, J., Van den Boomen, M., Khakzad, N., Van Heck, G. J. & Wolfert, A. R. M. (2019). Long-term availability modelling of water treatment plants. *Journal of Water Process Engineering*, 28, 203-213. doi: 10.1016/j.jwpe.2019.01.021
- Spanjers, R., Van Ekris, J., Mulder, J., Ten Voorde, O. & Van der Meulen, S. (2020). Waterstof, van ambitie naar praktijk. Website: onderzoeksproject master River Delta Development. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://hsvhl.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=10d0be4f370949bab8f979aefac91aae>
- The Institute of Asset Management (2019). BSI PAS 55. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://theiam.org/knowledge/bsi-pas-55/>
- The Institute of Asset Management (2020). Developing and maintaining a Strategic Asset Management Plan. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://theiam.org/knowledge/developing-and-maintaining-a-strategic-asset-management-plan-samp/>
- Too, E. & Tay, L. (2020). Infrastructure Asset Management (IAM): Evolution and Evaluation. In R. Haigh & D. Amaratunga (Eds.), *CIB International Conference on Building Education and Research: Building Resilience Conference Proceedings* (pp. 950-958)
- Transitieteam Transitieagenda Circulaire Bouweconomie (2018). *Transitieagenda circulaire bouweconomie*. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2018/01/15/bijlage-4-transitieagenda-bouw/bijlage-4-transitieagenda-bouw.pdf>
- Treiture, R., Van der Meer, L., Bakker, J., Van den Boomen, M., Schoenmaker, R. & Wolfert, A. R. M. (2018). Assessing approximation errors caused by truncation of cash flows in public infrastructure net present value calculations. In R. Caspeepe, L. Taerwe & D.M. Frangopol (Eds.), *Life Cycle Analysis and Assessment in Civil Engineering: Towards an Integrated Vision. Proceedings of the 6th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2018), 28-31 October 2018, Ghent, Belgium* (pp. 1475-1481): CRC Press.
- Van de Ven-Glastra, M. J., Verberk, J. Q. J. C., Sonke, R., Dominicus, J. & Bindt, A. (2017). Strategic scenario analysis of long-term asset management planning. *Water Practice and Technology*, 12(1), 48-54. doi: 10.2166/wpt.2017.009
- Van den Boomen, M. (2019). Voldoet een ontwerp aan de eisen voor bedrijfszekerheid? Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.linkedin.com/pulse/voldoet-een-ontwerp-aan-de-eisen-voor-martine-van-den-boomen/>

- Van den Boomen, M. (2020). *Replacement optimisation for public infrastructure assets. Quantitative optimisation modelling taking typical public infrastructure related features into account. Doctoral dissertation, Delft University of Technology*. doi: 10.4233/uuid:3cef9da8-d432-4d6a-8805-4c094440bd56
- Van den Boomen, M., Schoenmaker, R., Verlaan, J. G. & Wolfert, A. R. M. (2016). Common Misunderstandings In Life Cycle Costing Analyses And How To Avoid Them. In J. Bakker, D.M. Frangopol & K. van Breugel (Eds.), *Proceedings of the 5th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2016) 16-19 October 2016, Delft, The Netherlands* (pp. 1729-1735): CRC Press.
- Van den Boomen, M., Spaan, M. T. J., Schoenmaker, R. & Wolfert, A. R. M. (2018). Untangling decision tree and real options analyses: a public infrastructure case study dealing with political decisions, structural integrity and price uncertainty. *Construction Management and Economics*, 37(1), 24-43. doi: 10.1080/01446193.2018.1486510
- Van Meerten, H., Lambert, J., Woning, M. & Eijbersen, M. (2015). *Resultaten vooronderzoek onderhoudsstrategie infrastructuur bij bodemdaling*. Delft: Deltares. Geraadpleegd op 13 december 2020, van <https://www.deltares.nl/app/uploads/2015/03/Resultaten-vooronderzoek-onderhoudsstrategie-infrastructuur-bij-bodemdaling.pdf>

Over de lector

79

Martine van den Boomen is op 1 oktober 2019 aangesteld als lector Assetmanagement aan Hogeschool Rotterdam. Zij richt zich op het levensduurmanagement van fysieke infrastructuur en installaties die de Rotterdamse delta beschermen tegen het stijgende water en die zorgen voor een bloeiende en bereikbare stad en haven.

Martine is opgeleid als civiel ingenieur aan de Technische Universiteit van Delft, waar zij in 1996 haar diploma ontving. Na twee jaar veldwerk in Jemen is zij bij Kiwa Onderzoek & Advies (nu: KWR Water) geland, waar haar interesse voor onderzoek is gewekt. Dit was een periode waarin assetmanagement voorzichtig zijn intrede deed in de bedrijfsvoering van infrastructuurbeheerders. Bij KWR werd een onderzoekslijn assetmanagement opgezet waar Martine de trekker van werd. Vanwege het bedrijfsvoeringsaspect en omdat opleidingen assetmanagement in die tijd nog niet bestonden, begon Martine aan de deeltijdopleiding Master Business Administration, die ze in 2003 afrondde. In 2005 heeft zij Colibri Advies BV opgericht en is als zelfstandig adviseur organisaties gaan helpen met de implementatie van assetmanagement. Dit was deels ingegeven door een behoefte om dicht bij het vuur te staan. Onderzoek is fantastisch maar Martine miste nog de concrete werkervaring om haar onderzoek effectiever te laten zijn.

Na tien jaar werken als adviseur assetmanagement voor diverse organisaties begon de behoefte aan onderzoek te groeien waardoor Martine in 2016 in deeltijd begonnen is met promoveren aan de Technische Universiteit van Delft op een vraagstuk dat een rode draad vormde in haar advieswerk maar dat ze vanuit haar praktijkervaring niet opgelost kreeg, namelijk vervangingsoptimalisatie bij infrastructuur. In de wetenschap ging een nieuwe wereld open en heeft Martine haar antwoorden gevonden. Maar nog veel belangrijker, de wetenschap reikte haar effectieve methoden aan om nog veel meer praktijkgerichte vragen op te lossen. Tijdens haar promotieonderzoek is Martine ook les gaan geven aan studenten, wat haar bijzonder veel voldoening gaf. In 2020 mocht ze haar bul in ontvangst nemen.

Het lectoraat Assetmanagement aan Hogeschool Rotterdam heeft Martine met beide handen aangegrepen, omdat dit haar de gelegenheid geeft om wetenschap, praktijk en onderwijs met elkaar te verenigen via een gezamenlijke onderzoeksagenda. Daarnaast blijft Martine in deeltijd verbonden aan de Technische Universiteit van Delft voor het geven van onderwijs en om de resultaten van haar promotieonderzoek door te ontwikkelen. Haar uitvalsbasis blijft Colibri Advies omdat ze weet dat het als onderzoeker heel belangrijk is om vanuit eigen ervaring de praktijk te doorvoelen.

Dankwoord

Beste lezer, in mijn openbare les heb ik u meegenomen in mijn wereld die gaat over assetmanagement. “Wat?”, hoorde ik u denken voordat ik met schrijven begon. En dat is precies de uitdaging waar ik voor stond. Uitleggen aan een breed publiek wat assetmanagement is, wat mijn visie erop is, hoe mijn onderzoeksagenda er voor de komende jaren uit ziet en hoe ik onderwijs en praktijk wil verbinden en versterken met onderzoek. In deze openbare les wil ik duidelijk maken dat mijn wereld ook uw wereld is. We hebben allemaal te maken met assetmanagement en er heel veel belang bij dat we als samenleving goed voor onze infrastructuur zorgen. Dat leg ik uit in mijn openbare les.

Het schrijven van een openbare les is een intensief proces waarbij veel mensen een bijdrage hebben geleverd. Ik wil in het bijzonder Liek Voorbij en Anne Marike Lokhorst bedanken. Ze hebben mij enorm geholpen met het uitkristalliseren van mijn visie en de vertaling daarvan in een heldere routekaart. Ze hebben me ook zeer geholpen met het toegankelijk maken van mijn verhaal door kritisch mee te lezen, de juiste vragen te stellen, te hameren op voorbeelden en ieder woord te wegen. Dat leidde tot lachwekkende situaties: Anne Marike die vroeg of ik echt studenten in het riool was tegengekomen. Hoe ver willen we gaan met praktijkgericht onderzoek?

Ook wil ik mijn dank uitspreken aan Eliza van 't Zelfde, Tjallien ten Zweege, Joyce Weijers, Corinne Lamme en Elin Koppelaar, die me hebben begeleid om van een openbare les op papier naar de formele presentatie ervan te komen. Want ook dat is een vak apart. Veel dank ben ik verschuldigd aan Stefan de Graaff die de regie heeft gehad over het omzetten van mijn openbare les in een mooie documentaire; een documentaire waarin onderwijs, praktijk en onderzoek schitteren. En waarin goed duidelijk wordt dat assetmanagement ons allen raakt, dat het mensenwerk is en dat alleen in verbinding de mooiste resultaten tot stand komen.

Ik bedank mijn collega-lectoren die, ik kan niet anders zeggen, een enorme inspiratiebron vormen. Mijn thuisbasis, Kenniscentrum Duurzame HavenStad, is een voedingsbodem voor kennis en creativiteit, en minstens zo belangrijk, van collegialiteit en solidariteit.

Docenten, studenten en mijn praktijkpartners vormen de ruggengraat van mijn openbare les. Dat wordt duidelijk bij het lezen ervan. Een verhaal maak ik niet alleen. Ik ben in een jaar een groot fan geworden van Hogeschool Rotterdam: de initiatieven, het enthousiasme en de diversiteit en inclusiviteit. Docenten die met hart en ziel onderwijs verzorgen en hun studenten centraal stellen. Daar beginnen de grote transities waar mijn onderzoek een bijdrage aan wil leveren.

Tot slot bedank ik het college van bestuur van Hogeschool Rotterdam, en Zakia Guernina in het bijzonder, voor de visie op praktijkgericht onderzoek waarmee ik me nauw verbonden voel, voor het creëren van een structuur waarin ik mijn onderzoeksagenda in relatie tot onderwijs en praktijk kan ontwikkelen en uitvoeren, en voor het vertrouwen. Ik ben trots en dankbaar om onderdeel van Hogeschool Rotterdam te zijn.

Eerdere uitgaven

83

Hogeschool Rotterdam Uitgeverij



Tussen

Auteur

Sander Hilberink

ISBN

9789493012141

Verschijningsdatum

januari 2021

Aantal pagina's

116

Prijs

€ 14,95



Zorgen om pijn

Auteur

Lennard Voogt

ISBN

9789493012264

Verschijningsdatum

november 2020

Aantal pagina's

68

Prijs

€ 14,95



Morele grip

Auteur

Jelle van Baardewijk

ISBN

9789493012158

Verschijningsdatum

november 2020

Aantal pagina's

132

Prijs

€ 14,95



Turning data into strategic assets

Auteur

Shengyun Yang

ISBN

9789493012134

Verschijningsdatum

november 2020

Aantal pagina's

84

Prijs

€ 14,95



Zorg om naasten

Auteur

Erica Witkamp

ISBN

9789493012127

Verschijningsdatum

november 2020

Aantal pagina's

92

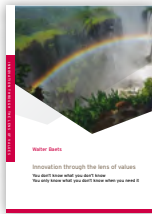
Prijs

€ 14,95



It takes a village...

Auteur Marieke Groot
 ISBN 9789493012028
 Verschijningsdatum oktober 2020
 Aantal pagina's 132
 Prijs € 14,95



Innovation through the lens of values

Auteur Walter Baets
 ISBN 9789493012110
 Verschijningsdatum juni 2020
 Aantal pagina's 100
 Prijs € 14,95



Circulaire waarde(n)modellen

Auteur Koen Dittrich
 ISBN 9789493012097
 Verschijningsdatum oktober 2019
 Aantal pagina's 76
 Prijs € 14,95



Realizing Secure and Privacy-Protecting Information Systems: Bridging the Gaps

Auteur Mortaza Shoaie Bargh
 ISBN 9789493012080
 Verschijningsdatum juni 2019
 Aantal pagina's 100
 Prijs € 14,95



Op naar een gezonde leefomgeving. Werk maken van de wijk

Auteur Henk Rosendal
 ISBN 9789493012066
 Verschijningsdatum april 2019
 Aantal pagina's 40
 Prijs € 14,95



'Je moet op dat moment reageren en je weet nooit of je het juiste doet.' Pedagogiek in het middelbaar beroepsonderwijs

Auteur Wouter Pols
 ISBN 9789493012059
 Verschijningsdatum januari 2019
 Aantal pagina's 88
 Prijs € 14,95

Martine van den Boomen

Assetmanagement voor een veilige en vitale Rotterdamse delta



Veel infrastructuur komt op leeftijd en is aan renovatie of vervanging toe. Klimaatverandering doet daar een schep bovenop. De zeespiegel stijgt, de rivieren raken voller en het regent vaker en harder. Tegelijkertijd wordt het heter, zijn er langere periodes van droogte en daalt de bodem sneller dan voorheen. Dit zet infrastructuur onder druk. De Maeslantkering zal bijvoorbeeld vaker gaan sluiten, dijken zijn straks niet meer hoog genoeg, bruggen lopen vast door extreme hitte en ook wegen, kademuren, ondergrondse leidingen en spoor ondervinden problemen.

Dan zijn er de grote transities waar infrastructuurbeheerders middenin zitten, zoals de digitalisering en de omslag naar een energieneutrale en circulaire samenleving. Dit alles betekent nogal wat voor het in stand houden en vernieuwen van de infrastructuur. Maar ook voor het opleiden van een nieuwe generatie professionals. Met de oude manier van denken en werken kunnen de complexe opgaven waar we voor staan, niet worden opgelost.

In mijn lesbrief neem ik u mee in deze opgaven voor de infrastructuur en presenteer ik mijn onderzoeksagenda voor de komende jaren.

Martine van den Boomen is lector Assetmanagement bij Kenniscentrum Duurzame HavenStad van Hogeschool Rotterdam. Zij richt zich op goed onderhoud en effectieve besluitvorming over infrastructuur.

OPENBARE LES