

Geoptimaliseerd Asset Management met Linked Data

Een ontologie voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse

Bart Verhagen

Schijndel, 12 juli 2021

Informatiepagina

| AUTEUR

Naam: B.C.M. Verhagen
Studentnummer: 3267407
Afstudeerrichting: Voltijd
Afstudeerperiode: 8 februari 2021 t/m 25 juni 2021

| BEDRIJF

Naam: Taxonic
Afdeling: Linked Data Consultancy
Plaats: De Meern, Utrecht
Bedrijfsbegeleider: J. Bakker, Linked Data Consultant

| OPLEIDING

Opleiding: ICT & Business
Onderwijsinstelling: Fontys Hogescholen
Plaats: Eindhoven
Docentbegeleider: C. Wolff, Senior Lecturer
Tweede lezer: N. Martens, Curriculumeigenaar ICT & Business

| GEGEVENS VERSLAG

Foto titelblad: (Rijkswaterstaat, 2019a)
Titel: Geoptimaliseerd Asset Management met Linked Data
Ondertitel: Een ontologie voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse
Datum van publicatie: 12 juli 2021
Vertrouwelijkheid: Dit werk is gepubliceerd onder een [CC BY-NC-SA 4.0-licentie](#).

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie 'Geoptimaliseerd Asset Management met Linked Data'. Het onderzoek voor deze scriptie naar een gegevensstructuur voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse is in opdracht van Taxonic. Deze scriptie is geschreven voor mijn afstuderen aan de opleiding ICT bij Fontys Hogeschool in Eindhoven.

Voorafgaand aan het afstuderen had ik geen voorkennis van Asset Management en Linked Data. Dat maakte het onderzoek dat ik heb uitgevoerd complex en bijzonder interessant. Thuiswerken bij een nieuwe werkgever heeft vanaf het begin veel doorzettingsvermogen van me gevraagd. Tijdens het afstuderen stonden Jesse Bakker (bedrijfsbegeleider), Carl Wolff (docentbegeleider), Marjo Smit, Richard Dijkstra, Sjoerd Rongen, Domien Bolmers en Jan Voskuil (collega's) altijd voor mij klaar. Zij hebben steeds mijn vragen beantwoord of met mij gediscussieerd, zelfs als het geen onderdeel van mijn onderzoek uitmaakte.

Hierbij wil ik mijn begeleiders bedanken voor hun begeleiding tijdens het afstudeertraject. Sjoerd Rongen wil ik bedanken voor zijn overtuigingskracht om bij Taxonic af te studeren. Taxonic wil ik bedanken voor de vrijheid om mijn eigen opdracht te verzinnen. Het was een unieke ervaring om met Linked Data te mogen werken. Alle respondenten wil ik bedanken voor hun medewerking in dit onderzoek. Zonder hen zou het in dit onderzoek aan context ontbreken.

Mijn collega's bij Taxonic wil ik bedanken voor de samenwerking en het gevoel van verbondenheid op afstand. Zonder hun kennis en ervaring had ik dit onderzoek nooit kunnen waarmaken, zo uitvoerig als het is geworden. Ik wil mijn familie en vrienden bedanken voor het missen van mijn aanwezigheid toen ik aan het onderzoek voor deze scriptie werkte. Hun wijsheid en motiverende woorden hebben mij geholpen. Tot slot wil ik mijn ouders in het bijzonder bedanken. Hun morele steun bleef onverminderd. Zij maakten thuiswerken tijdens het afstuderen draaglijker om deze scriptie tot een goed einde te brengen.

Ik wens u veel leesplezier toe,

Bart Verhagen

Schijndel, 14 juni 2021

Samenvatting

Het huidige informatielandschap van Rijkswaterstaat het moeilijk maakt om informatie over civiel-technische bouwwerken te verzamelen. Dit maakt het complex en tijdrovend om onderhoudsplanningen te realiseren die onderhoudsbeurten combineren en ketenpartijen laten samenwerken om de hinder van onderhoudswerkzaamheden te minimaliseren. Hierdoor ontstaat het risico dat mankementen te laat ontdekt en/of opgelost worden, waardoor de uiteindelijke kosten hoger uitvallen.

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in hoe Linked Data kan worden gebruikt om onderhoudsplanningen voor civieltechnische bouwwerken van Rijkswaterstaat te verbeteren. Hiervoor is de volgende hoofdvraag opgesteld:

“Hoe kan de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere met Linked Data gemodelleerd worden?”

De hoofdvraag wordt met onderstaande deelvragen methodisch beantwoord.

1. Welke informatie is minimaal nodig voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere?
2. Hoe zorgt Linked Data voor een hogere datakwaliteit voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere?
3. Welke minimale ontologie is nodig om de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere te modelleren?

Om een antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen is een documentanalyse uitgevoerd waarvoor inspectierapporten van Rijkswaterstaat zijn geanalyseerd. In een literatuuronderzoek zijn de kwalitatieve objectrisicoanalyse en Linked Data bestudeerd. Aanvullend zijn interviews afgenomen om de werkwijze van Rijkswaterstaat en de meerwaarde van Linked Data te achterhalen. Er is een proof of concept gerealiseerd om de flexibele gegevensstructuur van Linked Data te simuleren ter demonstratie. Tot slot is gebruik gemaakt van de expertise van deskundigen om dit onderzoek te valideren.

De kwalitatieve objectrisicoanalyse is onderdeel van de instandhoudingsinspectie. Het is een methode om de balans tussen risico's, prestaties en kosten in beeld te brengen. De objectrisicoanalyse bestaat uit vier onderdelen: de systeem- en functieanalyse, de failure mode and effect analysis, een risicomatrix en de beoordeling van de risico's. Uiteindelijk worden beheersmaatregelen in acties uitgezet en in een advies opgenomen. Een objectbeheerder beslist om het advies in het instandhoudingsplan op te nemen.

Linked Data is een technologie om gegevens te structureren in de vorm van een ontologie. Een ontologie voor Linked Data moet op conceptueel-, logisch- en technisch niveau worden gemodelleerd volgens de FAIR-principes. Dit biedt de mogelijkheid voor hergebruik van bestaande gegevensstructuren van anderen. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid om informatie uit de kwalitatieve objectrisicoanalyse te gebruiken buiten de context van de applicatie waarin de gegevens zijn gegenereerd.

Linked Data stimuleert nauwkeurigere analyses. De wijze waarop gegevens worden gestructureerd biedt inzicht in de identiteit en betekenis van data en biedt een hogere betrouwbaarheid in de meest actuele versie van gegevens. De FAIR-principes helpen de voordelen van Linked Data beter te benutten. Daardoor ontsluit het potentieel dat ketenpartijen gezamenlijk kunnen profiteren van een Linked Data-oplossing voor een optimaal onderhoudsplan.

Abstract

The current information landscape of Rijkswaterstaat makes it difficult to collect information about civil engineering structures. This makes it complex and time-consuming to realise maintenance schedules that combine maintenance activities and allow chain parties to work together to minimise the inconvenience of maintenance work. This creates the risk that defects will be discovered and/or solved too late, resulting in higher final costs.

This research aims to gain insight into how Linked Data can be used to improve maintenance planning for civil engineering structures of Rijkswaterstaat. The following main question has been formulated for this purpose:

“How can the qualitative object risk analysis of the Buitenhout north viaduct at the Almere junction be modelled with Linked Data?”

The main question is methodically answered with the sub-questions below.

1. What minimum information is required for the qualitative object risk analysis of the Buitenhout north viaduct at the Almere junction?
2. How does Linked Data ensure higher data quality for the qualitative object risk analysis of the Buitenhout north viaduct at the Almere junction?
3. What minimum ontology is needed to model the qualitative object risk analysis of the Buitenhout north viaduct at the Almere junction?

To answer the research questions, document analysis was carried out, for which Rijkswaterstaat inspection reports were analysed. Qualitative object risk analysis and Linked Data were studied in a literature review. In addition, interviews were conducted to find out about Rijkswaterstaat's method and the added value of Linked Data. A proof of concept has been realised to simulate the flexible data structure of Linked Data for demonstration. Finally, the expertise of experts was used to validate this research.

The qualitative object risk analysis is part of the conservation inspection. It is a method to map out the balance between risks, performance and costs. The object risk analysis consists of four parts: the system and function analysis, the failure mode and effect analysis, a risk matrix and the assessment of the risks. Ultimately, control measures are mapped out in actions and included in a recommendation. An asset manager decides whether to include the advice in the conservation plan.

Linked Data is a technology to structure data in the form of an ontology. An ontology for Linked Data must be modelled on a conceptual, logical and technical level according to the FAIR principles. This offers the possibility to reuse existing data structures of others. This creates the opportunity to use information from the qualitative object risk analysis outside the context of the application in which the data was generated.

Linked Data encourages more accurate analyses. The way in which data is structured provides insight into the identity and meaning of data and provides higher reliability in the most current version of data. The FAIR principles help to make better use of the benefits of Linked Data. This unlocks the potential that chain parties can jointly benefit from a Linked Data solution for an optimal maintenance plan.

Inhoudsopgave

FIGUREN- EN TABELLEN	VII
1. INLEIDING.....	1
1.1. LEESWIJZER	2
2. THEORETISCH KADER	3
2.1. BEHEEROBJECT	3
2.2. ASSET MANAGEMENT	3
2.3. OBJECTRISICOANALYSE	3
2.4. DATAKWALITEIT	5
2.5. LINKED DATA	5
2.6. ONTOLOGIE	5
3. METHODOLOGIE	6
3.1. DOCUMENTANALYSE	6
3.2. LITERATUURONDERZOEK	7
3.3. INTERVIEW.....	7
3.4. BESCHIKBARE PRODUCTANALYSE	8
3.5. PROOF OF CONCEPT & SIMULATIE.....	8
3.6. PEER REVIEW.....	8
4. INFORMATIEBEHOEFTE OBJECTRISICOANALYSE	9
4.1. WERKWIJZE RIJKSWATERSTAAT	9
4.2. KWALITATIEVE OBJECTRISICOANALYSE	10
4.3. CONCLUSIE.....	12
5. MEERWAARDE VAN LINKED DATA.....	13
5.1. LINKED DATA	13
5.2. FAIR-PRINCIPES	15
5.3. CONCLUSIE.....	15
6. ONTOLOGIE OBJECTRISICOANALYSE.....	16
6.1. CONCEPTUEEL META MODEL.....	16
6.2. CONCEPTUEEL (INFORMATIE)MODEL	17
6.3. LOGISCH INFORMATIEMODEL EN TECHNISCH GEGEVENSMODEL	17
6.4. CONCLUSIE.....	18
7. DISCUSSIE	19
8. CONCLUSIE.....	20
9. AANBEVELINGEN	21
NAWOORD	22
BIBLIOGRAFIE	25

BIJLAGE A: PROJECTPLAN	XXXII
BIJLAGE B: ONDERZOEKSRAPPORT	LXIII
BIJLAGE C: VERANTWOORDING CONTACT	LXXXI
BIJLAGE D: PROOF OF CONCEPT	CXIX
BIJLAGE E: ONTWERPPROCES.....	CXXXIV

Figuren- en tabellen

Figuur 1 De ORA in de PDCA-cyclus (Rijkswaterstaat, 2018a)	4
Figuur 2 Stappen in de kwalitatieve objectrisicoanalyse	10
Figuur 3 De ORA als onderdeel van processtappen	11
Figuur 4 Betekenisdriehoek uit de communicatiewetenschap (Brattinga, Overbeek, & Santema, 2018)	13
Figuur 5 Interoperabiliteit bij ketenpartijen	14
Figuur 6 Data-architectuur Xamit (Voskuil, 2020)	lxv
Figuur 7 Knooppunt Almere (Rijkswaterstaat, 2019a)	lxxi
Figuur 8 Voorbeeldtekening liggingsplan en vastmeetschetsen	lxxii
Figuur 9 Twee viaducten bij knooppunt Almere	lxxii
Figuur 10 De ligging van Almere en Lelystad	lxxiii
Figuur 11 De ligging van viaduct Buitenhout noord	lxxiii
Figuur 12 Eisen per RAMSSHEEP-aspect (Rijkswaterstaat, 2014)	lxxiv
Figuur 13 Risicomatrix (Rijkswaterstaat, 2014)	lxxiv
Figuur 14 Kansklasse bepaling (Rijkswaterstaat, 2014)	lxxiv
Figuur 15 Gevolgklasse bepaling (Rijkswaterstaat, 2017)	lxxv
Figuur 16 Adviezen gedefinieerd (Rijkswaterstaat, 2014)	lxxvi
Figuur 17 Adviesbepaling (Rijkswaterstaat, 2014)	lxxvi
Figuur 18 Voorbeeld onderhoudsmaatregelen (Barendregt & Van Wenum, 2003)	lxxvii
Figuur 19 Voorbeeld advies aanpassen IHP (inspectierapport) (Barendregt & Van Wenum, 2003)	lxxvii
Figuur 20 Advies aanpassen IHP (inspectierapport) (Van der Welle, 2011)	lxxviii
Figuur 21 Voorbeeld onderhoudsplanning in IHP (Barendregt & Van Wenum, 2003)	lxxviii
Figuur 22 Dimensies van datakwaliteit en hun definities (Wang & Strong, 1996)	lxxix
Figuur 23 Linked Data verandert in focus op onderwerp	lxxxvii
Figuur 24 Het informatiemodel van de systeem- en functieanalyse gemodelleerd	cxx
Figuur 25 Het informatiemodel van de FMEA	cxxi
Figuur 26 Het informatiemodel van de FMECA	cxxi
Figuur 27 Het informatiemodel van beheersmaatregel	cxxii
Figuur 28 Gedetailleerde processtappen van de ORA	cxxiv
Figuur 29 Subklassen van Concept	cxxv
Figuur 30 Decompositie viaduct (Barendregt & Van Wenum, 2003)	cxxv
Figuur 31 RAMSSHEEP in de juiste volgorde	cxxvi
Figuur 32 Publieke klassen	cxxvi
Figuur 33 Create Concept Scheme	cxxvi
Figuur 34 Concepten van het informatiemodel	cxxvii
Figuur 35 Taxonomie voor de objectrisicoanalyse	cxxvii
Figuur 36 Kans- en gevolgscore worden node kind	cxxviii
Figuur 37 Viaducten geïnstantieerd	cxxx
Figuur 38 Faalwijze geïnstantieerd	cxxx
Figuur 39 Risicoscore geïnstantieerd	cxxxix
Figuur 40 Gevolgtrekkingen met SPARQL-queries	cxxxix
Figuur 41 Risicoscore berekend	cxxxix
Figuur 42 Twee ongelijksoortige datasets	cxxxix
Figuur 43 Importeren ongelijksoortige datasets	cxxxix
Figuur 44 Twee ongelijksoortige datasets geïmporteerd	cxxxix
Figuur 45 Eerste iteratie proof of concept	cxxxix
Figuur 46 Tweede iteratie proof of concept	cxxxix
Figuur 47 Derde iteratie proof of concept	cxxxix
Figuur 48 Vierde iteratie proof of concept	cxxxix

Figuur 49 Vijfde iteratie proof of concept.....	cxxxvi
Figuur 50 Zesde iteratie proof of concept.....	cxxxvii
Figuur 51 Zevende iteratie proof of concept.....	cxxxviii
Figuur 52 Achtste iteratie proof of concept.....	cxxxix
Figuur 53 Negende iteratie proof of concept.....	cxli
Tabel 1 Geanalyseerde inspectierapporten	lxv
Tabel 2 Inspectiegegevens	lxvi
Tabel 3 Objectgegevens	lxvii
Tabel 4 Beschrijving beheerobject.....	lxviii
Tabel 5 Documenten voor bureaustudie.....	lxviii
Tabel 6 SPARQL-query voor berekening van risicoscore	cxxix
Tabel 7 SPARQL-query voor toewijzing risiconiveau aan risicoscore	cxxix

1. Inleiding

Nederland heeft momenteel te maken met 800 civieltechnische bouwwerken voor het water die niet meer aan de huidige eisen voldoen. Aanvullend vereisen 250 bouwwerken aankomende decennia vervanging of grootschalige renovatie. De civiele bouwsector kan met de beperkte middelen niet in korte tijd tot een haalbare onderhoudsplanning komen (Kennisprogramma Natte Kunstwerken, 2015; RVO, 2019). In Nederland beheren Rijkswaterstaat en de waterschappen het water. Rijkswaterstaat niet in staat is geweest om noodzakelijk groot variabel onderhoud tijdig uit te voeren (Baggen, 2021).

Inzicht in het inspectieproces kan bijdragen aan optimalisatie van onderhoudsplanningen (RVO, 2019). De instandhoudingsinspectie is het meest op de lange termijn gericht (Lassing-Van der Spek, Bredeveld, & Hellebrandt, 2016). Een belangrijk onderdeel daarvan is de kwalitatieve objectrisicoanalyse. De kwalitatieve objectrisicoanalyse is op alle (water en wegen) bouwwerken van Rijkswaterstaat van toepassing (Rijkswaterstaat, 2017; 2021a; 2021b). Daarom ligt daar de nadruk van dit onderzoek.

Het probleem is dat het huidige informatielandschap het moeilijk maakt om informatie over bouwwerken te verzamelen. Dit maakt het complex en tijdrovend om onderhoudsplanningen te realiseren die onderhoudsbeurten combineren en ketenpartijen laten samenwerken om de hinder van onderhoudswerkzaamheden te minimaliseren (Macomi, 2021). Hierdoor ontstaat het risico dat mankementen te laat ontdekt en/of opgelost worden, waardoor de uiteindelijke kosten hoger uitvallen (Brabants Dagblad, 2017; Baggen, 2021).

Taxonic streeft naar het kunnen aanbieden van een Linked Data-oplossing voor het publiceren van heterogene gegevensbronnen (Rongen, 2021). Dit ontsluit het potentieel dat ketenpartijen gezamenlijk kunnen profiteren van een ICT-oplossing voor een optimaal onderhoudsplan (Bakker, 2021). De aansluiting is met de situatie bij Rijkswaterstaat gezocht, omdat transparantie bij overheidsinstanties wettelijk is verplicht.

Onderzoekers stellen dat er een kloof bestaat tussen wetenschappelijk en zakelijk onderzoek. In de zakelijke onderzoeksliteratuur is te weinig aandacht voor het gebruik van Linked Data-oplossingen (Folmer, Ronzhin, Van Hillegersberg, Beek, & Lemmens, 2020; Hitzler, 2021). De academische kennis is beschikbaar en vereist een vertaalslag naar specifieke situaties van de markt (Rongen, 2020; Bakker, 2021). Het doel van dit praktijkgericht onderzoek is om inzicht te krijgen in hoe Linked Data kan worden gebruikt om onderhoudsplanningen voor civieltechnische bouwwerken van Rijkswaterstaat te verbeteren. Hiervoor is de volgende hoofdvraag opgesteld:

“Hoe kan de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere met Linked Data gemodelleerd worden?”

De hoofdvraag wordt met onderstaande deelvragen methodisch beantwoord.

1. Welke informatie is minimaal nodig voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere?
2. Hoe zorgt Linked Data voor een hogere datakwaliteit voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere?
3. Welke minimale ontologie is nodig om de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere te modelleren?

1.1. Leeswijzer

Hoofdstuk 2 presenteert het theoretisch kader voor het onderzoek. Het geeft uitleg over begrippen in en de praktische relevantie van dit onderzoek. Hoofdstuk 3 behandelt de methodische aanpak van dit onderzoek. Hoofdstuk 4 biedt inzicht in de kwalitatieve objectrisicoanalyse en toont de informatiebehoefte voor het ontwerp van een gegevensstructuur. Hoofdstuk 5 beschrijft wat Linked Data is en wat het voor de kwaliteit van gegevens betekent. Het laat zien dat de techniek veel potentie heeft, maar ondersteuning vereist van best practices voor optimaal resultaat. Hoofdstuk 6 behandelt ontwerp en realisatie van het proof of concept dat Linked Data toepast om in de informatiebehoefte te voorzien. Hoofdstuk 7 presenteert verworven inzichten over Rijkswaterstaat en waterschappen en biedt een opvatting over Linked Data. Hoofdstuk 8 geeft een conclusie als antwoord op de hoofdvraag. Hoofdstuk 9 presenteert aanbevelingen gebaseerd op bevindingen uit het onderzoek.

2. Theoretisch kader

De begrippen ‘beheerobject’, ‘asset management’, ‘objectrisicoanalyse’, ‘datakwaliteit’, ‘Linked Data’ en ‘ontologie’ zijn belangrijk in het onderzoek. Dit hoofdstuk belicht welke definities gebruikt worden.

2.1. Beheerobject

Bij Rijkswaterstaat wordt onder andere de term (nat) kunstwerk gebruikt. Adriaanse (2017) definieert de term ‘(nat) kunstwerk’ als volgt: “Een verzamelnaam om civieltechnische bouwwerken zoals bruggen, viaducten en onderdoorgangen aan te duiden”. Assetworks (2017) wijkt af met zowel term als definitie voor een civieltechnisch bouwwerk: “Een asset is elk bedrijfsmiddel dat is aangeschaft voor langdurig gebruik waarvoor nauwlettend toezicht vereist is, met een waarde die kan worden gemeten en uitgedrukt in monetaire eenheden.” AssetInsights (2021) komt overeen met de definitie van Assetworks: “Een asset is een geïntegreerde assemblage van meerdere fysieke componenten, die periodiek onderhoud, reparatie en eventuele vernieuwing vereist”. In dit onderzoek is de definitie van AssetInsights gehanteerd, omdat de balans tussen risico’s, prestaties en kosten nadrukkelijk terugkomt in de standaard van Rijkswaterstaat.

De synoniemen ‘(nat) kunstwerk’, ‘asset’ en (beheer)object worden veel gebruikt om civieltechnische bouwwerken aan te duiden. Er zijn drie redenen waarom de term beheerobject in dit onderzoek wordt gehanteerd voor alle civieltechnische bouwwerken die Rijkswaterstaat in beheer heeft: (i) voor dit onderzoek wordt een standaard van Rijkswaterstaat gebruikt waarin deze term voor viaduct Buitenhout noord gehanteerd wordt; (ii) de definitie van (nat) kunstwerk is minder snel van het begrip af te leiden en mist daarmee zijn doel; (iii) binnen het ICT-werkveld is ‘object’ een veelgebruikt concept en dat kan verwarring veroorzaken.

2.2. Asset Management

Rijkswaterstaat definieert de term ‘asset management’ als volgt: “de risico’s in het functioneren van beheerobject via beheer- en onderhoudsacties zodanig te beheersen, dat de afgesproken prestaties worden geleverd tegen minimale (levensduur)kosten.” (Rijkswaterstaat, 2017). De definitie van Macomi komt overeen met die van Rijkswaterstaat: “beslissingen maken over welke investeringen in assets het meeste bijdragen aan wat de organisatie belangrijk vindt” (Koppenberg, 2019). In dit onderzoek wordt een combinatie van de twee definities gebruikt: het in beeld brengen van de balans tussen risico’s, prestaties en kosten om investeringen te onderbouwen met wat de organisatie belangrijk vindt.

2.3. Objectrisicoanalyse

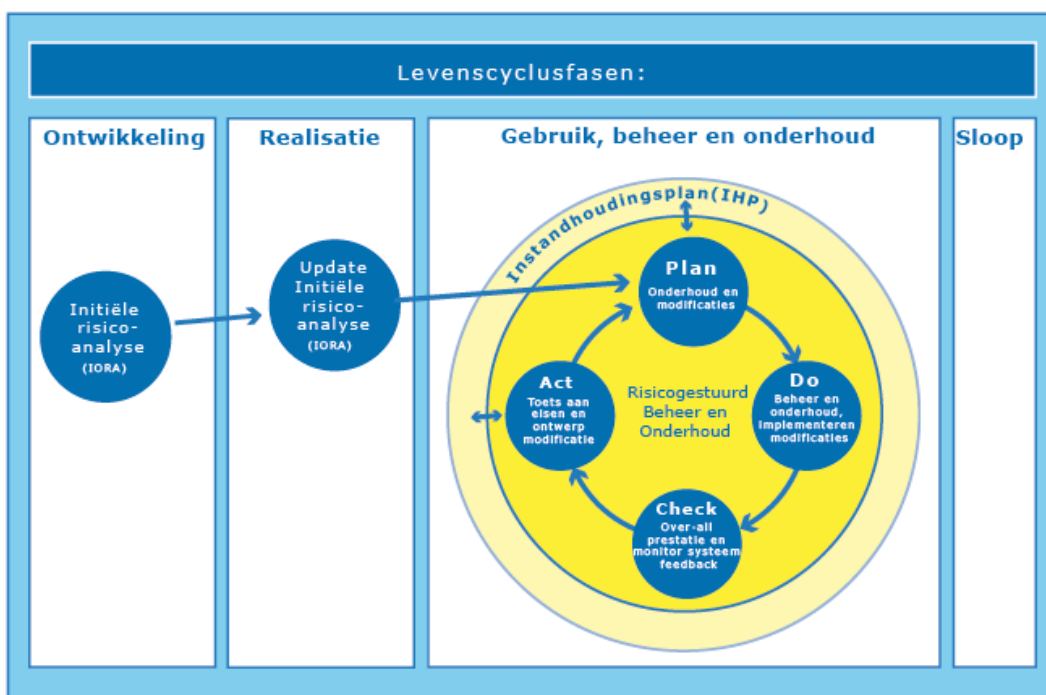
Een beheerobject kent een levenscyclus met de fasen *Ontwikkeling*, *Realisatie*, *Gebruik* en *Sloop* (Rijkswaterstaat, 2018a). Met invoering van risicogestuurd beheer en onderhoud (RGO) in 2010, worden in de gebruiksfase PDCA-cycli doorlopen en prestaties gemonitord van beheerobjecten, die Rijkswaterstaat in beheer heeft. Doorontwikkeling van RGO heeft tot een herijking geleid, de *handreiking prestatiegestuurde risicoanalyses (PRA)*. De handreiking is bedoeld om de balans tussen prestaties, risico’s en kosten voor beheerobjecten in beeld brengen (Rijkswaterstaat, 2017).

In de PRA komen verschillende methodes aan bod die in aparte handreikingen inhoudelijk verder zijn uitgewerkt en vastgelegd, waaronder de standaard voor objectrisicoanalyse (ORA). Rijkswaterstaat gebruikt de ORA voor risicosturing gedurende de levenscyclus van infrastructuur, gedurende aanleg, beheer en onderhoud (Rijkswaterstaat, 2017). Rijkswaterstaat maakt onderscheid tussen een kwalitatieve- en kwantitatieve objectrisicoanalyse (Rijkswaterstaat, 2018a). Figuur 1 toont het verband tussen de ORA en de PDCA-cyclus gedurende de levenscyclus van een beheerobject.

Bij *aanleg* van een beheerobject wordt een kwantitatieve ORA gemaakt (Rijkswaterstaat, 2018a), de initiële ORA (I-ORA) genoemd. Bij een kwantitatieve ORA leiden wiskundige berekeningen of modellering van de kans van systeemfalen, tot uitspraken over de te verwachten *betrouwbaarheid* en *beschikbaarheid* van een beheerobject. De uitspraken resulteren in een onderhoudsstrategie en bijbehorende onderhoudsmaatregelen en een gewenst risicobeeld (Rijkswaterstaat, 2017).

In de gebruiksfase (*beheer en onderhoud*) wordt van alle beheerobjecten een kwalitatieve ORA gemaakt. De kwalitatieve ORA is een methode voor het vaststellen van het gewenste prestatieniveau van beheerobjecten, voor inventarisatie en analyse van risico's en voor het beheersen van risico's, te beginnen met de hoogste prioriteit. Inspecties, onderhoud en ongeplande niet-beschikbaarheid zijn aanleiding voor het opnieuw maken van een ORA (Rijkswaterstaat, 2018a). De laatst gemaakte ORA dient als input voor de volgende. Dit leidt tot inzichten over het actueel risicobeeld (Rijkswaterstaat, 2017).

De complexiteit voor *beheer en onderhoud* van een beheerobject neemt toe in de tijd. Daardoor zijn meer gegevens nodig om de balans tussen prestaties, risico's en kosten te bewaken (De Vroedt & Hoving, 2014). Een kwantitatieve ORA is in de gebruiksfase een aanvulling op de kwalitatieve variant (Rijkswaterstaat, 2018a). De keuze voor kwantitatieve ORA een is afhankelijk van de eisen aan het beheerobject en het kritisch-niveau van het beheerobject in een netwerk van beheerobjecten die gezamenlijk een functie vervullen (Rijkswaterstaat, 2017). In dit onderzoek is geen domeinexpert betrokken om wiskundige berekeningen te doorgronden en daarom is de kwalitatieve ORA gebruikt.



Figuur 1 De ORA in de PDCA-cyclus (Rijkswaterstaat, 2018a)

2.4. Datakwaliteit

Onderzoek naar datakwaliteit heeft vijftien dimensies aangewezen als de meest belangrijke en in vier categorieën geclusterd (Wang & Strong, 1996): (i) **intrinsiek**: nauwkeurigheid (syntax en semantiek), geloofwaardigheid, objectiviteit en reputatie van gegevens; (ii) **contextueel**: relevantie, volledigheid, toegevoegde waarde, actualiteit, hoeveelheid gegevens; (iii) **representatief**: interpreteerbaarheid, gemak van begrip, representatieve consistentie en beknoptheid van representatie; (iv) **toegankelijkheid**: toegang en beveiliging (zie bijlage B voor definities).

Beoordeling van datakwaliteit gebeurt met informatie over hoe, waar en wanneer gegevens zijn ingewonnen. Het betreft pragmatische zaken (herkomst en bruikbaarheid), kwaliteit (betrouwbaarheid en volledigheid) en de status (authenticiteit) van de gegevens die worden vastgelegd (Brattinga, Overbeek, & Santema, 2018; Van Rijn & Santema, z.d.). DAMA International (2017) definieert datakwaliteit als volgt: “Data is van hoge kwaliteit in de mate dat het voldoet aan de verwachtingen en behoeften van dataconsumenten. Tenminste, als de gegevens geschikt zijn voor de doeleinden van de beoogde toepassing”.

2.5. Linked Data

Semantiek is de studie naar de betekenis van natuurlijke verschijnselen. Alle beschikbare informatie over de natuurlijke werkelijkheid wordt beschreven en verbonden om daar contextuele betekenis aan toe te voegen. De context stelt in staat om gegevens beter te begrijpen, doorzoeken en delen (Taylor, 2015). Het Semantic Web is een toekomstvisie die voorschrijft om informatie een expliciete betekenis te geven om het voor machines gemakkelijker te maken om “automatisch beschikbare informatie op het web te verwerken en te integreren” (W3C, 2021).

Linked Data is een benadering die Semantic Web-technologieën combineert voor het publiceren van heterogene databronnen op internet (Folmer, Ronzhin, Van Hillegersberg, Beek, & Lemmens, 2020). Het stelt in staat om specifieke gegevens op te vragen voor integratie en samenvoeging met andere gegevens, zonder de noodzaak de systemen te begrijpen en tijd kwijt te zijn aan het prepareren van informatie (Archer, Dekkers, Goedertier, & Loutas, 2013; Voskuil, 2014).

De waarde van Linked Data is het onverwachte gebruik van informatie. Daarom is Linked Data waardevoller naarmate meer gegevens zijn verbonden (Berners-Lee, 2009b). Samenvoeging van diverse gegevens ontsluit het potentieel om gegevens buiten de oorspronkelijke context te hergebruiken. Het potentieel leidt tot een representatie van alle relevante informatie over één ding, waardoor verbanden ontdekt worden waar impliciet naar wordt gezocht (Berners-Lee, 2009b; Voskuil, 2014; Chang, 2018).

2.6. Ontologie

Feibleman (1953) definieert de term ‘ontologie’ als volgt: “Om de aard van het universum van alle universums te vinden en tegelijkertijd de feiten op te slaan, om elk type detail in de wereld te verklaren en om redenen te zoeken voor het bestaan van dergelijke details”. De definitie van Gruber (1992) is als volgt: “Een expliciete specificatie van conceptualisering. (...) Een conceptualisering is een abstracte, vereenvoudigde beschouwing van de wereld die voor een bepaald doeleinde wordt gerepresenteerd”. De definitie van Uschold (2018) komt overeen met de definitie van Gruber: “Een model dat een bepaald onderwerp representeert. (...) Een ontologie communiceert wat te maken heeft met het onderwerp dat centraal staat en hoe het met elkaar verband houdt.” In dit onderzoek wordt de definitie van Gruber gebruikt, omdat dit een van de meest geciteerde definities in de computerwetenschappen is (Guizzardi, 2005).

3. Methodologie

Het onderzoek is kwalitatief uitgevoerd om antwoord te geven op de onderzoeksvragen. Hiervoor is gekozen om wetenschappelijk onderzoek met de praktijk te verbinden. De onderzoeksmethoden zijn gestructureerd met de methodenkaart voor praktijkonderzoek, ook wel het “Development Oriented Triangulation (DOT) Framework” (Van Turnhout, et al., 2013). De methodenkaart gaat uit van triangulatie; het combineren van verschillende theorieën, methoden of databronnen om zo tot betere antwoorden te komen op onderzoeksvragen (Oates, 2006). Het model ondersteunt bij de keuzes die gemaakt worden bij het samenstellen van een methodenmix in een praktijkgericht onderzoek. Bovendien kan het als plannings-, reflectie- en verantwoordingsmodel gebruikt worden (Van Turnhout, et al., 2014).

Het DOT-framework maakt gebruik van de onderzoeksstrategieën bieb, veld, lab, werkplaats, showroom en stepping stones. De methoden zijn geraadpleegd van de websites ICT Research Methods HBO-i (www.ictresearchmethods.nl) en cmdmethods (www.cmdmethods.nl). De nadere onderbouwing voor de keuze van onderzoeksstrategieën en methoden komt in het projectplan terug (zie bijlage A).

3.1. Documentanalyse

Voor de eerste deelvraag is Marjo Smit (informatie analist bij Taxonic) gevraagd naar de belangrijkste documentatie van de informatieanalyse voor project Xamit. De informatieanalyse heeft de gelegenheid geboden om de werkwijze van Rijkswaterstaat en Macomi's planningssoftware te begrijpen. De documentanalyse is in bijlage B opgenomen.

Voor de analyse van Macomi's planningssoftware is het succesverhaal bij ProRail op de website van Macomi (www.macomini.nl) geraadpleegd. Het algoritme is met het PowerPoint-bestand *Introductie TVP-planner* bestudeerd. De analyse gaf onvoldoende informatie over de meerwaarde van Linked Data voor Macomi. Voor verder onderzoek is een topiclijst opgesteld voor een interview met een medewerker van Macomi. De studie naar het algoritme is niet in dit onderzoek opgenomen, omdat het niet noodzakelijk was voor de beantwoording van de onderzoeksvraag.

Inspectierapport programmeringsinspectie Gouda, *Inspectierapport programmeringsinspectie A2* en *Instandhoudingsadvies Amelis* zijn bestudeerd op aanbeveling van Smit. Dit bood de gelegenheid om het proof of concept te valideren met bevindingen en risico's die in de praktijk gerapporteerd worden. Om in hoofdlijnen een beeld te krijgen van de objectrisicoanalyse is het PowerPoint-bestand *Risicoanalyse* bestudeerd.

Bij de kennismaking met Taxonic medewerkers Sjoerd Rongen (Linked Data Consultant), Rob Green (java consultant), Jan Voskuil (semantic architect), Richard Dijkstra (Linked Data architect) en Marjo Smit (informatie analist) zijn aantekeningen gemaakt. Alle kennismakingsgesprekken zijn individueel verlopen via Microsoft Teams. De gesprekken waren ongestructureerd. Tijdens de gesprekken zijn aantekeningen gemaakt en na afloop door de respondenten gevalideerd. De aantekeningen zijn in bijlage C opgenomen en in de documentanalyse gebruikt. In gesprek met Green is de spreadsheet *Mapping scenario* aanbevolen voor analyse van de theoretische uitwerking van Xamit.

3.2. Literatuuronderzoek

Voor het literatuuronderzoek van deelvraag 1 is naar handreikingen over *inspecties* gezocht op standaarden.rws.nl. *Set Data-eisen Geodetische informatie* is geselecteerd waaruit de keuze voor viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere is ontstaan. De validatie voor de ligging van viaduct Buitenhout noord is in bijlage B opgenomen. Meer informatie over Rijkswaterstaat als organisatie en over de historie van het viaduct (specifiek wegenprogramma A1/A6/A9/A10: *Schiphol-Amsterdam-Almere*) is geraadpleegd van www.rijkswaterstaat.nl.

De set data-eisen biedt onvoldoende informatie voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse. Daarom zijn de handreikingen *Prestatiegestuurde risicoanalyses*, *Kwalitatieve objectrisicoanalyse* en *FMECA template* verzameld via www.leidraadse.nl/downloads. Werkbeschrijvingen voor het *standaard inspectieproces* en het *instandhoudingsplan* zijn van puc.overheid.nl/rijkswaterstaat opgehaald.

Voor het literatuuronderzoek van deelvraag 2 en 3 heeft Jan Voskuil het boek *Cataloging the World* van Alex Wright en de Nederlandse technische afspraak (NTA) 8035 aangedragen. Sjoerd Rongen (Linked Data Consultant bij Taxonic) en Marjo Smit hebben het boek *Demystifying OWL for the Enterprise* van Michael Uschold aanbevolen. Er zijn wetenschappelijke artikelen over *Data Quality* en *Linked Data* uit 2019 tot en met 2021 en over *FAIR* uit 2018 tot en met 2021 gezocht in Tilburg University Library. Informatie over in het proof of concept gebruikte modelleerniveaus, vocabulaires, URI(-strategie) en best practices zijn van World Wide Web Consortium (www.w3.org) geraadpleegd. Alle publicaties van de website van Taxonic (www.taxonic.com) zijn geraadpleegd. Aanvullend zijn interne PowerPoint-bestanden van de cursus *Linked Data Voor Practitioners* geraadpleegd en de wetenschappelijke bronnen die bij Xamit zijn gebruikt.

3.3. Interview

Er is van de onderzoeksopzet in het projectplan afgeweken doordat in dit onderzoek interviews zijn afgenomen (zie bijlage A). Het verloop van respondentenwerving is in bijlage C beschreven. De interviews zijn om drie redenen afgenomen: (i) de documentanalyse was onverzadigd omdat de business case voor Xamit impliciet is; (ii) de documentanalyse en het literatuuronderzoek boden geen inzicht in het informatielandschap Rijkswaterstaat; (iii) Jan Voskuil (ceo bij Taxonic) herinnerde zich tijdens de uitvoering van het onderzoek dat hij in het verleden contact heeft gehad met Mick Baggen (business informatie architect bij Rijkswaterstaat). Bovendien is bij de probleemanalyse een interview afgenomen met Michel Kramer (teamleider onderhoud technische installaties). Aanvullend zijn via e-mail vragen gesteld aan Cees Zeijler (gepensioneerd landmeetkundige bij Waterschap Zeeuws-Vlaanderen en Scheldestromen) en Patrick Dobber (beleidsadviseur waterkering).

De topiclijsten uit de documentanalyse en het literatuuronderzoek zijn aangehouden in de interviews met Kramer, Baggen en Pawel Kolodziejczyk (simulation consultant bij Macomi). Wegens diversiteit in achtergrond bij respondenten kon er niet met een homogene topiclijst gewerkt worden. De topiclijsten hebben de mogelijkheid geboden om dezelfde onderwerpen te bespreken vanuit diverse invalshoeken.

De interviews waren semigestructureerd, zodat doorgevraagd kon worden om meer informatie te verkrijgen. Alle interviews zijn individueel afgenomen via Microsoft Teams. De duur varieerde van 30 tot 90 minuten. Er zijn opnames gemaakt en later teruggekeken voor transcriptie. De transcripties zijn met de respondenten gedeeld en door allen gevalideerd. Kolodziejczyk heeft gevraagd om de kostenbesparing bij ProRail vertrouwelijk te behandelen. De transcripties zijn samengevat en in bijlage B bij documentanalyse ondergebracht. De bevindingen uit het interview met Kolodziejczyk hadden meer aansluiting met deelvraag 2 en zijn daarom bij deze deelvraag verwerkt.

3.4. Beschikbare productanalyse

Voor deelvraag 3 is aansluiting gezocht met bestaande vocabulaires om de interoperabiliteit van Linked Data te illustreren. Jesse Bakker (Architect RDF bij Taxonic) heeft de vocabulaires gedeeld die van World Wide Web Consortium (www.w3.org) zijn geraadpleegd. Overige vocabulaires zijn via DuckDuckGo (www.duckduckgo.com) gevonden met de zoektermen: 'Linked Data' en 'OTL' gecombineerd met 'inspectie' of 'risicoanalyse'. De termen zijn in het Engels en Nederlands gebruikt. De beschikbare productanalyse is in bijlage B opgenomen.

3.5. Proof of concept & simulatie

De aantekeningen van de kennismaking met Taxonic medewerkers uit de documentanalyse zijn samengevoegd. Dit resulteerde in een lijst van best practices die bij ontwerp van het proof of concept zijn nageleefd. Het proof of concept is een gegevensstructuur voor de kwalitatieve ORA in de vorm van een ontologie. Het ontwerp is gevisualiseerd met yEd Graph Editor (www.yworks.com). Tijdens de wekelijkse voortgangsgesprekken met Jesse Bakker (bedrijfsbegeleider) hebben de visualisaties discussie opgeroepen. Dit heeft tot verbeteringen geleid in opvolgende iteraties van het ontwerp. Besproken onderwerpen tijdens het ontwerp- en realisatieproces zijn in bijlage D gedocumenteerd en bij de resultaten van deelvraag 3 verwerkt.

De beschikbare productanalyse is gebruikt om hergebruik van bestaande vocabulaires te illustreren. De spreadsheet *Mapping scenario* is gebruikt voor illustratie om Xamit in het ontwerp te integreren. Visualisaties van het werkelijke iteratieproces zijn voor transparantie in het leerproces in bijlage E opgenomen. Het proof of concept is in de ontwikkelomgeving TopBraid Enterprise Data Governance (www.topquadrant.com) gerealiseerd en gesimuleerd. De simulatie gebeurde in de vorm van een demo om inzicht te krijgen in de werkzaamheid van het proof of concept. Rijkswaterstaat is niet betrokken geweest bij het specificeren van de eisen en wensen voor het proof of concept. Realisatie en simulatie is daarom gebaseerd op de resultaten van deelvraag 1.

3.6. Peer review

Ten behoeve van de betrouwbaarheid en de validiteit van het onderzoek is gebruik gemaakt van de expertise van deskundigen. Voskuil, Bakker, Dijkstra, Smit en Baggen zijn gevraagd om het onderzoek te valideren en te helpen bij het positioneren en verbeteren ervan. Afgezien van Bakker hebben alle deskundigen feedback op het onderzoek gegeven.

4. Informatiebehoefte objectrisicoanalyse

Voor het vaststellen van de informatiebehoefte is gekeken naar de kerntaken van Rijkswaterstaat en is een voorschrift over de objectrisicoanalyse voor uitvoerders onderzocht. Daarnaast is informatie gevonden over een beheerobject, die Rijkswaterstaat in beheer heeft. Samen geven de onderzoeksresultaten antwoord op deelvraag 1:

“Welke informatie is minimaal nodig voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere?”

4.1. Werkwijze Rijkswaterstaat

Voor het beheer van beheerobjecten wordt onderscheid gemaakt tussen eigenaar, beheerder en opdrachtnemer (intern of extern georganiseerd). De eigenaar betaalt en bepaalt, de beheerder kiest de meest optimale aanpak en de opdrachtnemer heeft de operationele taak (Neves Cordeiro & Hauwert, 2015).

Rijkswaterstaat heeft landelijke diensten en zeven regionale diensten. Regionale diensten hebben areaal onder hun beheer en zijn autonoom georganiseerd. Landelijke diensten kunnen zaken op centraal niveau regelen, bijvoorbeeld: processen voorschrijven, beheer en onderhoud uitvoeren en projecten naar de markt brengen. Inspectieresultaten worden bij aannemers in documentaire vorm opgevraagd (Baggen, 2021).

Een instandhoudingsplan (IHP) wordt door de objectbeheerder opgesteld (Baggen, 2021). Het IHP bevat informatie over het beheerobject, voorgeschreven eisen, omgevingsaspecten, de verwachte prestatie en het onderhoud dat in een planperiode van twintig jaar noodzakelijk is. Het IHP dient als referentie om te prioriteren, te budgetteren en te plannen en wordt periodiek bijgewerkt. Er zijn drie typen IHP's: een uitgebreide en een minder uitgebreide kwantitatieve variant en de semi-kwantitatieve variant. Het semi-kwantitatieve IHP is op de kwalitatieve ORA van toepassing (Barendregt & Van Wenum, 2003; Rijkswaterstaat, 2018a; 2018b).

Het RWS Inspectiehuis maakt, volgens Kennisprogramma Natte Kunstwerken (2016), onderscheid tussen drie soorten inspecties: (i) de schouw is een wekelijkse, regionale inspectie naar direct waarneembare veiligheidsrisico's; (ii) de toestandsinspectie is een jaarlijkse, regionale inspectie gericht op monitoring in het presteren en functioneren van (onderdelen van) een beheerobject; (iii) de instandhoudingsinspectie (ook een programmeringsinspectie genoemd) vindt eens in de zes jaar plaats op landelijk niveau. Het is bedoeld voor adviesbepaling over de toestand en de restlevensduur van het beheerobject en/of objectdelen (Van der Welle, 2011; 2012). Neves Cordeiro & Hauwert (2015) gebruiken de termen: beheerbril (schouw), toetsersbril (toestandsinspectie) en voorspellersbril (instandhoudingsinspectie).

4.2. Kwalitatieve objectrisicoanalyse

De kwalitatieve ORA is onderdeel van de instandhoudingsinspectie (Van der Welle, 2011; 2012). Smit (2021b) en Baggen (2021) zijn eensgezind dat de objectrisicoanalyse het meest essentiële onderdeel is bij ontwerp, beheer en onderhoud. Het legt de relatie tussen een waarneming en het kwantitatieve gevolg. De kwantificering vormt de basis voor prestatiesturing in een circulaire programmeringscyclus en ondersteunt in het streven om met beschikbare middelen een optimaal resultaat te behalen.

Een ORA bestaat uit vier onderdelen: de systeem- en functieanalyse, de failure mode and effect analysis (FMEA), kwantificatie van de risico's door het invullen van een risicomatrix en de beoordeling van de risico's. De mate van detail van een ORA varieert per beheerobject door de complexiteit, de criticaliteit en de gestelde eisen (Rijkswaterstaat, 2017). Figuur 2 toont de beschreven stappen in de kwalitatieve ORA.



Figuur 2 Stappen in de kwalitatieve objectrisicoanalyse

De systeem- en functieanalyse bestaat uit twee activiteiten. Eerst wordt met ontwerp- en realisatie-documenten een systeem- en functiebeschrijving opgesteld. De beschrijvingen zijn bij aanleg van een beheerobject vaak niet formeel gedocumenteerd of moeilijk terug te vinden (Baggen, 2021). Vervolgens worden zichtbare relaties tussen het falen van elementen/bouwdelen en het falen van objectfuncties met een decompositie in beeld gebracht en in de FMEA vastgelegd. Voor de beschrijving en codering van de begrippen element/bouwdeel, component, code element/bouwdeel, functie van het onderdeel en objectfuncties wordt de *NEN 2767 – Conditiemeting Gebouwde Omgeving* terminologie beheerobject/element/bouwdeel gehanteerd (Rijkswaterstaat, 2017).

De FMEA-methodiek¹ vormt de kern van de kwalitatieve ORA. Deze geeft een kwalitatief inzicht in het functioneel falen van elementen/bouwdelen (faalwijzen) en het beheerobject. Per faalwijze worden de oorzaak, de bron, de gevolgen, het faalgedrag, de merkbaarheid, het (in)bouwjaar, de objectfuncties en de verwachte levensduur vastgelegd. FMECA is een uitbreiding van de FMEA-methodiek, waarbij FMEA wordt opgevolgd door een criticaliteitsanalyse (Rijkswaterstaat, 2017).

De kritische analyse is afhankelijk van inschatting door de inspecteur (Kramer, 2021; Baggen, 2021; Rijkswaterstaat, 2014). In een kritische analyse worden de faalwijzen onderverdeeld in een kans- en gevolgcategorie. Dit is gebaseerd op bronnen uit onderhoudsactiviteiten. De kans- en gevolgscore zijn gekoppeld aan de RAMSSHEEP-aspecten. RAMSSHEEP maakt prestatieniveaus expliciet voor betrouwbaarheid, beschikbaarheid, onderhoudbaarheid, veiligheid, beveiliging, gezondheid, milieu, economie en politiek (Rijkswaterstaat, 2017; 2018a).

De kansscore vertegenwoordigt de betrouwbaarheid (het R-aspect). Het is een inschatting van het eerstvolgende moment waarop falen wordt verwacht (veroudering)² of de gemiddelde frequentie (als de faalkans constant is). De kans-categorie bestaat uit de tijdsvensters 'minder dan 6 maanden', 'tussen 6 maanden en 2 jaar', 'tussen 2 en 6 jaar', 'tussen 6 en 20 jaar' en 'meer dan 20 jaar' (figuur 14 in bijlage B). De kans dat zich een ongewenste gebeurtenis voordoet kan in de tijd veranderen door veroudering of door het vervangen van elementen/bouwdelen.

¹ Bij de FMEA-methodiek hoort het spreadsheet *RWS Template FMECA KWAL v2.2* te vinden op de website van Leidraad SE (www.leidraadse.nl/downloads).

² Bij veroudering bepaalt het verschil tussen levensduur en de leeftijd van het element/bouwdeel de kansscore.

De gevolgscore vertegenwoordigt de overige AMSSHEEP-aspecten (figuur 12 en figuur 15 in bijlage B). Per AMSSHEEP-aspect wordt een gewenst risicobeeld bepaald met de vastgestelde classificatie van mogelijke gevolgen in de categorieën: verwaarloosbaar, beperkt, groot en ernstig. De gevolgscore krijgt de waarde 0 (nul) wanneer het niet van toepassing is. De omschrijvingen van de gevolgcategorieën (faaldefinities) kunnen specifiek zijn voor domeinen, beheerobjecten en inspectietypes (Rijkswaterstaat, 2017).

De maximale gevolgscore van de AMSSHEEP-aspecten voor één faalwijze wordt met de kansscore vermenigvuldigd om tot een risicoscore te komen; een semi-kwantitatieve indicatie voor de noodzaak om beheersmaatregelen te nemen. De risicoscores worden opgenomen in een risicoprofiel voor aanvullende beheersmaatregelen; een matrix van het aantal risicoscores per kans/gevolg-combinatie. Risicoprofielen worden naar RAMSSHEEP gecategoriseerd. Er zijn drie typen risicoprofielen: het I-ORA risicoprofiel, het gewenste risicoprofiel (ná aanvullende beheersmaatregelen) en het actueel risicoprofiel (figuur 3). Een risicoprofiel heeft drie niveaus van kans/gevolg-combinaties: acceptabel, ongewenst en onacceptabel. Een risiconiveau toont de noodzaak om maatregelen te treffen of te onderbouwen waarom dit niet haalbaar of noodzakelijk is (Rijkswaterstaat, 2017).



Figuur 3 De ORA als onderdeel van processtappen

Er zijn drie onderhoudsstrategieën voor het vaststellen van aanvullende beheersmaatregelen voor elementen/bouwdelen: storingsafhankelijk onderhoud (direct correctief), gebruiksaafhankelijk onderhoud (cyclisch preventief) en toestandsafhankelijk onderhoud (programmatisch preventief, op norm of ervaring). De keuze voor een onderhoudsstrategie is afhankelijk van het risico. Storingsafhankelijk onderhoud heeft bij een laag risico doorgaans de voorkeur (Rijkswaterstaat, 2017; Provincie Gelderland, z.d.; Neves Cordeiro & Hauwert, 2015).

Nadat de onderhoudsstrategie is bepaald, worden de onderhoudstaken en de frequentie/termijn daarvan geïnterpreteerd. De ORA maakt onderscheid tussen correctieve- en preventieve onderhoudsmaatregelen (variabel onderhoud). Correctief onderhoud gebeurt door herstel en vervanging. Preventief onderhoud bestaat uit (periodiek) geplande onderhoudstaken: standaard verzorgend onderhoud, inspecties, preventieve revisie/vervanging en functionele testen (Rijkswaterstaat, 2017; Provincie Gelderland, z.d.; Neves Cordeiro & Hauwert, 2015).

In het gewenste risicobeeld wordt een optimale situatie bepaald door rekening te houden met het effect van alle, ook aanvullende, beheersmaatregelen. Na inspecties en onderhoud wordt inzichtelijk gemaakt in welke mate van het gewenste risicobeeld wordt afgeweken, wat de impact daarvan is en welke aanvullende beheersmaatregelen zijn voorgesteld om deze afwijkingen te beheersen (Rijkswaterstaat, 2017).

Het verschil in risicogrootte tussen het gewenste- en het actuele risicobeeld (het restrisico) geeft inzicht in de risicoreductie van een maatregel. In het advies krijgen de maatregelen een adviesjaar en een uiterste jaar; het meest optimale moment en het verwachte moment waarop een risico de toelaatbare grenswaarde overschrijdt. De risicoreductie en de urgentie voor het functioneren van het beheerobject resulteert in de prioriteit van een maatregel.

Het advies bestaat uit de onderhoudsbehoefte voor variabel onderhoud dat in acties is uitgezet voor een periode van tien jaar (Rijkswaterstaat, 2017; Rijkswaterstaat, 2018a). De verwachte aard en omvang van de onderhoudsmaatregelen uit het advies worden met kostenindicatie in het IHP overgenomen. Een inspectie ná uitvoering van geadviseerde maatregelen kan tot gevolg hebben dat reeds geplande activiteiten op de langere termijn komen te vervallen of verplaatst worden (Barendregt & Van Wenum, 2003).

4.3. Conclusie

Zeven regionale diensten hebben ieder een areaal onder beheer. Objectgegevens, voorgeschreven eisen, omgevingsaspecten, verwachte prestaties en gepland onderhoud worden in het semi-kwantitatieve instandhoudingsplan vastgelegd. Monitoring gebeurt met een schouw, toestandsinspectie en instandhoudingsinspectie. De objectrisicoanalyse is onderdeel van de instandhoudingsinspectie. De informatiebehoefte voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse bestaat uit vier onderdelen: (i) de systeem- en functieanalyse, (ii) de FMEA-methodiek, (iii) een kans- en gevolgschatting in de vorm van een risicomatrix en (iv) de kwantificatie van risico's voor de beoordeling ervan.

De kwalitatieve objectrisicoanalyse doet beroep op de impliciete domeinkennis van inspecteurs. Een inspecteur verzamelt informatie over mogelijke gebreken en registreert per faalwijze de oorzaak, de bron, de gevolgen, het faalgedrag, de merkbaarheid en de verwachte levensduur. De inspecteur classificeert de faalwijzen in een kans- en gevolgcategorie, welke aan RAMSSHEEP-aspecten zijn gekoppeld. De risicoreductie en de urgentie zijn uit de classificatie op te halen om tot een advies te komen over de noodzaak om aanvullende beheersmaatregelen te treffen en wanneer deze moeten plaatsvinden, met daarbij een kostenindicatie.

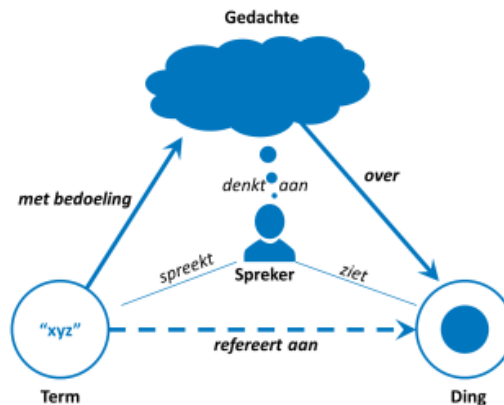
5. Meerwaarde van Linked Data

Om te bepalen wat Linked Data voor de planningssoftware van Macomi betekent, is onderzocht wat de techniek is en welke uitdagingen dit oplost en met zich meebrengt. Samen geven de onderzoeksresultaten antwoord op deelvraag 2:

“Hoe zorgt Linked Data voor een hogere datakwaliteit voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere?”

5.1. Linked Data

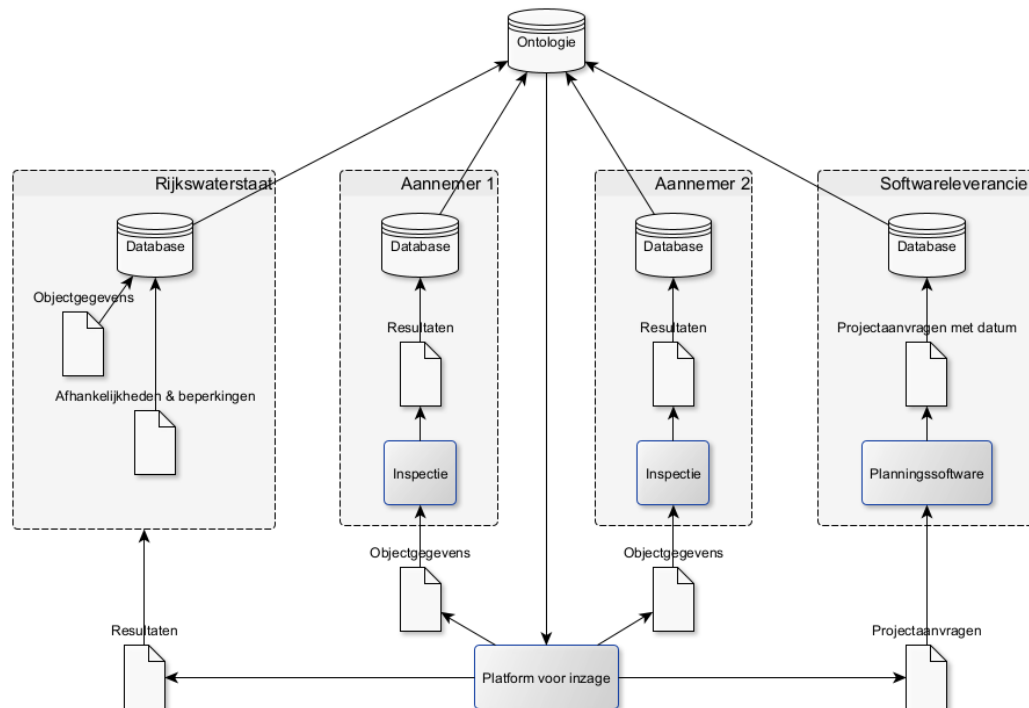
Kennis ontstaat door hoe de mens gedragingen waarneemt die de natuur vertoont (Cialdini, 2016). Mealy (1967) onderscheidt de werkelijkheid in: (i) “de echte wereld zelf”; (ii) ideeën die mensen daarover in gedachten hebben; (iii) “symbolen op papier of een ander opslagmedium” (figuur 4). Waarnemingen uitgedrukt in termen worden feiten genoemd.



Figuur 4 Betekenisdriehoek uit de communicatiewetenschap (Brattinga, Overbeek, & Santema, 2018)

Berners-Lee heeft in 2010 een sterrenbeoordelingssysteem ontwikkeld voor het ontwerp van Linked Data (Berners-Lee, 2009a): beschikbaar op internet (ongeacht het formaat) (★), als machinaal leesbaar gestructureerde gegevens (bijvoorbeeld: geen beeldscans maar Excel) (★★), als niet-eigenomsrechtelijk open formaat (bijvoorbeeld: geen Excel maar CSV) (★★★), gebruikt open W3C-standaarden om ‘dingen’ te identificeren, zodat anderen naar de gegevens kunnen verwijzen (★★★★), koppelt gegevens met die van anderen om context te bieden (★★★★★). Wanneer Linked Data onder een open licentie wordt vrijgegeven, spreekt men van Linked Open Data (Berners-Lee, 2009a).

Figuur 5 illustreert de Linked Data-oplossing als centrale hub voor gegevens in het bestaande applicatielandschap van asset managers, aannemers en andere ketenpartijen.



Figuur 5 Interoperabiliteit bij ketenpartijen

Elk feit wordt geïdentificeerd met een unieke, persistente aanduiding (Uniform Resource Identifier, URI), zodat ernaar kan worden verwezen (Berners-Lee, 2005). Het Resource Description Framework (RDF) zorgt voor minder redundantie en ondersteunt een computer (geautomatiseerd) data te structureren, ongeacht of het van een ander systeem komt (Saghafi, 2021). RDF legt elk feit in een triple vast. Een triple is een uitspraak over twee feiten, in de vorm: <onderwerp> <gezegde> <(lijdend) voorwerp>. Het voorwerp kan het onderwerp van andere triples zijn, waardoor een netwerk van feiten ontstaat (Brattinga, Overbeek, & Santema, 2018). De waarde groeit naarmate gegevens naar dezelfde gegevens van anderen verwijzen. Dit wordt het netwerkeffect genoemd (Farias Lóscio, Burle, & Calegari, 2017). De waarde van informatie is gelijk aan waar het mee is verbonden, evenals de waarde van de informatie in de bron zelf (Berners-Lee, 2009a).

Gegevensstructuren worden gedefinieerd in de vorm van classificatie. Dit leidt tot klassen als dragers van domeinkennis in de vorm van gevolgtrekkingen over situaties (Parsons & Wand, 2013). Classificatie is niet inherent aan verschijnselen uit de echte wereld, maar een artefact voor de menselijke geest. Klassen zijn een vereenvoudigde voorstelling van de werkelijkheid. Ze worden gecreëerd om verschijnselen te begrijpen door ze te groeperen gebaseerd op gelijkenis (Lakoff, 1987; Rasch, 2020; VPRO, 2021). Klassen zijn cognitieve snelkoppelingen die fungeren als heuristieken (Tversky & Kahneman, 1974). Vooraf gedefinieerde classificatie ondersteunt de ontvanger een representatie terug te vertalen naar de natuurlijke werkelijkheid zoals de (gedachte)eigenaar zich die voorstelt, zonder dat de ontvanger het zelf heeft waargenomen (Brattinga, Overbeek, & Santema, 2018).

Onderzoek naar de waarde proposities bij implementatie van Linked Data benoemt: (i) flexibiliteit en kostenbesparing in data-integratie en koppeling van ongelijksoortige datasets; (ii) flexibiliteit met onvoorspelbare en veranderlijke structuur en inhoud; (iii) toename in datakwaliteit en aanleiding voor nieuwe diensten. Twee aspecten van Linked Data hebben impact op de datakwaliteit: (i) de mogelijkheid om ambiguïteit op te lossen met wereldwijd unieke persistente URI's; (ii) semantisch logisch gebruikte klassen en relaties; (iii) een hogere betrouwbaarheid in de meest actuele versie van de gegevens door wildgroei van verschillende versies van een dataset te voorkomen (Archer, Dekkers, Goedertier, & Loutas, 2013; Voskuil, 2014; 2020; Bakker, 2021; Kolodziejczyk, 2021).

5.2. FAIR-principes

Onderzoekers stellen dat data scientists 80% van hun tijd gegevens verzamelen, opschonen, en organiseren. De overige 20% gaat op aan gebruik van gegevens voor doeleinden die buiten de applicatie liggen waarin de data zijn gegenereerd (CrowdFlower, 2016). Wilkinson, et al. (2016) hebben principes voor gegevensbeheer voorgeschreven om te voorzien in de behoefte aan een verbeterde infrastructuur die hergebruik van gegevens ondersteunt. De principes stellen dat gegevens vindbaar, toegankelijk, interoperabel en herbruikbaar (d.w.z. FAIR, zie bijlage B voor definities) moeten zijn (Finkers, 2016; Mons, 2018). FAIR voegt governance en een helder interoperabiliteitsdoel toe aan de inzet van Linked Data en “helpt de voordelen van Linked Data beter te benutten in een ecosysteem van partijen die data uitwisselen” (Linked Data, 2021). Linked Data biedt de mogelijkheid om gegevens volgens de FAIR-principes te organiseren.

5.3. Conclusie

Linked Data is een technologie om gegevens te structureren. De syntax, de structuur en de semantiek van Linked Data maken de informatiestroom van de objectrisicoanalyse nauwkeuriger. De identiteit en betekenis van data zijn eenvoudig te herleiden. Daardoor is het niet noodzakelijk om bewust te zijn van de exacte structuur van een database. Bovendien biedt Linked Data een hogere betrouwbaarheid in de meest actuele versie van de gegevens. Het ondersteunt koppeling en integratie van ongelijksoortige datasets en is flexibel met onvoorspelbare en veranderlijke structuur en inhoud. Het is daarbij niet noodzakelijk om de ene structuur naar de andere te vertalen. De genoemde voordelen van Linked Data voor de datakwaliteit zijn technisch van aard. Het betekent daarom niet dat de organisatie van gegevens op orde is. Problemen met datakwaliteit bij Linked Data zijn functioneel mogelijk. De FAIR-principes stellen data beschikbaar en verminderen het arbeid om data te zoeken en prepareren. Dat vereenvoudigt data uitwisseling in de samenwerking tussen Rijkswaterstaat, aannemers en andere ketenpartijen voor onderhoud en inspectie.

6. Ontologie objectrisicoanalyse

Samen geven de onderzoeksresultaten antwoord op deelvraag 3:

“Welke minimale ontologie is nodig om de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere te modelleren?”

6.1. Conceptueel meta model

Het ontwerp begint met de keuze voor het beschouwingsgebied dat een ontologie gaat representeren. Het beschouwingsgebied van de ontologie in dit onderzoek is de kwalitatieve ORA. De structuur van een ontologie biedt de mogelijkheid om op verschillende niveaus te modelleren. Er wordt onderscheid gemaakt tussen het conceptueel meta model (CMM), het conceptueel (informatie)model (CM), het logisch informatiemodel en het technisch datamodel. Het proof of concept is in Linked Data uitgedrukt met behulp van de standaard vocabulaires RDF, Web Ontology Language (OWL) en Shapes Constraint Language (SHACL).

Het CMM is een abstract, functioneel model dat basisconcepten van de werkelijkheid modelleert (Van Bergen, et al., 2020; Smit, 2021b). Best practice is om hiervoor bestaande, gestandaardiseerde, veelgebruikte vocabulaires te gebruiken. Vocabulaires bieden semantische gelijkwaardigheid tussen concepten van heterogene gegevensbronnen en stimuleren hergebruik van beschikbare kennis en best practices voor zowel mens als computersysteem (Rijkswaterstaat, 2017; Van Ruijven, et al., 2020; Eckartz & Folmer, z.d.). Om integratie van bestaande vocabulaires te illustreren zijn ‘FysiekObject’, ‘Instandhoudingsplan’ en ‘Inspectie’ uit Xamit in het ontwerp opgenomen (figuur 26 in bijlage D).

Klassenstructuren zijn met subklasse-relaties gedefinieerd. Voor volledigheid dienen specialisaties minimaal een aanvullende eigenschap en gevolgtrekking bovenop de generalisatie te hebben. Voor efficiëntie dient elke gevolgtrekking nieuwe informatie te hebben en op het hoogst mogelijke classificatieniveau te zijn opgenomen (Parsons & Wand, 2013). Uit de integratie is opgemaakt dat ‘Advies’ en ‘Instandhoudingsplan’ in Xamit zijn gedefinieerd. In bijlage D zijn meer vocabulaires voorgesteld voor integratie. De koppeling is in het proof of concept niet gemaakt, omdat verdere uitwerking nodig is. Hergebruik vereist dat het CM zich conformeert aan de standaard. Bijvoorbeeld ‘Beheersmaatregel’ en ‘Inspecteur’ zijn als subklasse gemodelleerd van respectievelijk ‘Activity’ en ‘Person’ uit PROV Ontology. De vocabulaire heeft een relatie tussen ‘Activity’ en ‘Person’ gedefinieerd. Het is daarom overbodig een relatie tussen ‘Beheersmaatregel’ en ‘Inspecteur’ te modelleren.

Het is niet noodzakelijk om alle informatie over het domein in een ontologie te modelleren (Noy & McGuinness, 2001). Door vanaf het begin te focussen op hoeveel flexibiliteit en context van de gegevens nodig is, ontstaat er een antwoord op de vraag wanneer semantiek wel of niet moet worden gebruikt (Taylor, 2015). De concepten ‘Activity’, ‘Person’, ‘FysiekObject’, ‘Inspectie’, ‘Objectrisicoanalyse’ en ‘Plan’ zijn de uiteinden (literals) van de ontologie (figuur 28 in bijlage D). Literals geven aan dat meer informatie bekend is en meer definiëring niet direct noodzakelijk is voor de toepassing. ‘Instandhoudingsplan’ heeft bijvoorbeeld drie specialisaties met verschillende eigenschappen. Enkel de semi-kwantitatieve IHP is op de kwalitatieve objectrisicoanalyse van toepassing en daarom zijn de twee andere instandhoudingsplannen niet gemodelleerd.

6.2. Conceptueel (informatie)model

Het CM is een combinatie van de ontologie en thesaurus (Bakker, 2021). Een thesaurus definieert een vocabulaire, biedt uitleg over gebruik ervan en verwijst naar gerelateerde concepten (Gruber, 1992; Voskuil, 2012b). De ontologie verbindt diverse taxonomieën met een onderwerp dat centraal staat en voegt daar betekenis aan toe (Voskuil, 2012a; Taylor, 2015; Uschold, 2018). Een taxonomie biedt concepten een hiërarchische structuur, waarbij het granulariteitsniveau de rangorde bepaalt (Wei & Liao, 2019; Van Ruijven, et al., 2020). Voskuil (2012a) noemt drie kwaliteitskenmerken die de levensvatbaarheid van een taxonomie bepalen: de uniciteit, de homogeniteit en het onderscheidend vermogen.

Eerst is een taxonomie volgens een top-down benadering opgebouwd (bijlage D). Het start met de definitie van de meest algemene begrippen in het beschouwingsgebied (Dewulf, 2005). De meest algemene begrippen in de kwalitatieve ORA zijn 'FysiekObject', 'Plan', 'Person' en 'Activity'. Het top-niveau specificeert de processtappen (Bakker, 2021; Smit, 2021b). Vervolgens zijn onderlinge relaties gedefinieerd (mereologie). Dit biedt context aan concepten en maakt een ontologie zelf-beschrijvend. De organisatie van relaties is eenvoudiger bottom-up te verplaatsen dan andersom, want 'backward changes' kunnen problemen opleveren (Preston-Werner, z.d.; Bakker, 2021).

Er is geconstateerd dat *Beheerobject* en onderdelen dezelfde eigenschappen delen. Wanneer meerdere klassen dezelfde eigenschappen of relaties hebben, dient dit vanuit de gezamenlijke superklasse georganiseerd te worden. Een subklasse heeft dezelfde eigenschappen en relaties van een superklasse, alleen de waarde verschilt (Bakker, 2021). Dit proof of concept herbruikt xamit-otl dat *FysiekObject* modelleert en daarmee *Beheerobject* en onderdelen.

Bij de relatie tussen 'Beheersmaatregel' en 'Element/bouwdeel' is de aanname gemaakt dat 'Beheersmaatregel' alleen binnen de context van 'Instandhoudingsplan' bestaat. Om anderen te ondersteunen zijn aannames, definities en verklaringen in de ontologie en de thesaurus geannoteerd. Annotaties maken een ontologie zelf-beschrijvend en zorgen ervoor dat geen documentatie is vereist (Bakker, 2021).

6.3. Logisch informatiemodel en technisch gegevensmodel

Het logisch informatiemodel bestaat uit gegevens die verschijnselen in de natuurlijke werkelijkheid beschrijven, zodat elk fenomeen te meten is (Rasch, 2020). Het is een weerspiegeling van de informatiebehoefte van een inspecteur. Een helpende gedachte is om te beschrijven welke gegevens bij iedere processtap (in formulieren) worden vastgelegd (Bakker, 2021). Baggen (2021) heeft in het interview benadrukt dat formulieren voor zijn collega's de meest laagdrempelige manier zijn om informatie gestructureerd te registreren.

Ontwerp van een ontologie is een iteratief proces. Invalshoeken leiden tot diverse inzichten waarop men bepaalt wat noodzakelijk wordt geacht voor registratie (Rongen; Dijkstra; Bakker; Smit, 2021b). Gegevens die de gebruiker aanmaakt en gebruikt, worden van het model afgeleid. Wanneer het bij de gebruiker misgaat, dient het model daarop aangepast te worden (Fürber, 2016; Rongen, 2021).

Het technisch gegevensmodel beschrijft metadata (Smit, 2021b). Metadata definieert wat gegevens representeren om verwachtingen te verduidelijken. Goed beheerde metadata ondersteunt in kwaliteitsverbetering van gegevens (DAMA International, 2017). Metadata is nodig wanneer de beschrijving van een concept met een URI in de tijd verandert en versiebeheer wenselijk is. Metadata heeft als voordeel dat opvragen van informatie eenvoudiger wordt (Bakker, 2021). Er zijn drie niveaus van metadata: basis, minimaal en compleet (Freire, 2008). Het proof of concept heeft het basisniveau. Definiëring van het technisch gegevensmodel valt buiten de afbakening van dit onderzoek.

6.4. Conclusie

Een ontologie biedt de mogelijkheid om op verschillende niveaus te modelleren. Het conceptueel meta model hergebruikt beschikbare kennis en best practices. Hoewel het niet noodzakelijk is om het conceptueel meta model te modelleren, biedt het semantische gelijkwaardigheid tussen concepten van heterogene gegevensbronnen. Daardoor kunnen ketenpartijen data uitwisselen en hergebruiken in de eigen context.

Het conceptueel informatiemodel verbindt de meest algemene begrippen en onderlinge relaties binnen een beschouwingsgebied. Het logisch informatiemodel is noodzakelijk om gegevens in het proces stapsgewijs te registreren. Het conceptueel- en logisch informatiemodel zijn minimale vereisten voor een ontologie. Het technisch gegevensmodel bestaat uit metadata voor gegevensbeheer. Uit het proof of concept is gebleken dat een ontologie voor demonstratie zonder technisch gegevensmodel kan. Zodra een ontologie in praktijk in gebruik wordt genomen is dit noodzakelijk.

7. Discussie

Bij dit onderzoek is geen specificerende klant betrokken geweest om inzicht te bieden in functionele eisen en wensen. Daardoor is het proof of concept vanuit een technisch perspectief ontworpen, zonder een duidelijke klantvraag. Het ontwerp- en realisatieproces is iteratief verlopen en op handboeken gebaseerd die door Rijkswaterstaat openbaar beschikbaar zijn gesteld. Hierdoor zijn drie inzichten opgedaan: (i) asset management is een veelomvattend domein met een grote keten en veel betrokken ketenpartijen; (ii) een product ontwikkelen zonder specificerende klant is moeilijk; (iii) een iteratief conceptualisatieproces werkt efficiënt om tot nieuwe inzichten te komen doordat het discussie oproept.

De dataverzameling voor onderzoek naar Linked Data is gefrustreerd door het aantal termen dat gehanteerd wordt en het aantal mogelijke interpretaties van de termen. Guarino & Giaretta (1995) komen bijvoorbeeld tot zeven mogelijke interpretaties voor de term 'ontologie'. De ambiguïteit is te herleiden naar invalshoeken vanuit verschillende disciplines die continu in beweging zijn. Voskuil (2020) stelt eveneens dat de Linked Data-gemeenschap uit mensen met diverse achtergronden bestaat. Enerzijds is het een uitdaging om eensgezindheid te creëren om samenwerking binnen zakelijk onderzoek naar en productontwikkeling voor Linked Data te stimuleren. Anderzijds is het moeilijk Linked Data begrijpelijk over te brengen naar de business, zonder op specifieke domeinkennis in te gaan.

Rijkswaterstaat heeft een programma lopen voor implementatie van Linked Data. Rijkswaterstaat heeft hierin ondervonden dat het informatielandschap niet is ingericht voor implementatie van Linked Data. Er lopen organisatorische ontwikkelingen bij Rijkswaterstaat voor standaardisatie in gegevensuitwisseling en in het gebruik van elementen bij aanleg en onderhoud van beheerobjecten. Standaardisatie van elementen maakt het mogelijk om elementen op voorraad te leggen om vraagstukken vaker statistisch te onderbouwen (Baggen, 2021).

Een veelvoorkomend verschijnsel is dat gegevens geïsoleerd zijn opgeslagen in individuele gegevensbronnen (Voskuil, 2014; 2020). Uit dit onderzoek is gebleken dat Rijkswaterstaat inspectieresultaten ongestructureerd in documentaire vorm bewaart en moeilijk kan terugvinden. Dit had met Linked Data voorkomen kunnen worden door metadata volgens de FAIR-principes te organiseren.

Er is opgemerkt dat regionale diensten van Rijkswaterstaat en waterschappen processen autonoom hebben georganiseerd. Rijkswaterstaat stelt standaarden beschikbaar om eenheid te stimuleren. Baggen stelt dat de regionale diensten verschillen bij de implementatie kennen en dat een initiatiefnemer nodig is die de informatiebehoefte en de bijdrage daarvan uitlegt (Zeijler, 2021; Kramer, 2021; Dobber, 2021; Baggen, 2021). Anderzijds voorziet Bakker (2021) twee mogelijkheden om met de autonomie om te gaan: (i) in de standaard ontbrekende informatie in beeld brengen om processen te harmoniseren; (ii) voorstellen om de gegevensstructuren (intern en extern) met de vocabulaire van Rijkswaterstaat te verbinden en zo informatie uit te wisselen.

8. Conclusie

Hoe kan de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere met Linked Data gemodelleerd worden?

Dit onderzoek heeft uitgewezen dat Rijkswaterstaat een objectrisicoanalyse gebruikt om inspectie-resultaten te kwantificeren. Een inspecteur classificeert faalwijzen in een kans- en gevolgcategorie, welke aan RAMSSHEEP-aspecten zijn gekoppeld. Classificatie biedt inzicht in de risicoreductie en de urgentie van aanvullende beheersmaatregelen. Dat helpt beheersmaatregelen te prioriteren voor het advies, waarna dit in het instandhoudingsplan wordt overgenomen. Meer inzicht in hoe dit proces verloopt ontsluit het potentieel om onderhoudsplanningen te optimaliseren.

Wanneer informatie met Linked Data wordt gestructureerd, krijgen business- en informatieanalyses meer diepgang. Dat biedt de mogelijkheid om de kwalitatieve objectrisicoanalyse nauwkeuriger te maken. Bovendien dwingt Linked Data datakwaliteit af. Desondanks is het functioneel mogelijk dat zich problemen met datakwaliteit voordoen. De FAIR-principes stellen data beschikbaar en vermindern het arbeid om data te zoeken en prepareren. Dat maakt koppeling en integratie van ongelijksoortige datasets mogelijk, zonder dat transformatie van gegevensstructuren noodzakelijk is. Met als gevolg dat samenwerkende ketenpartijen eenvoudiger data kunnen uitwisselen.

Zoals uit het proof of concept is gebleken, biedt een ontologie de mogelijkheid om op verschillende niveaus te modelleren. Het conceptueel informatiemodel verbindt de meest algemene begrippen en onderlinge relaties van de kwalitatieve objectrisicoanalyse. Het logisch informatiemodel representeert de gegevens die een inspecteur in het proces vastlegt. Voor gegevensbeheer is het technisch gegevensmodel noodzakelijk. Dit maakt versiebeheer mogelijk. Om semantische gelijkwaardigheid tussen concepten van heterogene gegevensbronnen te bieden, is een conceptueel meta model nodig. Hierdoor kunnen ketenpartijen gezamenlijk te laten profiteren van een oplossing voor beheer en onderhoud van beheerobjecten.

Dus, om een kwalitatieve objectrisicoanalyse met Linked Data te modelleren moet een ontologie op conceptueel-, logisch- en technisch niveau worden opgesteld volgens de FAIR-principes. De hieruit resulterende gegevensstructuur kan flexibel worden gebruikt om efficiëntere onderhoudsplanningen te realiseren, zoals bewezen in het proof of concept.

9. Aanbevelingen

Uit het onderzoek is gebleken dat Beheerobject en onderdelen dezelfde eigenschappen hebben. Daarom wordt aanbevolen aan Taxonic om een superklasse te creëren met als doel de eigenschappen van daar uit te organiseren. Wanneer Taxonic hiervoor zorgdraagt, kunnen ze Faalwijzen aan Bouwdeel en Component toewijzen.

Een aandachtspunt is RAMSSHEEP dat als het minst intuïtieve onderdeel van de objectrisicoanalyse kan worden beschouwd. Dit is een belangrijk onderdeel om een beheerobject aan gestelde eisen te laten voldoen. Het wordt Taxonic aanbevolen om RAMSSHEEP met kans- en gevolgscore te verbinden om het proof of concept meer diepgang te geven. Wanneer Taxonic de maximale gevolgscore met de kansscore vermenigvuldigt om tot een risicoscore te komen, kunnen inspecteurs beheersmaatregelen per risico bepalen.

Het onderzoek wees uit dat het instandhoudingsplan bij Rijkswaterstaat een belangrijke rol speelt bij beheer en onderhoud van een beheerobject. Bij doorontwikkeling van Xamit en hergebruik van het proof of concept wordt Taxonic aanbevolen vervolgonderzoek te doen naar hoe prioriteitstelling van beheersmaatregelen tot een advies leidt en in het instandhoudingsplan wordt overgenomen. Zo wordt duidelijk hoe onderhoudsplanningen met Linked Data gestructureerd kunnen worden en ontsluit het potentieel om te optimaliseren.

Dit onderzoek heeft uitgewezen dat de objectrisicoanalyse uit een initieel, gewenste en actueel risicobeeld bestaat. Indien Taxonic het proof of concept in praktijk wenst te gebruiken, wordt aanbevolen om het technisch model te realiseren en te controleren op gestandaardiseerde vocabulaires. Zo wordt versiebeheer mogelijk en ontstaat semantische gelijkwaardigheid tussen concepten van heterogene gegevensbronnen.

Uit het proof of concept is gebleken dat de automatisch gegenereerde webformulieren in TopBraid Enterprise Data Governance interactie met het model mogelijk maken. Het is gebleken dat deze omgeving kennis vereist over de URI-strategie. Dat is een technische aangelegenheid. Wanneer Taxonic het proof of concept in praktijk wenst te gebruiken, wordt aanbevolen om het van een functionele gebruikersomgeving te voorzien. Daarbij wordt aanbevolen te beoordelen hoe de risicoscore in een profiel moet worden weergegeven. Hierdoor ontstaat een intuïtievare gebruikerservaring voor de gemiddelde gebruiker. Bovendien kan Taxonic de klant opzoeken om meer aansluiting te zoeken met specifieke klantimplementaties en zo de kwaliteit van het model te verbeteren.

Nawoord

Vaak hoor ik van mensen om me heen dat ik een perfectionist ben en dat ik meer doe dan noodzakelijk is. Ik zag het altijd als een van mijn sterktes. Het was me nooit duidelijk welke impact het werkelijk op mijn leven heeft. Sinds thuiswerken de norm is ben ik met mijn neus op de feiten gedrukt. Het afstuderen heeft mij geleerd dat mijn inefficiëntie een groter probleem is dan ik aanvankelijk dacht. Bovendien is het voor mij vaak onduidelijk wanneer iets voldoende is. Dat is een persoonlijke eigenschap die ik als een belemmering ervaar. Als ik die bevestiging niet heb, dan voel ik me als de Chinese raket dat recent in het nieuws is geweest: het vloog ongecontroleerd door de ruimte en het was onduidelijk waar het zou neerkomen.

Zonder duidelijk plan weet ik niet waar ik moet beginnen en waar ik eindig. Ik realiseer me dat ik daardoor onzeker word en mezelf wijsmaak dat ik te weinig heb onderzocht. Met als gevolg dat ik meer stress ervaar en grondiger werk. Mijn docentbegeleider vertelde mij dat het vooral belangrijk is om een omgeving te vinden waar mijn zwaktes een sterkte worden. Collega's stonden ervoor open om regelmatig met mij de discussie aan te gaan om tot nieuwe inzichten te komen. Ik heb geleerd dat er altijd een discussie mogelijk is bij alles wat een mens maakt. Er zijn altijd op- of aanmerkingen. Het bracht me tot het inzicht dat het goed is om ervoor open te staan en dat er tegelijkertijd een moment is waarop ik moet accepteren dat het zo voldoende is.

In omgang met Linked Data leerde ik dat een degelijke afbakening is vereist om het absolute minimum te kunnen doen. Het had geholpen als de probleemstelling, de doelstelling en de onderzoeksvragen spoedig duidelijk voor me waren. Doordat er geen specificerende klant bij het project was betrokken, heb ik geleerd dat het belangrijk is om te weten van wie de vraag komt en hoe ik aan betrouwbare informatie kom. Het onderzoek naar Linked Data heeft mij geleerd dat een bron context geeft aan de definitie van informatie. Daarnaast ben ik door de semantische achtergrond van Linked Data de betekenis van informatie gaan inzien. Ik heb geleerd dat de werkelijkheid anders is dan wat de mens waarneemt of wordt vastgelegd. Een ander inzicht is dat de waarde van informatie is gelijk aan de bron zelf.

Na drie weken was mijn bedrijfsbegeleider uit dienst getreden. De verwachting was dat het projectplan in dezelfde week afgerond zou worden, dus ik voorzag weinig risico. Uit interesse vroeg ik mijn bedrijfsbegeleider welke kennis en ervaring hij meenam. Het antwoord was: "Als iemand misschien iets heel simpels doet, maar dat niet documenteert vóór zijn vertrek, ontstaat een situatie waarin het simpele misschien niet meer kan". Mijn eigen vraag zette me aan tot nadenken over de overdracht van mijn onderzoek. Hierdoor besepte ik me dat ik genoodzaakt was om alle aannames, definities, discussiepunten en verklaringen te documenteren. Dit voorkomt dat besproken zaken nogmaals aan tafel komen.

Voordat mijn bedrijfsbegeleider uit dienst ging heb ik hem voor een tussentijdse reflectie om feedback gevraagd. Rongen vond dat ik de informatie goed had opgepakt en veel goede vragen stelde. Dezelfde vraag heb ik enkele weken later aan mijn vervangend bedrijfsbegeleider gesteld. Bakker vertelde me dat ik een prettige schrijfstijl heb en zaken goed en duidelijk kan beschrijven. Bovendien was het positief dat ik voor discussie openstond.

Later realiseerde ik me het belang van een degelijke probleemanalyse om het probleem, het doel en de vraag te beschrijven. Mede daardoor vond ik het moeilijk om het project af te bakenen. Een andere reden is dat ik op inspecties van Rijkswaterstaat was gefocust. Het was een grote uitdaging om een inspectierapport van Rijkswaterstaat voor het onderzoek te vinden. Bovendien had ik geen domeinkennis van asset management en Linked Data. Sterker nog, ik had niet eerder van Linked Data gehoord. Daarom had ik mijn collega's gevraagd om mee te denken over wat ik ging opleveren, waar het uit bestond en welke bronnen ik daarvoor kon raadplegen. Door inspectierapporten die me waren aangereikt te bestuderen, had ik zelf de kwalitatieve objectrisicoanalyse gekozen.

In de uitvoering van het onderzoek werd ik opnieuw belemmerd doordat de afbakening onvoldoende was geconcretiseerd. Ik had de hoofdvraag ontleed, zodat ik kon bedenken welke deelvragen ik moest opstellen. De deelvragen had ik weer in hokjes (onderzoeksmethoden) opgesplitst die eenvoudig op te lossen zijn. Vervolgens zijn de 'ingrediënten' van onderzoeksmethoden in het projectplan gebruikt om afhankelijkheden, risico's en randvoorwaarden voor het onderzoek te bepalen.

Ondanks de feedback op het projectplan van mijn tweede assessor, had ik niet in de gaten wanneer ik moest stoppen met verzamelen van literatuur voor het onderzoek. Ik verzamelde informatie en had alles ongestructureerd in één document staan. De consequentie was dat ik informatie soms tien keer heb behandeld. Hiervan heb ik geleerd dat ik in het projectplan expliciet had moeten zijn over verzameling, beoordeling en selectie van literatuur. Het had mij geholpen als ik de onderzoeksmethoden concreet had gemaakt door niet alleen te beschrijven wat ik ging doen en waarom, maar ook hoe en welk resultaat ik daarbij verwachtte. Halverwege het afstuderen ontstond bij mij in gedachte de overeenkomst tussen methodenkaarten (DOT-framework) en projectkaarten (Business Transformation Framework). In het vervolg wil ik proberen per onderzoeksmethode een projectkaart in te vullen dat het doel, de input, de activiteit, hulpmiddelen en de output beter concretiseert.

Een theoretisch kader is essentieel om als onderzoeker het domein te begrijpen en te weten wat onderzocht wordt. Bovendien leerde ik dat afbakenen van een project, voor mij, het beste werkt met een begripsafbakening door begrippen te definiëren, te onderscheiden en verbanden te zoeken. Ik moet voorkomen dat ik teveel bij literatuur stil sta die minder relevant is. Zodoende heb ik geleerd om naar de inhoudsopgave, samenvatting, inleiding en conclusie te kijken en verbanden te zoeken tussen herkenbare stukken en bestaande kennis.

Mijn begeleiders en collega's hadden mij het advies gegeven om bronnen in een map op mijn computer op te slaan, daar de essentie uit te halen en te verwerken. Aangezien ik veel informatie te verwerken had, vond ik het fijn om voor mezelf te visualiseren. Zo ontdekte ik patronen in verschillende termen die gebruikt werden om hetzelfde te definiëren. Daarnaast kon ik op deze manier de samenhang beter doorgronden. De uitspraak *when in doubt, leave it out* heeft mij enorm geholpen om de relevantie van informatie te beoordelen.

Thuis praktijkervaring opdoen is anders dan ik gewend ben. Mijn eerste bedrijfsbegeleider belde me op nadat hij enkele weken bij zijn nieuwe werkgever werkzaam was. Rongen zei: "Thuis werken is één ding, maar een nieuwe baan vraagt veel van een mens". Collega's die tegelijk met mij bij Taxonic waren begonnen ondervonden hetzelfde. Ik had vanaf de derde week te maken met concentratieproblemen, energiegebrek en gebrek aan inspiratie. Wandelen in de natuur werkte preventief tegen erger.

Om hulp vragen ging anders dan wanneer ik op locatie aanwezig zou zijn. Rongen had in zijn laatste week in dienst bij Taxonic met mij op kantoor afgesproken. Bij alles wat hij in drie weken probeerde uit te leggen viel het kwartje toen pas. Daarnaast zien we niet wanneer een ander druk aan het werk is en zijn we afhankelijk van elkaars bereikbaarheid. Dat heb ik als een barrière ervaren. Desondanks zag ik dit als een uitgelezen kans om te laten zien hoe wendbaar ik als persoon ben. Wanneer ik een vraag voor een collega had, schreef ik een mail. Zo dwong ik mezelf tot na denken over hoe ik mijn vraag zou formuleren. Op deze manier had ik één moment waarbij alle puzzelstukken op de juiste plek vielen en was een mail niet meer nodig.

Er waren momenten waarop ik focus verloor. Een planning vanaf de eerste week met concrete acties zou mij helpen om de opdracht klein te houden. Ik had er bewust voor gekozen om naast de projectplanning in het projectplan geen planning te gebruiken om wekelijks activiteiten te plannen. Ik was in de veronderstelling dat mijn agenda in Outlook voldoende zou zijn voor een individueel project. Het gemis van een planning op Trello, of een dergelijke toepassing, zorgde ervoor dat ik creatief moest zijn om de voortgang te delen en te bespreken, wat meer tijd heeft gekost. In de laatste weken heb ik gemerkt dat een actielijst in een spreadsheet hielp gefocust te blijven.

Het iteratieve karakter van Linked Data leerde me dat ik de theorie meer mag loslaten om niet stil te vallen. Ik behoor het probleem voor de geest te halen, de kleinst implementeerbare stappen te bedenken en het beste plan in de praktijk te brengen met de informatie die ik heb. Het plan zal niet perfect zijn en ideeën zullen niet volledig uitkomen. Het wordt allemaal pas duidelijk wanneer ik eraan werk. De eerste versie geeft iets om te verbeteren. Het plan kan ik gaandeweg veranderen, omdat ik leer betere plannen te formuleren. Een uitspraak van mijn docentbegeleider vind ik helpen: "Schrijf een ruwe versie en laat de docent met de penstreep er doorheen gaan. Hij zal alle fouten eruit halen en dan kun jij daar je verbeter slag op voeren". Ik zal het absoluut verkeerd hebben. Alles waar we aan werken kan beter. Maar als het nastreven van dat beter ervoor zorgt dat ik het niet afkrijg, is dat tijdverspilling. Ik zal daarom niet zo verkeerd zitten als ik doelloos ben.

Bibliografie

- Aquo. (2012, november 23). *Interoperabiliteit*. Opgehaald van Aquo-standaard: <https://www.aquo.nl/index.php/Id-b2c9e7d4-87d6-4ad2-aae5-26b936b82a12>
- Archer, P., Dekkers, M., Goedertier, S., & Loutas, N. (2013). *Business models for Linked Government Data*. Interoperability Solutions for European Public Administrations (ISA). Opgehaald van https://joinup.ec.europa.eu/sites/default/files/document/2013-11/Study_on_business_models_for_Linked_Open_Government_Data_BM4LOGD_v1.00.pdf
- Asset Insights. (2021, maart 1). *Asset*. Opgehaald van Asset Insights: https://assetinsights.net/Glossary/G_Asset.html
- AssetWorks. (2017, september). *Asset Management Terminology*. Opgehaald van AssetWorks: <https://21660l2zi28o11a6id19mtlq-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2017/09/Asset-Management-Terminology.pdf>
- Baggen, M. (2021, mei 4). Interview met Business Informatie Architect bij Rijkswaterstaat. (B. Verhagen, Interviewer)
- Bakker, J. (2021, februari t/m juni). Afstudeerbegeleiding. (B. Verhagen, Interviewer)
- Barendregt, A., & Van Wenum, M. T. (2003). *Handleiding Werken met Instandhoudingsplannen. Handleiding voor Beheerders van Kunstwerken*. Bouwdienst Rijkswaterstaat. Opgehaald van https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_112856_31/
- bbci Frijwijk. (2021, april 13). *Deformatiemetingen: wat doen ze en welke mogelijkheden zijn er?* Opgehaald van bbci Frijwijk: <https://bbcifrijwijk.nl/blog/deformatiemeting/>
- Berners-Lee, T. (2005, januari). *Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax*. Opgehaald van IETF: <https://tools.ietf.org/html/rfc3986>
- Berners-Lee, T. (2009a, juni 18). *Linked Data*. Opgehaald van World Wide Web Consortium (W3C): <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>
- Berners-Lee, T. (2009b, maart 13). *The next Web of open, linked data*. Opgehaald van YouTube: https://youtu.be/OM6XIIcm_qo?t=18
- Brabants Dagblad. (2017, juli 10). *Achterstallig onderhoud bij kwart van grote bruggen; bespreking Merwedeburg ná de zomer*. Opgehaald van Brabants Dagblad: <https://www.bd.nl/werkendam/achterstallig-onderhoud-bij-kwart-van-grote-bruggen-bespreking-merwedeburg-na-de-zomer~a06d2127/>
- Brattinga, M., Overbeek, H., & Santema, A. (2018, november 7). *Best Practices for meaningful connected computing*. Opgehaald van Best Practices for meaningful connected computing (BP4mc2): <https://bp4mc2.org/20181107/>
- Breeman, G., Van Noort, W., & Rutgers, M. (2020). *De bestuurlijke kaart van Nederland*. Coutinho.
- Brickley, D., & Miller, L. (2014). *FOAF Vocabulary Specification 0.99*. Opgehaald van xml:ns: <http://xml:ns.com/foaf/spec/>

- Chang, S. (2018, september 4). *Scaling Knowledge Access and Retrieval at Airbnb*. Opgehaald van Medium: <https://medium.com/airbnb-engineering/scaling-knowledge-access-and-retrieval-at-airbnb-665b6ba21e95>
- Cialdini, R. B. (2016). *Invloed. De zes geheimen van het overtuigen (6e druk)*. Amsterdam: Boom uitgevers.
- CrowdFlower. (2016). *Data Science Report*. CrowdFlower. Opgehaald van http://visit.crowdflower.com/rs/416-ZBE-142/images/CrowdFlower_DataScienceReport_2016.pdf
- DAMA International. (2017). *DAMA-DMBOK Data Management Body of Knowledge*. Basking Bridge: DAMA International.
- Davis, I. (2007, november 8). *RDF Review Vocabulary*. Opgehaald van Vocab: <https://vocab.org/review/>
- Davis, I. (2008, juni 3). *Lifecycle Schema*. Opgehaald van Vocab: <https://vocab.org/lifecycle/schema>
- DCMI. (2020, januari 20). *DCMI Metadata Terms*. Opgehaald van The Dublin Core Metadata Initiative (DCMI): <https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dcmi-terms/>
- De Vroedt, E., & Hoving, P. (2014). *Changing data needs from a life cycle perspective in the context of ISO 55000*. Kuala Lumpur: Electricity Distribution Conference.
- Debattista, J., Dekkers, M., Guéret, C., Lee, D., Mihindukulasooriya, N., & Zaveri, A. (2016, december 15). *Data on the Web Best Practices: Data Quality Vocabulary*. Opgehaald van World Wide Web Consortium (W3C): <https://www.w3.org/TR/vocab-dqv>
- Dewulf, M. (2005). *Formele ontologieën: een literatuurstudie en een toepassing op citatie-analyse*. Antwerpen: Universiteit Antwerpen. Opgehaald van <https://users.ugent.be/~mcdewulf/ontologies2005.pdf>
- Dijkstra, R. (2021a, februari 17). (B. Verhagen, Interviewer)
- Dijkstra, R. (2021b, april 15). Business case Xamit. (B. Verhagen, Interviewer)
- Dobber, P. (2021, april 9). E-mail van Beleidsadviseur Waterkeringen bij Waterschap Aa en Maas. (B. Verhagen, Interviewer)
- Eckartz, S., & Folmer, E. (z.d.). *BoekTNO/stappenplan*. Opgehaald van Platform Linked Data Nederland: <https://www.pldn.nl/wiki/BoekTNO/stappenplan>
- Farias Lóscio, B., Burle, C., & Calegari, N. (2017, januari 31). *Data on the Web Best Practices*. Opgehaald van World Wide Web Consortium (W3C): <https://www.w3.org/TR/dwbp/>
- Feibleman, J. K. (1953). Ontology. *The Philosophical Review*, Vol. 62, 142-145.
- Feigenbaum, L. (2021, juni 11). *SPARQL by Example*. Opgehaald van Cambridge Semantics: <https://www.cambridgesemantics.com/blog/semantic-university/learn-sparql/sparql-by-example/>
- Finkers, R. (2016, maart 16). *FAIR guiding principles published in journal of the Nature Publishing Group family*. Opgehaald van Wageningen University & Research: <https://www.wur.nl/en/newsarticle/FAIR-guiding-principles-published-in-journal-of-the-Nature-Publishing-Group-family-.htm>

- Folmer, E., Ronzhin, S., Van Hillegersberg, J., Beek, W., & Lemmens, R. (2020). *Business Rationale for Linked Data at Governments A Case Study at the Netherlands' Kadaster Data Platform*. IEEE Access.
- Freire, J. K. (2008). Second International Provenance and Annotation Workshop. *Provenance and Annotation of Data and Processes*. Salt Lake City, Utah: Springer. Opgehaald van https://www.pldn.nl/wiki/Step_7:_Add_metadata
- Fürber, C. (2016). *Data Quality Management with Semantic Technologies*. München, Germany: Springer Gabler.
- Future Learn. (2021, juni 11). *Queries using CONSTRUCT*. Opgehaald van Future Learn: <https://www.futurelearn.com/info/courses/linked-data/0/steps/16104>
- Gruber, T. (1992). *What is an Ontology?* Opgehaald van Stanford: <http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>
- Guarino, N., & Giarretta, P. (1995). *Ontologies and Knowledge Bases: Towards a terminological clarification*. Padova, Italy: University of Padova. Opgehaald van https://www.researchgate.net/publication/220041941_Ontologies_and_knowledge_bases_towards_
- Guizzardi, G. (2005). *Ontological foundations for structural conceptual models*. Enschede: Telematica Instituut Fundamental Research Series.
- Hitzler, P. (2021, februari). A Review of the Semantic Web Field: Tracing the triumphs and challenges of two decades of Semantic Web research and applications. *Communications of the ACM, Vol. 64 No. 2*, 76-83. Opgehaald van <https://m-cacm.acm.org/magazines/2021/2/250085-a-review-of-the-semantic-web-field/fulltext>
- INTERLINK. (2017, maart 31). *The value of Object Type Library (OTL)*. Opgehaald van Road OTL: <https://www.roadotl.eu/otl/>
- INTERLINK. (2018, april 19). *CEDR | Asset information management using linked data for the life-cycle of roads*. Opgehaald van YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=gczSTeyif5Y>
- Kennisprogramma Natte Kunstwerken. (2015, december). *Eenduidig Toetskader: Uitgangspunten en analyse*. Opgehaald van Kennisprogramma Natte Kunstwerken: <https://www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl/upload/documents/tinymce/NKvdT-TL-Toetskader.pdf>
- Knublauch, H., Allemang, D., & Steyskal, S. (2017, juni 8). *SHACL Advanced Features*. Opgehaald van World Wide Web Consortium (W3C): <https://www.w3.org/TR/shacl-af/#functions-example>
- Kolodziejczyk, P. (2021, april 30). Interview met Simulation Consultant bij Macomi. (B. Verhagen, Interviewer)
- Koppenberg, T. (2019). *Introductie TVP-planner. Toekomstbestendig werken aan het spoor*. Macomi.
- Kramer, M. (2021, april 7). Interview met Teamleider Onderhoud Technische Installaties bij Waterschap Rivierenland. (B. Verhagen, Interviewer)
- Lakoff, G. (1987). *Women, fire, and dangerous things: what categories reveal about the mind*. Chicago: University of Chicago Press.

- Lassing-Van der Spek, B. L., Bredeveld, J., & Hellebrandt, L. (2016). *Eenduidig Toetskader. Uitgangspunten en analyse*. Kennisprogramma Natte Kunstwerken. Opgehaald van <https://www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl/upload/documents/tinymce/NKvdT-TL-Toetskader.pdf>
- Lebo, T., Sahoo, S., & McGuinness, D. (2013, april 30). *PROV-O: The PROV Ontology*. Opgehaald van World Wide Web Consortium (W3C): <https://www.w3.org/TR/prov-o/>
- Linked Data*. (2021, juni 21). Opgehaald van Topsector Logistiek: <https://www.topsectorlogistiek.nl/wptop/wp-content/uploads/2021/06/20210621-Linked-Data.pdf>
- Macomi. (2021, april 14). *Success Stories*. Opgehaald van Macomi: <https://macomi.nl/success-stories/>
- Mealy, G. H. (1967). Another Look at Data. *Proceedings of the Fall Joint Computer Conference, Anaheim, California (AFIPS Conference Proceedings, Volume 31)* (pp. 525-534). Washington, DC: Thompson Books.
- Mons, B. (2018). *Data Stewardship for Open Science. Implementing FAIR Principles*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Neves Cordeiro, C., & Hauwert, W. (2015). *Onderzoeksrapport Beheer en onderhoud bruggen. Een lange maar noodzakelijke verbouwing*. Rekenkamer Amsterdam.
- Nilsson, M. (2021, mei 26). *Metadata Interoperability*. Opgehaald van Dublin Core Metadata Initiative: https://www.dublincore.org/resources/glossary/metadata_interoperability/
- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. Stanford: Stanford University. Opgehaald van https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf
- Oates, B. (2006). *Researching Information Systems and Computing*. Londen: Sage.
- Overbeek, H., & Van den Brink, L. (2014, maart 3). *Aanzet tot een nationale URI-Strategie voor Linked Data van de Nederlandse overheid*. Opgehaald van Platform Linked Data Nederland: <https://www.pldn.nl/wiki/Boek/URI-strategie>
- Parsons, J., & Wand, Y. (2013). Extending Classification Principles from Information Modeling to Other Disciplines. *Journal of the Association for Information Systems, volume 14*, 245-273. Opgehaald van <https://aisel.aisnet.org/jais/vol14/iss5/2/>
- Preston-Werner, T. (z.d.). *Semantic Versioning 2.0.0*. Opgehaald van SemVer: <https://semver.org/>
- Provincie Gelderland. (z.d.). *Civiele kunstwerken. Assetmanagementplan 2018-2022*. Arnhem: Provincie Gelderland.
- Rasch, M. (2020, mei 13). *De wereld is groter dan data*. Opgehaald van De Groene Amsterdammer: <https://www.groene.nl/artikel/de-wereld-is-groter-dan-data>
- Rijksoverheid. (2021, april 16). *Waterbeheer in Nederland*. Opgehaald van Rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/water/waterbeheer-in-nederland>
- Rijkswaterstaat. (2008). *Beschrijving standaard inspectieproces*. Rijkswaterstaat. Opgehaald van https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_133715_31/

- Rijkswaterstaat. (2012). *A1/A6/A9/A10: Schiphol-Amsterdam-Almere*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/projectenoverzicht/a9-a10-a1-a6-schiphol-amsterdam-almere>
- Rijkswaterstaat. (2014). *Analysekader beweegbare kunstwerken*. Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud. Afdeling Instandhouding Constructies en Onderhoud.
- Rijkswaterstaat. (2017). *RWS Bedrijfsinformatie. Handreiking Kwalitatieve objectrisicoanalyse*. Rijkswaterstaat. Opgehaald van <https://www.leidraadse.nl/downloads>
- Rijkswaterstaat. (2018a). *Handreiking prestatiegestuurde risicoanalyses (PRA). Sturen op prestaties van systemen*. Steunpunt ProBo. Opgehaald van <https://www.leidraadse.nl/downloads>
- Rijkswaterstaat. (2018b). *Toelichting op het Proces Advisering herhalingsmetingen Kunstwerken*. Rijkswaterstaat.
- Rijkswaterstaat. (2019a, september). *Luchtfoto's A6 Almere september 2019*. Opgehaald van Online Bezoekerscentrum: <https://bezoekerscentrum.rijkswaterstaat.nl/SchipholAmsterdamAlmere/?gallery=luchtfotos-a6-almere-september-2019>
- Rijkswaterstaat. (2019b, november 26). *Begrippen RWS: ABDL: Instandhouding*. Opgehaald van ABDL thesaurus: <https://rws.begrippenxl.nl/ABDL/nl/page/DEF-1799>
- Rijkswaterstaat. (2020, juni 1). *Set: Data-eisen Geodetische informatie*. Opgehaald van Standaarden Rijkswaterstaat: Deformatiemetingen kunstwerken
- Rijkswaterstaat. (2021a, april 28). *Projectenoverzicht wegen*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/projectenoverzicht>
- Rijkswaterstaat. (2021b, april 28). *Projectenoverzicht water*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/projectenoverzicht>
- Rijkswaterstaat. (2021c, april 16). *Onze organisatie*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/over-ons/onze-organisatie>
- Rijkswaterstaat. (2021d, april 28). *Onze missie*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/over-ons/onze-organisatie/onze-missie>
- Rijkswaterstaat. (2021e, april 21). *Data Informatie Systeem Kunstwerken (DISK)*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/werken-aan-infrastructuur/onderhoud-kunstwerken/data-informatiesysteem-kunstwerken/>
- Rijkswaterstaat Helpdesk Water. (2021, april 13). Antwoord op uw vraag met vraagnummer 21 04 0904. (B. Verhagen, Interviewer)
- Rongen, S. (2020, november 25). Project Proposal. (B. Verhagen, Interviewer)
- Rongen, S. (2021, februari 9). Co-creation met Linked Data Consultant. (B. Verhagen, Interviewer)
- RVO. (2019). *Oplossing onderhoudsproblematiek natte kunstwerken*. Opgehaald van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland: <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/projecten/oplossing-onderhoudsproblematiek-natte-kunstwerken>
- Saghafi, A. (2021). *Lecture 4 of course module Advanced Data Management*. Tilburg, Nederland: Universiteit van Tilburg.

- Semaku. (2021, juni 11). *Using COALESCE and if in SPARQL for Nested If..Then..Else Statements*. Opgehaald van Semaku: <https://semaku.com/post/using-coalesce-and-if-in-sparql-for-nested/>
- Shalivskyy, Y. (2017, juli 17). *Naming conventions for the RDF/OWL #112*. Opgehaald van GitHub: <https://github.com/G-Node/python-odml/issues/112>
- Smit, M. (2021a, maart 30). Informatieanalyse Xamit. (B. Verhagen, Interviewer)
- Smit, M. (2021b, februari t/m juni). (B. Verhagen, Interviewer)
- Taylor, A. (2015). *Semantics For Dummies®, MarkLogic Special Edition*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- TopQuadrant. (2021, juni 7). *Working with Ontologies: SHACL requirements for working with Reference Datasets and Data Graphs*. Opgehaald van TopQuadrant: https://doc.topquadrant.com/7.0/ontologies/#SHACL_requirements_for_working_with_Reference_Datasets_and_Data_Graphs
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, 1124-1131. Opgehaald van <https://www2.psych.ubc.ca/~schaller/Psyc590Readings/TverskyKahneman1974.pdf>
- Uschold, M. (2018). *Demystifying OWL for the Enterprise*. Morgan & Claypool.
- Van Bergen, L., Mesdag, T., Brattinga, M., Janssen, P., Debats, E., Kloosterboer, A., . . . Van den Brink, L. (2020, oktober 23). *MIM - Metamodel Informatie Modelling*. Opgehaald van Geonovum Standaard: <https://docs.geostandaarden.nl/mim/mim/>
- Van den Assem, J. (2017, maart 17). *Asset management... Wat is dat nou eigenlijk?* Opgehaald van Arcadis: <https://www.arcadis.com/nl-nl/knowledge-hub/blog/netherlands/jason-van-den-assem/2017/asset-management-wat-is-dat-nou-eigenlijk>
- Van der Welle, J. T. (2011). *Inspectierapport programmeringsinspectie Gouda. Ongelijkvloerse kruising rijksweg – spoorlijn Gouda-Woerden*. ARCADIS.
- Van der Welle, J. T. (2012). *Inspectierapport programmeringsinspectie A2. Overkluizing WRK leiding tpv toerit rijksweg 2 Evenaars Wetering*. ARCADIS.
- Van Rijn, R., & Santema, A. (z.d.). *Een nieuwe wereld, een nieuwe informatiearchitectuur*. Opgehaald van Platform Linked Data Nederland: <https://www.pldn.nl/wiki/Boek/RijnSantema>
- Van Ruijven, L., Baggen, M., Böhms, M., Heres, L., Koehorst, B., Oostinga, D., . . . Spekkink, D. (2020). *Nederlandse technische afspraak. NTA 8035: Semantische gegevensmodellering in de gebouwde omgeving*. NEN.
- Van Turnhout, K., Craenmehr, S., Holwerda, R., Menijn, M., Zwart, J. P., & Bakker, R. (2013). Tradeoffs in design research: Development oriented triangulation. Proceedings of the 27th Annual BCS Interaction Specialist Group Conference on People and Computers. *British Computer Society*, 27.
- Van Turnhout, K., Craenmehr, S., Holwerda, R., Menijn, M., Zwart, J. P., & Bakker, R. (2014). *De methodenkaart praktijkonderzoek*. Academic Service ISBN 9789462450295. Opgehaald van https://www.researchgate.net/publication/272421605_De_methodenkaart_praktijkonderzoek
- Voskuil, J. (2012a). *The Taxonomy Revolution. Part I: Knowledge Models*. Rijswijk: Taxonic. Opgehaald van <https://www.taxonic.com/taxonomy-revolution-nl/>

- Voskuil, J. (2012b). *The Taxonomy Revolution. Part II: Findability*. Rijswijk: Taxonic. Opgehaald van <https://www.taxonic.com/cms/uploads/The-Taxonomy-Revolution-Part-II.pdf>
- Voskuil, J. (2014, januari 1). *Linked Data in the Enterprise: How information enlightenment reduces the cost of IT-systems by orders of magnitude*. Taxonic. Opgehaald van Taxonic: <https://www.taxonic.com/linked-data-enterprise-nl/>
- Voskuil, J. (2020). Asset Data Must Be FAIR. *Towards data driven knowledge based decision support* (p. 29). FAIR dataplatform: Linked Building Data. Opgehaald van <http://linkedbuildingdata.net/ldac2020/files/recordings/voskuil.mp4>
- Voskuil, J. (2021, april 15). *Why Asset Data Must Be FAIR: The SIDO Case*. Opgehaald van LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/why-asset-data-must-fair-sido-case-jan-voskuil/>
- Voskuil, J., Dijkstra, R., Smit, M., & Rongen, S. (2020, augustus 26). *What do we call this project?* Opgehaald van Confluence: <https://taxonic.atlassian.net/wiki/spaces/MIT/pages/164063/What%2Bdo%2Bwe%2Bcall%2Bthis%2Bproject>
- VPRO. (2021, januari 24). *Technologie als religie*. Opgehaald van VPRO Tegenlicht: <https://www.vpro.nl/programmas/tegenlicht/kijk/afleveringen/2020-2021/technologie-als-religie.html>
- W3C. (2021, juni 2). *Semantic Web*. Opgehaald van World Wide Web Consortium (W3C): <https://www.w3.org/standards/semanticweb/>
- Wang, R. Y., & Strong, D. M. (1996). Beyond Accuracy: What Data Quality Means to Data Consumers. *Journal of Management Information Systems* 12(4), 5-34.
- Wei, X., & Liao, Y. (2019, januari 29). *Contextualizing Airbnb by Building Knowledge Graph*. Opgehaald van Medium: <https://medium.com/airbnb-engineering/contextualizing-airbnb-by-building-knowledge-graph-b7077e268d5a>
- Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., . . . Crosas, M. (2016). *The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship*. Sci Data 3. Opgehaald van Nature Portfolio: <https://www.nature.com/articles/sdata201618>
- Zeijler, C. (2021, maart 23). E-mail van Gepensioneerd Landmeetkundige bij Waterschap Zeeuws-Vlaanderen en Waterschap Scheldestromen. (B. Verhagen, Interviewer)

Bijlage A: Projectplan

Documenthistorie

Revisies

Dit document kent de volgende wijzigingen:

Versie	Status	Datum	Wijzigingen
0.1	Concept	10-02-2021	Initiële versie
0.2	Concept	11-02-2021	§5.1. Taken en verantwoordelijkheden, H2. Organisatie
0.3	Concept	22-02-2021	Documentstructuur
0.4	Concept	04-03-2021	H3. Probleemverkenning, §6.1. Rapportage, Bijlage A
0.5	Concept	09-03-2021	H1. Inleiding, H3. Probleemverkenning, §4.6. Randvoorwaarden, H6. Projectbeheersing, §7.1. Planning aannames, §7.4. Kosten en budget
0.6	Compleet concept	06-04-2021	Managementsamenvatting, H4 Projectdefinitie, §7.2. Project planning, §7.3. Afhankelijkheden, Bijlagen opgeruimd
0.7	Compleet concept	15-04-2021	Feedback 1 ^e assessor verwerkt (zie procesboek wk 9).
1.0	Definitief	16-04-2021	Goedkeuring verleend, feedback 2 ^e assessor verwerkt (zie procesboek wk 10).

Goedkeuring

Dit document behoeft de volgende goedkeuringen:

Versie	Datum goedkeuring	Naam	Functie
0.6	06-04-2021	Jesse Bakker	Bedrijfsbegeleider
0.7	15-04-2021	Carl Wolff	Docentbegeleider, 1 ^e assessor
0.7	16-04-2021	Natasja Martens	2 ^e assessor

Distributie

Dit document is gedeeld met:

Versie	Datum verzending	Naam	Functie
0.3	22-02-2021	Sjoerd Rongen	Bedrijfsbegeleider (uit dienst getreden)
0.6	06-04-2021	Jesse Bakker	Bedrijfsbegeleider
0.7	15-04-2021	Carl Wolff	Docentbegeleider, 1 ^e assessor
0.7	15-04-2021	Natasja Martens	2 ^e assessor

Managementsamenvatting

Doel van dit document

Dit document heeft tot doel het project te definiëren, als basis te dienen voor het management ervan en de beoordeling van het succes van het project mogelijk te maken.

De twee belangrijkste redenen voor gebruik van dit document zijn:

- om er zeker van te zijn dat het project een gezonde basis heeft voordat de Stuurgroep gevraagd wordt zich aan het project te committeren;
- om te dienen als basisdocument op grond waarvan de Stuurgroep en de Projectmanager de voortgang en wijzigingen kunnen toetsen en bewaken en vragen omtrent geldigheid van het project tijdens de uitvoering ervan kunnen beoordelen.

Aanleiding

De civiele-bouwsector kan met de beperkte middelen niet in korte tijd tot een haalbare onderhouds-planning komen. Het probleem is dat het huidige informatielandschap het moeilijk maakt om informatie over assets te verzamelen. Dit maakt het complex en tijdrovend om onderhoudsplanningen te realiseren die onderhoudsbeurten combineert en ketenpartijen laat samenwerken om de hinder van onderhoudswerkzaamheden te minimaliseren. Hierdoor ontstaat het risico dat mankementen te laat ontdekt en/of opgelost worden, waardoor de uiteindelijke kosten hoger uitvallen.

Doelstelling

Het projectdoel is om inzicht te krijgen in hoe Linked Data kan worden gebruikt om onderhoudsplanningen voor civieltechnische bouwwerken van Rijkswaterstaat te verbeteren.

Globale aanpak en doorlooptijd

Het project loopt gedurende de periode van 9 februari 2021 tot en met 15 juni 2021. Het project is onderverdeeld in drie fasen: de startfase, de realisatiefase en de schrijffase.

De startfase is eindigt bij goedkeuring van dit projectplan. De realisatiefase bestaat uit het voor- en naderonderzoek. De planningssoftware van Macomi, de werkwijze van Rijkswaterstaat en hoe Linked Data voor een hogere datakwaliteit zorgt, staan centraal in het onderzoek. Uiteindelijk wordt een proof of concept ontwikkeld om de werkzaamheid en de praktische haalbaarheid van de onderzoeksresultaten aan te tonen. De onderzoeksresultaten representeren de kwalitatieve objectrisicoanalyse van een civiel-bouwkundige constructie dat bij Rijkswaterstaat in beheer is. De conclusies op evaluaties van deze producten geven, in de schrijffase, gezamenlijk antwoord te geven op de hoofdvraag: *Hoe kan de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere met Linked Data gemodelleerd worden?*

Inhoudsopgave

1. INLEIDING.....	1
1.1. LEESWIJZER	1
2. TAXONIC.....	2
3. PROBLEEMVERKENNING	3
3.1. RIJKSWATERSTAAT	3
3.2. SAMENWERKINGSVERBAND MET MACOMI	4
3.3. RELEVANTIE HAALBARE ONDERHOUDSPANNINGEN	5
4. PROJECTDEFINITIE	7
4.1. DOEL	7
4.2. AFBAKENING.....	8
4.3. AANPAK	9
4.4. PRODUCTDECOMPOSITIESTRUCTUUR.....	12
4.5. PRODUCTSTROOMSCHEMA.....	12
4.6. RANDVOORWAARDEN	13
5. ORGANISATIESTRUCTUUR	14
5.1. TAKEN EN VERANTWOORDELIJKHEDEN	14
6. PROJECTBEHEERSING.....	16
6.1. RAPPORTAGE.....	16
6.2. VOORTGANGSBEWAKING	17
6.3. RISICOMANAGEMENT	17
6.4. WIJZIGINGSPROCEDURE.....	19
6.5. ESCALATIEPROCEDURE.....	19
7. INITIËLE PLANNING	20
7.1. PLANNING AANNAMES	20
7.2. PROJECT PLANNING	20
7.3. AFHANKELIJKHEDEN.....	21
7.4. KOSTEN EN BUDGET	21
BIBLIOGRAFIE	22
BIJLAGE A: COMMUNICATIEPLAN.....	I
BIJLAGE B: INITIËLE DETAILPLANNING	II
BIJLAGE C: PERSOONLIJKE LEERDOELEN	IV

1. Inleiding

Dit document is opgesteld om alle relevante basisinformatie en uitgangspunten van het project vast te leggen om het op de juiste wijze te kunnen besturen. Het heeft tot doel het project te definiëren, als basis te dienen voor het management ervan en de beoordeling van het succes van het project mogelijk te maken.

Dit projectplan behandelt de volgende fundamentele aspecten van het project:

- Wat beoogt men met het project te bereiken?
- Waarom is het belangrijk om deze doelstellingen te bereiken?
- Wie zijn er betrokken bij dit project en wat zijn hun rollen en verantwoordelijkheden?
- Hoe en wanneer zullen de maatregelen die in dit projectplan besproken worden gerealiseerd worden?

Het document wordt gebruikt:

- om er zeker van te zijn dat het project een gezonde basis heeft voordat Taxonic en Fontys Hogeschool ICT gevraagd wordt zich aan het project te committeren;
- om te dienen als basisdocument op grond waarvan de bedrijfsbegeleider en de docentbegeleider de voortgang en wijzigingen kunnen toetsen en bewaken en vragen omtrent geldigheid van het project tijdens de uitvoering ervan kunnen beoordelen.

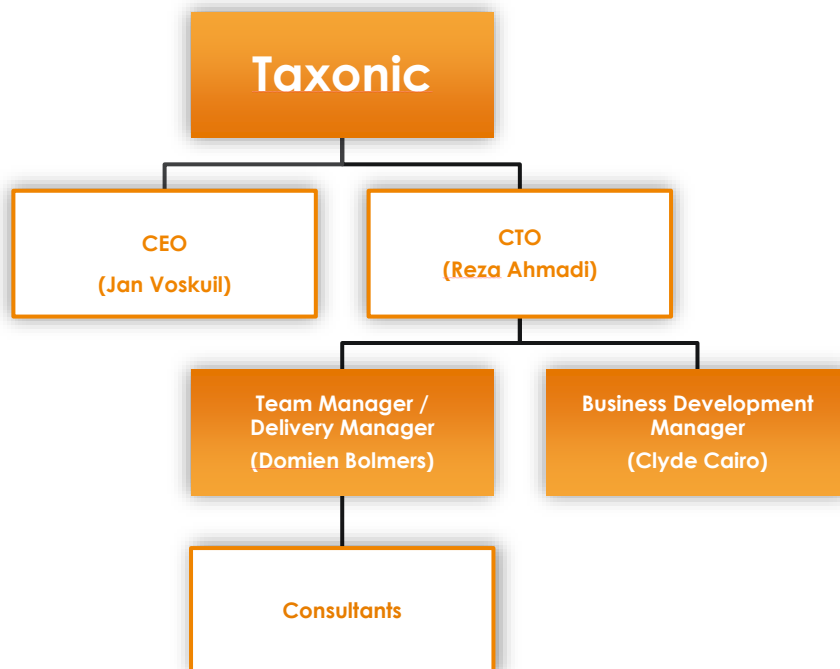
1.1. Leeswijzer

Hoofdstuk 2 presenteert de organisatie waar het afstuderen plaatsvindt. Hoofdstuk 3 beschrijft de huidige situatie en de noodzaak om van de doelstelling van het project. Hoofdstuk 4 behandelt het beoogde doel van het project en de aanpak die is uiteengezet. Hoofdstuk 5 gaat in op de betrokken personen en hun rollen en verantwoordelijkheden in het project. In hoofdstuk 6 geeft inzicht in de beheersmaatregelen van dit project. En hoofdstuk 7 eindigt met een initiële planning van de globale aanpak.

2. Taxonic

In 2012 hebben Jan Voskuil (CEO) en Reza Ahmadi (CTO) IT-adviesbureau Taxonic in De Meern opgericht. Taxonic biedt diensten aan die zich richten op kennismanagement. De focus ligt hierbij op Linked Data en Dynamic Case Management (zaakgericht werken). Daarnaast biedt Taxonic brede ICT-Dienstverlening.

Figuur 1 illustreert het organogram van Taxonic. Het managementteam bestaat uit de twee oprichters, Team-/ Delivery Manager (Domien Bolmers) en Business Development Manager (Clyde Cairo). Ongeveer vijftientig medewerkers werken in een interdisciplinair team. Ze hebben de volgende functies: informatieanalist, business consultant, architect, full stack-developer, software engineer en projectmanager. Voor de buitenwereld is iedere medewerker een consultant; de team- / delivery manager stuurt alle medewerkers en stagiaires aan (Taxonic, 2021).



Figuur 1 Organigram (Cairo, 2021)

De ontwikkeling van expertise is belangrijk voor Taxonic. Het vormt de basis van de kwaliteit die het bedrijf levert en leidt tot innoverend vermogen (Taxonic, 2021). De medewerkers krijgen de mogelijkheid zelf beroepsmatig invulling te geven aan hun interesses en worden aangemoedigd om netwerk-evenementen, seminars en congressen te bezoeken, vakliteratuur te lezen en bediscussiëren, whitepapers te schrijven, in open source projecten te participeren, vaardig te worden met nieuwe technologieën en opleidingen te volgen (Bolmers, 2020). Bovendien is Taxonic actief betrokken bij Platform Linked Data Nederland, een netwerk waar experts kennis delen over Linked Data (Platform Linked Data Nederland, 2021). Kennisdelen is een andere belangrijke kernwaarde voor Taxonic. In het eigen opleidingsinstituut, Taxonic Academy, biedt Taxonic opleidingen aan voor Linked Data, GO FAIR en het BPM-platform Pega (Taxonic, 2021).

3. Probleemverkenning

3.1. Rijkswaterstaat

Deltares, MARIN, Rijkswaterstaat en TNO zijn met Kennisprogramma Natte Kunstwerken (2021) een samenwerking aangegaan om de levensduur van natte kunstwerken te onderzoeken, functionele mogelijkheden te verkennen en de omgeving te bekijken om vervanging te vermijden en de bestaande infrastructuur optimaal te benutten. De term 'natte kunstwerken' wordt in de bouwsector gebruikt als een verzamelnaam voor civieltechnische bouwwerken (assets) zoals stuwen, sluizen, gemalen, vaarwegen, dijken en bruggen (Van den Assem, 2017; RVO, 2019).

Nederland staat bekend om haar deltawerken en de landwinning door droogmakerij. Desondanks zijn veel natte kunstwerken en infrastructuur in Nederland aan het einde van hun levensduur. De komende decennia staat de vervanging of grootschalige renovatie van naar verwachting 250 natte kunstwerken, en 800 natte kunstwerken voldoen niet meer aan de huidige eisen (Kennisprogramma Natte Kunstwerken, 2015; RVO, 2019). Het gaat om een bedrag van 5,5 miljoen euro aan achterstallig onderhoud bij zestien van de zeventig grote vaste bruggen in Nederland. Met achterstallig onderhoud worden mankementen bedoeld die voor storingen en overlast voor gebruikers kunnen zorgen (Brabants Dagblad, 2017).

Rijkswaterstaat en de waterschappen hebben het grootste deel van de natte kunstwerken in beheer (Kennisprogramma Natte Kunstwerken, 2015). Op de website van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO, 2019) staat de uitdaging van Rijkswaterstaat en de waterschappen beschreven.

Echter is er het personeel, het materiaal en het budget niet voor om in korte tijd aan deze vervangingsvraag te voldoen. Bovendien verloopt het onderhoud van natte kunstwerken nu inefficiënt, worden er veel onnodige kosten gemaakt, kansen en risico's gemist en is er slecht zicht op de hinder die door onderhoud ontstaat. (RVO, 2019)

Voor de kansen en risico's verwijst Kennisprogramma Natte Kunstwerken (2015) naar de Strategische visie Vervanging en Renovatie (VenR) die op 17 juli 2015 door het Rijkswaterstaat-bestuur is vastgesteld. "Suboptimale oplossingen met te geringe maatschappelijke meerwaarde, gemiste kansen voor innovatie, vertraging en onvoorziene kosten in de uitvoeringsfase," zijn de knelpunten die het kennisprogramma aanhaalt.

Taxonic streeft naar het kunnen aanbieden van Linked Data-oplossingen. Linked Data is een middel om informatie te verbinden, ongeacht waar het is opgeslagen. Het voorkomt de creatie van silo's en helpt om integratievraagstukken op te lossen (Bakker, 2021). Volgens Rongen (2020) wordt Linked Data voornamelijk toegepast wanneer: het datamodel snel verandert, men heterogene systemen wil koppelen of wanneer veelvuldig gepubliceerd wordt. Met name de overheid maakt hier gebruik van, omdat haar wettelijk is opgelegd om transparant te zijn.

In het nastreven van haar missie is Taxonic met Macomi in aanraking gekomen. Macomi ontwikkelt algoritmen voor analyse en optimalisatie om inzicht te krijgen in activiteiten, problemen op te sporen en kansen te identificeren (Macomi, 2021a).

Taxonic en Macomi zijn een samenwerking aangegaan om te onderzoeken hoe ze geoptimaliseerd asset management met Linked Data kunnen aanbieden waarmee planners worden ondersteund bij het verzamelen en verwerken van informatie (Rongen, 2021). Deze samenwerking heeft ertoe geleid dat de partners in aanmerking zijn gekomen voor een subsidie die de overheid beschikbaar stelt om

innovatie bij het midden- en kleinbedrijf te stimuleren (RVO, 2020). Momenteel ontwikkelen ze samen een platform voor onderhoud van natte kunstwerken.

De doelstelling van dit project is het ontwikkelen van een gebruiksvriendelijk, integraal platform waarmee voor het eerst het onderhoud van natte assets slim, efficiënt en doelmatig ingepland én op korte en lange termijn geborgd kan worden, waarbij rekening gehouden wordt met alle relevante data, risico's, kansen en ketenafhankelijkheden en tegelijkertijd de hinder van dit onderhoud kan worden geminimaliseerd. (RVO, 2019)

3.2. Samenwerkingsverband met Macomi

In het samenwerkingsverband ontwikkelt Macomi een algoritme die de optimale onderhoudsplanning berekent. Hiervoor is de planningssoftware voor ProRail een inspiratiebron. Taxonic verbetert het informatielandschap door gegevens te verbinden en gestructureerd met Linked Data beschikbaar te stellen (Rongen, 2021).

Sinds 2018 werkt Macomi samen met ProRail aan een programma met de ambitie “om een optimaal onderhoudsplan voor het spoorwegennetwerk te realiseren dat streeft naar de juiste balans tussen hinder voor reizigers en goederen, de betrouwbaarheid van het spoor en uitvoeringskosten” (Macomi, 2021b).

Bij ProRail wordt de planning met de hand gemaakt, waardoor de focus vooral ligt op de hinder voor passagiers. Dit proces is zeer tijdrovend en neemt gemiddeld 3 tot 4 maanden in beslag van meerdere medewerkers bij ProRail en transport operators. Door tijdsdruk kan er maar één planning worden opgeleverd waarbij geen afweging gemaakt kan worden tussen verschillende planningsscenario's. Planners houden zich zo strikt mogelijk aan de met de gehele sector gemaakte afspraken, zoals de maximale frequentie en duur van onderhoudswerkzaamheden per treincorridor. Bovendien kan de kwaliteit van een planning niet met harde cijfers worden onderbouwd. (Macomi, 2021b)

Volgens Voskuil (2021a) werken bij ProRail tien medewerkers aan een planning in Excel. Om onderhoudsplanningen te optimaliseren moeten ze afhankelijkheden in de planning bijhouden en degelijke beslissingen maken. Om bepaalde informatie te verzamelen moeten de planners eerst de gehele planning doorlopen. Planners kunnen dan moeilijker beslissingen maken over welke investeringen in hun assets het meeste bijdragen aan wat hun organisatie belangrijk vindt. Bijvoorbeeld het combineren van onderhoudsbeurten om zo efficiënt met middelen om te gaan. Macomi heeft uitgerekend dat ProRail 10% kan besparen met een onderhoudsplanning die onderhoudsbeurten combineert en zo efficiënter met middelen omgaat.

De variabelen voor deze afwegingen verschillen per klant en per type asset. Voorbeelden van afhankelijkheden zijn gebruikersaantallen, de locatie of duur van een inspectie, de reistijd of welke wegen afgezet moeten worden (Koppenberg, 2019). Dat vereist dat planners veel informatie moeten verwerken. Als zij daar niet in worden ondersteund met informatievoorzieningen, dan wordt het complex om onderhoudsprocessen te optimaliseren. Een computer kan die informatie automatisch verwerken en overzichtelijk maken voor de mens (Bakker, 2021).

De planningssoftware van Macomi maakt gebruik van een gespecialiseerd optimalisatie-algoritme. Dit algoritme kan in korte tijd meer dan 3 miljoen planningen evalueren om een optimale planning aan de eindgebruiker te tonen. De gebruiker kan zelf een planningsscenario opstellen, waarbij de randvoorwaarden naar wens kunnen worden aangepast. Dit is een ingrijpende wijziging in het planningsproces van ProRail en zal gevolgen hebben voor de gehele spoorsector. Diverse scenario's zijn snel door te rekenen en te bespreken met vervoerders en aannemers. Van elk scenario zijn de effecten op kosten en hinder snel zichtbaar en goed vergelijkbaar. Dit

maakt de tool bruikbaar voor planners, maar ook voor een bredere groep gebruikers uit de sector. Dankzij dit algoritme kunnen deze gebruikers onderlinge afspraken verfijnen. (Macomi, 2021b).

Volgens Voskuil (2021b) is de grootste uitdaging van Macomi hoe ze aan hun data komen. Ze hebben data nodig en in de juiste vorm. Bij ProRail zijn acht mensen bezig geweest om de gegevens te verkrijgen en te prepareren voor Macomi. “Er waren momenten bij dat die data er niet was. Het is ook heel breekbaar, want regelmatig veranderen datasets inhoudelijk en dan moet het zoeken en prepareren weer opnieuw gebeuren, dus het schaalte gewoon niet,” aldus Voskuil.

Een voordeel van Linked Data is, volgens Voskuil (2021a), dat het niet noodzakelijk is om de systemen te begrijpen. Daardoor zijn planners minder tijd kwijt aan het prepareren van informatie en kunnen er efficiëntere planningen ontstaan. De visie van Taxonic is om data te organiseren volgens de FAIR-principes (vindbaar, beschikbaar, interoperabel en herbruikbaar). “Zo komt veel meer data beschikbaar en is het minder werk om die data te zoeken en te prepareren. Het is een hele cultuur in omgang met data die moet veranderen,” zegt Voskuil (2021b).

Om het informatielandschap met Linked Data te verbeteren, is bij Taxonic project Xamit¹ in een versnelling gekomen. In dit project is een ontologie ontwikkeld die assets als fysieke objecten modelleert. Momenteel heeft Taxonic nog geen procesmodellen en ontologieën beschikbaar over het proces waar een asset doorheen gaat (Rongen, 2020; 2021).

Een ontologie biedt een gedeeld vocabulaire dat kan worden gebruikt om een domein te modelleren. Het doel van een ontologie is om een bepaald domein te beschrijven, de elementen erin te classificeren en categoriseren. Dat gebeurt door hiërarchieën een betekenis te geven. (Taylor, 2015, p. 37)

3.3. Relevantie haalbare onderhoudsplanningen

Assets worden voor langdurig gebruik aangeschaft en vereisen periodiek onderhoud, reparatie en eventuele vernieuwing (Asset Insights, 2021; AssetWorks, 2017). Het proces van inspecties speelt daarom een belangrijke rol voor optimalisatie in asset management. Zowel als actie om in te plannen (RVO, 2019) als voor het creëren van input voor vervolgstappen in het beheerproces, zoals onderhoud (Rongen, 2021).

De keuze voor de focus op een beheerobject van de overheid is ontstaan omdat overheidsorganen (wettelijk gezien) transparanter over hun processen zijn. De aanname is dat daar gemakkelijker informatie over is te vinden. En “als een ontologie voldoende geabstraheerd is, kunnen er meerdere bedrijven samen van profiteren of kunnen er diverse assets mee geïnspecteerd worden. Bijvoorbeeld een auto of een bunker van Rijksvastgoedbedrijf” (Rongen, 2021).

Rongen (2020) ervaart in de praktijk dat niet alle informatie van asset management in één database staat opgeslagen. Hierdoor wordt het moeilijk om fouten in berekeningen te vinden en dat heeft potentieel desastreuze gevolgen. Tot op heden heeft Nederland, volgens Rongen, geen noodlottige problemen met de infrastructuur gehad. Rongen zegt dat de situaties bij de parkeergarage van Eindhoven Airport en de Merwedeburg een voorbeeld geven van potentieel desastreuze gevolgen.

Bij Eindhoven Airport was de vloerconstructie van de parkeergarage gedeeltelijk ingestort (zie figuur 2). “Er vielen geen slachtoffers, maar de ravage was groot” (NOS Nieuws, 2019). En in 2017 moest de Merwedeburg tijdelijk dicht voor vrachtverkeer door haarscheurtjes in de draagbalken. In beide situaties hadden ze het “steeds meer zwaar verkeer” (Brabants Dagblad, 2017) en “het grote aantal passagiers” (NOS Nieuws, 2019) verkeerd ingeschat, waardoor de assets meer belast werden dan

¹ Xamit is een afkorting voor Extended Asset Management and Mkb-innovatiestimulering Regio en Topsectoren.

waar bij de bouw rekening mee is gehouden. Rongen kan zich een voorstelling maken van de gevolgen bij de Merwedebrug.

Wat er daarna waarschijnlijk is gebeurd, is dat logistieke bedrijven hun vrachtverkeer moesten omleiden. Een logisch gevolg daarvan zou zijn dat er meer middelen (mensen, vrachtwagens, brandstof, etc.) nodig waren om dezelfde vracht te vervoeren en dat er meer CO²-uitstoot heeft plaatsgevonden. (Rongen, 2020)



Figuur 2 Gedeeltelijke instorting van parkeergarage Eindhoven Airport (NOS Nieuws, 2019)

Probleemstelling

De civiele-bouwsector kan met de beperkte middelen niet in korte tijd tot een haalbare onderhoudsplanニング komen. Het probleem is dat het huidige informatielandschap het moeilijk maakt om informatie over assets te verzamelen. Dit maakt het complex en tijdrovend om onderhoudsplanningen te realiseren die onderhoudsbeurten combineert en ketenpartijen laat samenwerken om de hinder van onderhoudswerkzaamheden te minimaliseren. Hierdoor ontstaat het risico dat mankementen te laat ontdekt en/of opgelost worden, waardoor de uiteindelijke kosten hoger uitvallen.

4. Projectdefinitie

4.1. Doel

Project doelstelling

Inzicht krijgen in hoe Linked Data kan worden gebruikt om onderhoudsplanningen voor civieltechnische bouwwerken van Rijkswaterstaat te verbeteren.

De doelstelling is hieronder in de vorm van een onderzoeksvraag geformuleerd.

Hoofdvraag

Hoe kan de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere met Linked Data gemodelleerd worden?

Deelvragen

De hoofdvraag wordt met onderstaande deelvragen methodisch beantwoord. Hoe de deelvragen het onderzoek ondersteunen, is in tabel 1 onderbouwd.

1. Welke informatie is minimaal nodig voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere?
2. Hoe zorgt Linked Data voor een hogere datakwaliteit voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere?
3. Welke minimale ontologie is nodig om de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere te modelleren?

Tabel 1 Onderbouwing per deelvraag

Deelvraag	Onderbouwing
Deelvraag 1	Een beginpunt kiezen om te bepalen wat het proof of concept gaat representeren door: 1. een beeld te vormen bij het aanleg-, het beheer- en het onderhoudsproces voor assets van Rijkswaterstaat; 2. bestaand werk te analyseren dat de kwalitatieve objectrisicoanalyse van assets in een ontologie beschrijft.
Deelvraag 2	Een kennisbasis over Linked Data verzamelen om de modelleerkeuzes van het proof of concept theoretisch te kunnen onderbouwen.
Deelvraag 3	De werkzaamheid van bewijs dat in het onderzoek is gevonden verantwoorden door bewijs naar de praktijk te vertalen in de vorm van een proof of concept (evidence based).

4.2. Afbakening

Het onderzoek beperkt zich tot de hoofd- en deelvragen van het onderzoek (zie §4.1). Additionele afbakeningen zijn:

- De aanpak voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen beperkt zich tot de beschreven onderzoeksmethoden in §4.3. Aanpak.
- Er worden geen (potentiële) klanten of zakenrelaties benaderd om zich in het project te mengen door een rol als belanghebbende te vervullen.
- Het project beperkt zich tot informatie dat openbaar en binnen Taxonic beschikbaar is.
- De onderzoeksresultaten worden niet gegeneraliseerd. Indien de student aanleiding ziet om dit wel te doen én daar tijd voor heeft, kan hij besluiten om dit uit te breiden.
- Systemen c.q. informatie waar geen toegang toe wordt verleend, maar voor het project nodig zijn, worden uitgesloten en in het eindproduct (de scriptie) benoemd.
- Dataverzameling voor en werkzaamheden aan de deelproducten (zie §4.5) worden op de geplande einddata beëindigd (zie §7.2). Indien een deelproduct dan niet is afgerond, vormt de conceptversie de basis voor hetgeen wat daarvan afhankelijk is. Hetgeen wat voor dit deelproduct nog gepland stond, wordt in het eindproduct (de scriptie) benoemd.
- Het proof of concept beperkt zich tot één use case die de student kiest. De keuze voor de use case wordt gestuurd door overwegingen rond de antwoorden op de deelvragen en de haalbaarheid ten opzichte van de looptijd van het project.
- Het proof of concept bevat enkel direct noodzakelijk aangrenzende klassen van kwalitatieve objectrisicoanalyse. Opvolgende metaniveaus worden als literals (eigenschap van klassen) gemodelleerd.
- Het proof of concept wordt in de ontwikkelomgeving TopBraid EDG gemodelleerd, tenzij het succes van het project in gevaar komt.
- Er worden geen databases en applicaties aan de ontologie gekoppeld om te demonstreren hoe dit in de huidige praktijksituatie er uitziet.
- Het proof of concept wordt niet gecontroleerd op semantische standaarden voor onderhoud van assets. Indien de student aanleiding ziet om dit wel te doen én daar tijd voor heeft, kan hij besluiten om dit uit te breiden.
- Het project beperkt zich tot het perspectief van de asseteigenaar. Er wordt geen aandacht besteedt aan de vormgeving van de user interface² en het proof of concept dient met het proces overeen te komen.

² TopBraid EDG genereert bij een nieuwe ontologie, waarin de attributen van concepten en relaties tussen concepten zijn omschreven, automatisch webformulieren waarin instanties kunnen worden ingevuld.

4.3. Aanpak

Het beantwoorden van de onderzoeksvragen (zie §4.1), is gestructureerd met de methodenkaart voor praktijkonderzoek (zie tabel 2), ook wel het “Development Oriented Triangulation (DOT) Framework” (Van Turnhout, et al., 2013). Het model ondersteunt bij de belangrijke keuzes die gemaakt moeten worden bij het samenstellen van een methodenmix in een praktijkgericht onderzoek (Van Turnhout, et al., 2014). De methodenkaart gaat uit van het idee van triangulatie; het combineren van verschillende theorieën, methoden of databronnen om zo tot betere antwoorden te komen op onderzoeksvragen (Oates, 2006). Zodoende kan het model gebruikt worden als plannings-, reflectie- en verantwoordingsmodel (Van Turnhout, et al., 2014).

Het DOT-framework maakt gebruik van de onderzoeksstrategieën bieb, veld, lab, werkplaats, showroom en stepping stones. De methoden zijn geraadpleegd van de websites ICT Research Methods HBO-i (www.ictresearchmethods.nl) en cmdmethods (www.cmdmethods.nl). Bij de keuze van iedere methode is een overweging gemaakt voor een balans in praktische relevantie en methodische grondigheid.

Tabel 2 Onderzoeksopzet

Strategie	Methode	Onderbouwing	Aanpak
Deelvraag 1: “Welke informatie is minimaal nodig voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere?”			
Veld	Document analysis	De informatieanalyse die in het verleden heeft plaatsgevonden voor project Xamit, biedt de gelegenheid om Macomi's planningssoftware en de werkwijze van Rijkswaterstaat te begrijpen. Bij een interview vergt het veel inspanning om een domeinexpert van Rijkswaterstaat te vinden.	Informatie Analist (Marjo Smit) wordt gevraagd naar de belangrijkste documenten van de informatieanalyse en deze documenten worden bestudeerd.
Bieb	Literatuuronderzoek	Het bestuderen van Rijkswaterstaat's eigen standaarden biedt inzicht in een uniforme werkwijze. Bij een interview vergt het veel inspanning om een domeinexpert van Rijkswaterstaat te vinden.	Op de website voor standaarden van Rijkswaterstaat (standaarden.rws.nl) wordt naar een set gezocht waarin de kwalitatieve objectrisicoanalyse voor viaduct Buitenhout noord staat beschreven.
Showroom	Peer review	Op deze wijze wordt gebruik gemaakt van de expertise van een deskundige om het literatuuronderzoek te valideren.	Informatie Analist (Marjo Smit) wordt gevraagd om te helpen bij het positioneren en verbeteren van de documentanalyse en het literatuuronderzoek.

Tabel 2 Onderzoeksopzet (vervolg)

Strategie	Methode	Onderbouwing	Aanpak
Deelvraag 2: “Hoe zorgt Linked Data voor een hogere datakwaliteit voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere?”			
Bieb	Literatuur-onderzoek	Het biedt de gelegenheid om op eigen tempo te begrijpen wat Linked Data is. Bij een expert interview vergt voorbereiding en tijd om specialistische kennis over te dragen.	Literatuur bestuderen over Linked Data en wat dit voor de datakwaliteit betekent.
Showroom	Peer review	Op deze wijze wordt gebruik gemaakt van de expertise van Linked Data-deskundigen om het literatuuronderzoek te valideren. Bij een product review dient een demonstratie plaats te vinden, en daarmee ontstaat het risico dat experts minder alert zijn dan wanneer hen de tijd wordt geboden om met kritische blik te letten op hoe de begrippen in het literatuuronderzoek zijn verwoord.	Linked Data Consultants (Jesse Bakker en Richard Dijkstra) worden gevraagd om te helpen bij het positioneren en verbeteren van het literatuuronderzoek.

Tabel 2 Onderzoeksopzet (vervolg)

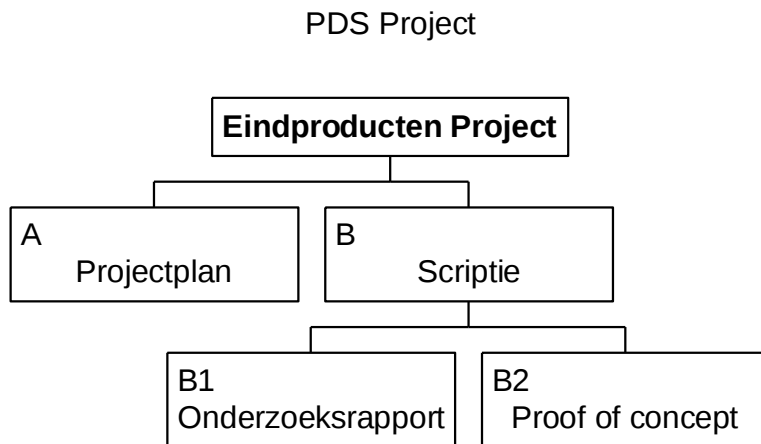
Strategie	Methode	Onderbouwing	Aanpak
Deelvraag 3: “Welke minimale ontologie is nodig om de kwalitatieve objectrisicoanalyse van viaduct Buitenhout noord bij Knooppunt Almere te modelleren?”			
Bieb	Available product analysis	Het inventariseren en analyseren van beschikbaar werk dat de kwalitatieve objectrisicoanalyse van assets in een ontologie beschrijft, om te bepalen hoeveel hergebruikt kan worden.	Java Consultant (Rob Green), Linked Data Consultant (Richard Dijkstra) en Informatie Analist (Marjo Smit) worden gevraagd naar Xamit en de belangrijkste documenten van dit project, deze documenten worden bestudeerd.
Werkplaats	Proof of concept	Het biedt de gelegenheid om een kritiek aspect van de theorie concreet te maken, om inzicht te krijgen in de werkzaamheid van onderzoeksresultaten. Bij een prototype wordt het product in de praktijk gebracht.	Een minimale ontologie* wordt ontwikkeld dat de kwalitatieve objectrisicoanalyse representeert van een civiel-bouwkundige constructie in beheer van Rijkswaterstaat.
Lab	Computer simulation	Een simulatie van het proof of concept om te evalueren of het concept volgens het beoogde model werkt en om technische beperkingen of mogelijkheden van de onderzoeksresultaten te ontdekken. Bij een non-functional test is inzicht nodig in test situaties bij de gebruiker, bij usability test dient een gebruiker het product uit te proberen en bij field trial is een robuust prototype vereist.	Enkele (voorbeeld) risico's voor het viaduct Buitenhout noord worden gebruikt om proof of concept te testen om zo de kwalitatieve objectrisicoanalyse te simuleren en de resultaten worden geëvalueerd.
Showroom	Peer review	Op deze wijze wordt gebruik gemaakt van de expertise van deskundigen om het proof of concept te valideren, zodat ze het kunnen hergebruiken.	Linked Data Consultants (Jesse Bakker en Richard Dijkstra) worden gevraagd om te helpen bij het positioneren en verbeteren van het proof of concept.

*In de praktijk exporteert en deelt Taxonic ttl-bestanden (turtles).

4.4. Productdecompositiestructuur

Aan het einde van het project worden twee producten opgeleverd: een projectplan en een scriptie. De scriptie bestaat twee deelproducten: een onderzoeksrapport en een proof of concept in de vorm van een ontologie (zie §4.3).

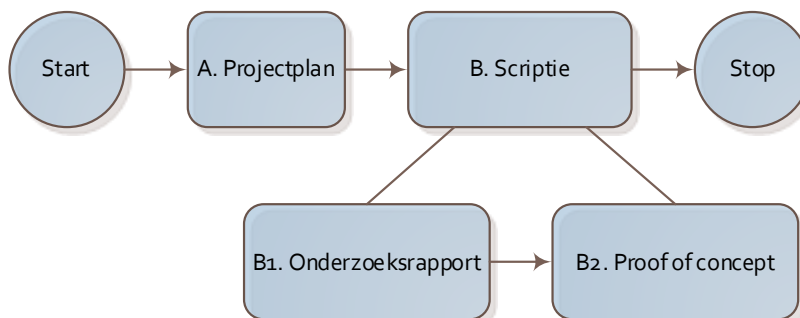
Figuur 3 biedt een overzicht van de producten die aan het einde van het project worden opgeleverd.



Figuur 3 Productdecompositiestructuur

4.5. Productstroomschema

Het productstroomschema visualiseert hoe de producten correleren (zie figuur 4). Het projectplan beschrijft de probleemdefinitie, de doelstelling en de aanpak van het onderzoek. De scriptie geeft antwoord op de onderzoeksvragen uit het projectplan om de doelstelling te bereiken. Het bestaat uit twee deelproducten: een onderzoeksrapport en een proof of concept (zie §4.3).



Figuur 4 Productstroomschema

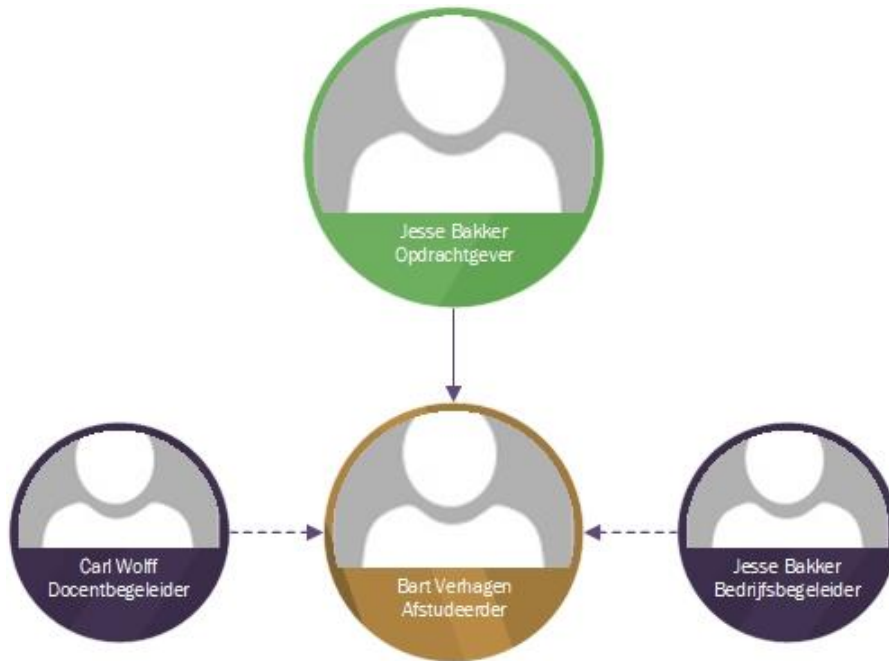
4.6. Randvoorwaarden

Om dit project te kunnen realiseren gelden onderstaande voorwaarden. Situaties waarbij niet aan de randvoorwaarden wordt voldaan of waarbij onvoorziene randvoorwaarden worden ontdekt, vereisen een wijziging aan het projectplan. Indien zich zo een situatie voordoet, dan gebeurt dit volgens de wijzigingsprocedure (zie §6.4).

- De student dient een geschikte (thuis)werkplek met internetverbinding en een eigen computer beschikbaar te hebben om werkzaamheden te verrichten.
- Gedurende de totale looptijd van dit project dient ...
 - ... vanuit Fontys Hogeschool ICT één docentbegeleider wekelijks beschikbaar en bereikbaar te zijn om de begeleiding te bieden die de student nodig heeft.
 - ... vanuit Taxonic één bedrijfsbegeleider wekelijks beschikbaar en bereikbaar te zijn om de begeleiding te bieden die de student nodig heeft.
 - ... Taxonic interne experts beschikbaar te stellen voor inhoudelijke ondersteuning en kwaliteitsbewaking.
- Betrokkenen dragen taken en verantwoordelijkheden conform paragraaf 5.1.
- De opdracht is niet bedrijfskritisch (geen risico voor de bedrijfsvoering of de klantrelatie) en zal dat ook niet worden gedurende de looptijd van het project.
- Taxonic neemt geen beslissingen die direct of indirect van invloed zijn op dit project.
- Taxonic legt de student geen andere of nieuwe werkzaamheden op anders dan wat in dit document staat beschreven.
- Taxonic faciliteert voor de student een geldige licentie voor TopBraid Composer voor de looptijd van dit project.
- Taxonic biedt toegang tot haar systemen en locaties in het belang van het project.
- De in dit document beschreven middelen zijn beschikbaar gedurende de looptijd van dit project.
- Niet benoemde middelen die noodzakelijk zijn voor het behalen van de doelstelling van dit project, worden door Taxonic direct beschikbaar gesteld zodra de student dit kenbaar maakt.

5. Organisatiestructuur

In figuur 5 wordt de organisatiestructuur van dit project weergegeven. Paragraaf 5.1. beschrijft de rollen en verantwoordelijkheden per projectrol.



Figuur 5 Projectorganisatie

5.1. Taken en verantwoordelijkheden

Dit project is ontstaan uit een samenwerking tussen Taxonic en Fontys Hogeschool ICT. Hieronder staan de rollen en verantwoordelijkheden beschreven van de betrokkenen bij dit afstudeeronderzoek en van de student zelf.

5.1.1. Bedrijfsbegeleider

Dient als opdrachtgever van de afstudeeropdracht. Heeft minimaal een afgeronde bachelor (HBO) opleiding met werkervaring in het betreffende ICT-domein. Moet voldoende tijd (minimaal 2 uur per week) hebben om de afstudeerder te begeleiden. Dient minimaal 4 dagen in de week beschikbaar te zijn zodat de student advies kan vragen op het niveau dat nodig is voor de afstudeeropdracht. Biedt inhoudelijke begeleiding tijdens het afstuderen. Biedt de afstudeerder een evaluatie aan van zijn stage. Heeft de rol van adviserend jurylid bij de afstudeerzitting.

5.1.2. Vervangend bedrijfsbegeleider

Neemt de taken en verantwoordelijkheden over van de bedrijfsbegeleider bij uit dienst treden.

5.1.3. Intern deskundige

Dit betreft een deskundige uit het werkveld die werkzaam is bij Taxonic en waar de afstudeerder voor technisch inhoudelijke ondersteuning of voor vragen over Xamit (zie §3.2. Achtergrond) terecht kan. De interndeskundige bewaakt de kwaliteit.

5.1.4. Docentbegeleider/ 1^e assessor

Is het eerste aanspreekpunt voor de afstudeerder. Bezoekt het stagebedrijf tweemaal in overleg met de stagelopende student en de bedrijfsbegeleider. Geeft feedback op het projectplan. Biedt de afstudeerder begeleiding gedurende het afstuderen. Heeft de rol van jurylid bij de afstudeerzitting en beoordeelt het afstudeeronderzoek, het proces, verslaglegging en de eindpresentatie c.q. verdediging.

5.1.5. 2^e assessor

Beoordeelt het projectplan op haalbaarheid en of het voldoet aan het afstudeerniveau, en voorziet van feedback op het project plan. Heeft de rol van juryvoorzitter bij de afstudeerzitting en beoordeelt het afstudeeronderzoek.

5.1.6. Afstudeerder

Is de hoofdverantwoordelijke voor een goed verloop van het afstudeeronderzoek. Stelt zich representatief op voor het stagebedrijf. Neemt initiatief in eigen handen. Houdt rekening met stagecriteria, persoonlijke leerdoelen en uiterste datums. Werkt zelfstandig, planmatig en methodisch in een realistische praktijksituatie en vanuit een onderzoekende houding, en verzamelt, ordent en selecteert daarvoor de juiste informatie. Dit resulterend in voor de opdracht relevante beroepsproducten waarbij de life cycle fases van een ICT-project worden afgedekt: Analyse, Advies, Ontwerp, Realisatie, en Beheer. Deze fasen dienen binnen de context van gebruikers-interactie, organisatieprocessen en/of software plaats te vinden. Legt verantwoording af gedurende de hele stageperiode middels een wekelijks voortgangsrapport en een dagenverantwoordingsformulier, en deelt deze met Fontys Hogeschool ICT.

5.1.7. Afstudeercoördinator

Beoordeelt het stagebedrijf en de afstudeeropdracht. Wijst docentbegeleider en assessoren toe aan de afstudeerder. Is het aanspreekpunt in bijzondere situaties.

5.1.8. Extern deskundige

Dit betreft een extern deskundige uit het werkveld. Heeft de rol van adviserend jurylid bij de afstudeerzitting en bewaakt de kwaliteit.

6. Projectbeheersing

6.1. Rapportage

Onderstaande afspraken betreft de rapportages, zijn onderling overeengekomen met desbetreffende personen. In week 1 t/m week 3 neemt bedrijfsbegeleider (Sjoerd Rongen) de praktijkbegeleiding op zich. Bij zijn uit dienst treden neemt vervangend bedrijfsbegeleider (Jesse Bakker) zijn rol in dit project over. Raadpleeg bijlage A voor partijen en communicatie buiten de formele projectmanagement-structuur zoals beschreven in dit document.

Belanghebbenden

Dit project kent de volgende belanghebbenden:

Naam	Werkgever	Belang	Kanaal
Sjoerd Rongen	Taxonic	Praktijkbegeleiding (wk 1-3)	Mail of MS Teams
Jesse Bakker	Taxonic	Praktijkbegeleiding (wk 4-20)	Mail of MS Teams
Carl Wolff	Fontys Hogeschool ICT	Procesbegeleiding	Mail of MS Teams

Communicatiekanalen

Communicatie met de betrokkenen bij dit project verloopt als volgt:

Naar	Informatie	Kanaal	Frequentie
Sjoerd Rongen	Voortgang	MS Teams	Dagelijks (indien nodig)
Jesse Bakker	Voortgang	MS Teams	Iedere vrijdag om 14:00u
Carl Wolff	Procesboek* met begeleidende alinea	Mail of MS Teams	Iedere vrijdag

* Een wekelijkse blog over de werkzaamheden, problemen/uitdagingen, de planning, keuzes en beslissingen, toegepaste onderzoeksmethoden, en ontvangen feedback.

Contactgegevens

De belangrijkste betrokkenen bij dit project zijn als volgt te bereiken:

Naam	Telefoon	E-mail
Sjoerd Rongen		
Jesse Bakker		
Carl Wolff		

6.2. Voortgangsbewaking

Een globale tijdsplanning van het project is in Microsoft Excel gemaakt. Taken en deadlines worden in de agenda van Microsoft Outlook vastgelegd, wat dagelijks wordt geraadpleegd.

Aan het einde van iedere week wordt de voortgang van het project bijgehouden in een procesboek. Het procesboek bevat informatie over de werkzaamheden, problemen/uitdagingen, de planning, keuzes en beslissingen, toegepaste onderzoeksmethoden, en ontvangen feedback.

De student reflecteert op de werkzaamheden die zijn gedaan en waarom. Bij problemen of uitdagingen beoordeelt de student of daar hulp bij nodig is. Hij onderbouwt waarom keuzes en beslissingen zijn genomen, wat de overwegingen waren en wie bij de beslissingen betrokken waren. Bij planning controleert de student hoe de werkzaamheden zich verhouden tot de algehele planning en welke activiteiten de volgende week op de planning staan en daar een prioriteit aan toegekend.

De belangrijkste punten uit het procesboek worden in een wekelijkse (digitale) stand-up meeting met de bedrijfsbegeleider besproken en met de docentbegeleider per mail gedeeld.

6.3. Risicomanagement

In tabel 3 staan de risico's beschreven die het project negatief kunnen beïnvloeden en hoe de eigenaar deze kan ondervangen. Met klein/middel/groot is aangegeven hoe aannemelijk de kans is dat het zich voordoet. en hoe groot de impact daarvan is. Bij het risico staat met klein/middel/groot aangegeven of het project zonder overleg, met overleg of niet verder kan.

Tabel 3 Risicotabel

ID	Beknopte beschrijving	Kans	Impact	Risico*	PRACT**	Actie(s)	Eigenaar
1	Onvoldoende informatie (over asset management) binnen de organisatie én openbaar beschikbaar.	M	H	H	A	Met de bedrijfsbegeleider bespreken, use case zelf vormgeven en in de scriptie benoemen. Docentbegeleider informeren en oplossing laten goedkeuren.	Student
2	Een geïntegreerde ontologie is nog in ontwikkeling en beïnvloedt daarmee de ontologie dat uit dit project voortvloeit negatief.	M	H	H	P	De te integreren ontologie exporteren alvorens te gebruiken.	Student
3	De bedrijfsbegeleider wordt vervangen.	H	M	H	R	Navragen hoe, wat en wanneer betreft de overdracht. Opdracht aan de nieuwe begeleider uitleggen, mijn verwachtingen uitspreken en afspreken hoe zijn begeleiding zal gaan.	Student

* HxH of HxM = hoog, HxL of MxM = gemiddeld, MxL of LxL = laag.

** P = voorkomen, R = reduceren, A = accepteren, C = onvoorzien, T = overdragen.

Tabel 3 Risicotabel (vervolg)

ID	Beknopte beschrijving	Kans	Impact	Risico*	PRACT**	Actie(s)	Eigenaar
4	Projectgegevens raken verloren.	M	H	H	P	Dagelijks projectdocumenten veiligstellen en wekelijks (of vaker) een offline back-up maken.	Student
5	De laptop van de student is ten einde en begeeft het.	L	H	M	R	De bedrijfsbegeleider en docentbegeleider op de hoogte stellen. Contact opnemen met Team- / Delivery Manager en met hoge prioriteit naar een work-around zoeken.	Student
6	Langdurig verzuim van de student door ziekte en/of bijzondere omstandigheden.	L	H	M	R	In overleg tussen Taxonic, Fontys en de student bepalen op welke wijze de Stagiair aan de stagedoelstelling(en) uit de stageovereenkomst kan voldoen.	Student
7	Deadline van een deelproduct is te optimistisch en wordt niet behaald.	M	M	M	P	Afbakenen dat het product dat op dat moment staat wordt gebruikt om op verder te werken. En met de bedrijfsbegeleider reflecteren.	Student
8	Een intern deskundige heeft geen tijd beschikbaar.	M	M	M	R	Wijzigingsprocedure doorlopen (zie §6.4.)	Student
9	De docentbegeleider is aanhoudend of geruime tijd niet beschikbaar.	L	H	M	R	Contact opnemen met de afstudeercoördinator (zie Hoofdstuk 5).	Student
10	De in dit document genoemde resources, middelen en/of tijd zijn niet beschikbaar gedurende de looptijd van het project.	L	H	M	R	Met de bedrijfsbegeleider en assessoren communiceren om tot gepaste maatregelen te komen.	Student
11	De bedrijfsbegeleider is aanhoudend of geruime tijd niet beschikbaar.	L	M	L	R	Contact opnemen met de Team-/ Delivery Manager en docentbegeleider (zie Hoofdstuk 5).	Student

* HxH of HxM = hoog, HxL of MxM = gemiddeld, MxL of LxL = laag.

** P = voorkomen, R = reduceren, A = accepteren, C = onvoorzien, T = overdragen.

Tabel 3 Risicotabel (vervolg)

ID	Beknopte beschrijving	Kans	Impact	Risico*	PRACT**	Actie(s)	Eigenaar
12	Kortstondig verzuim van de student door ziekte en/of bijzondere omstandigheden.	M	L	L	R	Uitvoeren van interne verzuimprocedure. Consequenties op de tijdsplanning controleren en de impact en maatregelen met de bedrijfs- en docentbegeleider bespreken.	Student

* HxH of HxM = hoog, HxL of MxM = gemiddeld, MxL of LxL = laag.

** P = voorkomen, R = reduceren, A = accepteren, C = onvoorzien, T = overdragen.

6.4. Wijzigingsprocedure

Eventuele wijzigingen die tijdens de uitvoering van het project nodig worden geacht, dient de student met de bedrijfsbegeleider te bespreken. De student benoemt daarbij de reden en de consequenties voor het resultaat. Indien de bedrijfsbegeleider met de wijziging(en) akkoord gaat, dient de student dit bij de assessoren voor te leggen ter goedkeuring. Bij een goedkeuring worden wijzigingen in een addendum aan de scriptie toegevoegd.

6.5. Escalatieprocedure

Wanneer zich in dit project een probleem voordoet, dient de student de impact naar eigen inzicht te beoordelen. Hij kan besluiten zijn bedrijfsbegeleider te informeren of te raadplegen voor advies. De docentbegeleider wordt wekelijks per mail op de hoogte gebracht. Indien de situatie daar naar vraagt kan de student de docentbegeleider benaderen voor advies. Als het probleem zodanig is dat het de kwaliteit van eindproducten in gevaar brengt, dan dient de student een oplossing te overleggen met de bedrijfs- en docentbegeleider. Bij bijzondere situaties kan de student de afstudeercoördinator (of de bedrijfsmanager bij bedrijf gerelateerde problemen) benaderen, maar de bedrijfsbegeleider blijft het eerste aanspreekpunt. Figuur 6 toont de totale escalatieketen.



Figuur 6 Escalatieketen

7. Initiële planning

7.1. Planning aannames

Voor het maken van een planning zijn onderstaande aannames gemaakt.

- De stageactiviteiten vinden plaats in de periode van 9 februari 2021 tot 25 juni 2021. Dat is inclusief het schrijven van de scriptie (deadline 15 juni 2021) en het voorbereiden van de overdracht en de afstudeerzitting.
- Er zijn geen bijkomstige taken en/of werkzaamheden welke niet bijdragen aan dit project.
- Op nationale feestdagen leggen collega's hun werkzaamheden stil.
- Wanneer het projectplan met de assessoren is gedeeld, gaat er maximaal één week voorbij om feedback van hen te ontvangen en dit te verwerken tot een projectplan met een positieve formatieve beoordeling.
- De student krijgt toestemming om in week 19 (projectweek 14) met verlof te gaan.
- De betrokken personen bij het project (zie hoofdstuk 5), medestudenten, familie en vrienden kunnen en willen in week 19 (projectweek 14) feedback geven op de scriptie.

7.2. Project planning

De tijdsplanning van het project wordt in figuur 7 weergegeven. De startfase loopt van week 1 t/m 9, het projectplan staat hier centraal. Van week 10 t/m 12 verloopt de realisatiefase. In deze fase vindt een vooronderzoek plaats, krijgt het naderonderzoek vorm en wordt het proof of concept ontwikkeld. In de schrijffase ontstaat de scriptie. De officiële deadline voor de scriptie is in week 19, maar het streven is om in week 17 de schrijffase af te ronden.

Week 17 t/m 20 staan in het teken van afronding, overdracht en voorbereiding op de afstudeerzitting. In bijlage B is een initiële detailplanning opgenomen. De dagen waarop 'conclusie deelvraag 1/2/3 schrijven' staat gepland, dienen tevens als de geplande einddatum voor die deelvraag. Op deze datums worden werkzaamheden voor deze deelvragen beëindigd (zie §4.2. Afbakening).



Figuur 7 Planning

7.3. Afhankelijkheden

In het productstroomschema (zie §4.5) is te zien dat de scriptie afhankelijk is van het projectplan. Voor de deelproducten geldt dat het proof of concept afhankelijk is van het vooronderzoek en van het naderonderzoek.

In de aanpak (zie §4.3) is te zien dat het vooronderzoek afhankelijk is van de documenten die beschikbaar zijn om te analyseren en om daar een scenario uit op te halen. Het naderonderzoek is afhankelijk van interne deskundigen. Het proof of concept is afhankelijk van de available product analysis.

Alle onderdelen in de schrijffase zijn afhankelijk van de wijze waarop verslaglegging plaatsvindt van bevindingen die tijdens het onderzoek zijn waargenomen.

Het aantonen van groei in de persoonlijke ontwikkeling is afhankelijk van de persoonlijke leerdoelen (zie bijlage C) en van een gedegen logboek van werkzaamheden.

7.4. Kosten en budget

Er is geen budget voor het project besproken, daarom worden er geen cijfers genoemd.

De kosten bedragen:

- de stagevergoeding en de reiskostenvergoeding voor de student conform de voorwaarden in de afstudeerovereenkomst.
- de wekelijkse begeleiding van de bedrijfsbegeleider aan de student.
- de dagdelen die de bedrijfsbegeleider tijd vrijmaakt voor de bedrijfsbezoeken, de productoplevering en de afstudeerzitting.
- de tijd die interne experts en belanghebbenden beschikbaar stellen voor ondersteuning en kwaliteitsbewaking van het project.
- een geldige software-licentie (van bijvoorbeeld TopBraid Composer) voor het implementeren van Semantic Web-standaarden, voor de looptijd van het project.

Eventueel onvoorziene kosten die tijdens de uitvoering van het project nodig worden geacht om de kans op succes van het project te vergroten, worden met de bedrijfsbegeleider besproken.

Bibliografie

- Andriessen, D. (2014). *Lectoraat Methodologie van Praktijkgericht Onderzoek*. Utrecht: Hogeschool Utrecht ISBN 9789089280770.
- Asset Insights. (2021, maart 1). *Asset*. Opgehaald van Asset Insights: https://assetinsights.net/Glossary/G_Asset.html
- AssetWorks. (2017, september). *Asset Management Terminology*. Opgehaald van AssetWorks: <https://21660l2zi28o11a6id19mtlq-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2017/09/Asset-Management-Terminology.pdf>
- Bakker, J. (2021, maart 3). Verschil tussen Semantic Web en Linked Data. (B. Verhagen, Interviewer)
- Benders, L. (2019, oktober 9). *Je Plan van Aanpak (PvA) in een keer goedgekeurd*. Opgehaald van Scribbr: <https://www.scribbr.nl/scriptie-structuur/plan-van-aanpak/>
- Bolmers, D. (2020, december 31). *Introductiegids: Welkom bij Taxonic*. Opgehaald van Taxonic-Sharepoint.
- Bonestroo, W., Meesters, M., Niels, R., Schagen, J., Henneke, L., & Van Turnhout, K. (2018). Opgehaald van ICT Research Methods. HBO-i: <http://www.ictresearchmethods.nl/>
- Brabants Dagblad. (2017, juli 10). *Achterstallig onderhoud bij kwart van grote bruggen; bespreking Merwedeburg ná de zomer*. Opgehaald van Brabants Dagblad: <https://www.bd.nl/werkendam/achterstallig-onderhoud-bij-kwart-van-grote-bruggen-bespreking-merwedeburg-na-de-zomer~a06d2127/>
- Cairo, C. (2021, februari 11). *Organogram*. De Meern: Taxonic.
- Henneke, L., Jacobs, M., Kamp, I., Mulholland, C., Neumann, A., Rouwhorst, S., . . . Van der Vlies, L. (2015, december 21). *Find a combination of research methods that suit your needs*. Opgehaald van CMD Methods Pack: <http://cmdmethods.nl/>
- Kennisprogramma Natte Kunstwerken. (2015, december). *Eenduidig Toetskader: Uitgangspunten en analyse*. Opgehaald van Kennisprogramma Natte Kunstwerken: <https://www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl/upload/documents/tinymce/NKvdT-TL-Toetskader.pdf>
- Kennisprogramma Natte Kunstwerken. (2021, februari 16). Opgehaald van Natte Kunstwerken van de Toekomst: <https://www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl/>
- Koppenberg, T. (2019). *Toekomstbestendig werken aan het spoor*. Macomi.
- Macomi. (2021a, februari 19). *Homepage*. Opgehaald van Macomi: <http://macomi.nl/>
- Macomi. (2021b, april 14). *Success Stories*. Opgehaald van Macomi: <https://macomi.nl/success-stories/>
- NOS Nieuws. (2019, september 25). *Parkeergarage Eindhoven alsnog open, twee jaar na gedeeltelijke instorting*. Opgehaald van NOS Nieuws: <https://nos.nl/artikel/2303323-parkeergarage-eindhoven-alsnog-open-twee-jaar-na-gedeeltelijke-instorting.html>
- Oates, B. (2006). *Researching Information Systems and Computing*. Londen: Sage.

- Platform Linked Data Nederland. (2021, februari 12). *Wie we zijn*. Opgehaald van Platform Linked Data Nederland: https://www.pldn.nl/wiki/Wie_we_zijn
- Rijkswaterstaat. (2018). *Handreiking prestatiegestuurde risicoanalyses (PRA). Sturen op prestaties van systemen*. Steunpunt ProBo.
- Rongen, S. (2020, november 25). Project Proposal. (B. Verhagen, Interviewer)
- Rongen, S. (2021, februari 9). (B. Verhagen, Interviewer)
- RVO. (2019). *Oplossing onderhoudsproblematiek natte kunstwerken*. Opgehaald van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland: <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/projecten/oplossing-onderhoudsproblematiek-natte-kunstwerken>
- RVO. (2020, september 1). *Mkb-innovatiestimulering Regio en Topsectoren (MIT)*. Opgehaald van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland: <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/mit-regeling>
- Taxonic. (2021, februari 12). *About Taxonic*. Opgehaald van LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/taxonic/about/>
- Taxonic. (2021, februari 12). *De Taxonic Academy*. Opgehaald van Taxonic: <https://www.taxonic.com/academy/>
- Taxonic. (2021, februari 12). *Taxonic is uw kennispartner*. Opgehaald van Taxonic: <https://www.taxonic.com/publicaties/>
- Taylor, A. (2015). *Semantics For Dummies®, MarkLogic Special Edition*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Van den Assem, J. (2017, maart 17). *Asset management... Wat is dat nou eigenlijk?* Opgehaald van Arcadis: <https://www.arcadis.com/nl/nederland/carriere/werken-bij-arcadis-blog/jason-van-den-assem/wat-is-asset-management-nu-eigenlijk/>
- Van Turnhout, K., Craenmehr, S., Holwerda, R., Menijn, M., Zwart, J. P., & Bakker, R. (2013). Tradeoffs in design research: Development oriented triangulation. Proceedings of the 27th Annual BCS Interaction Specialist Group Conference on People and Computers. *British Computer Society*, 27.
- Van Turnhout, K., Craenmehr, S., Holwerda, R., Menijn, M., Zwart, J. P., & Bakker, R. (2014). *De methodenkaart praktijkonderzoek*. Academic Service ISBN 9789462450295. Opgehaald van https://www.researchgate.net/publication/272421605_De_methodenkaart_praktijkonderzoek
- Voskuil, J. (2021a, februari 16). (B. Verhagen, Interviewer)
- Voskuil, J. (2021b, april 14). (B. Verhagen, Interviewer)

Bijlage A: Communicatieplan

Inleiding

Dit communicatieplan benoemt de partijen die een belang bij dit project hebben, de wijze waarop ze bij dit project worden betrokken en welke communicatievormen daarbij gebruikt worden. Het gaat hierbij om partijen en communicatie buiten de formele projectmanagement-structuur zoals beschreven in het projectplan.

Belanghebbenden bij het project

Dit project kent de volgende belanghebbenden:

Naam	Werkgever	Belang	Communicatievorm*
José Huisman	Fontys Hogeschool ICT	Afstudeercoördinatie	Informeren, accepteren
Astrid de Laat (studentdesk)	Fontys Hogeschool ICT	Administratieve zaken	Informeren
Domien Bolmers	Taxonic	Bedrijfsmanagement	Informeren, aansturing

* bijvoorbeeld door: overleggen, adviseren, informeren, besluiten, accepteren, uitvoeren, aansturing

Communicatiekanalen

Communicatie met de betrokkenen bij dit project verloopt als volgt:

Naam	Informatie	Kanaal	Frequentie
José Huisman	Bijzonderheden	Mail of telefoon	Uitzonderlijk
Astrid de Laat (studentdesk)	Stageovereenkomst, gespreksformulier, etc.	Mail	Eenmalig
Domien Bolmers	Bijzonderheden	Mail of telefoon	Uitzonderlijk

Contactgegevens

De belangrijkste betrokkenen bij dit project zijn als volgt te bereiken:

Naam	Telefoon	E-mail
José Huisman		
Astrid de Laat (studentdesk)		
Domien Bolmers		

Bijlage B: Initiële detailplanning

Week 15 Projectweek 10	Activiteiten	Bijzonderheden
12-04 / 16-04		
Ma 12-04	Verwerken feedback projectplan 1 ^e assessor	
Di 13-04		
Wo 14-04		
Do 15-04	Document analysis + Proof of Concept	
Vrij 16-04		
Week 16 Projectweek 11		
19-04/ 23-04		
Ma 19-04	Literatuuronderzoek deelvraag 1 + Proof of Concept	
Di 20-04		Online Terugkombijeenkomst
Wo 21-04		
Do 22-04	Resultaten en conclusie deelvraag 1 schrijven	Intervisie met docenten en medestudenten
Vrij 23-04		Informatie Analist (Marjo Smit) vragen om dv1 te reviewen
Week 17 Projectweek 12		
26-04 / 30-04		
Ma 26-04	Literatuuronderzoek deelvraag 2 + resultaten en conclusie deelvraag 2 schrijven	
Di 27-04		Koningsdag
Wo 28-04	Available product analysis + Proof of Concept	
Do 29-04	Computer simulation + Proof of Concept + conclusie deelvraag 3 schrijven	Linked Data Consultants (Jesse Bakker en Richard Dijkstra) vragen om dv2+3 te reviewen
Vrij 30-04		
Week 18 Projectweek 13		
03-05/ 07-05		
Ma 03-05	Methodologie schrijven	
Di 04-05	Conclusie en discussie schrijven	
Wo 05-05	Aanbevelingen schrijven	
Do 06-05	Inleiding + samenvatting schrijven	Betrokkenen, vrienden en familie vragen voor feedback op scriptie (inhoud, taal, etc.).
Vrij 07-05		
Week 19 Projectweek 14		
10-05/ 14-05		
Ma 10-05	Week vrij	Niet naar scriptie kijken voor een frisse blik.
Di 11-05		
Wo 12-05		
Do 13-05		Hemelvaart
Vrij 14-05		

Week 20 Projectweek 15		
17-05/ 21-05		
Ma 17-05	Feedback scriptie verwerken & afronden	Eventueel scriptie evalueren met begeleider(s).
Di 18-05		
Wo 19-05		
Do 20-05		
Vrij 21-05		
Week 21 Projectweek 16		
24-05/ 28-05		
Ma 24-05	Evalueren persoonlijke ontwikkeling + Scriptie afronden	2 ^e Pinksterdag
Di 25-05		
Wo 26-05		
Do 27-05		
Vrij 28-05		
Week 22 Projectweek 17		
31-05/ 04-06		
Ma 31-05	Persoonlijke einddatum inleveren scriptie + Voorbereiden productoplevering	
Di 01-06		
Wo 02-06		
Do 03-06		
Vrij 04-06		
Week 23 Projectweek 18		
07-06/ 11-06		
Ma 07-06	Vorbereiden productoplevering	
Di 08-06	Productoplevering naar stagebedrijf	Tweede bedrijfsbezoek met eindpresentatie
Wo 09-06	Vorbereiden afstudeerzitting	
Do 10-06		
Vrij 11-06		
Week 24 Projectweek 19		
14-06/ 18-06		
Ma 14-06	Fontys einddatum inleveren scriptie + Afstudeerzitting	Juryleden zijn: beide assessoren, bedrijfsbegeleider, externe deskundige.
Di 15-06		
Wo 16-06		
Do 17-06		Duur: 20 min. presentatie + 10 min. demo, 20 min. verdedigen.
Vrij 18-06		

Bijlage C: Persoonlijke leerdoelen

In de tabel hieronder staan drie aspecten van persoonlijke of professionele ontwikkeling beschreven waarin ik me tijdens de afstudeerstage verder op ga ontwikkelen. Dit kunnen aspecten zijn waar ik al goed in ben en me wil verbeteren, of vaardigheden die nog niet op een aanvaardbaar minimum-niveau zitten.

Persoonlijk ontwikkelings-doel	Hoe hieraan te werken
Contactbehoud met docent- en bedrijfsbegeleider	Nauw contact onderhouden met mijn stagebegeleiders over de opzet en uitvoering van het project door wekelijks een moment te plannen om de voortgang te bespreken met de bedrijfsbegeleider en de docentbegeleider over de voortgang te mailen, óók als het onderzoek gunstig verloopt.
Tussentijds reflecteren	In de week van de einddatum voor deelvraag 1 en 3 (zie §7.2 Project planning) wordt mijn functioneren tijdens de wekelijkse stand-up meeting besproken met de bedrijfsbegeleider.
Perfectionisme	Mijn perfectionistische gedragingen beperken; de last omzetten in een kracht, door doelgericht te werk te gaan. Ik wil mezelf uitdagen om de opdracht zodanig in het projectplan te definiëren dat het absolute minimum wordt gedaan – zonder dat het ten koste gaat van de kwaliteit van het onderzoek. In de aanpak wil ik mijn uiterste best doen om de opdracht klein te houden en een opzet creëren waarin ik mezelf dwing om de resultaten systematisch vast te leggen. Bij de uitvoering van iedere onderzoeksmethode concentreer ik me enkele minuten op wat wezenlijk belangrijk is: het doel (welke informatiebehoefte ga ik invullen?) en het resultaat ervan. Dat betekent ook bij ieder gesprek met mijn gesprekspartner(s) te delen welke rol zij daarin hebben en welke verwachtingen daarbij horen. Zodra ik merk dat ik even niet weet hoe ik iets het beste kan aanpakken, dan wil ik dat direct bespreekbaar maken met mijn docent- en/of bedrijfsbegeleider of een collega die kan meedelen in wat het meest efficiënt is.

Bijlage B: Onderzoeksrapport

1. Documentanalyse

1.1. Rijkswaterstaat

In Nederland beheren Rijkswaterstaat en de waterschappen het water. Een waterbeheerder heeft als taak zorg te dragen voor de waterkwantiteit, de waterkering en de waterkwaliteit (Breeman, Van Noort, & Rutgers, 2020). Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het beheer van grote wateren, de waterschappen voor het beheer van de regionale wateren (Rijksoverheid, 2021). Rijkswaterstaat vindt dat de verantwoordelijkheid van waterbeheer om de balans gaat tussen economie, milieu en woongenot en heeft als missie: “Samen werken aan een veilig, leefbaar en bereikbaar Nederland” (Rijkswaterstaat, 2021c; 2021d).

Baggen (2021) vertelt in het interview dat Rijkswaterstaat in contrast met waterschappen ook Landelijke Diensten heeft die zaken op centraal niveau kunnen regelen. Rijkswaterstaat bestaat uit landelijke diensten en zeven regionale diensten met ieder areaal onder hun beheer. Baggen en zijn collega's ervaren een belemmering bij gebrek aan eenheid in de processen. Rijkswaterstaat schrijft processen voor, maar de regionale diensten kennen grote verschillen bij de implementatie.

De regionale diensten zijn verantwoordelijk voor het objectbeheer en beslissen welke beheerobjecten op welk moment in de tijd aan de beurt komen. Een prestatiecontract omvat afspraken met de landelijke diensten over voorgeschreven maatregelen voor vast onderhoud of prestatie-eisen voor areaal – regionaal of geclusterd op objecttype. De landelijke diensten brengen projecten naar de markt, zodat onderhoud uitgevoerd wordt. In contracten staan vigerende standaarden vastgelegd; de markt beslist zelf hoe daaraan wordt voldaan (Baggen, 2021).

Idealiter, stelt Baggen (2021), heeft Rijkswaterstaat een dossier met daarin de beheerobjecten, specificaties en objectfuncties met hun faalmechanismen of faaldefinities en wordt de gewenste situatie door de markt opgeleverd en vergeleken met de vorige situatie en met de prestatie-eisen, met verificatie en validatie. In werkelijkheid is informatie moeilijk terug te vinden. Rijkswaterstaat heeft een wildgroei aan informatie in documentaire vorm.

Beheerobjecten zijn in het verleden ontworpen voor het vervullen van een functie en gebouwd naar eigen inzicht van de markt. Volgens Baggen zijn overwegingen in prestatie-eisen vaak niet formeel gedocumenteerd, waardoor toepassingsvragen specifiek zijn en de populatie veelal te klein is om statistische analyses van een beheerobject te hebben. Om dat te compenseren zijn ervaringsgegevens nodig, maar veel institutionele kennis is bij een reorganisatie in 2005 en 2013 vanuit de regio's verplaatst naar de landelijke diensten. Het gevolg is dat een kennisachterstand is ontstaan en instandhoudingsplannen bij de regionale diensten afhankelijk zijn van impliciete ervaringskennis (Baggen, 2021).

De gekozen onderhoudsstrategie wordt door de empirische benadering weinig ondersteund met kwantitatieve analyses, terwijl niet-visuele zaken wel heel bepalend kunnen zijn voor het functioneren van een object. Rijkswaterstaat streeft naar meer standaardisatie van beheerobjecten om processen te kunnen normaliseren. Het streven is om vraagstukken statistisch te onderbouwen en elementen op voorraad te leggen (Baggen, 2021).

1.2. Xamit

Taxonic en Macomi werken gezamenlijk aan een proof of concept (Xamit-project). Doel van Xamit³ is om een platform te creëren dat datagedreven asset management realiseert. Het platform dient als centrale hub voor gegevens in het bestaande applicatielandschap van asset managers, aannemers en andere ketenpartijen in de bevoorradingsketen (Voskuil, 2020).

Drie factoren motiveren waarom Taxonic Xamit heeft ondernomen (Dijkstra, 2021b):

1. de noodzaak voor efficiënter asset management;
2. een ontwikkeling in het gebruik van Linked Data binnen asset management. Dit is te zien aan de ontwikkeling van standaard RDF-vocabulaires, zoals NTA 8035;
3. een subsidie van de provincie Zuid-Holland met als doel: “Een groeiende, duurzame en innovatieve economie”.

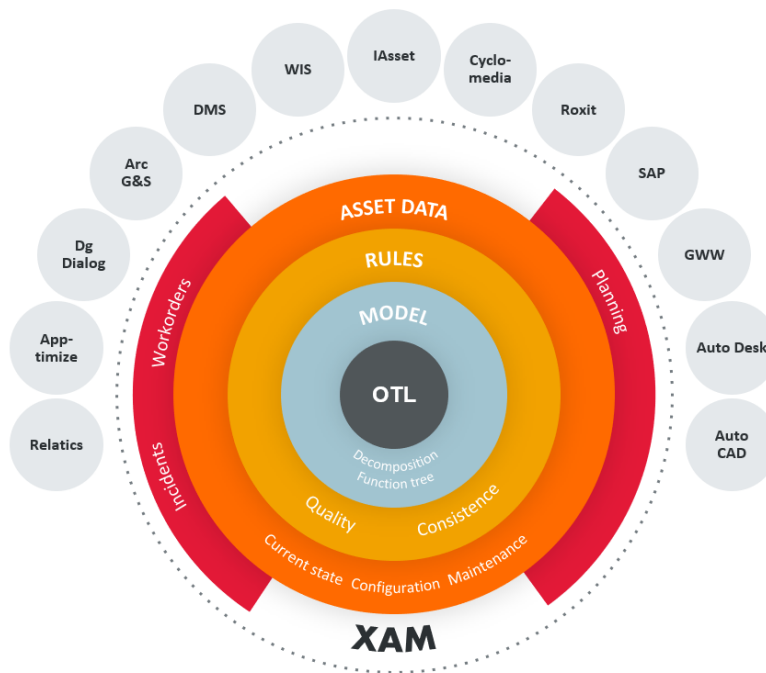
Het belang van Macomi is dat veel werkzaamheden bij klanten te maken hebben met transformeren en zuiveren van gegevens. Deze werkzaamheden leiden vaak tot het advies om de datastructuur beter te organiseren (Kolodziejczyk, 2021).

In het proof of concept verbetert Taxonic het informatielandschap door gegevens te verbinden en met Linked Data gestructureerd beschikbaar te stellen (Rongen, 2021). Macomi ontwikkelt een algoritme voor de berekening van de optimale onderhoudsplanning. Aanleiding hiervoor is de use case bij ProRail, dat als voorbeeld fungeert. Het algoritme voegt waarde toe aan gegevens dat daarvoor niet aanwezig was (Kolodziejczyk, 2021).

Kolodziejczyk (2021) ervaart dat ontologieën het domein vooraf definiëren en tegelijkertijd flexibeler zijn. Dit wordt duidelijk wanneer Macomi specifieke klantimplementaties uitvoert. Klanten willen het Macomi Platform eenvoudiger of gepersonaliseerd hebben. Macomi dupliceert het datamodel van de klant, past het aan en heeft vervolgens twee afzonderlijke datamodellen – dat van het platform en dat van de klant. Het aantal datamodellen stijgt bij iedere specifieke klantimplementatie, omdat Macomi geen datamodel heeft die voor de situatie nodig is. Volgens Kolodziejczyk helpen Linked Data en de FAIR-principes hierbij.

Xamit is zodanig ontwikkeld dat het product bij verschillende klanttypes in specifieke klantsituaties geïmplementeerd kan worden. Er is een ontologie ontwikkeld die bouwwerken als fysieke objecten modelleert. Informatie over de inspectie en het instandhoudingsplan zijn ontworpen en nog niet gerealiseerd. Bij de ontwikkeling ontbrak een specificerende eindklant en dat heeft de informatie-analyse bemoeilijkt. De informatieanalyse voor Xamit is met openbare informatie tot stand gekomen. Het datamodel bevat enkel gegevens over waterobjecten. Smit heeft geen inspectierapporten over waterobjecten kunnen vinden. Daarom is voor de gegevens over de waterobjecten aansluiting op handboeken gezocht (Smit, 2021a).

³ Xamit is een afkorting voor Extended Asset Management and Mkb-innovatiestimulering Regio en Topsectoren.



Figuur 6 Data-architectuur Xamit (Voskuil, 2020)

De data-architectuur van Xamit (figuur 6) is als volgt ontworpen: de kern bestaat uit Xamit OTL, een ontologie dat de configuratie – soorten, eigenschappen, relevante documenten – van beheerobjecten beschrijft. Xamit OTL heeft een thesaurus dat termen en definities bevat, die door Rijkswaterstaat zijn gedefinieerd. In de laag daaromheen is een datamodel aangebracht dat de compositie van functie-bomen beschrijft. De volgende laag zijn kwaliteitsregels, die beschrijven waaraan de gegevens moeten beantwoorden. De buitenste laag zijn objectgegevens van een specifiek beheerobject (instantie). Daaraan worden incidenten en planningen toegewezen (Voskuil, 2020).

1.3. Analyse inspectierapporten

Tabel 1 Geanalyseerde inspectierapporten

Document	Beheerobject	Beheerder	Uitvoer inspectie	Publicatiedatum
Inspectierapport programmerings-inspectie Gouda	Spoorwegviaduct noord	RWS UT / Wegendistrict Utrecht	ARCADIS	28-11-2011
Inspectierapport programmerings-inspectie A2	Overkluizing WRK leiding tpv toerit rijksweg 2 Evenaars Wetering	RWS UT / Wegendistrict Utrecht	ARCADIS	17-12-2012
Inspectierapport Instandhoudingsadvies Amelis	Kruising rijksweg – Koningsweg / Amelisweerd (Verdiepte ligging in de rijksweg) Kruising rijksweg – Blitsestraatweg (Oostelijk viaduct in de hoofdrijbaan over de Blitsestraatweg)	RWS UT / Wegendistrict Utrecht	Nebest B.V.	13-08-2014

	Kruising rijksweg – provinciale weg N409 (Viaduct in de provinciale weg N409 over de rijksweg) Kruising rijksweg – Archimedeslaan (Oostelijk viaduct in de hoofdrijbaan over de Archimedeslaan) Kruising rijksweg – Hagenweg (Oostelijk viaduct over de Hagenweg)			
--	---	--	--	--

Tabel 2 Inspectiegegevens

	Inspectierapport programmeringsinspectie Gouda	Inspectierapport programmeringsinspectie A2	Inspectierapport Instandhoudingsadvies Amelis
Inspectiedatum	X	X	X
Weersomstandigheden	X	X	X
Temperatuur*	X	X	X
Inspecteurs**	X	X	X
Functie Object	X	X	
Wegindeling	X	X	X
Bijzonderheden	X	X	X
Ingezette hulpmiddelen			X

X De informatie is in het desbetreffende inspectierapport aanwezig

* Zonnig of half bewolkt

** Hier worden twee namen gegeven

Doelen van de inspecties

Gouda en A2:

Doel van deze inspectie is het uitvoeren van een programmeringsinspectie aan de hand van een, in de voorstudie gemaakte, risicoanalyse. Aan de hand van de bevindingen en resultaten is een instandhoudingsplan voor de eerste tien jaar opgesteld. Een instandhoudingsinspectie leidt tot een advies voor het economisch optimale en het technisch uiterste moment van uitvoering van het

variabel onderhoud. Daarnaast geeft het een grove kostenindicatie voor de benodigde ingrepen. Risicogestuurd inspecteren heeft als doel om een technische onderbouwing te geven voor het toekomstig variabel onderhoud van de beheerder.

Een vooraanstaand product van de instandhoudingsinspectie is een risicoanalyse. Hierin wordt gekeken naar:

- de functionele eisen van het betreffende object;
- wettelijke normen en eisen;
- ontwerpeisen;
- kwaliteitsverloop van onderdelen;
- maatschappelijke-, technische- en marktontwikkelingen (leverbaarheid van onderdelen);
- productondersteuning industriële standaarden, energie-prestatieverhouding;
- historie en reeds bekende informatie uit eerder uitgevoerde inspecties;
- interpretatie van meetresultaten;
- interpretatie van alle waargenomen schades, defecten, enzovoorts.

Amelis:

Het doel van de instandhoudingsadviesing is het vastleggen van de toestand van het object en op basis daarvan het actualiseren van het instandhoudingsplan voor wat betreft het variabel onderhoud en risicovolle schades die bij de inspectie zijn vastgelegd.

Tabel 3 Objectgegevens

	Inspectierapport programmeringsinspectie Gouda	Inspectierapport programmeringsinspectie A2	Inspectierapport Instandhoudingsadvies Amelis
Situatie*	X	X	X
Overzichtsfoto's**	X	X	x
Beschrijving object	X	X	X
Objecthistorie***	Toestandsinspectie-rapp. februari 2011 Toestandsinspectie-rapp. november 2010 Programmeringsinspectierapp. juni 2004 Inspectierapport augustus 1993 Dwarskrachtinventarisatie 2007	Toestandsinspectie-rapp. november 2010	

X De informatie is in het desbetreffende inspectierapport aanwezig

* Een foto van het bovenaanzicht van het object (satellietfoto).

- ** Foto's van het bovenaanzicht, (noord-/oost-/zuid-/westelijk) zijaanzicht of onderaanzicht van het object.
- *** Betreft recente documentatie van het object dat in het informatiesysteem staat opgeslagen of door de beheerder is gedeeld.

Tabel 4 Beschrijving beheerobject

	Inspectierapport programmeringsinspectie Gouda	Inspectierapport programmeringsinspectie A2	Inspectierapport Instandhoudingsadvies Amelis
Beheerder	X	X	X
Locatie	X	X	
Gemeente	X	X	X
Stichtingsjaar	X	X	X
Type hoofddraagconstructie	X	X	
Belastingsklasse	X	X	X
Aantal OVSP	X	X	
Opleggingen	X	X	
Lengte / breedte (m)	X	X	

X De informatie is in het desbetreffende inspectierapport aanwezig

Risicoanalyse

Gouda en A2:

Bestaat uit een bureaustudie (onderdeel van de voorstudie) waarbij voorafgaand aan de inspectie een objectspecifieke risicoanalyse wordt uitgevoerd. Hierbij worden de volgende documenten gebruikt:

Tabel 5 Documenten voor bureaustudie

Inspectierapport programmeringsinspectie Gouda	Inspectierapport programmeringsinspectie A2
Inspectietekeningen d.d. 14-06-1993 (uit DISK-documentatie)	Het oude paspoort uit DISK

Het oude paspoort uit DISK	Het oude instandhoudingsplan (IHP) uit MIOK
Het oude instandhoudingsplan (IHP) uit MIOK	Lijst met standaardrisico's zoals deze in DISK is geïmplementeerd
Lijst met standaardrisico's zoals deze in DISK is geïmplementeerd	Methode CSP v1.0
Methode CSP v1.0	Objecthistorie zoals opgenomen in §4.4
Gegevens van de beheerder voor zover deze uit het intakegesprek volgden	Gegevens van de beheerder voor zover deze uit het intakegesprek volgden

De risicoanalyse is voorafgaand aan het intakegesprek en de inspectie opgesteld en na het intakegesprek waar nodig bijgesteld. Na de inspectie is de risicoanalyse aangevuld conform de werkelijke situatie, zoals deze tijdens de inspectie is aangetroffen.

Het Data Informatie Systeem Kunstwerken (DISK) bewaart areaalgegevens, geregistreerde risico's, randvoorwaarden voor veilig gebruik, geregistreerde inspectieresultaten en rapportages voor uiteenlopende gebruikersgroepen (Rijkswaterstaat, 2021e).

Amelis:

Bestaat uit een interview waarin de geïnterviewde informatie overdraagt in de vorm van antwoorden en documenten. Deze worden in het informatiedossier opgenomen. Daarna worden relevante documenten uit het informatiedossier bestudeerd (bureaustudie). Uiteindelijk wordt de inspectie uitgevoerd.

Bevindingen

Gouda en A2:

Faalwijzen die een risico vormen gezien hun aard en/of omvang zijn aangegeven en per element/bouwdeel worden de RAMS-scores na inspectie geanalyseerd. Informatiesysteem DISK bepaalt een toestandindicator. De schade-indicator wordt door de omvang en ernst bepaald en geeft een indicatie van het functioneel falen dat voor de komende tien jaar wordt verwacht.

De aspecteisen voor de instandhoudingsonderdelen, de risico-omschrijving, de risicoanalyse, de toestandindicator en het risiconiveau van geconstateerde risico's, worden in een tabel getoond. Niet-schadegerelateerde / gebruiksspecifieke risico's worden tekstueel toegelicht.

Amelis:

De aspecteisen voor de instandhoudingsonderdelen, de risico-omschrijving, de risicoanalyse, de toestandindicator en het risiconiveau van geconstateerde risico's, worden in een tabel getoond. Niet-schadegerelateerde / gebruiksspecifieke risico's worden tekstueel toegelicht.

Conclusie

De inspectierapporten tonen een registratie van het object (objectgegevens), het feit dat er iemand is geweest (inspectie), het feit dat er iets is gemeten (inspectieresultaat) en een advies dat daaruit voortvloeit. Het proces voor de bepaling van het instandhoudingsadvies bestaat uit de volgende stappen: informatieoverdracht (aangereikt door opdrachtgever of verzameld door opdrachtnemer, incl. selectie van relevantie gegevens), (initiële) objectrisicoanalyse, uitvoering van de inspectie (objectverkenning en de uitvoering en verwerking van metingen), analyse van inspectieresultaten, opstellen van advies over de inspectieresultaten (Van der Welle, 2011; 2012; Rijkswaterstaat, 2018b). Hieronder zijn drie inspectierapporten geanalyseerd.

2. Literatuuronderzoek

2.1. Standaarden Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat beheert objecten aan weg en water (Rijkswaterstaat, 2021c). In de meeste gevallen blijven de beheerobjecten in de rijkswegen en rijkswateren in beheer van het Rijk. De waterschappen hebben hun eigen beheerobjecten in beheer. Als er overdracht van areaal plaatsvindt, dan wordt ook het beheer van het beheerobject overgedragen (Rijkswaterstaat Helpdesk Water, 2021).

Uit een actueel overzicht van Rijkswaterstaat blijkt dat er momenteel vijfenvijftig wegenprojecten en drieëntachtig waterprojecten zijn (Rijkswaterstaat, 2021a; 2021b). Het grootste wegenprogramma van de komende tien jaar betreft A1/A6/A9/A10: *Schiphol-Amsterdam-Almere*, voor de aanleg van extra rijstroken. Binnen dit project hebben in 2017 tot en met 2019 werkzaamheden plaatsgevonden aan de A6 in Almere (Rijkswaterstaat, 2012).



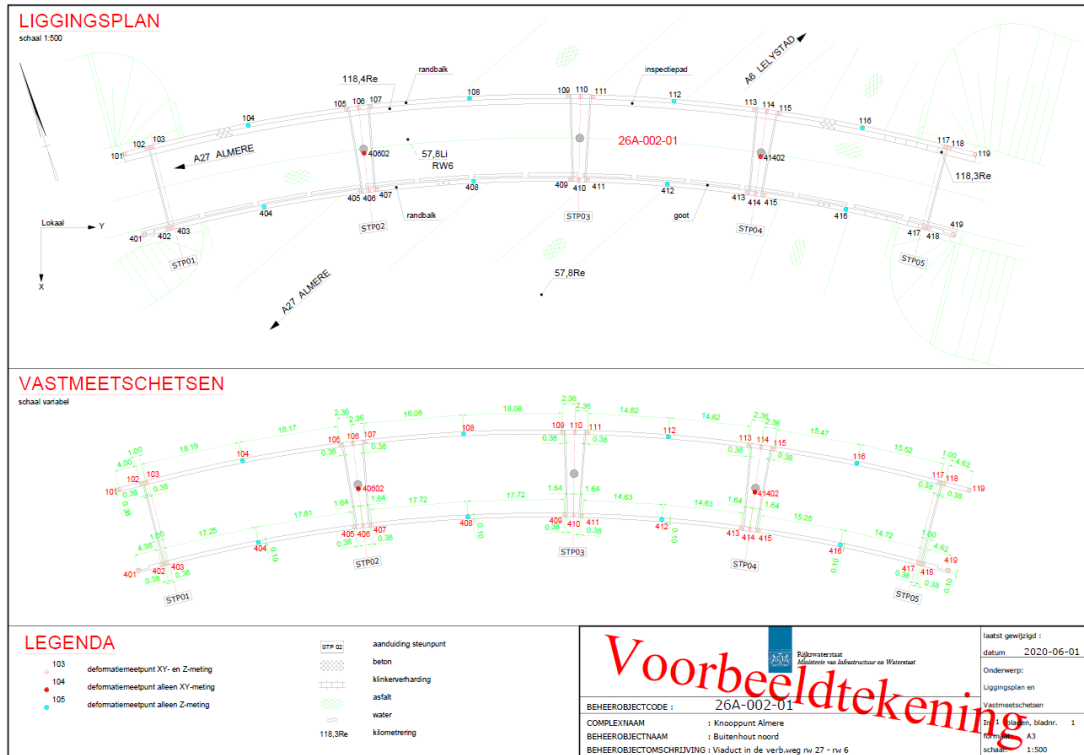
Figuur 7 Knopspunt Almere (Rijkswaterstaat, 2019a)

Het verkeersknopspunt van de autosnelwegen A6 en A27 is benoemd tot knopspunt Almere (figuur 7). Het knopspunt heeft twee viaducten: Buitenhouttraverse West en Oost.

2.2. Viaduct Buitenhout noord

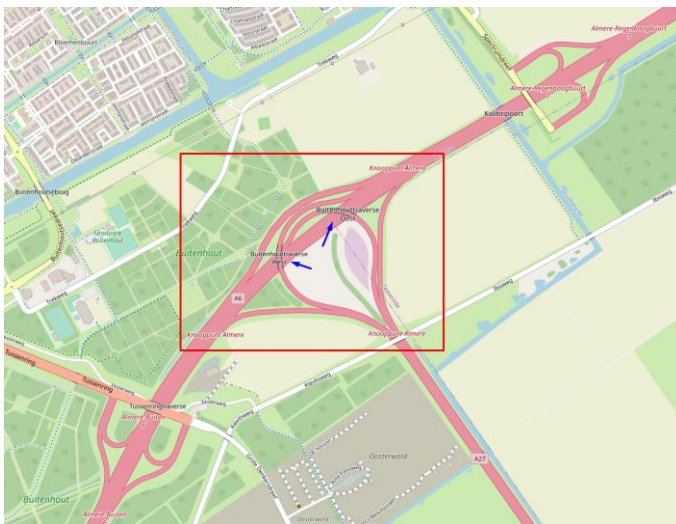
Rijkswaterstaat heeft op haar website (standaarden.rws.nl) standaarden geopenbaard om tot een uniforme werkwijze te komen. De standaarden worden intern gebruikt, bij waterschappen en door de markt. In contracten met uitvoerders staat welke standaarden ze moeten toepassen. De Set Data-eisen Geodetische bevat vier standaarden: deformatiemetingen, digitaal terrein model, doorrij-profielen en primaire meetkundige grondslag (Rijkswaterstaat, 2020).

De standaard deformatiemetingen bevat een voorbeeldtekening van viaduct Buitenhout noord bij Knopspunt Almere (figuur 8) waarin meetpunten van het beheerobject staan vastgelegd (Rijkswaterstaat, 2020). “Bij een deformatiemeting worden omgevingsfactoren geregistreerd die invloed kunnen hebben op de staat van bestaande en nieuwe beheerobjecten” (bbci Frijwijk, 2021). De risico's van de meetresultaten kunnen bepaald en geanalyseerd worden, maar ook resultaten van visuele inspecties.



Figuur 8 Voorbeeldtekening liggingplan en vastmeetschetsen

Via OpenStreetMap (www.openstreetmap.org) is een beeld gevormd van de werkelijke ligging van het beheerobject. Opvallend is dat er bij knooppunt Almere sprake is van twee viaducten: Buitenhouttraverse West en Buitenhouttraverse Oost (figuur 9). Dat verschilt met wat het liggingplan doet vermoeden. Daarin staat vermeld dat het om beheerobject Buitenhout Noord gaat. Op een meer abstracte kaart van de werkelijke situatie (figuur 10) is gekeken naar de ligging van Almere en van Lelystad. Op een meer gedetailleerde kaart van de werkelijke situatie (figuur 11) is gekeken naar de ligging van het viaduct ten opzichte van de twee autosnelwegen.



Figuur 9 Twee viaducten bij knooppunt Almere



Figuur 10 De ligging van Almere en Lelystad



Figuur 11 De ligging van viaduct Buitenhout noord

In het liggingsplan staat de richting van beide steden aangegeven. De aanname is dat het liggingsplan over viaduct Buitenhouttraverse Oost gaat. Deze aanname is geen risico om de volgende redenen:

1. Het is afkomstig uit een standaard over data-eisen van Rijkswaterstaat;
2. De rol van het beheerobject in de informatiebehoefte van dit onderzoek is gering. De focus ligt op het risico van het inspectieresultaat;
3. Het proof of concept vereist een validatie door de klant, omdat wetten, normen, standaarden, eisen specifiek zijn voor organisaties, domeinen, beheerobjecten en inspectietypes;
4. Een ontologie vereist eenduidige beschrijving van informatie om tot een generiek model te komen. Het type beheerobject moet expliciet vermeld worden om onderscheid te kunnen maken tussen welke informatie op meerdere beheerobjecten van toepassing is en welke informatie object-specifiek is.

2.3. Objectrisicoanalyse

Aspect		Aspecteis
Betrouwbaarheid	1.1-R	Voldoen aan betrouwbaarheidseisen voor bewegende delen en installaties
	1.2-R	Voldoen aan constructieve eisen in relatie tot schades
	1.3-R	Voldoen aan constructieve eisen in relatie tot gewijzigde normen
	1.4-R	Voldoen aan constructieve eisen in relatie tot veranderd gebruik
	1.5-R	Voldoen aan constructieve eisen in relatie tot fouten in ontwerp, uitvoering of beheer
Beschikbaarheid	2.1-A	Voldoen aan objectspecifieke eisen met betrekking tot het vervullen van de objectfuncties
	2.2-A	Calamiteiten voorkomen
Onderhoudbaarheid	3.1-M	Voldoen aan eisen met betrekking tot de onderhoudbaarheid van onderdelen
Veiligheid	4.1-Sa	Voldoen aan objectspecifieke eisen met betrekking tot het veilig vervullen van de objectfuncties
	4.2-Sa	Calamiteiten voorkomen
Beveiliging	5.1-Se	Voldoen aan de eisen met betrekking tot het voorkomen van vandalisme
	5.2-Se	Voldoen aan de eisen met betrekking tot de beveiliging van het object
Gezondheid	6.1-H	Voldoen aan arbo besluiten
Omgeving & Milieu	7.1-E	Voldoen aan vormgevingseisen
	7.2-E	Voldoen aan eisen ten aanzien van milieuhygiëne
	7.3-E	Voldoen aan eisen met betrekking tot gebruik/comfort
	7.4-E	Voldoen aan eisen met betrekking tot beïnvloeding van de omgeving
Economie	8.1-Ec	Vochthuishouding op orde
	8.2-Ec	Voorkomen van grootschalige of niet herstelbare schade
Politiek	9.1-P	Voldoen aan eisen met betrekking tot imago

Figuur 12 Eisen per RAMSSHEEP-aspect (Rijkswaterstaat, 2014)

		Gevolgscore			
		1	2	3	4
Kansscore	5	5	10	15	20
	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4

Figuur 13 Risicomatrix (Rijkswaterstaat, 2014)

Kansklasse	Omschrijving (indien 'veroudering')	Omschrijving (indien geen veroudering)
5 Zeker	Het falen is al gebeurd of wordt in de komende 6 maanden verwacht	Falen gemiddeld eens per 6 maanden of vaker
4 Groot	Het falen wordt tussen 6 maanden en 2 jaar na nu verwacht	Falen gemiddeld eens per 2 jaar of vaker, maar minder vaak dan eens per 6 maanden
3 Middelmatig	Het falen wordt tussen 2 en 6 jaar na nu verwacht	Falen gemiddeld eens per 6 jaar of vaker, maar minder vaak dan eens per 2 jaar
2 Klein	Het falen wordt tussen 6 en 20 jaar na nu verwacht	Falen gemiddeld eens per 20 jaar of vaker, maar minder vaak dan eens per 6 jaar
1 Verwaarloosbaar	Het falen wordt niet in de komende 20 jaar verwacht	Falen gemiddeld minder vaak dan eens per 20 jaar

Figuur 14 Kansklasse bepaling (Rijkswaterstaat, 2014)

Gevolg				
	1: Verwaarloosbaar	2: Beperkt	3: Groot	4: Ernstig
A	Zeer kortdurende hinder voor primaire functies van beheerobject; Geen hinder voor netwerk	Hinder voor netwerk is korter dan ondergrens voor alle functiecategorieën: 1. Wegverkeer 2. Scheepvaart 3. Waterhuishouding	Hinder voor netwerk is korter dan bovengrens in alle functiecategorieën, maar langer dan ondergrens in één of meer van de functiecategorieën: 1. Wegverkeer 2. Scheepvaart 3. Waterhuishouding	Hinder voor netwerk is langer dan bovengrens in één of meer van de functiecategorieën: 1. Wegverkeer 2. Scheepvaart 3. Waterhuishouding
M	Lokaal herstel, eenvoudig uitvoerbaar	Herstel met extra inspanning (bijvoorbeeld door speciaal gereedschap, of wachten op reservedelen)	Herstel met veel inspanning (bijvoorbeeld door het forceren van toegang voor uitvoeren onderhoud of wachten op speciaal te fabriceren reservedelen of vergunningen)	Herstel weegt niet meer op tegen de economische levensduur van het beheerobject; andersoortige maatregelen zijn noodzakelijk (bijv. grootscheepse vervanging)
S	Het falen leidt direct of indirect tot ongelukken met niet-blijvend letsel zonder verzuim bij één of meer personen	Het falen leidt direct of indirect tot ongelukken met niet-blijvend letsel met medische assistentie/ ziekenhuis opname bij één of meer personen	Het falen leidt direct of indirect tot ongelukken met blijvend letsel bij één persoon	Het falen leidt direct of indirect tot ongelukken met: - blijvend letsel bij meer personen, of - fataal letsel bij één of meer personen
Se	Ongewenst menselijk handelen mogelijk met kleine gevolgen zoals graffiti	Ongewenst menselijk handelen mogelijk met beperkte gevolgen zoals toegang tot een onbelangrijke ruimte	Ongewenst menselijk handelen mogelijk met grote gevolgen zoals digitale/fysieke toegang tot vertrouwelijke informatie	Ongewenst menselijk handelen mogelijk met ernstige gevolgen zoals digitale/fysieke toegang tot de (nood-)besturing van het beheerobject
H	Op termijn gezondheidshinder bij één of meer personen	Op termijn tijdelijke gezondheidsschade bij één of meer personen	Op termijn blijvende gezondheidsschade bij één persoon	Op termijn: - blijvende gezondheidsschade bij meer personen - fatale gezondheidsschade bij één of meer personen
E	Verwaarloosbare gevolgen voor flora en fauna	Beperkte gevolgen voor flora en/of fauna; geen maatregel nodig, het lost vanzelf op	Grote gevolgen voor flora en/of fauna; maatregelen nodig om erger te voorkomen	Ernstige, langdurige gevolgen voor flora en fauna; grootscheepse maatregelen noodzakelijk
C	Gevolggkosten tussen €100 en €10.000	Gevolggkosten tussen €10.000 en €100.000	Gevolggkosten tussen €100.000 en €500.000	Gevolggkosten > €500.000
P	Klachten	Imagoverlies lokaal	Imagoverlies regionaal	Imagoverlies landelijk

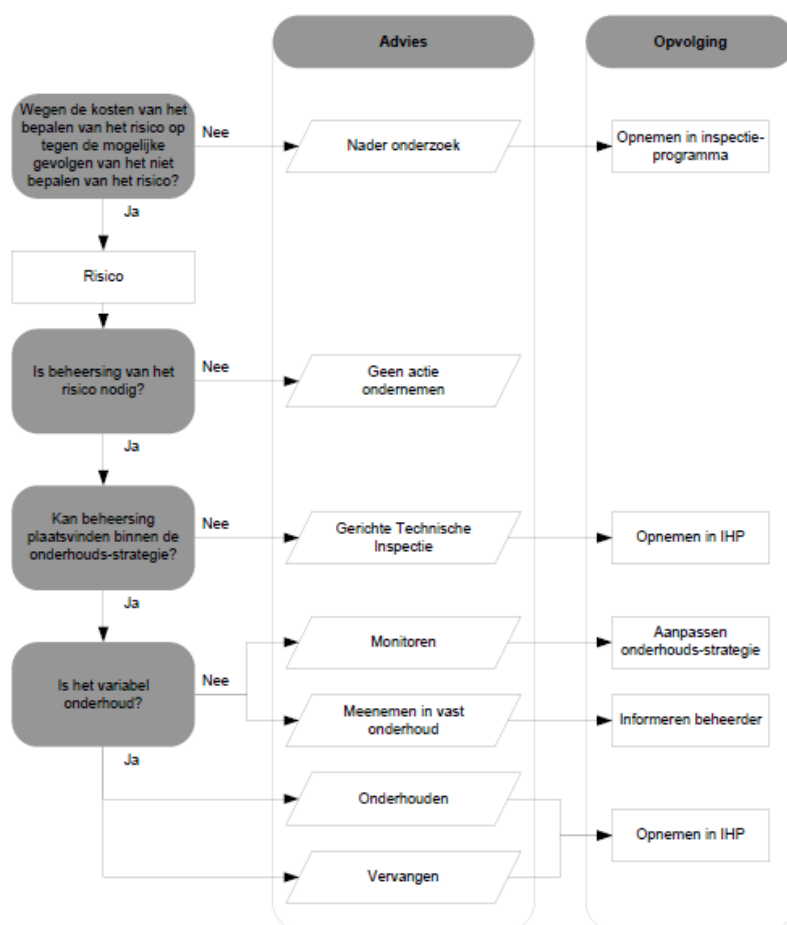
Figuur 15 Gevolgklasse bepaling (Rijkswaterstaat, 2017)

Advies bij risico

Het advies voor het beheersen van een risico beschrijft de meest aannemelijke onderhoudsconsequenties, onderstaande tabel geeft de mogelijke adviezen. Onderstaande tabel en figuur geven weer hoe het advies bepaald wordt.

Advies	Wanneer gebruiken	Opnemen in IHP?
Geen actie ondernemen	Als een risico is geanalyseerd en niet beheerst hoeft te worden. Benoemen heeft als doel voorkomen dat dit risico bij elke inspectie opnieuw wordt onderzocht	Nee
Gerichte Technische Inspectie	Als de ontwikkeling van het risiconiveau zo onzeker is dat deze: - Niet beheerst kan worden in de reguliere cyclus van programmerings- en toestandsinspecties al dan niet gecombineerd met (preventief) onderhoud - En de gevolgen ten aanzien van een van de eisen aanzienlijk kunnen zijn	Ja
Meenemen in vast onderhoud	Als risico's met een risiconiveau 3-verhoogd of 4-hoog geconstateerd worden die binnen het vast onderhoud verholpen kunnen worden	Nee
Monitoren	Als de ontwikkeling van het risiconiveau bij een geconstateerd risico zo onzeker is dat deze: - Niet beheerst kan worden in de reguliere cyclus van programmerings- en toestandsinspecties al dan niet gecombineerd met (preventief) onderhoud - En de gevolgen ten aanzien van een van de eisen aanzienlijk kunnen zijn - Alleen beheerst kan worden door periodiek gericht een inspectie uit te voeren	Ja
Nader onderzoek	Als bij een instandhoudingsinspectie, een risico wordt geconstateerd waarvan het risiconiveau niet bepaald kan worden binnen de scope van de inspectieopdracht, maar mogelijk 3-verhoogd of 4-hoog is	Nee
Onderhouden	Als het IH-onderdeel onderhouden moet worden. Vervanging van een of enkele IS-onderdelen of componenten wordt ook beschouwd als onderhoud	Ja
Vervangen	Als het gehele IH-onderdeel vervangen moet worden	Ja

Figuur 16 Adviezen gedefinieerd (Rijkswaterstaat, 2014)



Figuur 17 Adviesbepaling (Rijkswaterstaat, 2014)

IH-onderdeel	Materiaal	Maatregel	Interval	Kosten- kengetal	Omvang	Eenheid	Totale kosten	Bron
			(jaar)	(k€)			(k€)	
Hoofddraag- constructie	Voorgespannen grindbeton	Herstellen betonschade bovenzijde rijvloer	28*	0.0046	1109	m ²	5.1	Redoc Beton
		Herstellen betonschade (onderzijde vloerliggers)	30	0.0075	1109	m ²	8.3	Redoc Beton
Schamkant		herstellen betonschade	25	0.0245	276	m ²	6.7	Redoc Beton
Asfaltconstructie	DAB op DAB op betonnen rijvloer	Vervangen deklaag	14	0.019	1050	m ²	20.0	Redoc Verhardings- constructies
		Vervangen constructie	28	0.041	1050	m ²	43.1	Redoc Verhardings- constructies
Voegovergang	Waterdicht, enkelvoudig, staal/rubber	Vervangen onderdelen	10	0.598	38	m	22.7	Redoc Voegovergangen
		Vervangen constructie	35	1.395	38	m	53.0	Redoc Voegovergangen
Oplegging	Rubberen blokken	Geen variabel onderhoud			3	stuk		-
Leuning	Horizontale regels	Conserveren	20	0.050	138	m	6.9	Bouwdienst
		Vervangen leuning	63	0.130	138	m	17.9	Bouwdienst
Geleiderail- constructie		Vervangen constructie	25	0.124	138	m	17.1	Redoc Geleiderail- constructie
Hemelwater- afvoersysteem	afvoergoot	Geen variabel onderhoud			2	stuk		-
Steunpunt	Gewapend grindbeton	herstellen betonschade	30	1.170	3	stuk	3.5	Redoc Beton
Talud		Geen variabel onderhoud						-

* Combineren met vervangen verhardingsconstructie

Figuur 18 Voorbeeld onderhoudsmaatregelen (Barendregt & Van Wenum, 2003)

ADVIES	Eerst volgend actiejaar		Toelichting	
Inspectie TTI	2013			
IH-onderdeel	Onderhoud (Jaar)	Kosten (k€)	Vervangen (jaar)	Omschrijving maatregel
Hoofddraagconstructie	2003	0.5	2065	Betonreparatie
Schamkant	2013	2	2035	
Asfaltconstructie	2003	135	2003	Vervangen asfalt fietspad +rijweg +aanbrengen rubber bitumen voegjes
Voegovergang	2003	29	2003	Vervangen voegovergang
Oplegging			2020	42 opleggingen
Leuning	2003	2.5	2037	Ondersabeling repareren
Geleiderailconstructie	2003	3.5	2013	MB01 9m vervangen + ondersabeling repareren
Hemelwaterafvoersysteem			2025	
Talud	2013		2040	
Steunpunt	2003	3.5	2065	Betonreparatie

Figuur 19 Voorbeeld advies aanpassen IHP (inspectierapport) (Barendregt & Van Wenum, 2003)

Instandhoudingsplan	
Beheerobject:	31D-009-01 - Noordelijk viadukt over de spoorlijn Gouda-Woerden
Rijksweg:	12
Hedometer:	43,5 + 12
Stichtingsjaar:	1978
Beheerder:	RWS UT / Wegendistrict Utrecht

Referentiegegevens							Advies Bouwdienst							2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
IHP Maatregel	Prijs per Eenheid	Hoeveelheid	Berekende kosten (k€)	Interval	Laatste JvU	Berekend JvU	Bouwsteen	Advies JvU	Uiterst JvU	Geraamde kosten (k€)	Tst	Plan/nr distr.				31								145
Geleideconstructie - staal - (middel)stijf																								
vervangen constructie	184.24	220	41	25	2011	2036	Vervanging gehele geleiderailconstructie	2036			2													

Figuur 20 Advies aanpassen IHP (inspectierapport) (Van der Welle, 2011)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Hoofddraagconstructie (rijvloer)																					
onderhoud bovenzijde																					
onderhoud oncozijde																					
Schamprant																					
onderhoud										2.0											
Asfaltconstructie																					
onderhoud															20.0						
vervangen																					
Voegovergang																					
onderhoud										22.7											
vervangen																					
Oplegging																					
vervangen																	1.7				
Leuning																					
onderhoud																					
vervangen																					
Geleiderailconstructie																					
vervangen										17.1											
Hemelwaterafvoersysteem																					
vervangen																					
Steunpunt																					
onderhoud																					
Talud																					
onderhoud																					
vervangen																					
Inspectie									X												
kosten onderhoud k€										24.7					20						
kosten vervangen k€										17.1							1.7				
kosten inspectie k€																					

Tabel 6-3 Bijgesteld IHP na uitvoeren onderhoud op basis van advies aanpassen IHP (tabel 6-1)

Figuur 21 Voorbeeld onderhoudsplanning in IHP (Barendregt & Van Wenum, 2003)

2.4. Datakwaliteit

Category	Dimension	Definition
Intrinsic	Believability	"The extent to which data are accepted or regarded as true, real and credible." (p. 31)
	Accuracy	"The extent to which data are correct, reliable and certified free of error." (p. 31)
	Objectivity	"The extent to which data are unbiased (unprejudiced) and impartial." (p. 32)
	Reputation	"The extent to which data are trusted or highly regarded in terms of their source or content." (p. 32)
Contextual	Value-added	"The extent to which data are beneficial and provide advantages from their use." (p. 31)
	Relevancy	"The extent to which data are applicable and helpful for the task at hand." (p. 31)
	Timeliness	"The extent to which the age of the data is appropriate for the task at hand." (p. 32)
	Completeness	"The extent to which data are of sufficient depth, breadth, and scope for the task at hand." (p. 32)
	Appropriate amount of data	"The extent to which the quantity and volume of available data is appropriate." (p. 32)
Representational	Interpretability	"The extent to which data are in appropriate language and units and the data definitions are clear." (p. 31)
	Ease of understanding	"The extent to which data are clear without ambiguity and easily comprehended." (p. 32)
	Representational consistency	"The extent to which data are always presented in the same format and are compatible with previous data." (p. 32)
	Concise representation	"The extent to which data are compactly represented without being overwhelming (i.e., brief in presentation, yet complete and to the point)." (p. 32)
Accessibility	Accessibility	"The extent to which data are available or easily and quickly retrievable." (p. 32)
	Access security	"The extent to which access to data can be restricted and hence kept secure." (p. 32)

Figuur 22 Dimensies van datakwaliteit en hun definities (Wang & Strong, 1996)

2.5. FAIR

De principes van Wilkinson, et al. (2016) zijn:

Om vindbaar (findable) te zijn:

- F1. (Meta)data krijgen een wereldwijd unieke en persistente identifiers toegewezen.
- F2. Data worden met rijke metadata beschreven (hieronder bij R1 gedefinieerd).
- F3. Metadata bevatten de identificatie van de gegevens die ze beschrijven duidelijk en expliciet.
- F4. (Meta)data worden geregistreerd of geïndexeerd in een doorzoekbare bron.

Om toegankelijk (accessible) te zijn:

- A1. (Meta)data zijn op te vragen via hun identifier door een gestandaardiseerd communicatie-protocol te gebruiken.
 - A1.1. Het protocol is open, gratis en universeel te implementeren.
 - A1.2. Het protocol maakt waar nodig een authenticatie- en autorisatieprocedure mogelijk.
- A2. Metadata zijn toegankelijk, ook als de data niet meer beschikbaar zijn.

Om interoperabel (interoperable) te zijn:

- I1. (Meta)data gebruiken een formele, toegankelijke, gedeelde en breed toepasbare taal voor kennisrepresentatie.
- I2. (Meta)data gebruiken vocabulaires die de FAIR-principes volgen.
- I3. (Meta)data bevatten gekwalificeerde verwijzingen naar andere (meta)data.

Om herbruikbaar (reusable) te zijn:

- R1. (Meta)data worden rijkelijk beschreven met een veelvoud aan nauwkeurige en relevante attributen.
 - R1.1. (Meta)data worden vrijgegeven met een duidelijke en toegankelijke datagebruikslicentie.
 - R1.2. (Meta)data worden geassocieerd met gedetailleerde herkomst.
 - R1.3. (Meta)data voldoen aan domeinrelevante gemeenschapsnormen.

Metadata definieert wat gegevens representeren om verwachtingen te verduidelijken. Goed beheerde metadata ondersteunen in kwaliteitsverbetering van gegevens (DAMA International, 2017).

Bijlage C: Verantwoording contact

Deze bijlage bevat e-mails, aantekeningen van kennismakingsgesprekken en transcripties van interviews met experts, die bij dit onderzoek zijn betrokken.

1. Respondentenwerving

Voor een interview met een domeinexpert van Rijkswaterstaat, is een oproep geplaatst bij een online community (www.seats2meet.com). De oproep luidt: “Ik ben op zoek naar iemand die bij Rijkswaterstaat of een waterschap werkzaam is en per e-mail enkele vragen kan beantwoorden over *inspecties van natte kunstwerken*. Bent u of kent u iemand die mij verder kan helpen? Ik kom graag in contact.” Erna Ovaa (programmaleider Strategische Verkenningen RWS, hoofdkennisveldtrekker Strategie & Organisatie) heeft de oproep bij Rijkswaterstaat Helpdesk Water neergelegd. De helpdesk heeft in een reactie laten weten dat interne navraag geen resultaat heeft opgeleverd en heeft daarbij doorverwezen naar de waterschappen.

Het privé-netwerk is gebruikt om in contact te komen met Cees Zeijler (gepensioneerd landmeetkundige bij Waterschap Zeeuws-Vlaanderen en Scheldestromen). Zeijler heeft niet op een afdeling gewerkt die met wegen, waterbeheer, dijken of kunstwerken van doen had. In plaats daarvan heeft Zeijler (2021) de openbare e-mailadressen van Waterschap Aa en Maas en Waterschap Scheldestromen gedeeld. Waterschap Scheldestromen heeft gereageerd en toegezegd te zoeken naar iemand die kan helpen. Daarna is er niets meer van vernomen. Van Waterschap Aa en Maas heeft Patrick Dobber (beleidsadviseur waterkering) per e-mail een reactie gegeven op de vragen die zijn gesteld.

Luciëne Wijgengangs (docent bij Fontys Hogeschool ICT) heeft drie contacten benaderd. In een reactie heeft Martin Franse (jurist en privacy officer bij Waterschap Rivierenland) doorverwezen naar collega Michel Kramer (teamleider onderhoud technische installaties). Het tweede contact van Wijgengangs heeft geantwoord alleen kennis te hebben van het bestuurlijk niveau en van het derde contact is niets vernomen.

In een laatste poging is Rijkswaterstaat benaderd via het contactformulier op haar website. In een reactie heeft Landelijke Informatielijn Rijkswaterstaat, gezien de aard van de vraag, doorverwezen naar de waterschappen.

2. Kennismakingsgesprek met Java Consultant (Rob Green)

Datum: 15 februari 2021
Tijd: 10:15 – 11:30 uur
Gesprekspartner: Rob Green (Java Consultant)

Begin van aantekeningen

Green werkt sinds juni 2020 bij Taxonic en heeft met name aan Xamit gewerkt en aan het project bij Schiphol. Voordat hij bij Taxonic kwam werken heeft hij bij ING gewerkt. Met name in zijn laatste jaren heeft Green in de master control room (storingen oplossen) van ING gewerkt en daarvoor voornamelijk administratieve functies gehad. HBO informatica gedaan.

Verschillende mensen leveren input in een ontologie. Green heeft een bijdrage geleverd door een prototype te ontwikkelen van de user interface door met een API informatie gegevens op te vragen en deze in TopBraid EDG te tonen. Jan Voskuil (CEO & Semantic Architect) heeft het laatste woord bij het maken van keuzes bij het ontwikkelen van een ontologie.

Er bestaan drie ontologieën: OTL, inspectie, organisatie. Dat zijn de officiële varianten die Voskuil heeft goedgekeurd. De OTL versie is onvoldoende uitgebreid voor Rob om daar een functionele dienstverlening op te zetten. Er is voor iedere ontologie een extension (een child van de officiële ontologie) gemaakt. Iedere ontologie heeft dus een eigen dev versie en daarin wordt doorontwikkeld.

Green heeft de functionele dienstverlening van *Nieuwe beheersbehandeling inplannen* in Xamit laten zien en toegelicht. Er zijn gebruikersprofielen (en bedrijfsprocessen) gedefinieerd: planner, inspecteur en (constructief) beoordelaar (is een soort engineer die vervolgstappen bepaalt). Afhankelijk van de gevoerde rol zal een gebruiker toegang tot bepaalde data krijgen. Ook zal niet iedere rol dezelfde bevoegdheden hebben op dezelfde data.

Iedere asset heeft een beheerder, een status, beschikbaarheid.

Green vertelt daarbij dat hij de functionaliteit kan bedenken, maar dat het geen heeft zin als de ontologie onvolledig is uitgedacht. Er moet goed worden nagedacht hoe die ontologie er uit moet zien om zeker te zijn dat als Green over een brug praat, de ontologie ook dezelfde brug toont. Je moet toch een descriptieve naam geven zodat mensen begrijpen waar je het over hebt. De kracht van linked data is dat iedereen (dus ook bv verschillende groepen eindgebruikers) dezelfde definities hanteert. Een goede definitiebepaling is dus niet alleen nodig wanneer Green (of een andere WFM⁴ / UX ontwerper) naar een entiteit verwijst.

Van Xamit is een data model gemaakt in ArchiMate. Als je op een (blauwe) data object klikt, staat links *Properties* en als dat is geselecteerd, dan worden de attributen getoond. Dit was bedoeld als groeimodel maar er is sindsdien weinig aan veranderd. De ontologie zoals deze nu in TopBraid staat is anders van vorm, maar omvat ook minder detail. De ontologie in TopBraid (die door Jan is goedgekeurd) is leidend.

Een tip van Green is om de documentatie waar Marjo Smit (Linked Data Consultant) aan heeft gewerkt, te bekijken en te proberen daar mijn voordeel mee te doen. Green heeft getekend hoe hij denkt dat het er uit moet zien en Richard laat mij woensdag ook het e.e.a. zien.

Een document met de naam *Mapping scenario* bevat een theoretisch model van de ontologie en is verder uitgewerkt dan in TopBraid. Volgens Green zou dit document het uitgangspunt moeten zijn van de ontologie.

Green kan alleen aangeven wat hij nodig heeft voor de vormgeving. Voskuil en Smit kunnen meer vertellen over wat het zou moeten doen. Wees geen vreemde, we werken allemaal fulltime en je kunt ons aanspreken als je ons nodig hebt.

Green heeft geprobeerd in kaart te brengen wat er nodig is om WFM te laten functioneren.

Niet al deze data hoeft Linked Data te zijn. Het is, volgens Green, waarschijnlijk handiger om logging en service history in een relationele database op te slaan. Welke data in Topbraid komt en welke data in een andere datastore moet nog verfijnd worden.

⁴ WFM is een afkorting voor WorkflowManagement.

3. Kennismakingsgesprek met CEO & Semantic Architect (Jan Voskuil)

Datum: 16 februari 2021
Tijd: 13:00 – 14:00 uur
Gesprekspartner: Jan Voskuil (CEO & Semantic Architect)

Begin van aantekeningen

De naam Taxonic is afgeleid van taxonomie. Dat is de term die we gebruiken voor een hiërarchisch ingedeelde ordening (van een set elementen/objecten). Neem je de taxonomie van de mens, dan zijn er bepaalde eigenschappen waaraan je kunt bepalen of het object moet worden ingedeeld bij man of vrouw. Er is wel een uitzondering wanneer we praten over allochtoon en autochtoon. Bij een allochtoon gaat het om de afwezigheid van een eigenschap – je bent niet in dit land geboren of hebt geen ouders die in dit land zijn geboren. Het is, dus, te vergelijken met een beslisboom waarbij keuzes worden gemaakt op informatie die je hebt. Als je dit interessant vindt, dan raad Voskuil aan het boek [Organiseer je informatie](#) van Henk Magrijn en Peter Becker te lezen.

In de eerste drie jaren werkte Taxonic met de software *Be Informed*, een platform voor Dynamic Case Management. Echter, de ontwikkelaar ging failliet en dat zorgde voor veel problemen; ineens moesten we met een ander systeem werken en dus ook onze klanten. Toen is Taxonic *Pega* gaan gebruiken en via deze weg zijn we in de wereld van Linked Data terechtgekomen.

Wanneer Voskuil zelf een ontologie maakt, dan moet deze aan een aantal dingen voldoen. Om te beginnen moet een ontologie voldoen aan de vier pijlers voor goede informatievoorziening: Findability, Accessibility, Interoperability and Reusable (FAIR). Deze vier richtlijnen maken het eenvoudiger om twee verschillende softwaresystemen te koppelen. Probeer los te komen van de systeemeisen. Zijn tweede tip is om formele beschrijvingen te gebruiken. Het moet zodanig gedocumenteerd worden, dat het begrijpelijk is voor professionals in de wereld van data science. Belangrijk is om duidelijk en eenduidig te zijn, persistent identifiers te gebruiken en een heldere structuur te hebben. Als laatste, zorg dat er een hoge mate van taxoniteit aanwezig is.

Als Taxonic Linked Data kan gebruiken voor predicted maintenance in asset management zou dat enorm helpen. We zien nu vaak voorbijkomen dat grote organisaties tien planners laten werken in Excel, en dat is onnodig veel handmatig werk. Als wij data van onderhoudsinspecties op een heldere manier kunnen koppelen aan assets, dan bestaat er een kans om data veel meer los te krijgen van systemen. Dat maakt het mogelijk om optimalisaties rondom assets door te voeren om geld te besparen. Denk daarbij aan de planner die enorme Excel-sheets gebruikt en eerst de hele planning moet doorlopen om tot bepaalde informatie te komen. Met Linked Data zijn we minder tijd kwijt aan het prepareren van data, want we hoeven de systemen niet te begrijpen en dat kan een betere planning opleveren.

Voskuil heeft laten weten: “Je (de student, red.) mag citeren uit materiaal van onze cursus Linked Data Voor Practitioners, zolang je daarnaar verwijst. Het is geen enkel probleem dat jouw onderzoek daarna wordt gepubliceerd, dat is iets wat wij als Taxonic juist stimuleren.

Als je me ooit nodig hebt, dan mag je mij gewoon bellen. Mocht ik niet opnemen, dan bel ik op een later moment terug. Je kunt ook een agenda-item sturen, dan kom ik wel met een voorstel als dat niet uitkomt.”

4. Kennismakingsgesprek met Linked Data Architect (Richard Dijkstra)

Datum: 17 februari 2021
Tijd: 14:00 – 14:45 uur
Gesprekspartner: Richard Dijkstra (Linked Data Architect)

Begin van aantekeningen

Dijkstra is in het verleden wiskundedocent geweest. Sinds juni werkt hij bij Taxonic. Dijkstra is flexibel inzetbaar, zijn focus ligt waar de vraag is. In het afgelopen half jaar had hij een zeer divers takenpakket, van demo's en sales pitches tot proof of concepts. Dijkstra heeft meegewerkt aan project Xamit. Jan Voskuil (CEO & Semantic Architect) benadert het ontwerpen van de ontologie heel theoretisch en Dijkstra heeft de praktische insteek.

Over beide invalshoeken is, volgens Dijkstra, iets te zeggen. Focus je op de lange termijn, dan maak je misschien een oplossing die meer toekomstbestendig is. Toch moet je op de korte termijn rekening houden met de requirements en de businesswaarde van het model. Er moet, immers, geld mee worden verdiend.

Wanneer Dijkstra wordt gevraagd waar rekening mee te houden bij het modelleren van een ontologie antwoordt hij: "Het maken van een ontologie doe je nooit alleen. Er is altijd een discussie, er zijn altijd op- of aanmerkingen. Je moet de requirements goed opstellen en vervolgens een creatief proces volgen om die ontologie te maken, en om die ontologie met data in de praktijk te gebruiken met SPARQL."

In april begint voor Dijkstra een nieuw project, tot die tijd heeft hij meer tijd beschikbaar om de student vooruit te helpen. Dijkstra programmeert in Python en full-stack frameworks. Bovendien is hij gevraagd om een project op te pakken voor het Ministerie van Financiën. Voor dat project moet de miljoenennota met RDF beschreven worden.

Wanneer Dijkstra van de afstudeeropdracht hoorde, heeft hij het volgende advies meegegeven: "Houdt het klein en werk vooral met wat er al is. Je zult er waarschijnlijk moeite mee hebben om het te beschrijven. Linked data is namelijk iets anders dan conventionele technologieën, daar kun je wel een hoofdstuk aan wijden."

Om het begrip OTL te begrijpen heeft de student de vergelijking gemaakt met masterdata. Daarop antwoordt Dijkstra: "Om de vergelijking van masterdata en OTL te kunnen beoordelen, moet ik eerst weten wat jouw definitie van masterdata is. Het is namelijk een term die een tijd lang veel werd gebruikt, waardoor veel mensen er een andere definitie voor hanteren. Masterdata is veel gebruikt om referentie data te beschrijven dat niet veel wijzigt. Terwijl de data die wordt opgebouwd in processen ook wel transactie data worden genoemd. Zowel master- als transactie data worden gemodelleerd in een datamodel. Als je het heel zwart/wit bekijkt dat is een ontologie te vergelijken met een datamodel. Terwijl (red.) OTL bestaat uit gestandaardiseerde namen voor objecttypes (bijv. weg, viaduct) en eigenschappen of specificaties (relaties, subclass, partOf). Een object wordt beschreven met zijn objecttype data, geometriegegevens en metadata. Hoe de objecttypen zijn gegroepeerd, wordt een ontologie genoemd." De OTL kan worden gekoppeld aan de datadictionary, met de definities van objecttypes. Binnen een OTL worden activa beschreven met de gestandaardiseerde taal, syntaxis en semantiek die nodig zijn voor een betrouwbare informatie-uitwisseling (INTERLINK, 2017). Het is verstandig om eens te lezen over DMBock (zie <https://www.dama.org/cpages/body-of-knowledge>).

Het is moeilijk om van ontologieën een werkbaar ICT systeem te maken, want we kunnen onvolledige beeld vormen van de informatieprocessen bij de bouwsector (Rijkswaterstaat, waterschappen). Essentieel is de Xamit app waar Rob Green (Java Consultant) een gebruikersomgeving voor ontwerpt, want TopBraid EDG is niet ideaal om een applicatie op te bouwen.

Aan het einde van de kennismaking geeft Dijkstra aan: “Je kunt mij altijd benaderen om dingen te omschrijven of als je vastloopt in het proces, daarnaast ben ik ook bekend met Python of software. Voor inhoudelijke vragen over de ontologie verwijst ik je naar mijn collega Jan Voskuil en naar mezelf, en voor het leerproces kun je bij jouw bedrijfsbegeleider (Jesse Bakker, red.) terecht.

Als advies wil ik je het volgende meegeven: maak fouten, raak gefrustreerd, betrek de mensen die dat aanbieden en probeer daarvan te leren. Benader ze bij voorkeur via de mail, dat dwingt je om na te denken over hoe je jouw vragen formuleert en misschien schiet het je dan te binnen.

Een logische stap voor jouw onderzoek is nu jouw doel te bepalen en met welk middel je tot dat doel komt, dus: het assetinspectieproces in kaart brengen, uitzoeken wat is een ontologie en wanneer je dit gebruikt (of niet), en dat proberen te combineren.”

5. Kennismakingsgesprek met Informatie Analist (Marjo Smit)

Datum: 17 februari 2021
Tijd: 16:30 – 17:00 uur
Gesprekspartner: Marjo Smit (Senior Business en Informatie Analist)

Begin van aantekeningen

Smit werkt sinds het ontstaan van het internet in de ICT. Oorspronkelijk komt ze uit de filmwereld; het scenarioschrijven. De overstap is geleidelijk gegaan: Smit werd gevraagd om scenario's voor het internet te schrijven. Door te organiseren, konden ze steeds kostenbewuster werken. Volgens Smit zie je die beweging nu weer terug bij Linked Data; het is nog niet zo heel bekend en iedereen werkt vol enthousiasme.

Om zich te verdiepen in de materie, is Smit de studie Informatie Management en Business aan de open universiteit begonnen, want ze ondertussen aan het afronden is. Het leuke van deze specialisatie is, volgens Smit, dat je erachter komt hoe het is georganiseerd en wat de verschillen bij diverse organisaties zijn. Dan gaan we al snel naar risico's, beleid en wetgeving, die diversiteit vindt Smit heel leuk.

Semantic web (concept achter Linked Data) ziet Smit een grote beweging. “Het is een fundamenteel andere data architectuur en vraagt om een hele andere manier van denken. Je ziet toch dat veel mensen vasthouden aan oude methoden en werkwijzen, maar die manier verandert door de jongere generatie. Vooral het financiële aspect is lastig wanneer mensen semantisch gaan denken.”

Assetmanagementprocessen en het risicomanagement daarbinnen die Smit heeft uitgezocht, moeten vertaald worden naar een model. Een organisatie als Rijkswaterstaat heeft vele werkzaamheden, ze hebben vele PDCA-cycli i.c.m. risicomatrixen, daartussen zit RAMSHEEP (Gaat over ‘wat ga ik doen?’, een matrix is het ‘wat over wat ik ga doen’). Richard heeft dijken en Marjo bruggen uitgewerkt, die staan in handboeken (zie Confluence).

Volgens Smit is het beginpunt van een ontologie: wat wil ik representeren? “De basiscyclus aannemen als beginpunt voor je ontologie zou een keuze kunnen zijn. Het is ontzettend belangrijk dat je

de onderzoeksvraag inkadert; een ingang zou kunnen zijn om alleen een onderhoudsplan te modelleren. Kies een proces en neem het absolute minimum. Doorloop het proces in user forms (TopBraid EDG genereert deze automatisch). Bedenk voor jezelf of je een verhaaltje in je demo kunt vertellen, dan kun je ook de ontologie bij de afstudeerzitting laten zien.”

Alle informatie voor Xamit is door Smit zelf gevonden. Ze heeft veel gezocht naar onderhoudsplannen, en dat was niet makkelijk omdat niet alles vrij beschikbaar is. Uiteindelijk heeft ze in de bijlagen van aanbestedingen een onderhoudsplan gevonden. Vervolgens heeft Smit termen uit het onderhoudsplan gebruikt om zo verder te zoeken en meer informatie te vinden.

Over het woord ontologie heeft Smit het volgende te zeggen: “Er zijn veel definities en begrippen voor ‘ontologie’; het is een ingedeeld kastje. Richard zit sneller op aan de technische kant. Er zijn nog weinig informatieanalisten die met semantic web werken. Organisaties als Politie of Rijkswaterstaat hebben kennis over afdelingen verspreidt, maar die kennis moet je wel in dezelfde ontologie representeren.”

Om de opdracht voor het modelleren van een ontologie kaders te geven, geeft Smit het advies: “Sommige gebruiken het toepassingsdomein, anderen een onderhoudsplan, en sommigen denken filosofisch na over de definitie van het object. Bij sommige organisaties gaan ze best ver in op de vraag waarom ze bepaalde definities gebruiken en andere juist niet accepteren. Er gebeurt iets in het kennisproces van mensen waardoor ze daarmee bepaalde keuzes maken in hoe ze iets definiëren.”

“Bij de overheid hebben ze NORA (het vijf lagen structuur). Dit stamt uit tijd vóór het semantic web en bestaat uit de TIER-lagen (user interface-, business- en data layer).” Smit raadt aan om Nolan te lezen. Nora is gebaseerd op fasegewijs ontwikkelen, vanuit het aspect denken kijk je meer naar wat slim is (waar liggen knelpunten?). O.a. Pepper geeft hier, volgens Smit, goede informatie over.

6. Co-creation met bedrijfsbegeleider (Sjoerd Rongen)

Datum: 18 februari 2021
Tijd: 8:30 – 17:15 uur
Participant: Sjoerd Rongen (Linked Data Consultant)

Begin van aantekeningen

Op een vraag (niet gedocumenteerd), heeft Rongen het advies gegeven: “Je zou Richard Dijkstra eens kunnen vragen waarom hij met objectcomponenten werkt zonder objecten daaronder te definiëren.”

In het verleden heeft Rijksvastgoedbedrijf een aanbesteding naar Taxonic gestuurd. Taxonic heeft daar antwoord op gegeven en haar visie over Linked Data in inspectieproces van overheidsvastgoed gegeven. Dit document is intern te vinden via *Share > OMS-RVB > 01-Marktconsultatie > 02-beantwoording*.

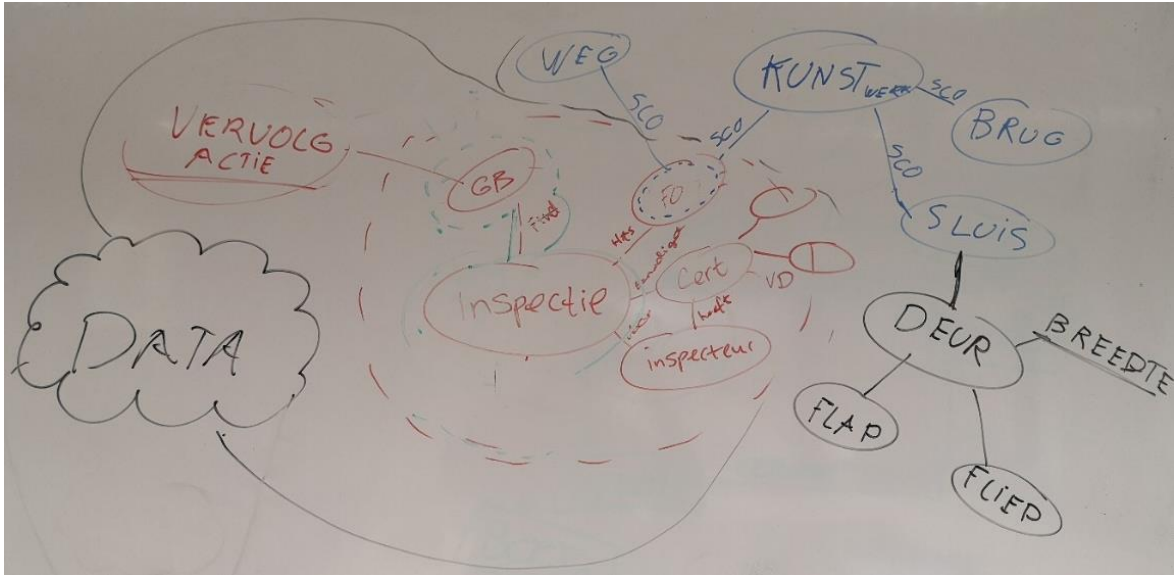
“Het is verstandig om goed af te bakenen,” zegt Rongen. “Je kunt bijvoorbeeld een onderdeel van de PDCA-cyclus kiezen. Bij asset management praten we over meerdere processen die dezelfde data opslaan, maar we gaan niet over meerdere processen praten. Assets kunnen natte kunstwerken zijn, maar ook een bunker van Rijksvastgoedbedrijf, of een auto. Als de ontologie voldoende geabstraheerd is, moet het met allebei overweg kunnen. Overheidsorganen zijn transparanter over hun processen, dus het kan een keuze zijn om daarom daar een proces voor te verzinnen.”

Volgens Rongen bevat het boek *Demystifying Owl for the Enterprise* een methodische aanpak voor het modelleren van een ontologie als je het domein kent. “Het ontbreekt alleen nog aan hoe je ermee omgaat als je het domein niet kent. Dat kan iets zijn wat je in je conclusie en aanbevelingen meeneemt.” Voor Rongen is het voordeel van ontologieën en TopBraid om iteratief te werken en meteen resultaat te zien. “Als ik ergens aan werk dan is mijn manier vooral itereren en daarna controleren of dit voldoet aan bestaande standaarden. Je zou er goed aan doen om Jesse Bakker eens te vragen naar zijn (methodische)aanpak en of hij daar bronnen van heeft.”

Rongen geeft een workshop modelleren: “Modelleer jouw ontologie zodanig dat je er een verhaal mee kunt vertellen, maar probeer niet te ver te definiëren. Begin met literals (attributen), wil je er meer over zeggen dan teken je het als een klasse. Met bedrijfsregels kun je bepalen welke relaties er nodig zijn en zo kun je scenario's, ofwel use cases, uitwerken. Geef relaties een unieke naam, dan kun je er gemakkelijker een constraint aan hangen (bv. 1-op-1 relaties). Anders krijg je dat een constraint nodig is voor een relatie tussen twee specifieke objectcomponenten, maar niet tussen twee andere objectcomponenten, en hoe ga je daar dan mee om? Daarom zijn bedrijfsregels een goede reden om relaties te maken. Voor andere situaties wil je dit liever voorkomen.

Ben je ervan bewust dat verschillende stakeholders op een andere manier naar je model kijken; zij hebben andere onderwerpen centraal staan (zie figuur 23). In [deze video](#) wordt dit uitgelegd, samen met de begrippen Linked Data, OTL, INTERLINK.

Sta stil bij de vraag in hoeverre je klassen toevoegt. Mijn advies: zorg dat je in de afbakening opneemt dat je enkel de subclasse uitwerkt; iedere subclasse van subclasse in jouw model wordt als literal gemodelleerd, tenzij een classe direct noodzakelijk is voor een inspectie en daarmee meerwaarde heeft voor het model. Daarna beschrijf je tekstueel dat het buiten de scope valt – volgens het principe pas-toe-of-leg-uit.”



Figuur 23 Linked Data verandert in focus op onderwerp

Bij het practicum vertelt Rongen: “Een namespace is de locatie van jouw ontologie – hetzelfde principe als achter een URI. Hanteer hiervoor een persistente naamgeving. Iedere organisatie die Linked Data toepast gebruikt, immers, de standaard naamgeving <https://example.org/namespace> in hun omgeving. Op deze manier voorkom je problemen zodra jouw ontologie wordt gepubliceerd.”

Volgens Rongen zijn versiebeheer en afhankelijkheden enkele nadelen van Linked Data. “Als iemand besluit een andere ontologie te importeren en die ontologie wordt doorontwikkeld, dan bestaat de kans dat een klasse verdwijnt waar jij op verder bent gaan werken. Dat maakt dat het hele idee van de flexibiliteit die Linked Data biedt, ineens minder flexibel.”

Er zijn twee manieren om modellen te koppelen (downloaden en lokaal koppelen, of online koppelen). Meeste modellen worden door instanties ontwikkeld. Die instanties zullen debatteren over eventuele wijzigingen. Enkel W3C-standaarden of schema's koppel je online, anders wil je dit liever voorkomen.

Rongen heeft in TopBraid EDG laten zien hoe een bestaande ontologie wordt geëxporteerd en lokaal geïmporteerd, zodat nieuwe ontwikkelingen niet automatisch in je eigen model worden opgenomen. Dit helpt om zaken niet opnieuw te definiëren, dat is onnodig meerwerk. Vervolgens is het mogelijk om een data graph van het eigen model te maken waarin allebei de modellen terugkomen. In de data graph kunnen dan instanties worden gemaakt om vervolgens formulieren in te vullen met instances en literals – dus data in het model invoeren.

Rongen vindt kennis van inferencing belangrijk bij het modelleren van een ontologie. “Inferencing is driehoeken maken van relaties; extra betekenis (kennis, DIKW pyramid) geven aan je informatie. Inferencing kan met een voorbedachte reden voorkomen, maar brengt risico's met zich mee. Eigenlijk ben je dan tripples (data) aan het toevoegen. Dat we handmatig tripples kunnen maken, betekent dat we die informatie al hebben. Dus, het is een manier om data toe te voegen zonder informatie toe te voegen.” De vergelijking met de stelling van Pythagoras is een manier om naar inferencing te kijken: als je A^2 en B^2 weet, dan kun je met een query C^2 uitrekenen. Volgens Rongen is een belangrijke vraag daarom: “wat voegt de data toe aan de informatie?”

7. E-mail van Gepensioneerd Landmeetkundige bij Waterschap (Cees Zeijler)

Datum ontvangen: 23 maart 2021
Geïnterviewde: Cees Zeijler, gepensioneerd
Gepensioneerd landmeetkundige bij Waterschap Zeeuws-Vlaanderen en Waterschap Scheldestromen

Begin van mail

Beste Bart,

Ik heb inderdaad bij het waterschap gewerkt. Eerst 30 jaar Rijkswaterstaat en daarna 18 jaar bij het waterschap (Zeeuws-Vlaanderen en Scheldestromen)

Alleen zat ik bij een afdeling die niet over Wegen, Waterbeheer, Dijken of Kunstwerken ging. Ik was landmeetkundige en ging over de geo-informatie zoals luchtfoto's e.d.

Je kan het beste een mail sturen naar diverse waterschappen om informatie en hopelijk wordt daar op gereageerd.

Waterschap Scheldestromen: info@scheldestromen.nl

Waterschap Aa en Maas: info@aaenmaas.nl

Zo kun je evt ook op andere waterschappen googlen.

Ik weet wel iets over schouw.

Dit is bij vele waterschappen waar de ingelanden zelf de waterlopen moeten onderhouden en elk jaar maaien, dus tbv waterbeheer. De controle hierop noemt met schouw. Bij Scheldestromen onderhouden we de jaarlijkse schoonmaak in eigen beheer dus dan is er geen schouw, je gaat niet je eigen controleren.

Misschien zijn er ook andere soorten schouw, maar dat weet ik niet.

Verder kan ik je helaas niet helpen omdat zoals ik reeds schreef op een geheel andere afdeling werkte waarbij ik niet met inspecties e.d. te maken had.

Succes met het afstuderen.

Kees

8. E-mail van Beleidsadviseur Waterkeringen bij Waterschap (Patrick Dobber)

Datum ontvangen: 9 april 2021
Geïnterviewde: Patrick Dobber, Beleidsadviseur Waterkeringen bij Waterschap Aa en Maas

Begin van mail

1. Kun u mij uw loopbaan kort toelichten:

- a. Hoe lang werkt u bij Waterschap Aa en Maas?
18 jaar.
 - b. welke functie(s) heeft u daar uitgevoerd?
Technisch medewerker waterkeringen, technisch adviseur waterkeringen, beleidsadviseur waterkeringen.
 - c. Houdt u zich bezig met waterkwaliteit, waterkwantiteit of waterkering?
Waterkering.
2. Wat is volgens u een generieke procesbeschrijving van een inspectie voor natte kunstwerken?
[Beschrijving standaard inspectieproces - Rijkswaterstaat Rapportendatabank \(overheid.nl\)](#)
3. Welke (project)rollen komen bij een inspectie kijken?
Dagelijks beheerder, monteur, bouwkundig/civieltechnisch adviseur, assetmanager, waterkeringbeheerder
4. Wat voor documenten en rapporten komen er bij een inspectie te pas en wat wordt daarin bijgehouden?
Rapportage per kunstwerk tbv B&O, daarin opgesomd: werkzaamheid van het kunstwerk, kwaliteitsoordeel staat van onderhoud op onderdelen (goed, minder, slecht), mogelijke inschatting van te verwachten zaken en termijnen. Overal rapportage voor kader/management/bestuur tav tijd/geld/functioneren systeem.
5. Verloopt het waarnemen, verzamelen en het vastleggen van de gegevens volgens een vast stramien? Zo ja, wat zijn hierin de uitzonderingen?
Bij ad-hoc inspectie n.a.v. calamiteit of andere gebeurtenis.
6. Ik heb iets gelezen over verschillende typen inspecties: schouw, toestands-, instandhoudingsinspectie of voorjaars-, zomer-, najaars-, dagelijkse inspectie. Wat is het verschil van de eerste drie met de seizoensgebonden inspecties?
De eerste drie zijn m.i. bedoeld om jaarlijks een (visueel) oordeel te kunnen vormen of het object (in dit geval kunstwerk) naar verwachting zijn functie komend jaar kan vervullen. Seizoensgebonden kan zijn omdat een kunstwerk juist dan eenvoudig te inspecteren is (laag water, niet in functie, ..), het volgende seizoen moet functioneren en dat daar op geïnspecteerd wordt, of om de inspectie-workload te verdelen. Dagelijkse inspectie gebeurt bij kritische objecten.
7. Zijn er verschillende varianten van inspectierapporten?
Ja, afhankelijk van de onderdelen die geïnspecteerd worden: bouwkundig, civieltechnisch, elektrotechnisch, mechanisch. Of van gevolgde inspectiemethode (bv via NEN2767).
8. Heeft u een of meer inspectierapporten en/of procesbeschrijvingen van een of meer bruggen, dijken, sluizen of andere natte kunstwerken? Bij voorkeur een recent rapport van kleinere, minder complexe assets. (Indien nodig kan ik hier vertrouwelijk mee omgaan. U mag ook een rapport delen dat geen feitelijke informatie bevat, maar die wel gegevens bevat die representatief zijn voor wat in een rapport kan staan)
In bijlage een eenvoudige rapportage die gebruikt wordt voor kleine doorlaten in de Maasdijk.
9. Heeft u een openbaar beschikbare bron die ik kan raadplegen mocht ik op zoek zijn naar meer documentatie?
Van het Waterschap zelf niet, wellicht via de link hierboven (RWS, STOWA).

10. Zijn er interessante onderwerpen, begrippen, documenten of zaken betreffende het assetinspecties die niet aan bod zijn gekomen die u aanraadt om me in te verdiepen?
Bij voorkeur met betrekking op het proces en/of de gegevens die in het proces nodig zijn of worden bijgehouden.
Lange termijn onderhoudsplanning (LTAP).
11. Heeft u een anekdote uit de praktijk die aansluit op dit onderzoek?
Geen verhalende anekdote, wel aandachtspunt: De verschillen in begrippenkaders en behoeften tussen de monteur (die een groot deel van de inspectie en onderhoud doet) en directie/bestuur (die de zak met geld beheert) kan bij beiden tot frustraties leiden. Vertaalslag in rapportages is van belang.

9. Interview met Teamleider Onderhoud Technische Installaties bij Waterschap (Michel Kramer)

Datum interview: 7 april 2021
Audiolengte: 31:56 minuten
Geïnterviewde: ing. Michel Kramer, Teamleider Onderhoud Technische Installaties
Team Technisch Onderhoud Betuwe en Rijk van Maas en Waal
Afdeling Technische Installaties

Vorbereidde interviewvragen

1. Kunt u mij uw loopbaan kort toelichten:
 - a. bij welke waterschap heeft u gewerkt,
 - b. voor hoe lang,
 - c. welke functie(s) heeft u daar uitgevoerd en
 - d. hield u zich bezig met waterkwaliteit, waterkwantiteit of waterkering?
2. Welke type inspecties zijn er? (graag het verschil kort toelichten)
 - a. Kunt u hierbij het verschil toelichten tussen i en ii:
 - i. schouw, toestands- en instandhoudingsinspectie
 - ii. en de seizoensgebonden inspecties: voorjaars-, zomer-, najaars-, dagelijkse inspectie?
3. Welke (project)rollen zijn er bij een inspectie?
4. Waarin verschilt de inspectie van een kunstwerk met dat van een nat kunstwerk?
5. Verloopt het waarnemen, verzamelen en het vastleggen van de gegevens volgens een vast stramien?
 - a. Zo ja, zijn er uitzonderingen? (graag toelichten)
 - b. Zo nee, welke variaties zijn er binnen een inspectie mogelijk?
 - c. Zo nee, wat is volgens u een generieke procesbeschrijving van een inspectie?
6. In welke documenten wordt deze informatie vastgelegd?
7. Bestaan er verschillende varianten van inspectierapporten? Zo ja, waar liggen de verschillen?

8. Wat is de belangrijkste informatie die bij een inspectie wordt verzameld en/of vastgelegd?
9. Heeft u een of meer inspectierapporten van een of meer natte kunstwerken (of componenten) die u met mij kunt delen?
Bij voorkeur een recent rapport van kleinere, minder complexe assets(componenten).
 - a. Zo nee, heeft u iemand in uw netwerk die ik mag benaderen die deze wel kan delen?
10. Heeft u een openbare bron die ik kan raadplegen mocht ik op zoek zijn naar meer documentatie over asset management van natte kunstwerken bij het waterschap of bij Rijkswaterstaat?
11. Zijn er interessante onderwerpen, begrippen, documenten of zaken betreffende het assetspecties die niet aan bod zijn gekomen die u aanraadt om in te verdiepen?
Bij voorkeur met betrekking op het proces en/of de gegevens die in het proces nodig zijn of worden bijgehouden.

Begin van transcript

- Interviewer: Het lijkt me interessant om te beginnen met een korte introductie, zodat we van elkaar weten wie we zijn. Ik zal mezelf even voorstellen. Mijn naam is Bart Verhagen, ik volg de opleiding ICT & Business bij Fontys Hogescholen in Eindhoven. Op dit moment ben ik bezig met mijn afstudeeropdracht en die opdracht voer ik uit bij Taxonic. Voor deze opdracht doe ik onderzoek naar hoe een technologie (Linked Data) kan worden gebruikt om asset management voor natte kunstwerken te verbeteren.
- ing. M. Kramer: Ik ben deze week al twee keer de term Linked Data tegengekomen, maar dat zal wel toeval zijn.
- Interviewer: Dat weet ik niet, maar ik kan het kort toelichten. Wil je dat?
- ing. M. Kramer: Als je dat wilt doen lijkt me wel handig. Toen ze het er over hadden leek het me heel logisch.
- Interviewer: In het kort: Het is een techniek om gegevens te structureren. Het werkt hetzelfde zoals wij op internet naar websites navigeren. Zodra we de locatie (URL, red.) invoeren komen we bij de informatie terecht.
- ing. M. Kramer: Ik weet het alweer. We hadden het gisteren over een nieuw documentmanagementsysteem (DMS) voor het Waterschap en dat is SharePoint geworden. En met alle andere waterschappen zijn, volgens mij, synoniemenlijsten en alles gemaakt. Linked Data werd daarvoor gebruikt om al die synoniemen en alles te koppelen.
- Interviewer: Laten we verder gaan met de vragen die ik heb opgesteld. Wie ben je en hoe ziet jouw loopbaan eruit?
- ing. M. Kramer: Mijn naam is Michel Kramer. Ik ben werkzaam bij Waterschap Rivierenland en daar ben ik nu 11 jaar lang teamleider van een onderhoudsclub. Wij

hebben een vrij groot waterschap, we werken met 800 man. Daarvan zijn ongeveer 50 teamleiders. En het onderhoud van alles wat een stekker heeft of alles wat in de regio staat, valt onder de teamleider onderhoud. Dus, 80% ben ik bezig met zuiveren, 18% met kunstwerken en gemalen, stuwtjes, dat soort dingen. En dan nog wat dijkmagazijnen. Dat alles in de regio Arnhem, Tiel, Nijmegen. Dus, een beetje tot aan de Duitse grens. Ik ben daar begonnen als teamleider, omdat ik hiervoor teamleider was bij een opleidingsinstituut waar we technische opleidingen verzorgden, zoals: civiele techniek, koeltechniek en dat soort dingen. Dus ik kom niet uit de watersector, maar ik ben als teamleider de sector ingekomen. Toch kan ik na 11 jaar wel redelijk mee praten over de technieken die we hebben.

Interviewer: Zojuist hoor ik je vertellen over het werk met kunstwerken, gemalen, stuwen. Wat bedoel je daarmee?

ing. M. Kramer: Het is eigenlijk een beetje waar ik dacht dat jouw vraag vandaan komt, maar die is eigenlijk best breed te doen. Het gaat over grote poldergemalen, stuwen en dat soort dingen, dus meer in het watersysteem. Waterketen zijn echt zuiveringen en het watersysteem zijn eigenlijk de watergangen waar ik niks aan doe. Pas op het moment dat er een stekker aan te pas komt, onderhouden wij dat.

Wat is jouw achterliggende vraag? Een waterschap of waterzuivering hebben natuurlijk droge en natte inspecties. Maar wij hebben eigenlijk ook een inspectie afdeling speciaal voor poldergemalen, omdat het daar onder water natuurlijk heel lastig kijken is en anders gepland moet worden.

Interviewer: Ik wil niet op één kunstwerk richten, maar het algemeen op natte kunstwerken houden.

ing. M. Kramer: Dat is prima, maar anders zou ik het gesprek stoppen. Bij ons in de regio zijn er namelijk geen bruggen die onder het waterschap vallen. Maar als jij de term kunstwerken noemt, dan hebben we het over watersysteemobjecten en niet over waterzuivering.

Interviewer: Wat wordt er bedoeld met watersysteem?

ing. M. Kramer: Met het watersysteem hebben we het over het water dat afgevoerd moet worden binnen de polder. Dus alle watergangen, riviertjes en weet ik het allemaal; waterkering, waterveiligheid.

Interviewer: Welk type inspecties zijn er?

ing. M. Kramer: Bij onze kunstwerken rijdt er misschien wel iedere week iemand langs die er gewoon optisch even kijkt of controleert dat er geen gek geluid is. Bijvoorbeeld een knarsend geluid, een ruitje ingeslagen of wat dan ook. Dat gebeurt wekelijks.

Er zijn ook maandelijks of jaarlijkse inspecties. Bijvoorbeeld dat iemand olie peilt, dat gebeurt jaarlijks. Kijken of het niet te warm wordt doen we maandelijks. Dat is wat we zelf doen.

We hebben ook grotere inspecties, dan zetten we het droog. Dat zijn de 7-jaarlijkse inspectie. En dat is een beetje welke richting jij op gaat. Dat wordt projectmatig aangepakt, want dan heb je natuurlijk droogzetschotten nodig. Vervolgens moet het water er uit worden gepompt. Vrij grote, mobiele pompen hebben we daarbij nodig. En dan kijken wij eigenlijk naar zowel de pomp (het civiel werk) als naar het beton, hoe dat erbij zit. Dus we kijken naar het beton, of de pomp aanloopt, hoe de laging zit, hoe de vetsmering aan de onderkant zit. Als je door een dijk heen gaat – en dat zullen we vaak doen – ben je verplicht om twee terugslagkleppen te hebben, dus dan worden de terugslagkleppen bekeken of ze niet doorlekken en of de scharnieren weer 7 jaar mee kunnen.

Interviewer: Komt het voor dat inspecties na een langere termijn dan 7 jaar plaatsvinden?

ing. M. Kramer: Nee, bij de 7-jaarlijkse inspectie kunnen onze twee inspecteurs een redelijk rondje maken. En dan hebben ze het hele arsenaal gedaan. Ik moet wel zeggen dat zijn onze interne inspecteurs. We zijn eigenlijk nu bezig met NEN 2767 op het gebied van waterschappen, daar denken wij ook aan mee, maar dat staat in de kinderschoenen. Dus het zijn onze eigen inspecties. NEN 2767 moet nog gekomen.

Interviewer: Wat is de reden het dat de NEN 2767 nog moet komen?

ing. M. Kramer: NEN 2767, zoals ik hem ken, want vroeger kwam ik uit de installatietechniek, dat is 11 jaar geleden, werd in ziekenhuizen heel globaal naar een ketel gekeken, naar een luchtbehandelingskasten en dat soort dingen. Dus daar kan je als Waterschap niks mee, zeker niet met gemalen. Dus die 2767-2 ligt nu in ontwikkeling en wij zijn daar heel langzaam proeffjes mee aan het doen, want ook die was weer te globaal en teveel boven het water. Terwijl de kosten en de risico's onder water zitten. Dus dat is iedere keer de afweging. En op het moment dat je het gaat gebruiken en je ook vind dat je wat met de uitkomsten moet doen, en dat is natuurlijk ook asset management, dan zit je meteen aan de financiële planning. Daar moet ook iedereen klaar voor zijn.

Interviewer: Betekent het dat er een budget gereserveerd wordt om het uiteindelijke doel te kunnen bereiken?

ing. M. Kramer: Dat zeg je heel mooi, maar het bestuur van een waterschap knipt liever een lintje door voor een speeltuin die geopend wordt of een fietspad, dan dat er een fundering van een stuw wordt vervangen, daar zit niemand op te wachten.

Interviewer: Werken jullie met een schouw, een toestands-, een programmerings- en een instandhoudingsinspectie?

- ing. M. Kramer: Nee, bij onze waterschap niet.
- Interviewer: Werken jullie met seizoensgebonden inspecties?
- ing. M. Kramer: Die seizoensgebonden inspecties die doet een waterschap wel. Bijvoorbeeld, voordat het hoogwater wordt, kijkt iedereen de dijken aan. Dan lopen we alle dijken langs. Maar daar heb ik niks mee van doen. Het voorbeeld is dat in september het regenseizoen komt, dan kijken we in inspecties of alle sloten goed gemaaid zijn, zodat het water wel wegstroomt. Dat zijn allemaal groene inspecties, niet qua technisch onderhoud, daar doen we niet aan seizoensinvloeden.
- Interviewer: Welke projectrollen komen er bij een inspectie kijken?
- ing. M. Kramer: In de context van watersysteemobjecten werken niet heel veel mensen, dus is bij ons vaak de senior monteur min of meer verantwoordelijk voor zowel de installatie en voor het beheren en bedienen. En daarbuiten hebben we een inspecteur en een assistent instructeur. Met drieën komen ze tot een plan. We hebben overigens een onderhoudsbeheersysteem (OBS) waar dan een taak uit komt. Bijvoorbeeld: "Het is nu 7 jaar geleden. Jullie moeten het gaan doen." Dus het OBS zet ze in positie en ze komen bij elkaar. Op het moment dat het object uitgeschakeld moet worden – zodat we het hele object, zowel boven als onder water, kunnen inspecteren –, moet je met een andere afdeling communiceren of het een paar dagen uit kan. Want als je die schotten erin en eruit zet, dan kan er geen water meer langs.
- Interviewer: Wanneer zijn er duikers nodig?
- ing. M. Kramer: Wij gebruiken best wel veel duikers, maar nooit voor inspecties.
- De duikers zijn eigenlijk altijd voor reparaties of als inspecties niet lukken. Maar zowel op waterzuivering als bij het watersysteem, valt het echt tegen wat het zicht is van de duiker. Die kan redelijk voelen als een schot in een sponning zit en doorlekt, dan zal een duiker naar beneden moeten om die sponning schoon te krabben, of als er iets los zit, kan hij wel iets doen. Maar betoninspecties en dat soort dingen doen we altijd visueel en dat is onderwater niet te doen.
- Interviewer: Is daar geen apparatuur voor?
- ing. M. Kramer: Alle duikers die bij ons komen doen alles op de tast. Het lijkt wel redelijk water, maar juist het beton en alles zit beneden in de drab. Dus, dat wordt dan gewoon schoongespoten en gedaan. De inspectie wordt niet door duikbedrijven gedaan. Ik kan me wel voorstellen dat Rijkswaterstaat, in die stuw waar recent iemand is overleden, veel meer schoon water hebben, maar voor ons is het droog zetten gewoon het goedkoopste. Ik betwijfel of een brug met staanders met duikers wordt geïnspecteerd, dat weet ik niet.

- Interviewer: Klopt het dat jullie zowel gewone kunstwerken als natte kunstwerken beheeren?
- ing. M. Kramer: Ja, absoluut.
- Interviewer: Verschillen de inspecties in deze twee type kunstwerken?
- ing. M. Kramer: Eigenlijk niet, denk ik. Een nat kunstwerk zetten we droog en veel meer werk aan hebben. Maar de uiteindelijke controle of het beton werkt nog goed is of dat het staalwerk nog goed is of dat keringen het nog doen, dat zijn dezelfde mensen die eigenlijk dezelfde klus uitvoeren. Dus, het voorwerk is wel anders, maar de uiteindelijke inspectie niet.
- Interviewer: Houden jullie rekening met de duw- en trekkrachten van het water, iets wat droge kunstwerken niet hebben?
- ing. M. Kramer: Bij onze inspectie wordt alleen de toestand bekeken. Dus, of daar 20 of 30 centimeter beton achter zit, dat is voor die inspectie niet interessant. We gaan er van uit dat het goed is. Alleen we bekijken dan hoe de slijtage, de devaluatie de afgelopen tijd is. Wij controleren niet of het ooit goed berekend is en dat we dan een nieuwe berekening doen. Wij kijken of het beton slechter wordt. Dat was bijvoorbeeld 30 cm en dan zullen wij wat afschrapen en daarna 20 cm bij storten, zodat het weer die 30 cm heeft.
- Interviewer: Verloopt het waarnemen, het vastleggen en het verzamelen van gegevens volgens een vast stramien?
- ing. M. Kramer: Dat doen we inderdaad met een vastgelegde schraplijst. Dat gaat over spelling, meten, hoe het beton er uitziet, etc. Dat wordt gewoon gemeten met diktemeters en opgeschreven en gefotografeerd. Om de reden dat als het niet goed is, er dan geld opgehaald zal moeten worden. En dan is het natuurlijk goed dat we daar een mail van hebben.
- Interviewer: Meten jullie op meetpunten die ergens staan vastgelegd?
- ing. M. Kramer: Ik denk dat dat niet zo goed is vastgelegd. Als we naar een stuw van 5 meter breed gaan, en daar zitten roestplekken op, dan pakken ze inderdaad een diktemeter voor een staal. Dat zal het niet altijd precies in het midden doen en dat zal hij vast wel op tien plaatsen doen, maar wij hebben nou niet een protocol waarbij je een stuw van 1 meter vier keer gemeten moet worden en bij een stuw van 8 meter vierentwintig keer. Het gebeurt echt optisch met de kennis en ervaring van de inspecteur.
- Interviewer: Krijgen jullie te maken met een instandhoudingsplan of inspectierapporten?
- ing. M. Kramer: Vaak wel, want wij zijn natuurlijk onze eigen baas over onze eigen spullen. Ik moet wel zeggen doorgangen in dijken, dat zijn grote schuiven, die moeten wel geborgd zijn en daar zit de inspectie leefomgeving (ILT) op. En die komt

één keer per jaar kijken of we dat doen of we die zorgplicht goed doen en daar komt gewoon ons onderhoudsbeheersysteem. Dan draaien we uit van een toen en toen heeft die meneer bewogen en toen is er alleen een optische controle geweest. Het OBS helpt daarbij.

Interviewer: Zijn er openbare bronnen beschikbaar waar ik informatie over inspecties kan vinden?

ing. M. Kramer: Ik wil best een keer wat opzoeken en opsturen. Openbaar kan ik me eigenlijk niet voorstellen. Als je een WOB-verzoek doet, dan kun je natuurlijk krijgen wat je wil. Maar ik kan me niet voorstellen dat Rijkswaterstaat ergens een database heeft waar dat soort inspecties in staan.

Interviewer: Ik ga je een inspectierapport van een programmeringsinspectie van de A2 laten zien en de vraag is: Heb jij zoiets beschikbaar van een object dat jullie in beheer hebben?

ing. M. Kramer: De bevingen doen wij ook, maar de risicoanalyse niet.

Interviewer: Werken jullie volgens een methodiek?

ing. M. Kramer: In de inspecties niet. RAMSSHEEP gebruiken wij wel voor onze grotere projecten. Onze inspecteur, en zeker de vorige, die heeft zelf eigenlijk een meetlat bedacht hoe die dat gaat doen. Het ziet er wel redelijk hetzelfde uit. Hij voorspelt dan in degradatie of er over 7 jaar de volgende inspectie moet worden gepland of dat er over 3 jaar opnieuw gecoat en geconserveerd moet worden, of dat er paniek is en dat er morgen iemand bij komt. Dus tussen de regels door krijg je natuurlijk stiekem wel een risicoanalyse, maar wel door de persoon zelf. Dat is niet heel erg objectief.

Interviewer: Welke onderwerpen of begrippen zou je, naar aanleiding van dit interview, aanraden om verder in te verdiepen?

ing. M. Kramer: Jij zegt net asset management. Super interessant en die kant moeten we ook zeker op. Alleen dat kost tijd. Asset management implementeren vanaf de directie met RAMS en SAMS en weet ik wat allemaal nog meer, dat duurt tientallen jaren. Daar zijn we nu 2 of 3 jaar mee bezig. We hebben wel veranderprocessen omschreven of hoe we documenten gaan beheren, maar echt de ISO 55000 asset management implementeren, dat kost gruwelijk veel tijd.

Interviewer: Hoe ging dat voordat jullie aan die implementatie begonnen?

ing. M. Kramer: Dat ging met OBS. Eens in de 7 jaar deden we die inspecties. Als we dan zeggen: "het is bagger, het moet meteen", dan boeken we het curatief en dan moeten we ergens naar een boekhouder, want dan hebben we geld nodig. En anders zetten we dat op de begroting. Dus, het kwam meer aanwaaien. Dat is het voordeel van asset management; er is meer transparantie

naar de toekomst toe over hoe het financieel gaat. Maar vroeger overkwam het ons qua kosten.

Interviewer: Willen jullie op die manier kijken hoe jullie kosten kunnen beperken door je meer te richten op asset management?

ing. M. Kramer: Misschien is dat flauw, want het gaat altijd om risico's en schade. Maar je merkt wel dat een overheidsinstelling, zoals wij, een hekel heeft aan financiële verrassingen. Ik denk dat dat een van de grootste pijlers is waarom we met asset management zijn begonnen; om de middellange- en lange termijn in kaart te kunnen brengen wanneer er kosten komen.

Niet in de context van jouw opdracht, maar de zuivering in Nijmegen is verzekerd voor 150 miljoen. Die zal natuurlijk ooit een keer kapot gaan en het is dan ondenkbaar dat je over 3 jaar zegt "hé, ik heb 150 miljoen nodig". Dus, daarom zetten we dat in een tijd weg en daarom hebben we asset management en dat soort onderzoekjes omarmd.

10. Interview met Simulation Consultant bij Macomi (Pawel Kolodziejczyk)

Datum interview: 30 april 2021
Audiolengte: 50:11 minuten
Geïnterviewde: Pawel Kolodziejczyk, Simulation Consultant bij Macomi

Voorbereide interviewvragen

1. What is Macomi's motivation for your partnership with Taxonic related to Xamit?
2. Has the ProRail-project resulted in a business case? If so, is there any possibility you can share this with me?
3. What challenges had Macomi to deal with in the Xamit-project?
4. Has a business case been written for Rijkswaterstaat (Xamit)?
5. How does Linked Data affect the development of your planning software?
6. What does Linked Data mean to you in terms of data quality?
7. What issues regarding the data have you encountered in your collaboration with Taxonic?
8. Is the genetic algorithm, that is developed for the TVP-planner, comparable with the Markov Chain Model?
9. How did you come up with the genetic algorithm?

Begin van transcript

Interviewer: Thank you for taking your time to speak with me today. This interview is to get more background information about the Xamit-project and the project you are working on/have worked on at ProRail. Could you start off with telling me a bit about you and your organization?

Pawel Kolodziejczyk: Sure. My name is Pawel Kolodziejczyk. Everyone only uses my first name, because my last name is so difficult for everyone. I've worked for Macomi for four and a half years now. I'm a simulation consultant. My job is to do everything except for direct sales and the exact modeling for the implementation of coding. Mostly concentrating on conceptual realization of models and getting the right data into them presenting the results, stuff like that.

We use simulation mostly for rail operations. You have a set of rules about how a train behaves and how it interacts with other trains. You want to know what happens under certain circumstances. For example, what happens when there are many trains at a certain location, interact with each other and have to wait for one another. Then things go causally from certain occurrences and then simulation is so powerful, because it gives you an insight in why things happened. While in optimization, you just get the result and you can't really tell. You cannot trace why it happened. It is this number and not another. It is extremely difficult.

Macomi itself is a spinoff from TU Delft, created in 2014. We deal in two domains of advanced analytics. One is simulation, the other one is optimization. And here is more optimization is applicable. So, we have some domains that we work on, that are more simulation based. Also the domains we are mostly concentrated in are asset management. That's how we started calling it but it used to be mostly rail analytics, or anything to be to do with freight transport. And then also work for some analytics. More generic planning problems also happened. So now it's a matter of opportunity. Maybe going a bit into that Xamit-project, it was a bit of our hope to think of building something new, where we get a partially subsidized project. You've probably heard stories from someone. Well, still people with hopes that certain tenders would be out and we could possibly together with Taxonic make a bid on them? Well, one we lost earlier before the project even started, and that the other one so far didn't come out. It has delayed. So we took it as a more theoretical exercise and what can we do to pitch the idea better to potential other customers in that domain.

Interviewer: How did Macomi come up with the idea to start in this domain?

Pawel Kolodziejczyk: Well, it's actually a simple story. The founders of the company are three guys from the Delft University of Technology. One has left the university earlier, but they kind of knew about each other. And then Michele Fumarola was performing work for Cornelis Versteegt. When he was doing his PhD, that they both realize that it's ideal that they can move forward together on their own. So they started the company together with Mamadou D. Seck who was

a professor back then, and he no longer directly works for us, or with us. So, it was driven by business opportunity.

Interviewer: What is your idea about how the partnership with Taxonic started?

Pawel Kolodziejczyk: I know little about that actually. Well, basically we try to have very specific domains so that we can actually focus on parts. Given that neither Taxonic or us, we are a bit smaller, are a big company. You cannot do everything. So often when projects come, you're not able to deliver everything on your own. And while we were always interested in doing more about data, especially in terms of providing or getting a structured data that we don't have to every time, specifically, transform and deal with and clean and so on. This is not something we like to do, it is necessary for the business. Actually, we also noticed that a lot of our activities that we do result in some sort of advice to clients that you should do this better. Which is largely, well, maybe not ignore it, but 'Okay, thanks, that's good advice and then they do nothing'. While we wanted someone to tackle that problem more structurally, that's complimentary to our expertise. So we see that partnership is if I may call it Taxonic deals with the structure of the data, the linked data, the ontologies and so on. And then we take the data and we add an extra value that wasn't there before. Or that just doesn't come out of pure structuring it. But how they found each other, Cornelis with Jan, I don't exactly know. I won't speculate.

Interviewer: ProRail saved on costs by optimizing their maintenance planning with your algorithm. With what kind of challenges have you dealt with? And is there built up a business case on that?

Pawel Kolodziejczyk: Well, I think the business case existed before we started the project. It is ProRail that knew there's something to be done there. That started looking for someone to help them with that. So they were already aware of how inefficient they are. And trust me, these kinds of organizations can be quite inefficient. So basically, they had two or three guys working nonstop on creating long term planning on a big board with post it notes and stuff like that. And they knew that it's inefficient, and every time they want to change one little thing, there is a potential that all the planning collapses because it's so interlinked. Mainly to give you a pattern what we're doing is basically, there's a set of jobs that need to be done on the railway, sort of the physical rails in the future. And the only thing though, it's not that simple, but actually the only thing that I think there is, 'you should start this job on this date'. But in order to come up to this, there are a lot of rules and a lot of limitations that you need to consider. And that's why it's such a great problem for optimization, or constraint based optimization. Because everything is interconnected, and we need to look at many different things, not only technical aspects. For instance, which jobs can be done in parallel, which needs to be done in sequence. Then we have limitations on corridor level, when certain tracks can be closed, how often can be closed, how do we make sure that the entire country is not paralyzed, because we suddenly cut off three tracks around Utrecht, and then no one can do anything anymore. And then, also, given that ProRail is not entirely business driven, there's also a cost, associated with travelers. So, we actually predict in the planning what is the hindrance

to the passengers. And not only passengers, but also freight trains. These are a bit different. So we put a score not only on the cost of performing done a given project at certain time, and these costs are mostly comprised of labor, which can be done during the day, primarily during the day or during the night. During the nights there is a shorter timeframe available, you need to pay the workers more and so on, but then you hinder the passenger less. So that's the main dilemma. It's much more complicated than that. But I don't think we need to go into that more. And then on the other side, we have this exactly the hinderance to passengers and we call it extra passenger minutes that they need to travel in order to reach their destination, and are hindered due to this outage. Then you associate things with whether there is an alternative train route, how long it is, maybe there are busses needed, things like that. And it actually started well, it's kind of a delicate thing, but so ProRail, as I said earlier, was looking for a party to do that. And we back then were a bit more heavily involved with Accenture in the Netherlands, you know, big corporate, and we together proposed something to ProRail. They weren't very receptive at first and a few months later, they came back to us for 'listen, can you do the algorithm work on your own?' And we of course agreed. And they found a different party to do the deploy, maintain infrastructure, because it's completely cloud based now. And we maintain the core product, which is the analytics. Well, they wanted also data analysis and stuff like that. And of course, I think they overestimated their hours. But that's a personal opinion on that. Anyway, we got this and then we actually got a student, much like yourself, do the main optimization for... Well, we started with three pilots on different aspects of this planning. On the side, we had given one of the computer science students assignment to create an algorithm for one of those, like, that's the full-fledged optimization as part of his master thesis. And he did that, he did a brilliant job, so we hired him afterwards. And now he's almost the most important person to deal with everything there. Once we show that to them, and 'listen guys, this is what we can do next to the pilots', and they were like, 'okay', and then it became like a proper project, not only pilot but it kind of naturally went into a production mode and now it's running and we are maintaining and changing some things but it's in operation.

Interviewer: Did you have any struggles with deploying theory into practice?

Paweł Kłodziejczyk: Well, the biggest struggles in theory are the algorithmic. Certain choices you need to make. These we very rarely share with the customers. Because typically they don't have insight and we just don't want to confuse them. You know, specific modeling choices or specific technique choices. I mean, as long as we know, the goal we can do this and then see here while we did genetic based algorithm, so this is very flexible to change. Although there are also some hybrid algorithms. I'm not sure if all of them are running because Menno, the student, he did quite a few different things. Not all of them have had been put into production, or not fully. So this is still an ongoing process of how to approach certain things. And basically, we have a certain budget, committed to ProRail development, and they come to us with some requests. And then when we do that, basically, every week, every other week, there is some work for them done. Not much, but it's ongoing.

Interviewer: Finally, you started this project for Rijkswaterstaat with the same idea as with ProRail. Is there any business case written for this?

Pawel Kolidziejczyk: Well, I think Jan was the responsible one for crunching the numbers. And also hoping that the tender Rijksgebouwendienst will eventually be published. But indeed, we know we save ProRail a lot. Well, we know that because we had good numbers for it. It's even a bit different, because the business rules that we had in order to make the planning they weren't, they were there, but they weren't abided. So they were actually pretty flexible on them in the manual planning, because costs in the end also had a big role. So sometimes they were willing to compromise some of these rules in order to lower the costs. And we show with our optimization that maintaining the same costs, you can actually for roughly the same cost abide those rules. So not all the savings that we did are direct, it's, well, maybe in a year or two, we will feel the most passengers. But also, it will be difficult to tell exactly how much it is. I mean, there's a number on screen, but, for example, it's not always on average five extra travel minutes per passenger and then you multiply it by the number of people on the corridor, which is 10,000. And you put out associated costs with that, which is a couple of cents per minute, I guess. And then you come up with something right. But we consider the business case that now that the opportunity cost for Rijkswaterstaat, we were hoping it would be the same. But conveying a message from one type of assets, which is network based to a bit different type first doesn't change much. I mean, it's still rather custom algorithm but given the whole experience, it will be so much easier for us to do it. But you need to be a bit into algorithms to understand that these things are very similar. And I'm not sure we have given a convincing business case on that, so to say.

Interviewer: So as long as it seems to save millions, then it will be okay?

Pawel Kolidziejczyk: You cannot say in beforehand how many millions are going to save, right? You can give an estimate of 'okay, well, maybe 3% right'. And I mean, for a lot of businesses 3% this is an unimaginable number. Especially those cost driven parts. But it's a guess. A lot of people like to make those guesses. I'm very careful with those. So my story is, then 'oh, we helped this company, and this was the result', rather than we cannot save you 3%. Not the business case, which is a bit vague.

You're setting a goal, without any reason, or any foundation for that goal. That's like an anchoring effect. It's not really accountability, because you never put it out 'now, for sure I am going to do that', but it's anchoring and I think business can be done better.

Interviewer: How does Linked Data affect the development of your software?

Pawel Kolidziejczyk: Well, for a long time, it hasn't at all. As I said we saw our businesses like complimentary, I mean, lot in common but very separate. There is the clear division between us. Recently, we've been doing a lot of thinking, and I think

this project also helped us with that. Or for me, because of all I was the one involved into kind of guiding the architectural choices that we're making. While we don't really have specific software for different industries or different set of problems, we have a platform that we configure to solve different kinds of problems. But the foundation of it is always the same. And that platform is our leading asset that we are developing since the beginning. And every now and then we go into exercise, or at least a thought exercise. What would happen if we... well, maybe not started from scratch, but reinforce certain design choices, architectural choices that we made before, given the experiences we have, and maybe do something better. So now we are in process of that. It is called, the grand redesign. This time is the biggest of all of this, since I remember joining the company and here, well, maybe not Linked Data, although that's part of it. We are really thinking of incorporating proper ontologies to our models. Well, because the problem so far was that, while we have a model, we can do stuff. But then the client approaches and they want it a slightly different, or they want it to be a slightly simpler. They don't have data for it. So they want it's something to be done. So we of course we took the data model, we copied it or duplicated that and we tweaked it, and then we had two data models. At some point, on certain things, we have five. And then nothing at all that makes sense, right? I mean, we are only shooting the individual project, but then the next client approaches and we build sixth one, because none of these five will actually fit what we need. So we need a smarter solution, and here it is where ontologies come in that we can be a bit more flexible, but also kind of predefined. The domain without the necessity of doing something with every single entity there. So in that sense, that's the domain development in the link data, we go for an ontology.

Interviewer: So, for specific use cases, you would rather have relational databases?

Pawel Koldziejczyk: We don't really have problems that require graph databases, relational is more neat in terms of data input, and viewing, which is we like our tools to be used by the clients, and we need to think of how it was the easiest way for them to work. And graph or in general Link Data, it can be confusing, because you're mixing up different aspects of the data, functional, descriptive, or whatever, in a single place. And that's for a lot of people it gets confusing. It is extremely powerful and for a lot of solutions it's necessary, but not so much for ours, at least not so far.

Interviewer: Are you developing a finished product that is only for use by the customer or will they maintain it themselves?

Pawel Koldziejczyk: We do many things. Our ideal approach is to first build a ready tool for a problem or actually to have it built for another customer, and then reuse it for the new, improving on it - and that's the best. And then, maintain it in the sense that we provide the software, they can use it, they can do analysis on their own. And then we support them with the usage, regular updates or sometimes analysis. But also with like, really specific business case, which will always require a certain amount of configuration. We're hoping to standardize it.

- Interviewer: What does Link Data mean to you in terms of data quality?
- Pawel Koldziejczyk: This Xamit-project was just a prototype we had. So, I can't assess a specific case, which does differ tremendously. And you can have a more traditional way of storing data even with Excel file, or whatever, that is very neatly maintained and clean. And then you can have a very messy relational database, that something is in there, but no one knows what. Being in this business, we've seen it all or we think we've seen it all until the next client who surprises us with something else. I would hope that these kinds of activities like Linked Data and the FAIR-approach, to data that would help us. But mostly it's not like we prepare you a new system, and then we deploy it, and then everything is fine. You still are looking at years of collecting that data and doing it, then the better way, training people. And I know that that's a bit of what Taxonic does. We try never to touch it, because it's just not our expertise.
- Interviewer: What issues regarding the data have you encountered in your collaboration with Taxonic?
- Pawel Koldziejczyk: Collaboration with Taxonic was really good. So issues were normally solved, without much thought to it. All the biggest, I think, issue was that we were designing the data structure independently. Because we started the project at beginning of the pandemic, and we couldn't find a problem owner. We looked for some Waterschappen or whatever that would be interested. But basically, it's more like, oh, guys, show us what you have and we're not interested in putting our effort to develop something new. So that was not so great, because there was no one to validate that what we are doing is the right thing on each other. And you think is right, but until it does tested practice, you don't know that. And until now, I don't know, maybe we did complete nonsense. So he has this kind of testing us testing to work with them, validating it, I would say is that the main issue. Itself, like algorithms or preparation or structures, that was all super good.
- Interviewer: So you need a customer that specifies what you need to make. Does that mean that Xamit has no chance of deployment, or are you're still looking for a customer?
- Pawel Koldziejczyk: Well, customer is a big word, I think. Personally, I think not everyone might have been will have that opinion. I think it's rather now become a tool to demonstrate capabilities. It's not that I'm going to a potential customer and I say 'hey, listen, I have this Macomi-platform it is great for analytics'. I can do all analysis you want. However, I've never really built anything to fit your specific industry and that closes a lot of doors. So I can then say, I have this great platform, and together with our friends at Taxonic, we were collaborating in a research project to build a prototype, which I can demonstrate to you and then you can tell me what you think. But that wasn't the goal in the beginning. We were really hoping that either that first tender would go through for the province of Overijssel, maybe you've heard about it, or that Rijksges-bouwendienst to be published and we would be able to go for that. Using this

all with all so develop it further than it has been so far. But business reality is that that hasn't happened.

Interviewer: Are you familiar with the Markov Chain Model? If so, is the genetic algorithm comparable with Markov chain model?

Pawel Koldziejczyk: I am. I've never done Markov chain model, because it's not really our domain, it is more for Operations Research. But optimization is a bit different. For Markov chain, well, first of all, you need to know every single, possible state up front, which is difficult in our case. But may be possible, because you just have a couple of variables that can have certain values, mostly, as I said, 'this project starts on this date'. So you can have a state that's from 1st of January to 31st of December, any value, and you have a finite number of states, maybe not the most beautiful part, but that will be doable. But then Markov Chains also require you to define the transition from every state to every other possible state and that's in this case, not possible. Because the moment you move something, it affects all the other stuff. So your transformation would be huge, and very repetitive and very inefficient.

So in genetic algorithms, there is a bit more guessing involved. Because it really matters where you start. While in Markov Chain, I don't think that's, that's really a problem, although know that there's probabilistic Markov Chains, which that also kind of makes a challenge. And in GA we make mutations. So you change some things and you randomly - or seemingly randomly, because, of course, computer uses pseudo random - see, effect, which you don't know what it is. Which is favorable to your overall goal, which is the objective function. So can you kind of give it a score. In the end, for us in the ProRail it was the combined score of the costs and the total hindrance, passenger and freight. So if that goes lower we like the solution, and we work further on it, that oddly is the genetic algorithm. And if the transit changes in the other direction, right, so it goes up, you don't like it. So you don't work on it or you rejected sooner than done the others. And it's not as straightforward as like, I always go for this one, because then you're more likely to find a local optima, which you don't want. We want the global optimum using heuristics. You will never find the actual optimum, but you will find a something very close to optimum. Then that's the thing that you have to define all those transitions by defining a set of rules. And then you try it many times, and see what options work better.

The objective function is something you try to minimize this is how we tell the algorithm this solution is better than the other. The algorithm basically starts with rules. This solution is better than the other. You have your end goal, so objective, which is maybe not as clearly defined in the beginning. But it gets clear over time. Then you have a set of rules that you want to abide for constraints. In the beginning they are some sort of written down rules or rules of thumb sometimes. And they need to seek to them and see which ones are company practices and which are actually rules. Then you define the problem and your difficulty as an optimization specialist is to find the best algorithm to solve the problem. You split the problem into smaller problems.

11. Interview met Business Informatie Architect bij Rijkswaterstaat (Mick Baggen)

Datum interview: 4 mei 2021
Audiolengte: 1 uur 23 minuten
Geïnterviewde: Mick Baggen, Business Informatie Architect bij Rijkswaterstaat

Vorbereidde interviewvragen

1. In het Toetskader van Kennisprogramma Natte Kunstwerken vd toekomst lees ik dat de vervangingsvraag van Rijkswaterstaat een eeuw geleden bekend was.
 - a. Hoe komt het dat Rijkswaterstaat daar niet aan kan voldoen?
 - b. Is er ook sprake van achterstallig onderhoud?
2. Hoe worden de resultaten uit een visuele inspectie vertaald naar een kwalitatieve objectrisico-analyse? (Je ziet bijvoorbeeld veel roest, wat gebeurt er dan?)
3. Wat gebeurt er met het advies dat daar uitkomt?
4. Waarom wordt Linked Data niet toegepast in relatie tot het proces Risicomanagement?
5. Hoe lang heeft Rijkswaterstaat zich met Linked Data beziggehouden?
6. Welke voordelen van Linked Data ondervindt Rijkswaterstaat?
7. Welke nadelen van Linked Data ondervindt Rijkswaterstaat?
8. In hoeverre wordt Linked Data binnen Rijkswaterstaat omarmd?
 - a. (Waarom zijn of worden de trajecten rondom BIM en Coins gestopt?)
9. Wat is er in de trajecten rondom BIM en Coins gerealiseerd omtrent Linked Data?

Begin van transcript

Interviewer: Bedankt dat je vandaag de tijd hebt genomen om met me te praten. Dit interview is bedoeld om meer achtergrondinformatie te krijgen over waarom Rijkswaterstaat met achterstallig onderhoud en een vervangingsvraag te maken heeft en daarna wil ik graag meer horen over wat Rijkswaterstaat met Linked Data doet. Kun je beginnen met mij iets over jezelf en jouw positie binnen Rijkswaterstaat te vertellen?

Mick Baggen: Waar ik rondhang binnen Rijkswaterstaat... Ik ben Mick Baggen. Ik ben sinds 2009 werkzaam bij Rijkswaterstaat, daarvoor heb ik altijd in het bedrijfsleven gewerkt. Binnen Rijkswaterstaat zit ik bij de dienst Groot Project & Onderhoud (GPO), dat is de club die samen met andere PPO eindverantwoordelijk is om de GWW-projecten op de markt te zetten. Dat is de

organisatiestructuur, maar we proberen te werken in processen die door de organisatieonderdelen worden uitgevoerd. En dat maakt onderdeel uit van het proces Aanleg en Onderhoud, dat zijn de ingrepen die Rijkswaterstaat namens het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat doet. De club waar ik bij zit houdt zich niet bezig met asset management. Je zou kunnen zeggen dat wij misschien de uitvoerende poot zijn van asset management. De beslissing welke objecten op welk moment in de tijd in aanmerking komen voor welke onderhoudsmaatregelen of life cycle maatregelen, dat gebeurt niet door ons. Dat gebeurt door de mensen die in de asset managementprocessen bij Rijkswaterstaat, die bevinden zich over het algemeen in de regio's. Rijkswaterstaat heeft enkele landelijke diensten, zoals het GPO en PPO waar ik het net over had, en heeft Nederland opgedeeld in zeven regio's. Iedere regio heeft een deel van het areaal onder hun beheer en die beslissen welke objecten op welk moment in de tijd aan de beurt komen. De regionale diensten zijn dus verantwoordelijk voor het asset management en de landelijke diensten doen in feite de uitvoering van de maatregelen die in de regio bedacht worden.

Interviewer: Als regionale diensten hun eigen areaal in beheer hebben, zijn deze dan te vergelijken met hoe Waterschappen zijn ingericht? Dus, hebben deze regionale diensten ieder hun eigen werkwijze?

Mick Baggen: Ja, eigenlijk wel, maar bij de waterschappen heb je geen overkoepelend bestuursorgaan. Er is natuurlijk een unie van waterschappen en organisaties er omheen, zoals Informatiehuis Water – die probeert zaken rondom informatievoorzieningen van alle waterschappen op centraal niveau te regelen. Er is ook gemeenschappelijke wetgeving, zoals de Waterwet. Maar er is geen centraal bestuursorgaan die de waterschappen vertelt hoe ze hun werk moeten uitvoeren.

Binnen Rijkswaterstaat is dat iets beter geregeld. De zeven regio's maken allemaal onderdeel uit van Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat schrijft wel processen voor, maar daar is de eenheid toch redelijk ver in te zoeken. En daar hebben we behoorlijk veel moeite mee, inderdaad. Dat weerspiegelt zich binnen Rijkswaterstaat en ook bij de waterschappen, want waterschappen hebben ook een rijke en lange historie. Tot 2005 is er bij die regio's een centralisatieslag doorgevoerd en voor die tijd waren die regio's behoorlijk zelfstandig. Daar is meer centralisatie in gekomen, maar tot de dag van vandaag zie je dat de regionale verschillen best groot zijn.

Interviewer: Wat is de reden dat de centralisatieslag tot 2005 heeft geduurd?

Mick Baggen: Dat is, denk ik, allemaal historisch te verklaren. Ik ben hier pas in 2009 komen werken, dus ik weet het ook alleen maar van horen zeggen. Een goed boek daarover is *Veranderend Getij* van Marcel Metze. De auteur is een onderzoeksjournalist en die beschrijft het hele traject dat rond 2005 heeft geleid tot een verdergaande, laten we zeggen, centralisatiegrip vanuit de centrale organisatie op al die losse poten waaruit Rijkswaterstaat bestond. Aan het eind van de jaren '90 en begin 2000 was de bouwfraude een 'hottopic'. De bouwfraude was een innige verstrengeling tussen de markt en de

topmanagers van Rijkswaterstaat, in ieder geval was die perceptie er en ik denk dat die ook wel aanwezig was. Eigenlijk is die reorganisatie, die daar toen heeft plaatsgevonden, daar als een soort reactie op geweest. Ze probeerden meer afstand tot de markt, een formelere inrichting en ook meer centraliseren, juist omdat al die autonome organen binnen Rijkswaterstaat de Heeren Zeventien werden genoemd. De Heeren Zeventien hadden als het ware hun eigen koninkrijkes binnen Rijkswaterstaat. Dat is een manier om te duiden waar de centralisatieslag vandaan komt: redelijk onafhankelijke regio's die ieder hun eigen processen hebben georganiseerd en dat wel steeds centraler moeten doen. In dezelfde reorganisatie rondom 2005 – en in 2013 is er nog een slag achteraan gekomen – hebben ze de regionale diensten gecentraliseerd die de kleine onderhoudsprojecten uitvoerden. Ze hebben ervoor besloten om de uitvoering van die projecten te centraliseren, door mensen die projecten uitvoeren in de regio's bij elkaar te brengen in een centrale dienst, Projecten, Programma's & Onderhoud (PPO). Dat is misschien ook wel om meer grip te hebben op bouwfraude. PPO zit nog verspreid over het hele land, maar dat kent nu één centrale organisatie. PPO is een zusterorganisatie van GPO en dit zijn de twee organisaties die de projecten naar de markt brengen. GPO deed vroeger de Aanleg projecten, tegenwoordig zijn het ook heel vaak de Vervangings- en Renovatie opgaves waar Rijkswaterstaat mee te maken heeft. PPO doet het wat kleiner onderhoud. Door de centralisatie is de regionale bezetting behoorlijk kleiner geworden. De asset managers zijn verantwoordelijk voor het opstellen van het instandhoudingsplan.

Interviewer: Op de website van Rijkswaterstaat (standaarden.rws.nl) staat beschreven dat uitvoerders verplicht zijn om de standaarden te gebruiken. Hoe strikt worden deze standaarden nageleefd als de regionale diensten hun eigen werkwijze hanteren?

Mick Baggen: GPO en PPO hebben de projecten naar de markt gebracht. Bij het opstellen van het contract wordt bepaald welke standaarden van toepassing zijn voor dat contract. We hebben een aantal contractvormen gedefinieerd binnen Rijkswaterstaat, dat zijn:

Design & construct (bij aanlegprojecten en soms vervanging en renovatieprojecten)

Engineering & construct (details herontwerpen bij onderhoudsprojecten)

Prestatie (een afspraak tussen PPO en asset manager over prestatie eisen voor areaal (regionaal of geclusterd op objecttype, bv. een hele groep tunnels) en hoe de uitvoerder daar invulling aan geeft is aan henzelf; hier komen ORA's bij kijken)

Vaak zijn de objecten van Rijkswaterstaat niet netjes ontworpen op het vervullen van een functie. In het verleden werden de functie en de eisen direct naar een ontwerp vertaald. De markt kreeg en bouwde dat ontwerp. In 2005 is een van de omkeringen, die heel sterk heeft plaatsgevonden, dat we functionele opvragen doen. Het areaal moet bepaalde functies vervullen (RAMSHEEP) en de markt heeft de vrijheid om daar zelf invulling aan te geven. Bij de prestatiecontracten zit je daar tussenin. Er is al een object

gebouwd en die moet onderhouden worden, die moet dezelfde prestatie blijven behouden en dezelfde functies met dezelfde eisen blijven vervullen die hij daarvoor had (instandhouding). In dat geval moet je die functies en eisen wel gedefinieerd hebben, anders kun je niet zeggen dat die hetzelfde moet blijven. Daar zit de moeilijkheid. Wat we in het verleden heel vaak niet gedaan hebben, we hebben gewoon een ontwerp gemaakt. De oorspronkelijke functies en eisen die daaraan ten grondslag waren, zijn niet goed te vinden. Wat je bij de prestatiecontracten tegenkomt, is dus dat als wij een prestatiecontract opvragen, dan zitten we met het dilemma dat we eigenlijk die prestatie zelf helemaal niet zo goed kennen, dus iets moeten verzinnen. Dat is de realiteit en daar worden we overigens steeds beter in. Zo'n prestatiecontract heeft ook een mengvorm, waarbij we een object aanwijzen en vertellen wat daar staat en wat daaraan moet gebeuren (bv. wekelijks een pomp smeren). Prestatiecontracten gaan dus over vast onderhoud, dat bestaat uit voorgeschreven maatregelen, of over prestatie.

Bij die ORA's zijn twee dingen aan de hand: (i) het ontwerp was altijd heel sterk en het onderhoud het ondergeschreven kindje, waardoor de ontwerpers altijd het beste wisten hoe hun RAMS-overwegingen eruitzagen. Dat ze die impliciet in gedachten hadden en misschien niet altijd transparant vertaald hebben; er kwam gewoon een robuuste oplossing uit. De asset manager had geen beschikking over die informatie. (ii) Door de centralisatie is veel technische kennis uit de regio's is naar PPO verplaatst. De overgebleven asset managers zijn dus relatief kennis-arme organisaties. Er zitten uitstekende en hardwerkende mensen tussen zitten, maar niet met een heel goed ontwikkeld gevoel voor reliability engineering (een bedrijfszekerheidstechniek) en dat soort zaken. Dat zijn mensen die weten hoe ze een object moeten onderhouden, maar niet ondersteund met heel veel kwantitatieve analyses – niet door ORA's ondersteund. Dan krijg je dat ze hun instandhoudingsplannen op ervaring schreven en niet op basis van een ORA.

De asset managers zitten redelijk verstopt binnen de organisatie; ze komen niet direct bij de markt. De laag van GPO en PPO zit er altijd tussen. In de contractvormen zit vaak verstopt dat we opvragen afhankelijk van de complexiteit van een object – veelal beweegbare objecten met vele installaties, met name de objecten waar software in zit. De asset managers komen uit de civieltechnische hoek en die verstaan hun vak. Als een bouwdeel het eenmaal draagt, dan moet de bewapening niet kapotgaan en moet het beton niet gaan rotten. Als je bij een bouwdeel met destructieve inspectietechnieken, zoals een doppler en wervelstromen, naar roest op de bewapening kijkt, dan weet je wat het ding doet. Software die aan en uit moet, dat is veel ingewikkelder. Dat is een ontwikkeling van de laatste 20-30 jaar en je ziet dat de gemiddelde asset manager hier niet in zijn meegegroeid. De noodzaak om zo'n gestructureerd risicoanalyse uit te voeren en kansenberekeningen te doen om daar een onderhoudsstrategie voor te kiezen dat zich vertaalt naar een verbeterde betrouwbaarheid en beschikbaarheid. Ze snappen dat verhaal wel, maar ze hebben dat meestal niet zelf gedaan. Juist bij dingen met heel veel industriële automatisering kan dat niet anders. Maar dat zijn die asset managers niet gewend, dus je ziet een kennisachterstand in de organisatie die niet snel genoeg is aangevuld. Want de markt ging het allemaal doen. En als er kennis zat, dan is er heel veel kennis weggegaan

binnen Rijkswaterstaat. Dat hebben we de laatste jaren weer geprobeerd aan te vullen, maar ik merk dat dat best langzaam gaat en daarmee ook de techniek van, ik noem het even, reliability engineering/RAMS/bedrijfszekerheidstechniek. Je moet daar een gevoel bij hebben voor kansberekeningen en ketens van oorzaak en gevolg van faalwijzen. Het is dus een uitdaging om de (semi-)kwantitatieve ORA uit te voeren.

In de ideale situatie zou Rijkswaterstaat een dossier hebben met daarin de specificaties, de objecten en de functies daarvan met hun faalmechanismen of met een faaldefinitie. Dat dossier zouden ze aan systems engineering moeten geven, want objecten en hun functies kun je allemaal netjes structureren. De mensen die daar verstand van hebben is op de hand van een manke tuinman te tellen; dat is echt heel weinig. Mensen snappen wel dat ze een object moeten maken, maar niet dat ze echt iets aan het doen zijn dat te maken heeft met een hele keten van gedrag dat leidt tot verandering in structuur – er zit natuurlijk een hele theorie achter systems engineering. Mensen doen dat gewoon als een operationeel kunstje, ze schrijven eisen in de context van een contract. Idealiter zou je zo'n structuur – en dat kun je prima met Linked Data doen – willen aanbieden aan de markt met daarin de huidige- en gewenste situatie. En dat de markt de gewenste situatie oplevert en deze vergelijkt met de oude situatie en met de eisen, met verificatie en validatie. En dan nemen wij dat in onze systemen op. Vergeet het. Dat dossier staat niet in onze systemen. Natuurlijk vragen we dit soort informatie in contractvorm wel uit. We vragen het uit in documentaire vorm. Ze krijgen een template van een instandhoudingsplan en ze moeten voor het object compleet een instandhoudingsplan. Alleen daar stellen we verder geen vormeisen aan; we stellen geen eisen voor een gestructureerd model. Dus wij krijgen gewoon gedocumenteerde informatie en die plaatsen wij dan in een documentair informatiesysteem en dan moet je daarna maar zoeken en kijken of je het kan vinden. En dat laatste is meestal een grote uitdaging. Dus, je ziet dat de interactie met de markt sterk is georiënteerd om de informatie uit te vragen en terug te krijgen, maar heel sterk op documenten gebaseerd.

In 2012 is Rijkswaterstaat begonnen met het BIM-programma en daarna hebben we gezegd dat we data wilden uitwisselen op basis van Linked Data. Specifiek in de vorm van COINS-containers. COINS is een Engelse afkorting voor sectorale standaard met daarin afspraken over hoe linked data gestructureerd moet zijn als je Linked Data gebruikt. We zijn dus gaan proberen om informatie gestructureerd (in plaats van gedocumenteerd) uit te wisselen. We zijn toen niet begonnen met te zeggen welke informatie wij zelf vanuit Rijkswaterstaat gestructureerd aan de markt zouden geven. Inmiddels zijn we wel zo ver dat we daar nu hard over aan het nadenken zijn en waarschijnlijk gaan doen. Maar wanneer de aannemer met zijn projecten klaar was, gaf deze de informatie wel gestructureerd aan ons. De aannemers begonnen een inventarisatie van de objecten in het areaal met eigenschappen en onderlinge relaties vast te leggen. Daarvoor wilden we Linked Data gebruiken en we moesten daarvoor vertellen in welke structuur we de informatie wilden ontvangen. We hebben daarvoor een objectenbibliotheek ontwikkeld, daar was ik de architect van. Ik moest met mensen samenzitten om dan een ontologie te maken, maar halverwege het woord ontologie hield het al op. Er was dus helemaal geen kennis van, dus alles is met inhuur gedaan en die

mensen zijn weer verdwenen. Bij Rijkswaterstaat zit dus vrijwel niemand die hier verstand van heeft. Linked Data is voor Rijkswaterstaat nog steeds nieuwe technologie. Uiteindelijk hebben we zogeheten Informatie Levering Specificaties (ILS) aan het contract toegevoegd, waarin staat dat de aan-nemer informatie gestructureerd terug levert zoals in de objectenbibliotheek beschreven. Dat ging over hele basale dingen, want asset managers vonden het veel te moeilijk om in termen van objectrisicoanalyses te denken. We kregen dus basisstructuren terug (we hebben een paar buizen en een rook-melder en die kun je hier en daar vinden). Deze basisinformatie hebben we ook nodig, niks mis mee. Het ontbreekt alleen nog aan faaldefinities en faal-kansen. Dat soort dingen worden ook nu nog altijd documentair uitgevraagd.

Een gemiddelde asset manager heeft totaal niks met informatievoorzienin-gen. Als hij een systeem heeft waarin objecten met onderling heel veel rela-ties staan beschreven, daar kan hij helemaal niks mee, daar heeft hij ook niks mee. Hij wil dat in een document lezen. Er is heel veel terug te voeren op die van oorsprong civieltechnische achtergrond. Deze mensen denken in tekeningen. Laat ze een tekening zien en ze weten wat je gebouwd hebt. In de civieltechnische wereld kun je daarmee door, maar een installateur zal niet begrijpen waar je het over hebt. Die ziet dat je een pomp hebt geïnstal-leerd, maar wat doet het dan? De installateur wil weten wanneer de pomp aan gaat, de response en de tijd dat het afschakelt, dat kun je niet van een bouwtekening aflezen.

Dit verhaal is natuurlijk gechargeerd. Er zijn mensen die het wel snappen, maar als ik het hele verhaal vol met nuances stop, dan blijft er geen tijd meer over. Dit is een bekende techniek, alleen bij Rijkswaterstaat is dat relatief door de civieltechnische oriëntatie onderontwikkeld. Zij denken in tekeningen en dat hebben ze in hun archief zitten, zo is hoe ze ernaar kijken. Dat je dat ook uit een database kan halen, dat je de database kan queryen en een alternatieve analyse kan doen, dat vinden ze veel te ingewikkeld. Dat is niet hun ding, dus hun vragen er niet om. Iemand anders zal ze moeten vertellen dat ze dat nodig hebben en als ze het eenmaal hebben, dan open je hun ogen met het resultaat.

De uitwisseling van gestructureerde informatie over objecten kun je niet vin-den, die is er niet gestructureerd en dus ook niet in Linked Data uitgewisseld. Het is wel mogelijk en die modellen hebben we al lang gemaakt, die zijn nog niet zo moeilijk. In RCM costs zit dat soort modellen ook, maar daar zitten fatsoenlijke modellen in en daar kun je mee rekenen. Dezelfde modellen moet je gewoon uitwisselen. De modellen hebben we ervoor ontworpen, die zijn nog niet allemaal in Linked Data ontologieën omgezet. Maar omdat nie-mand ze gebruikt, liggen ze op de plank.

Interviewer: Zijn BIM en COINS gestopt omdat ze niet worden gebruikt?

Mick Baggen: Ja, dat is een adequate samenvatting. We hebben het uitgevraagd en dan krijgen we die COINS-containers in de loop der jaren binnen, en dan zien we dat we zelf intern nauwelijks tooling hebben om die COINS-containers zelf te kunnen analyseren. Het is wel gebouwd in het BIM-programma, maar het is best een bewerkelijke techniek als je alles vanaf scratch moet doen. Want

je moet dan een ander informatiesysteem koppelen aan gegevens die je via Linked Data binnenkrijgt. En als je collega's dat merken, dan zullen ze vragen waarom je zo moeilijk doet als je gewoon een datastructuur voor het andere systeem kan opvragen. We hadden dus veel moeite om de Linked Data constructie die we terugkregen te kunnen verwerken. Nog erger was dat de informatie die we hadden teruggekregen, nooit in onze standaard beheersmanagementsystemen zijn verwerkt; de systemen die in productie zijn. En als je data niet actualiseert, dan krijg je te maken met bederf. In feite was het dus dat we die data uitvroegen, maar zelf niet in onze eigen systemen konden terugplaatsen en daarmee de cyclus niet op gang kregen. Met als gevolg dat iedereen ontevreden over het systeem was.

We zien nog een andere ontwikkeling met die objectenbibliotheek, waarmee we de aannemer vertelde dat dit het soort informatie is dat we nodig hebben. We zien dat ook de aannemer moeite heeft met dit soort technieken. Inmiddels iets minder moeite dan tien jaar geleden, maar ook voor hen is het totaal nieuw. Een aantal mensen heeft dus bedacht dat we de bouwsector maar gewoon 'kicking and screaming' de 21e eeuw binnen moesten trekken. Maar bij Rijkswaterstaat noch bij de aannemers is expertise aanwezig om data in dit soort vormen te verwerken. Het is niet alleen Rijkswaterstaat, het is de hele bouwsector. Het heeft wel een soort shockeffect gehad, waardoor de bouwsector zich realiseerde dat ze achterliggen als het gaat om de digitalisering van hun bouwinformatie. We zijn inmiddels 10 jaar verder en we zien dat vrijwel iedere aannemer, maar ook bij provincies, bezig zijn om gestructureerd informatie uit te vragen; ze zijn allemaal OTL's aan het maken. Het shockeffect was de bewustwording. Nu krijg je het probleem dat iedereen zijn OTL op zijn of haar eigen manier maakt. Als je aannemer bent, dan ga je je haren uit je hoofd trekken. Want je krijgt van Rijkswaterstaat een OTL en van ProRail een OTL, of van de provincie een OTL en de gemeente – Amsterdam en Rotterdam doen er inmiddels ook aan. Al die OTL's zijn totaal anders gestructureerd. Ze moeten straks helemaal opnieuw de productiestraten gaan inrichten om die data te kunnen aanleveren. Daar hebben ze weer mensen voor nodig en de kosten vallen hoger uit, want de opdrachtgever verwacht dat de markt op dit punt volwassen is. De markt kan niet volwassen zijn, omdat ze het allemaal in verschillende vormen moeten uitleveren.

Waar we nu mee bezig zijn is dat er enige standaardisatie komt in die bibliotheken, zodat de verschillende partijen (zowel aannemers, ingenieur bureaus, opdrachtgevers, etc.) zelf de structuur opzetten en zodat als we het over het concept brug hebben, dat we die allemaal op dezelfde manier gaan modelleren. Dit is nodig om te voorkomen dat we in een wildgroei in de bibliotheken krijgen en daarmee een wildgroei in de informatisering. Dit is de beweging die je nu ziet. Mijn voorspelling is dat wanneer dit gaat lopen, we ongeveer 10 jaar verder zijn.

En daar wil ik nog steeds Linked Data voor gebruiken omdat dat toch verre weg de beste manier is om gestructureerde data uit te wisselen. Er is anders geen alternatief voor. Althans als je data in gestructureerde vorm wil uitwisselen, zou ik zeggen, dan doe je alles met Excel-sheets. Een behoorlijk geavanceerde vorm van Excel-sheet is XML-bestanden uitwisselen. Wij willen op hele korte termijn data als XML-bestand gaan uitwisselen. In een XML-

element kun je verwijzen naar een ander XML-element, dus kan je relaties modelleren. En dat is wat een Excel-sheet eigenlijk helemaal niet kan.

Interviewer: Eerder vertelde je dat een asset manager weinig kennis van een OTL heeft en dit daarom moeilijk vindt. In wat voor een omgeving werkte hij met deze OTL?

Mick Baggen: Het was eigenlijk nog iets treuriger. Een asset manager werkte helemaal niet met een OTL, hij zag dat ding niet eens en wist niet wat het was. Het is een instrument wat we met name in de contract-omgevingen hebben gemaakt om aan een aannemer te geven. We hebben toen in het verleden heel veel sessies gedaan met mensen uit de regio, dus de asset managers. Maar het moest allemaal in de vorm van Excel-sheets. We hebben geprobeerd om visualisatie tools te maken over de OTL, dat we graph-achtige dingen lieten zien. En dat vinden ze al heel moeilijk, ze willen gewoon lijsten hebben; hun meest geavanceerde vorm van structuur is een formulier.

We proberen nu hun informatievoorziening op orde te krijgen, zodat we als Rijkswaterstaat in staat zijn om, als we Linked Data binnenkrijgen of willen uitgeven, dat we daar überhaupt de capabilities voor hebben. Dit is nog in ontwikkeling, het is geen mainstream.

Al die Linked Data-producten staat nog niet op de voorkeurslijst van mijn collega's. We moeten eerst intern zorgen dat we een IT-landschap hebben, waarmee we überhaupt met Linked Data overweg kunnen. Dat was het grote probleem waar we in het verleden tegenaan liepen. We moeten ook zorgen dat onze asset managers en andere collega's leren denken in gestructureerde informatie in plaats van documentatie - en dat is best lastig. Dan heb je een organisatie die een beetje in staat is om met die digitalisering aan de slag te gaan. We zijn dan zover dat we kunnen gaan nadenken over het gestructureerd opvragen van een ORA, om even het thema terug te pakken. Dit alles is op organisatieniveau op te lossen.

Het feit dat jij als student met Linked Data bezig bent, doet mij goed dat ik zie dat studenten die nu van een opleiding komen, dit soort technieken langzaam beginnen te leren.

Ik denk dat het zo werkt: op het moment dat er een generatie komt van jonge mensen, zoals jij en jouw collega's, die van een opleiding komen en hebben leren met dit soort technieken - of het op z'n minst niet vreemd vinden - die stromen organisaties, zoals Rijkswaterstaat, binnen. Dan merk je dat die techniek een soort mainstream is en de mensen hun weerstand kwijt zijn. Mensen gaan dan inzien dat de nieuwe werkwijze beter is en willen niet eens horen van de oude werkwijze, die verandering is echt fundamenteel.

Interviewer: Voor wie is het de taak om een standaard te ontwikkelen die door meerdere partijen wordt omarmd?

Mick Baggen: Aannemers die zelf zijn standaarden gaat maken, die zijn er en die vind ik heel erg moedig. En die komen vaak van een koude kermis terug. Zolang de opdrachtgevers niet gestandaardiseerd gaan werken, is het voor een aannemer bijna niet te doen om te investeren in dit soort dingen. Dan zou een

aannemer een grote Europese speler moeten zijn, zoals Week in Frankrijk. Dat is een aannemer die over heel Europa werkt. Ik denk dat die in staat is om een standaard te maken op hun eigen werkwijze en opdrachtgevers met die standaard te faciliteren om de middelen te gebruiken die de aannemer al heeft. In Nederland zie je dat de rol heel erg bij de opdrachtgevers ligt, in de GWW-markt. De bouwsector is weer heel anders, daar heb je IFC.

Wat we geleerd hebben van onze ervaringen in het afgelopen jaar, is dat we (ik, collega's van Rijkswaterstaat en in de sector) echt moeten samenwerken aan sectorale standaarden. COINS was veel te vroeg.

We zijn nu bezig met de NEN 2660 "Modelleringsregels voor informatie in de gebouwde omgeving", die wordt in juli gepubliceerd. Daarmee proberen we een structuur te verzinnen met een sterke relatie naar Linked Data, maar dat hoeft niet alleen Linked Data te zijn. Dat hebben we nu wel geleerd. We willen de markt niet dwingen door alleen Linked Data voor te schrijven. We willen de markt faciliteren als ze Linked Data willen gebruiken, het mag ook anders. We proberen dus aan te geven hoe ze bibliotheken kunnen construeren op een eenduidige manier, zodat ze het in de sector kunnen hergebruiken. Zodat we uitbreidbare bibliotheken maken die we van elkaar kunnen hergebruiken en dat we ons niet te veel aan Linked Data binden voor die partijen die nog lang niet zover zijn. De NEN 2660 is ontwikkeld met allerlei vertegenwoordigers uit de aannemerij, ingenieurswereld, TNO, Rijkswaterstaat en ProRail. Ik ben auteur van deel 1 van de standaard en een collega doet deel 2. Hiermee proberen we wildgroei te voorkomen, te zorgen dat we allemaal herbruikbare bibliotheken maken en te zorgen dat bij het toepassen van Linked Data het gebruik ervan duidelijk is, maar ook andere vormen zijn toegestaan.

Interviewer: Hoe wordt de ORA doorlopen gekeken naar afhankelijkheden tussen elementen en bouwdelen?

Mick Baggen: Hiervoor heb je kennis en ervaring nodig. Je moet een gevoel hebben waarbij je redeneert naar wat de belangrijkste onderdelen zijn die bijdragen aan de bovenliggende functie. Redenerend vanuit de NEN 2767, een decompositie die veel gebruikt wordt, zeggen ze dat de wereld bestaat uit beheerobjecten, elementen en bouwdelen. Door de wereld op die drie niveaus in te delen en de relaties tussen functies van die dingen te kennen, dan heb je in feite al je bouwstenen om te weten naar welke faalkans van welke bouwdelen je moet kijken om te weten hoe je de FMECA daarboven doet. Dat is kennis en ervaring. Het is natuurlijk kwalitatief omschreven, zo is hoe het werkt. Je kan er natuurlijk alles in stoppen, maar dan heb je zoveel afhankelijkheden dat je er geen zinnige analyses op kan doen.

Interviewer: Ken je het schip van Theseus? Hoe ga je daar in het modelleren mee om?

Mick Baggen: We hebben het tot nu toe gehad over het standaardiseren van het overdragen van informatie, maar nog niet over het standaardiseren van de oplossingen zelf. En waar wij als Rijkswaterstaat veel te laat aan zijn begonnen.

In 2005 was die grote trendbreuk, dus de markt ging alle oplossingen bepalen. De markt ging bij een aanbesteding bepalen hoe de bediening er uitzag. In de verkeerscentrale heb je nu 20 bedienbare bruggen in je regio, dan kun je ervan uitgaan dat je 21 verschillende dienstsysteemen hebt; er staat er nog eentje als back-up te draaien voor een ander systeem. Of misschien heb je er wel 40, voor ieder één redundant uitgevoerd. In zo'n situatie is het verschrikkelijk om iedere keer te moeten uitzoeken en analyseren wat is de betrouwbaarheid van de bedieningsinstallatie van tunnel x, van brug y en sluis z. De techniek van alle analyses is hetzelfde, maar de gegevens die je nodig hebt verschillen. Daar moet je heel veel ervaringsgegevens van opbouwen. Idealiter zou de wereld vol zou staan met miljoenen sensoren die zout meten, maar dat is eenmaal niet zo. Er zijn vaak kleine batches waarmee je ervaring moet opdoen. Het gaat om de betrouwbare gegevens hebben, dat je databases met voldoende faalgegevens hebt, waarmee je je analyses kan uitvoeren.

Het is een ideaalbeeld om industriële gegevens te hergebruiken, een sommetje te doen en je weet wat de betrouwbaarheid is. Soms is een toepassingsvraag heel specifiek. Veel ervaringsgegevens komen van die ene sensor die nodig is voor die specifieke situatie en die niet te vergelijken is met andere sensoren van misschien wel hetzelfde type, die onder andere omstandigheden misschien wel hetzelfde zouden moeten doen. Er zijn vaak te kleine populaties om statistieken van te hebben. Dus we willen meer naar standaardisatie toe. We willen voorschrijven dat bij bepaalde typen objecten specifieke elementen gebruikt moeten worden, want dan kunnen we bijvoorbeeld sluisdeuren op voorraad gaan leggen. Kortom, de typische beweging van alles centraliseren levert geen enkel schaalvoordeel op, waardoor je geen statistieken hebt. Door te standaardiseren krijgen we zicht op dit soort vragen, dat we meer statistiek kunnen opbouwen en standaard componenten gebruiken en deze op voorraad kunnen leggen, als dat proces efficiënt is.

Interviewer: Hoe lang is Rijkswaterstaat met Linked Data bezig geweest?

Mick Baggen: Als ik het goed zeg, sinds 2012. Toen hebben we het eerste project op de markt gezet in het kader van het BIM-programma Schiphol/Amsterdam/Almere. Dat is een groot project dat in 2012 naar de markt ging en dat was het eerste project waarbij het gebruik van COINS werd voorgeschreven, dus Linked Data uitwisseling als een OTL.

Interviewer: Bij een visuele inspectie zijn er geen meetresultaten, je bent daarbij afhankelijk van de kennis en ervaring van een inspecteur. Hoe bepaal je hoe je dat denkproces classificeert?

Mick Baggen: Dat is een goede vraag. Het antwoord is dat daar de kennis van de inspecteur heel erg bij komt kijken en we hebben semi-kwantitatieve methodieken. Het komt neer op de ervaringskennis van de inspecteur met ondersteuning van catalogi met foto's erin. De inspecteur ziet hier geen roestplek en daar kun je niet meer zien wat het was voordat het is gaan roesten, en alles er-tussenin. Dat ga je van 1 tot 6 mappen. Het is niet mijn vak, ik zit niet in de

inspectietechniek. Maar wat daar interessant aan is, is dat er twee beoordelingen tegelijkertijd worden gedaan en die zijn voor zo'n ORA wel een beetje killing. Enerzijds ga je kijken naar hoeveel het roest. Als je heel vaak roest hebt gezien, dan kun je vast wel beoordelen waar het op een schaal van 1 tot 6 zit. Die beoordeling is sterk afhankelijk van of dit een kritisch onderdeel is of niet. Daarom moet je in je analyse niet alleen beoordelen wat de ernst is van het gebrek zelf, maar ook hoe ernstig dat is in relatie tot de functie die het moet vervullen. De grote ellende van alle inspectietechnieken volgens de NEN 2767 (een conditiemeting) is dat die nooit vermelden wat de functie is. Dat is één van de nachtmerries waar ik last van heb, maar ook Rijkswaterstaat als geheel. Rijkswaterstaat gaat heel erg uit van de impliciete kennis van iemand die een inspectie doet. Een inspecteur ziet daar een fysieke conditie. Tegelijkertijd moet hij een beoordeling van de functie maken, maar formeel is niet gedocumenteerd wat die functie is. Dus, al die analyses waar wij het over hebben, die wél uitgaat van de expliciete relatie tussen het object, de functies en de faalcondities, die worden helemaal niet meegenomen. De inspecteur doet dus in zijn hoofd een impliciete ORA. Vervolgens gaat hij naar een volgend object toe. Als we inspectieresultaten uit het verleden willen ophalen, dan moeten we de inspecteur vragen of hij jij nog weet hoe dat zat, dan ben je sterk afhankelijk van hoeveel hij daarvan heeft onthouden. Dat is heel eng. Bijvoorbeeld, iemand die scenario-analyses wil doorrekenen, die wil weten wat de effecten van bepaalde onderhoudsstrategieën zijn op specifieke functies en soorten locaties. Het kan ook andere relaties hebben, waarmee je dezelfde fysieke gebreken ziet aan een vergelijkbaar object op een andere locatie onder andere condities. Dat zit allemaal impliciet in het hoofd van de inspecteur en als hij die inspectie heeft gedaan, dan gaat hij door naar de volgende. Iemand die een bureaustudie doet, die ziet alleen maar een 3 als classificering staan en weet dus niet wat het oorspronkelijk was en wat dat ding daar precies doet. Hij heeft geen analyse waarin staat wat de functie en het faalmechanisme is.

Bij de gemiddelde inspectie - en dat is vaak bij de civieltechnische objecten - zie je vaak dat de kennis van de inspecteur allesbepalend is. Ervan uitgaand dat hij zijn werk goed heeft gedaan, het zijn meestal echt vakmensen. We kunnen niet reproduceren wat hij bedacht heeft. We hebben er geen onafhankelijke toets op en we kunnen er geen andere analyses op doen. We willen daar expliciete kennis van maken waarbij die classificatie correleert met die functie met dat faalmechanisme, enzovoorts. Het tweede probleem is zit echt in de inspectiemethodiek. We hebben beheerobjecten/elementen/bouwdelen. Dan krijgen we ergens een conditiescore en dat wordt ergens geaggregeerd op een bepaalde manier, maar de methode weten we niet. De functies komen daarin niet expliciet naar voren, alleen maar impliciet. En de ORA leeft in een alternatief universum. De relatie van wat er hier bij inspectie en daar bij de ORA gebeurt, die is er in formele zin niet. Ik vind dat zelf een heel groot probleem.

Een visuele inspectie is natuurlijk maar één van de inspectievormen. Maar een visuele inspectie is precies dat: je kan het niet zien. Als je het niet kan zien, dan heb je wel een probleem. Alle dingen die je niet ziet, die zitten ook niet in je objectenstructuur.

Als je de hele areaalbeschrijving ophangt aan die objecten die je in een visuele inspectie kan beoordelen – en dat is wat Rijkswaterstaat doet – dan zien we de niet-visuele dingen niet. Bewapening komt dus niet als onderdeel van een object voor in het areaal-informatiesysteem van Rijkswaterstaat. Er staat met de hand geschreven dat een kolom met dat type bewapening is uitgevoerd. Dat staat waarschijnlijk op een van die tekeningen en niet in de database waarin staat dat je hier een kolom hebt, met dat nummer en die conditiescore. Dat moet je weer elders vandaan halen. Een visuele inspectie ziet de bewapening niet, dus het wordt ook niet gedocumenteerd. Wat je ook niet ziet zijn de funderingslagen die onder de toplaag van het asfalt liggen. Ze zijn wel heel bepalend voor het functioneren van je complete verharding.

Naarmate er steeds meer software in komt, dat ziet er misschien goed uit maar je hebt geen idee wat het doet. Met name voor het inspecteren en beoordelen van beweegbare objecten, is de visuele inspectie niet het enige middel. Maar de objectenstructuren die Rijkswaterstaat opbouwt, zijn allemaal gebaseerd op die visuele inspectie-methodiek. Vandaar dat die grote besturingseenheden helemaal niet in de database staan, of ze staan er wel in maar dan weet je niet hoe het functioneel met elkaar is verbonden. Dat staat op andere plaatsen, misschien in Excel-sheet of misschien in een document.

Interviewer: Zijn er aanvullende problemen waardoor bij Rijkswaterstaat sprake is van achterstallig onderhoud en ze met een vervangingsvraag te maken hebben?

Mick Baggen: Wat ik nog niet benoemd heb, is dat er nog een financieel-aspect bij zit. Rijkswaterstaat is onderdeel van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Het Ministerie is onze opdrachtgever en wij worden door het Ministerie gefinancierd. We krijgen een budget voor de objecten en daar moeten we de diensten van leveren. Dat bedrag is voornamelijk gericht om er vast onderhoud en klein variabel onderhoud mee te doen. Groot variabel onderhoud is daar niet in meegenomen, want dat moest altijd afzonderlijk worden bekeken. Maar dat geld kwam nooit, want ieder jaar werd er verder bezuinigd. Hierdoor is de situatie ontstaan dat Rijkswaterstaat reserves - die ze in de toekomst zouden hebben - naar voren heeft gehaald en voor groot variabel onderhoud heeft gebruikt. Nu hebben we fors tekort.

Er zit dus absoluut een informatiepositie die we niet op orde hebben, daar hebben we ook over te horen gekregen in de laatste kamerrapportages. Maar de financiering en de financiële prikkels die we daarvoor hebben gehad, zijn absoluut niet op orde. Dat is het probleem van het Ministerie en daarmee van de politiek. Dat is dus het hele vervangings- en renovatieverhaal, dat is nu helemaal geëxplodeerd; het ligt bij de Tweede Kamer. Rijkswaterstaat kon dit niet beïnvloeden. We hebben er nu voldoende aandacht gekregen, waardoor het op de politieke agenda is gekomen. Het feit dat er in Genua een grote brug is ingestort met nogal zichtbare gevolgen, dat helpt wel mee om dit soort aandacht te krijgen. Maar we lopen alleen maar achter; als wij zo doorgaan zoals we nu doen, dan zijn we over 10 of 20 jaar in Italië in termen van infrastructuur.

Er zijn allemaal waarschuwendende signalen geweest en niemand heeft het opgepakt; de politiek was niet bereid. Het lijkt nu wel te gebeuren. We zien een aantal wake-up calls; we lezen de CoBo en daarin staat eens in de zoveel maanden een hoogleraar die zit soort geluiden op zijn of haar manier formuleert. Ik doe dit nu ook op mijn persoonlijke titel. Ik voel me zeer betrokken bij Rijkswaterstaat, maar dit soort dingen moeten echt beter.

Interviewer: Oké, ik heb mijn vragen gesteld en weet voor nu voldoende. Ik wil je heel graag bedanken voor je tijd en voor dit interview. Ik vond het zeer interessant om te horen hoe het binnen Rijkswaterstaat werkt.

Mick Baggen: Ik ben heel benieuwd: hoeveel andere mensen heb je nog gesproken rondom dit onderwerp?

Interviewer: Ik heb twee interviews met mensen van verschillende waterschappen gesproken. In de eerste instantie wilde onderzoeken hoe je een inspectie kan modelleren. Het bleek voor mij moeilijk om met jullie in contact te komen, omdat ik die connecties niet heb. Later ben ik tot het inzicht gekomen dat ik me moest gaan focussen op de ORA, want toen dacht ik dat dit de eenvoudigste weg was. Inmiddels ben ik van mening veranderd. Uiteindelijk is het de bedoeling dat de aanvullende beheer- en onderhoudsmaatregelen uit het advies van de ORA, gepland worden.

Mick Baggen: Het is inderdaad niet het meest simpele onderdeel, maar dat maakt niet uit. Ik denk dat je in ieder geval wel gelijk had dat dit het meest essentiële onderdeel is. Juist omdat je daar de relatie legt tussen de observatie die je doet en het gevolg die het heeft op een kwantitatieve manier. Ik denk dat je dat wel goed hebt gedaan. Door te focussen op het advies van de ORA krijg je die hele programmeringscyclus, zoals dat bij ons heet.

Bijlage D: Proof of concept

12. Beschikbare productanalyse

Linked Data vereist dat informatiemodellen volgens dezelfde ontwerpprincipes gemodelleerd worden (INTERLINK, 2018). Een belangrijke stap bij ontwerp en realisatie van een ontologie voor Linked Data is om standaard vocabulaires te gebruiken (Bakker, 2021). Een vocabulaire (of begrippenkader) definieert gebruikte termen en concepten om een beschouwingsgebied te beschrijven en te vertegenwoordigen (Brattinga, Overbeek, & Santema, 2018). Het gebruik van vocabulaires stelt eisen aan de wijze waarop het informatiemodel beschreven moet worden (Bakker, 2021). Een vocabulaire ondersteunt interoperabiliteit, vermindert redundanties en stimuleert hergebruik door anderen die deze vocabulaires ook gebruiken (Farias Lóscio, Burle, & Calegari, 2017).

Bij hergebruik van bestaande vocabulaires worden alle ontologische regels van het model overgenomen (Bakker, 2021). Daarmee ontstaat afhankelijkheid van andere ontwikkelaars (Rongen, 2021). Deze afhankelijkheid maakt de ontwikkeling van een informatiemodel moeilijker. Dit is waarom deze vorm van structureren als iets complex wordt beschouwd wanneer een ontologische regel niet op de use case aansluit (Bakker, 2021). Het ontwerp illustreert waar vocabulaires geïntegreerd kunnen worden. De koppeling is niet in het proof of concept gemaakt, omdat dit verdere uitwerking vereist.

De vocabulaire Friend of a Friend (FOAF) biedt een collectie van termen voor het beschrijven van mensen en groepen. Hiermee wordt het mogelijk om profielen voor mensen en relaties tussen mensen te modelleren (Brickley & Miller, 2014). Dit is vergelijkbaar met sociale netwerken.

Het Lifecycle Schema beschrijft de toestanden en overgangen die een bepaalde levenscyclus vormen. Het schema kan met elke resource doorlopen worden en legt geen beperking op aan de manier waarop overgangen plaatsvinden of aan de duur om door een levenscyclus te gaan (Davis, 2008).

PROV Ontology (PROV-O) biedt een reeks klassen, eigenschappen en beperkingen die gebruikt kunnen worden voor publicatie en uitwisseling van herkomstinformatie die in verschillende systemen en contexten is gegenereerd (Lebo, Sahoo, & McGuinness, 2013).

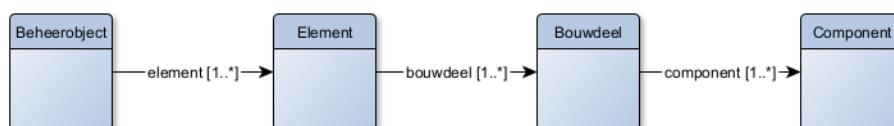
DCMI Metadata Terms is een specificatie van termen voor metadata (DCMI, 2020). Metadata definieert wat gegevens representeren om verwachtingen te verduidelijken. Goed beheerde metadata ondersteunt in kwaliteitsverbetering van gegevens (DAMA International, 2017). Metadata is nodig wanneer de beschrijving van een ding met een URI in de tijd verandert en versiebeheer wenselijk is. Metadata heeft als voordeel dat opvragen van informatie eenvoudiger wordt (Bakker, 2021). Er zijn drie niveaus van metadata: basis, minimaal en compleet (Freire, 2008).

Beoordeling van datakwaliteit gebeurt met informatie over hoe, waar en wanneer gegevens zijn ingewonnen. Het betreft pragmatische zaken (herkomst en bruikbaarheid), kwaliteit (betrouwbaarheid en volledigheid) en de status (authenticiteit) van de gegevens die worden vastgelegd (Brattinga, Overbeek, & Santema, 2018; Van Rijn & Santema, z.d.). Farias Lóscio, Burle, & Calegari (2017) zien feedback van gebruikers als een manier om datakwaliteit te verbeteren. Openbaring van feedback biedt de mogelijkheid om de datakwaliteit te controleren en voorkomt dubbele foutrapportages. De RDF Review vocabulaire biedt klassen en eigenschappen waarmee recensies en beoordelingen met RDF kunnen worden gespecificeerd (Davis, 2007). De Data Quality Vocabulary (DQV) biedt de mogelijkheid om als uitgever metadata te publiceren die dataconsumenten helpt de datakwaliteit te beoordelen (Debattista, et al., 2016). DQV gaat verder dan RDF Review vocabulaire door metrische gegevens over de kwaliteit weer te geven.

13. Ontwerp

Modelleren voor Linked Data is een iteratief proces. Bij modellering van een conceptueel informatie-model heeft het de voorkeur om zo abstract mogelijk te beginnen door alleen feiten te beschrijven die vaststaan. Dit fungeert als de basis van het model en maakt het eenvoudiger om klassen op te splitsen tot iets kleins. Onderverdeling kan oneindig doorgaan. Daarom is het raadzaam om vanaf het begin te focussen op de benodigde hoeveelheid context van de gegevens en te werken in kleine stappen. De objectrisicoanalyse bestaat uit de systeem- en functieanalyse, de FMEA en de FMECA.

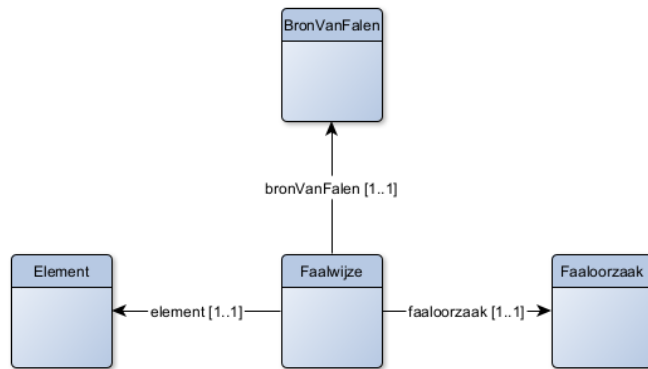
In het onderzoeksrapport is per processtap geïnterviewd welke gegevens vastgelegd moeten worden en door wie. Om onderscheid te maken tussen hoofd- en bijzaak is het proces van de objectrisicoanalyse per stap gemodelleerd. De eerste iteratie beschrijft hoe de systeem- en functieanalyse eruitziet. Elk feit wordt in een triple vastgelegd. Een triple is een uitspraak over twee feiten, ofwel klassen, in de vorm: <onderwerp> <gezegde> <(lijdend) voorwerp>. Het voorwerp kan het onderwerp van andere triples zijn, waardoor een netwerk van feiten ontstaat (Brattinga, Overbeek, & Santema, 2018). Voor naamgevingsconventies is het een best practice om mixedCase-notatie voor eigenschappen c.q. relaties te gebruiken en CamelCase-notatie voor klassen (Shalivskyy, 2017).



Figuur 24 Het informatiemodel van de systeem- en functieanalyse gemodelleerd

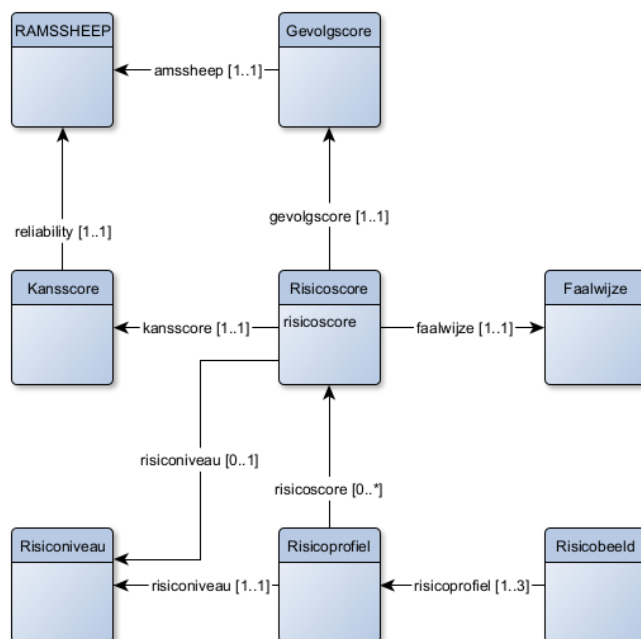
De klassen *Beheerobject*, *Element*, *Bouwdeel* en *Component* hebben een objectProperty gekregen (figuur 24). Een objectProperty koppelt losse onderdelen en maakt relaties tussen functies en fysieke delen zichtbaar. De relatie tussen *Component* en *Bouwdeel* indiceert dat *Component* onderdeel van *Bouwdeel* is, wat op zijn beurt onderdeel van *Element* is. De kardinaliteit achter de naamgeving toont het aantal keer dat een triple geïntanceerd kan worden. De mogelijkheden zijn: ongelimiteerd [0..*], optioneel [0..1], precies één [1..1] en één of meer [1..*].

Naamgeving dient expliciet te zijn. Buitenstaanders moeten uit een triple kunnen opmaken wat iets betekent, zodat er geen misverstanden kunnen ontstaan. Tijdens de ontwerpfase is een discussie ontstaan over de vraag of de onderdelen (element/bouwdeel/component) een subclass-relatie met het groter geheel hebben. Een subclass-relatie wordt gebruikt wanneer twee klassen hetzelfde zijn, maar de subklasse extra informatie aan de superklasse toevoegt (Parsons & Wand, 2013). Het argument is dat onderdelen beheerobjecten zijn (Bakker, 2021). Een belangrijk tegenargument is dat xamit-otl *Beheerobject* en onderdelen als subklasse van *FysiekObject* modelleert. De definitie van *Beheerobject* is beslissend om onderdelen niet als subklasse van *Beheerobject* te modelleren. De relatie tussen klassen is afhankelijk van de definitie van beide (Bakker, 2021). Dit vraagstuk toont het belang aan om concepten en eigenschappen een definitie te geven (Shalivskyy, 2017).



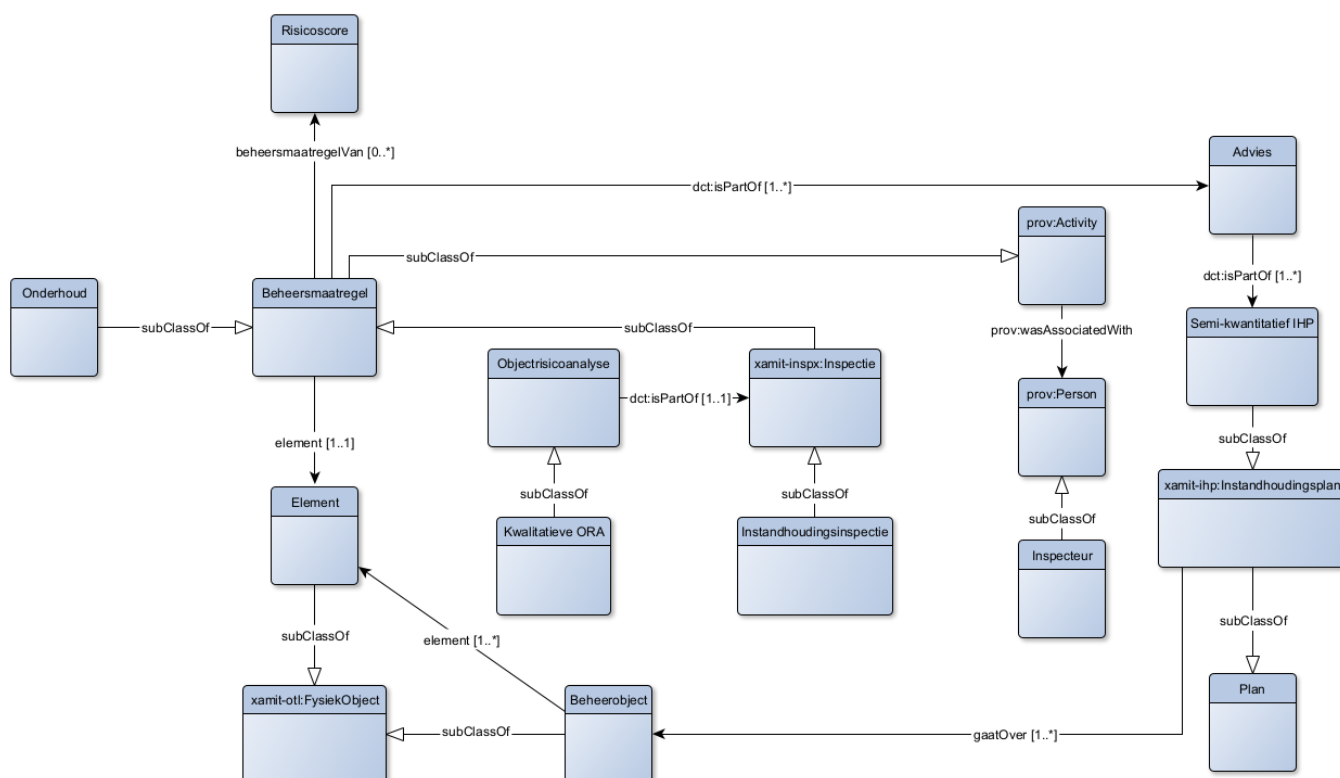
Figuur 25 Het informatiemodel van de FMEA

De tweede processtap is de FMEA. Per onderdeel worden de faalwijzen en de oorzaken en gevolgen vastgelegd. In figuur 25 is de relatie tussen *Faalwijze* en *Element* gelegd. Eenzelfde relatie is nodig voor *Bouwdeel* en *Component*. Bovendien is geconstateerd dat *Beheerobject* en onderdelen enkele eigenschappen hebben die overeenkomen (code, functie, (in)bouwjaar en verwachte levensduur). Indien meerdere klassen dezelfde eigenschappen of relaties hebben, dient dit vanuit de gezamenlijke superklasse georganiseerd te worden. Een subklasse heeft dezelfde eigenschappen en relaties van een superklasse, alleen de waarde verschilt (Bakker, 2021). Dit proof of concept herbruikt xamitotl dat *FysiekObject* modelleert en daarmee *Beheerobject* en onderdelen. Taxonic dient te debatteren over de gevolgen van een superklasse voor de onderdelen. In ontwerp en realisatie van dit proof of concept is enkel *Element* uitgewerkt.



Figuur 26 Het informatiemodel van de FMECA

De criticaliteitsanalyse kwantificeert faalwijzen om tot een risicoscore te komen. Merk op dat de FMECA *Faalwijze* uit de FMEA herbruikt en FMEA op zijn beurt *Element* uit de systeem- en functie-analyse gebruikt (figuur 26). De verhoudingen zijn vergelijkbaar met *Beheerobject* en *Component*. Linked Data biedt de mogelijkheid om door te beredeneren. Bijvoorbeeld *Component* is onderdeel van *Bouwdeel* en *Bouwdeel* is onderdeel van *Element*. Dan is de gevolgtrekking dat *Component* ook onderdeel van *Element* is.



Figuur 27 Het informatiemodel van beheersmaatregel

De objectrisicoanalyse is gemodelleerd. Het resultaat daarvan bestaat uit een advies voor beheersmaatregelen. Figuur 27 illustreert hoe dit advies met *Beheerobject* is verbonden. Tussen *Beheersmaatregel* en *Risicoscore* is een specifieke relatie gemodelleerd. Er is een poging gedaan om specifieke relaties, zoals *beheersmaatregelVan*, tot een minimum te beperken en alleen om specifieke redenen te definiëren. Dat biedt overzicht aan buitenstaanders die met queries data opvragen. Door specifieke relaties te beperken, hoeven buitenstaanders minder zoeken naar welke relaties er zijn gedefinieerd (Bakker, 2021).

Beheersmaatregel is gespecialiseerd in *Onderhoud* en *Inspectie*. De relaties die via de superklasse zijn georganiseerd, zijn van toepassing op de specialisaties. In dit ontwerp is *beheersmaatregelVan* van toepassing op *Onderhoud* en *Inspectie*. De aanname is dat *Beheersmaatregel* een activiteit is die betrekking heeft op *Element*. De relatie is bewust niet via *Onderhoud* en *Inspectie* georganiseerd. Er is geen rekening gehouden met de relatie van andere inspecties naar *Beheerobject* of *Element*. Het kan zijn dat de relatie alsnog vanuit de subklassen van *Inspectie* georganiseerd moet worden.

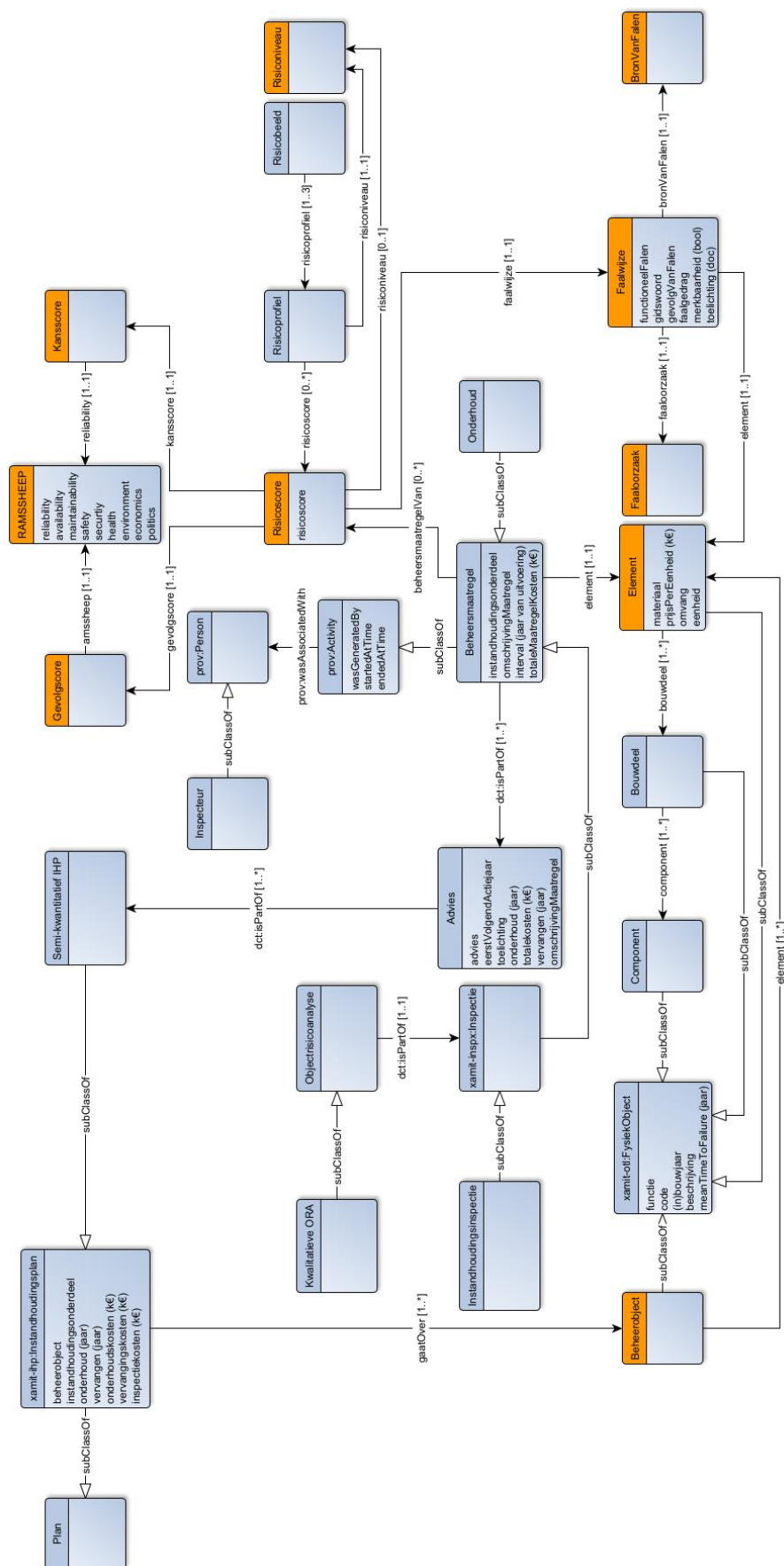
De ORA gaat expliciet uit van een instandhoudingsinspectie. Daarom is *Objectrisicoanalyse* onderdeel van *Instandhoudingsinspectie*. Deze klassen zijn in het ontwerp opgenomen om aan te tonen waar deze in het model terugkomen. *Objectrisicoanalyse* en *Kwalitatieve ORA* behoren tot het technisch gegevensmodel en valt niet binnen de scope van dit onderzoek. Een verdere uitwerking is daarom vereist.

Enkele klassen hebben een voorvoegsel (prefix). Deze prefixes tonen aan dat vocabulaires hergebruikt worden en dat illustreert de interoperabiliteit van Linked Data. Bijvoorbeeld *FysiekObject*, *Inspectie* en *Instandhoudingsplan* hebben de prefix *xamit-{onderwerp}*. Merk op dat *{onderwerp}* *otl*, *inspx* of *ihp* kan zijn. Het gaat hier om verschillende ontologieën die in hetzelfde project zijn ontworpen. Enkel *xamit-otl* is daadwerkelijk gerealiseerd, de overige zijn theoretisch uitgewerkt. *prov:Activity* en *prov:Person* zijn in van PROV Ontology afgeleid. De vocabulaire DCMI Metadata Terms definieert de *dct:isPartOf* relaties als volgt: “Een gerelateerde resource waarin de beschreven resource fysiek of logisch is opgenomen (DCMI, 2020)”. Dit belicht dat het niet noodzakelijk is om informatie over klassen of relaties opnieuw te definiëren.

Dergelijke relaties met vocabulaires kunnen het ontwerp belemmeren (Bakker, 2021). Bijvoorbeeld de klasse *Inspecteur* sluit aan op *prov:Person*. Daarnaast wordt iedere *xamit-inspx:Inspectie* door een *Inspecteur* uitgevoerd. Een relatie tussen *xamit-inspx:Inspectie* en *Inspecteur* lijkt daarom een logische keuze. Doordat *prov:Activity* en *prov:Person* superklassen van *Beheersmaatregel* en *Inspecteur* zijn, dient het ontwerp zich te conformeren aan de modelleerkeuzes van PROV-O. Daarin is een relatie tussen *prov:Activity* en *prov:Person* gedefinieerd, dus de relatie is via de superklassen georganiseerd. Dat maakt een relatie tussen *xamit-inspx:Inspectie* en *Inspecteur* overbodig.

Semi-kwantitatief IHP is één van de drie varianten van *Instandhoudingsplan* en daarom gemodelleerd als specialisatie. *Instandhoudingsplan* is op zijn beurt één van de meerdere plannen voor het beheerobject. Het valt buiten de scope van de objectrisicoanalyse om *Plan* verder te definiëren. Het geeft context aan het model om de aanwezigheid ervan te benoemen.

De ontologie voor de kwalitatieve objectrisicoanalyse is gemodelleerd. De minimale ontologie is oranje gemarkeerd (figuur 28). De eigenschappen van klassen zijn toegevoegd. Let op: de relaties tussen klassen zijn bij de klasse opgenomen die het onderwerp in de triple vertegenwoordigt. Het technisch gegevensmodel en de controle op gestandaardiseerde vocabulaires (het conceptueel meta model) behoren niet tot de scope van dit onderzoek en zijn niet verder uitgewerkt. Bovendien dient het proof of concept nagelopen te worden voor verbetering met best practices.



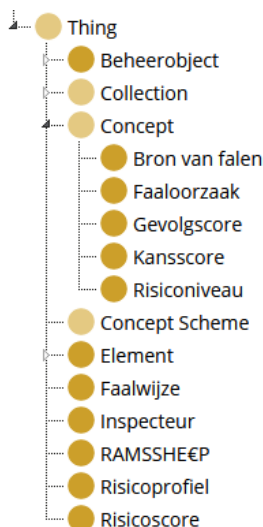
Figuur 28 Gedetailleerde processtappen van de ORA

14. Realisatie

Het proof of concept is in TopBraid Enterprise Data Governance (EDG) gemaakt. Iedere organisatie die Linked Data toepast, hanteert de standaard naamgeving <https://example.org/namespace> in de omgeving. Het is best practice om een persistente naamgeving voor de namespace te hanteren. Op deze manier worden toekomstige problemen voorkomen zodra de ontologie wordt gepubliceerd (Rongen, 2021).

Een veelgebruikt patroon voor de HTTP-URI is <http://{{domain}}/{{type}}/{{concept}}/{{reference}}> en dat is in dit onderzoek overgenomen (Overbeek & Van den Brink, 2014). Bij creatie van de ontologie heeft het label de waarde *Metis*⁵ en de default namespace de waarde <http://taxonic.com/def/objectrisico-analyse#>. Het label is de naam van de ontologie. Op het tabblad *Manage* is de checkbox bij *Also create global OWL Properties* ingeschakeld, zodat bij declaratie van nieuwe SHACL-property shapes automatisch OWL-properties worden aangemaakt (Bakker, 2021).

De klassen *Beheerobject*, *Bron van falen*, *Faaloorzaak*, *Gevolgscore*, *Kansscore*, *Risiconiveau*, *Element*, *Faalwijze*, *RAMSSHEEP* en *Risicoscore* zijn voor het proof of concept aangemaakt (figuur 29). Bij *description* is de definitie geannoteerd. De definities van begrippen zijn afkomstig uit de bron van de informatieanalyse. Een bron geeft context aan de definitie. De klassen *Beheerobject* en *Element* hebben dezelfde eigenschappen gekregen. Dit zou via een superklasse georganiseerd moeten worden. Het achterliggende idee is dat Xamit geïntegreerd wordt en deze klassen overbodig worden. Om geen belemmering te ervaren in de modellerkeuzes van Xamit en is deze koppeling niet gemaakt. Soorten beheerobjecten en elementen die geïnstantieerd kunnen worden zijn bij *Beheerobject* en *Element* ondergebracht. Figuur 30 toont mogelijke instanties van *Element*.



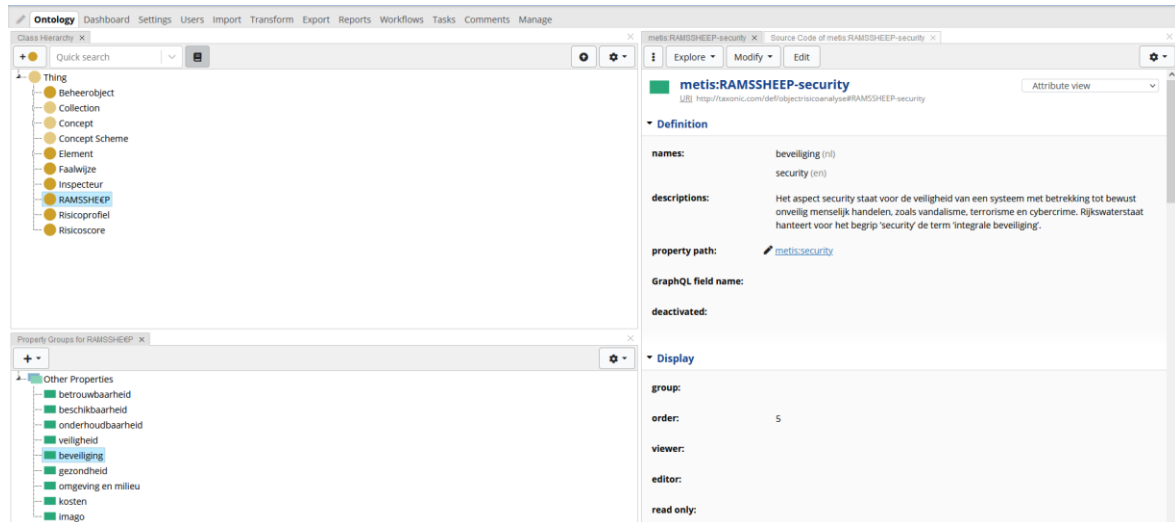
Figuur 29 Subklassen van Concept

Instandhoudingsonderdelen
Hoofddraagconstructie
Schamprand
Asfaltconstructie
Voegovergang
Oplegging
Leuning
Geleiderailconstructie
Hemelwaterafvoersysteem (afvoergoot)
Steunpunt
Talud

Figuur 30 Decompositie viaduct (Barendregt & Van Wenum, 2003)

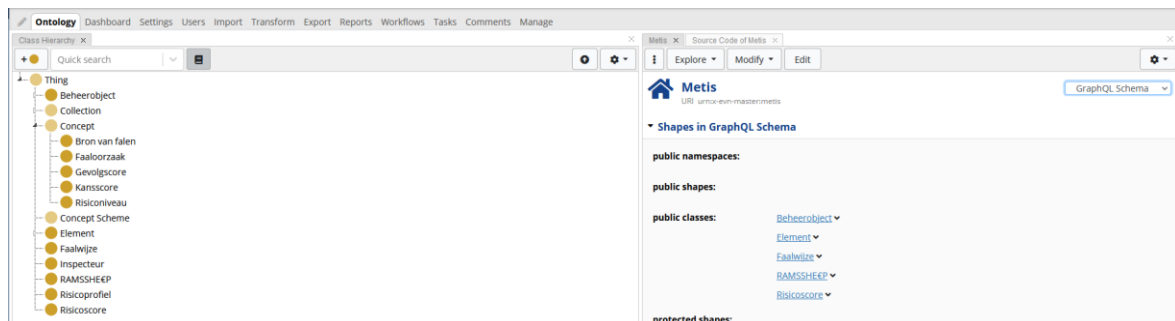
Op het tabblad *Settings* is *SKOS SHACL shapes* geïncludeerd door bij *Collection Name* de naam *SKOS SHACL shapes* te selecteren. SKOS biedt de mogelijkheid om vocabulaires vast te leggen. SHACL biedt validatieregels om te controleren op consistentie (Bakker, 2021). De consequentie van SKOS includeren is dat er drie klassen worden geërfd: *Collection*, *Concept* en *Concept Scheme*. Merk het kleurverschil van de gele cirkels op. De klassen *Bron van falen*, *Faaloorzaak*, *Gevolgscore*, *Kansscore* en *Risiconiveau* zijn als subklasse onder *Concept* opgenomen (figuur 29). Daarmee zijn de klassen nu een begrip in het vocabulaire.

⁵ De naam is afgeleid uit een intern debat over de naam voor Xamit. Metis verwijst naar een tweede generatie Griekse titaan. Het betekent wijsheid, kennis of vaardigheid. Moeder van wijsheid en diepe gedachten (Voskuil, Dijkstra, Smit, & Rongen, 2020).



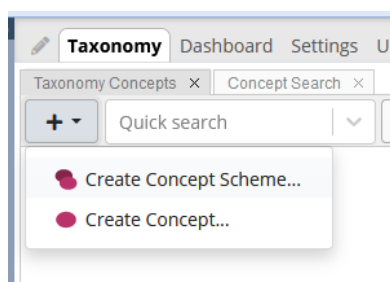
Figuur 31 RAMSSHEEP in de juiste volgorde

RAMSSHEEP is een acroniem van Engelse termen. Daarom is de eigenschappen van *RAMSSHEEP* een Nederlandse en Engelse benaming gegeven. Om dezelfde reden zijn de eigenschappen in een vaste volgorde opgesteld. Bij *order* is een nummer van één tot negen ingevoerd van de letter die het representeert in het acroniem (figuur 31). De koppeling van RAMSSHEEP met de kans- en gevolgscore is niet gemaakt, omdat dit niet haalbaar was binnen de looptijd van dit onderzoek. Dit kan gerealiseerd worden met de Data Quality Vocabulaire (DQV). Door afmetingen over verschillende dimensies te modelleren (Debattista, et al., 2016). *Kansscore* vertegenwoordigt *reliability* en *Gevolgscore* de overige AMSSHEEP-aspecten. Elk AMSSHEEP-aspect krijgt een gevolgscore. De hoogste gevolgscore wordt met de kansscore vermenigvuldigt.



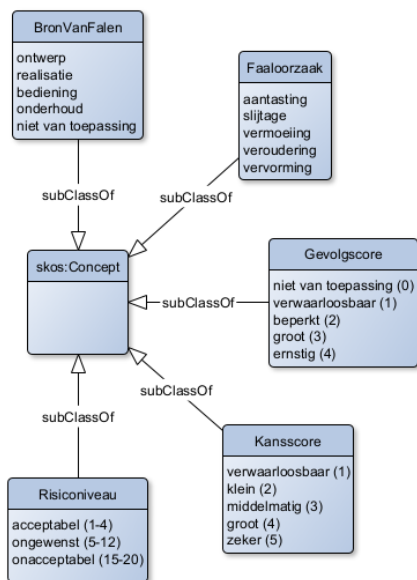
Figuur 32 Publieke klassen

De klassen *Beheerobject*, *Element*, *Faalwijze*, *RAMSSHEEP* en *Risicoscore* zijn gepromoveerd tot publieke klassen (figuur 32). Hiervoor is het tabblad *Ontology* geselecteerd en daarna *GraphQL Schema* in het drop-down menu op het rechter paneel (TopQuadrant, 2021).



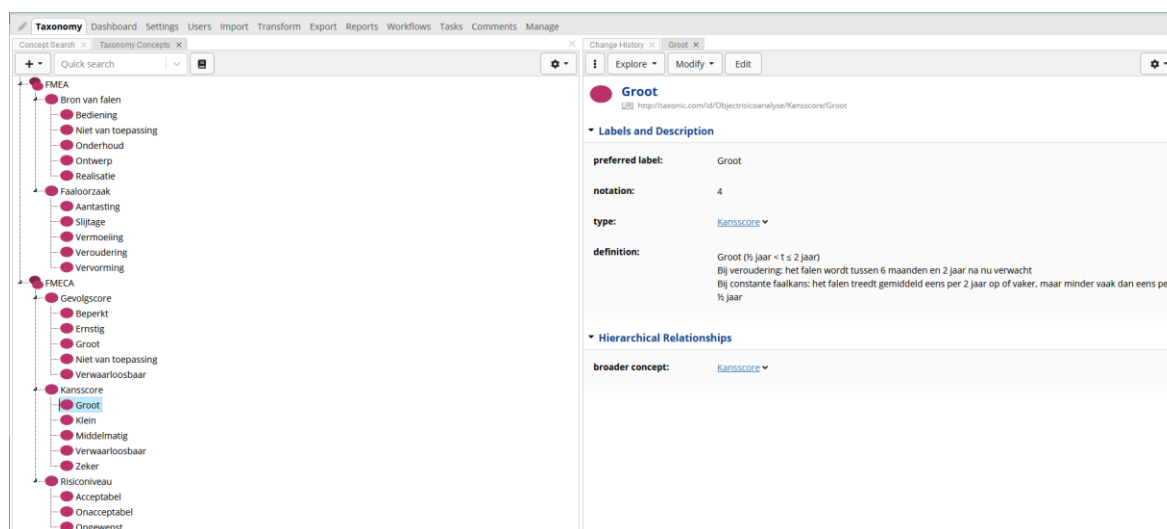
Figuur 33 Create Concept Scheme

Een taxonomie is aangemaakt om mogelijke instanties van de concepten te definiëren, zoals de categorieën van *Kansscore* en *Gevolgscore*. De taxonomie definieert een vocabulaire door relaties vast te leggen (Smit, 2021b). De taxonomie heeft het label *Objectrisicoanalyse* en de default namespace <http://taxonic.com/id/Objectrisicoanalyse/>. Het ID is de identifier van een object in een register. Op het tabblad *Settings* is *Metis* geïncludeerd door bij *Collection Name* de naam *Metis* te selecteren. Hierdoor kan met de concepten uit de ontologie gewerkt worden. Op het tabblad *Taxonomy* is een *Concept Scheme* aangemaakt voor *FMEA* en *FMECA* (figuur 33).



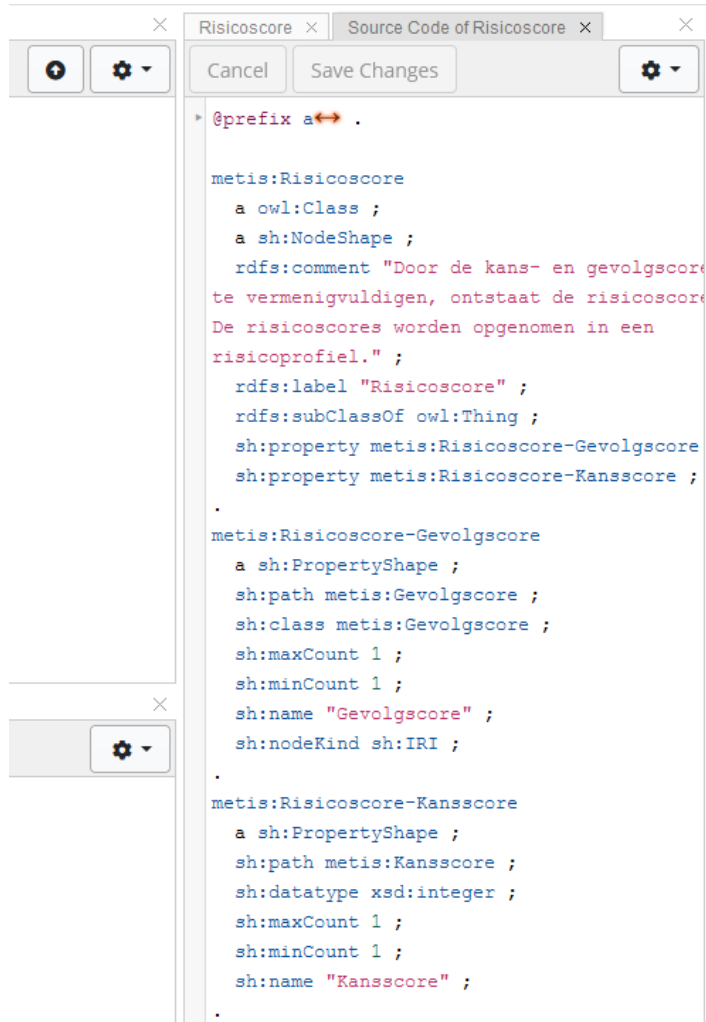
Figuur 34 Concepten van het informatiemodel

Met de rechtermuisknop op het *Concept Scheme* is een *top concept* aangemaakt voor alle concepten in de ontologie. Voor *FMEA* zijn dat *Bron van falen* en *Faaloorzaak*. Voor *FMECA* zijn dat *Gevolgscore*, *Kansscore* en *Risiconiveau*. Elk concept heeft onderliggende concepten die mogelijke instanties definiëren (figuur 34). Een taxonomie bevat enkel informatie dat altijd hetzelfde is. Merk op dat soorten *Beheerobject* en *Element* in de ontologie zijn ondergebracht, omdat deze geïncantieerd kunnen worden en instanties van elkaar te onderscheiden zijn.



Figuur 35 Taxonomie voor de objectrisicoanalyse

Bij *description* is de definitie geannoteerd. Bij *type* is het concept geselecteerd. De *ID* heeft de notatie *Objectrisicoanalyse:{Kansscore of Gevolgscore}/{Categorie}* gekregen om te voorkomen dat er fouten ontstaan bij aanmaak van gelijknamige categorieën die een andere definitie representeren. Na creatie zijn de *top concepts* bewerkt. *Notation* heeft de waarde gekregen die de categorie in de risicomatrix representeert (figuur 35).



Figuur 36 Kans- en gevolgsscore worden node kind

Risicoscore heeft *Kansscore* en *Gevolgscore* als gelijknamige eigenschappen opgenomen. Om dit te realiseren heeft *Risicoscore* in *Ontology* de attributen *Kansscore* en *Gevolgscore* van het datatype *integer* gegeven. Via *Source Code of Risicoscore* is de regel *sh:datatype xsd:integer* bij *metis:Risicoscore-Kansscore* en bij *metis:Risicoscore-Gevolgscore* vervangen door de regel *sh:nodeKind sh:IRI*. In figuur 36 is gevolgsscore aangepast en kansscore nog niet. Nadat beide scores zijn aangepast, zijn de wijzigingen opgeslagen en is de pagina verversd. De *Kansscore* en *Gevolgscore* zijn van een *attribuut* van het type *integer* gewijzigd in een *node kind* van het type *IRI*. Een IRI is net als een URI een identifier. Vervolgens is bij *Risicoscore* de relatie naar *Kansscore* of *Gevolgscore* geselecteerd en bewerkt. Bij *Type of Values* is bij class *Kansscore* of *Gevolgscore* geselecteerd. Dit proces is herhaald bij alle klassen die een andere klasse als attribuut hebben.

Tabel 6 SPARQL-query voor berekening van risicoscore

```

1  sh:rule [
2      a sh:SPARQLRule ;
3      sh:construct """
4          CONSTRUCT {
5              $this <http://taxonic.com/def/objectrisicoanalyse#risicoscore> ?rs .
6          }
7          WHERE {
8              $this <http://taxonic.com/def/objectrisicoanalyse#gevolgscore>/
9                  <http://www.w3.org/2004/02/skos/core#notation> ?n1 .
10             $this <http://taxonic.com/def/objectrisicoanalyse#kansscore>/
11                 <http://www.w3.org/2004/02/skos/core#notation> ?n2 .
12             BIND (strdt(?n1, <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>)
13                  * strdt(?n2, <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer>
14                      ) AS ?rs
15             ) .
16         }
17     """ ;
18 ] ;
19 .

```

Bij *Risicoscore* zijn via *Source Code of Risicoscore* twee SHACL-regels aangemaakt. Eén regel is voor de berekening van de risicoscore en de tweede is om daar een risiconiveau aan te koppelen. SHACL biedt op SPARQL gebaseerde functies. SPARQL is een RDF-querytaal. Tabel 6 toont een query voor de eerste regel.

De CONSTRUCT-query uit een dataset om nieuwe RDF-statements te maken (Future Learn, 2021). De CONSTRUCT-clause geeft het resultaat uit de WHERE-clause. \$this {uri} verwijst naar een uri in de focusnode. Het vraagteken en de tekst die volgt verwijzen naar de uri. Dit maakt het mogelijk om in de WHERE-clause met minder tekens naar de uri te verwijzen (Knublauch, Allemang, & Steyskal, 2017).

Achter de declaratie van de kans- en gevolgscore volgt de uri van */skos:notation*, omdat beide scores een concept zijn. De strdt-constructor biedt de mogelijkheid om de uri's waarnaar wordt verwezen als integer te behandelen (Feigenbaum, 2021). Eerder is een notation aan de scores toegewezen, welke aangeroepen worden. De BIND-functie maakt het mogelijk om een waarde aan een variabele toe te wijzen. In dit voorbeeld is de waarde het resultaat na de vermenigvuldiging van twee waarden.

Tabel 7 SPARQL-query voor toewijzing risiconiveau aan risicoscore

```

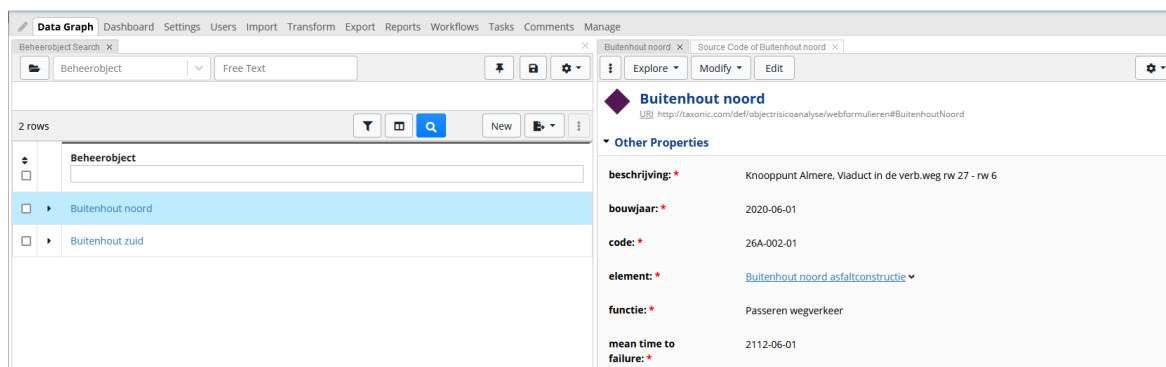
1  sh:rule [
2      a sh:SPARQLRule ;
3      sh:construct """
4          CONSTRUCT {
5              $this <http://taxonic.com/def/objectrisicoanalyse#risiconiveau> ?rn .
6          }
7          WHERE {
8              $this <http://taxonic.com/def/objectrisicoanalyse#risicoscore> ?rs.
9              BIND (
10                  COALESCE(
11                      IF(?rs <= 4, <http://taxonic.com/id/Objectrisicoanalyse/Acceptabel>, 1/0),
12                      IF(?rs <= 12, <http://taxonic.com/id/Objectrisicoanalyse/Ongewenst>, 1/0),
13                      <http://taxonic.com/id/Objectrisicoanalyse/Onacceptabel>
14                  ) AS ?rn
15              ) .
16          }
17     """ ;
18 ] ;

```

Om een risiconiveau aan de risicoscore toe te wijzen is een tweede query gemaakt (tabel 7). De BIND-functie bevat een COALESCE-functie. COALESCE retourneert de waarde van de eerste uitdrukking die een waarde bepaalt zonder error terug te geven. Gecombineerd met IF-statements wordt het mogelijk om per risiconiveau te bepalen of de risicoscore binnen het bereik valt (Semaku, 2021). De IF-statement verwijst naar de uri, controleert daarna of de risicoscore overeenkomt met de uitdrukking en als dat overeenkomt geeft het de uri van het risiconiveau terug.

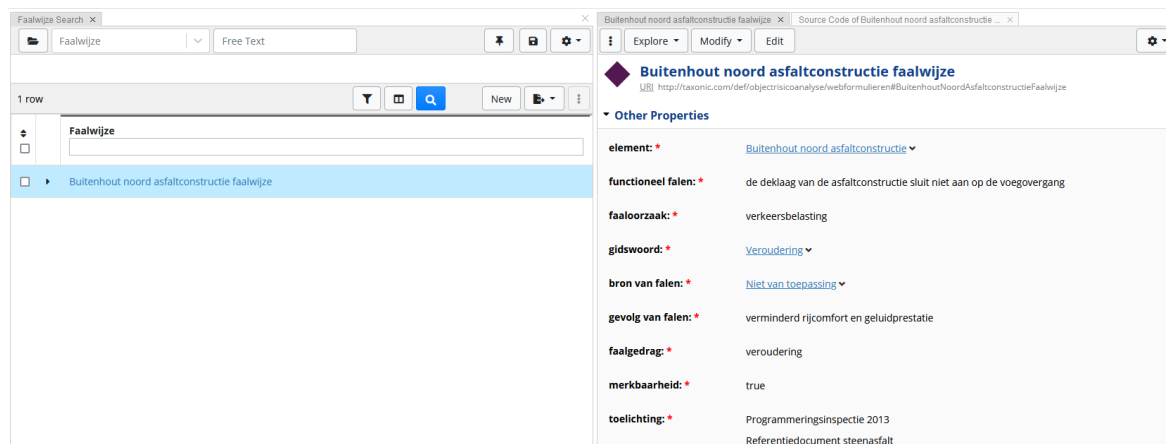
15. Simulatie

De ontologie is de gegevensstructuur van het datamodel dat een beschouwingsgebied beschrijft. Het classificeert en categoriseert om hiërarchieën een betekenis te geven (Taylor, 2015). Een *Data Graph* fungeert als datamodel. Het biedt de mogelijkheid om instanties van klassen en eigenschappen uit de ontologie aan te maken en het proof of concept te evalueren. Voor de Data Graph is de namespace <http://taxonic.com/def/objectrisicoanalyse/webformulieren#> aangemaakt. Op het tabblad *Settings* zijn *Metis* en *Objectrisicoanalyse* geïncludeerd.



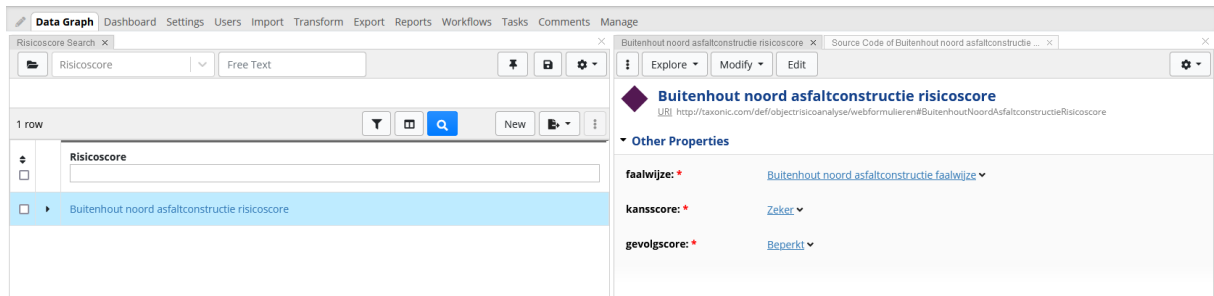
Figuur 37 Viaducten geïncstantieerd

In dezelfde volgorde als de ontologie is ontworpen zijn concepten geïncstantieerd. Eerst is *Element* geïncstantieerd en daarna *Beheerobject*. De informatie voor element is willekeurig ingevoerd en de informatie voor beheerobject Buitenhout noord is afkomstig van de voorbeeldtekening over viaduct Buitenhout noord. Vervolgens is de instantie van *Element* geselecteerd bij de gelijknamige eigenschap van *Beheerobject*. De *mean time to failure* (verwachte levensduur) is willekeurig gekozen binnen de gemiddelde levensduur van tachtig tot honderd jaar (figuur 37).



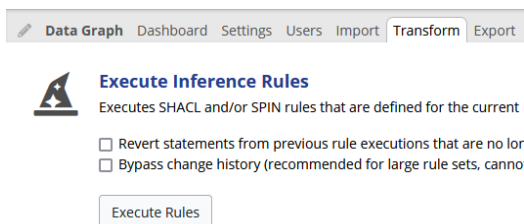
Figuur 38 Faalwijze geïncstantieerd

Om instanties te onderscheiden, worden labels gebruikt. De label van een *Faalwijze* mag niet dezelfde waarde hebben als bij *Element* is gebruikt. Wanneer dat wel gebeurt, zouden element en faalwijze als hetzelfde concept gezien worden. De concepten zijn niet hetzelfde, anders waren deze niet in twee klassen opgesplitst. Dit geldt ook wanneer bijvoorbeeld een risicoscore geïnstantieerd wordt. Hiervoor dient een URI-strategie gehanteerd te worden. Dit is een technische aangelegenheid. Voor de gebruikerservaring heeft het daarom de voorkeur dat labels automatisch op de achtergrond gegenereerd worden, zodat een gebruiker hier niets van meekrijgt. Vervolgens is het element geselecteerd dat eerder is aangemaakt. De informatie voor faalwijze is afkomstig van de *FMECA template*. Merk op dat *gidswoord* en *bron van falen* een drop-down menu hebben met concepten uit de taxonomie (figuur 38).



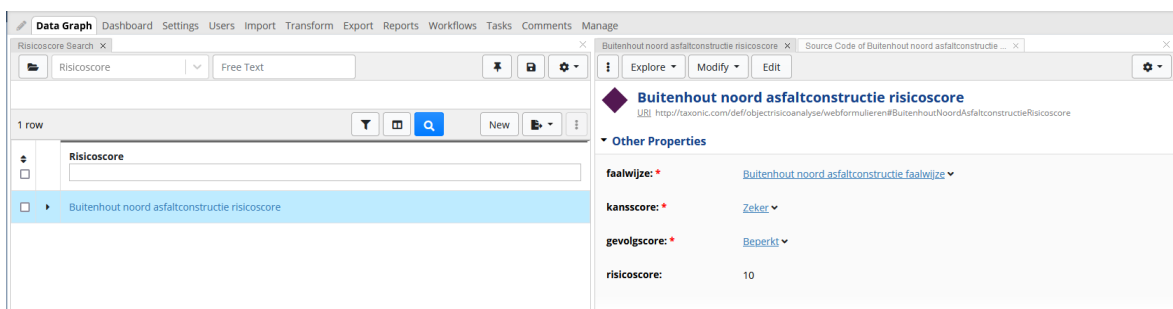
Figuur 39 Risicoscore geïnstantieerd

Voor de risicoscore dient een faalwijze, een kansscore en een gevolgscore geselecteerd te worden (figuur 39).



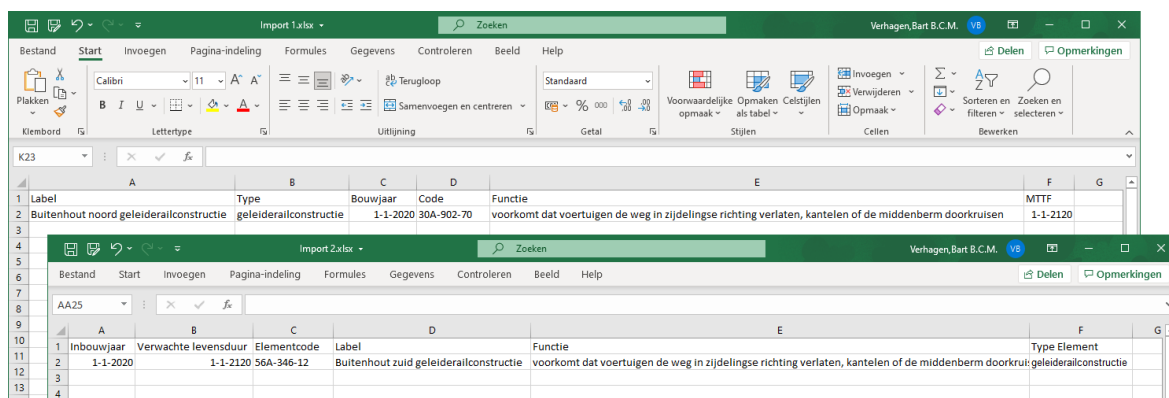
Figuur 40 Gevolgtrekkingen met SPARQL-queries

Eerder zijn twee SPARQL-queries geschreven. Op het tabblad *Transform* bevindt zich een knop dat queries activeert voor uitvoering (figuur 40).



Figuur 41 Risicoscore berekend

Risicoscore toont het verwachte resultaat. Opvallend is dat het resultaat van risiconiveau ontbreekt. Dit komt doordat de volgorde waarin de queries worden uitgevoerd is omgedraaid. Door queries nogmaals uit te voeren, toont het risiconiveau een resultaat (figuur 41).



Import 1.xlsx

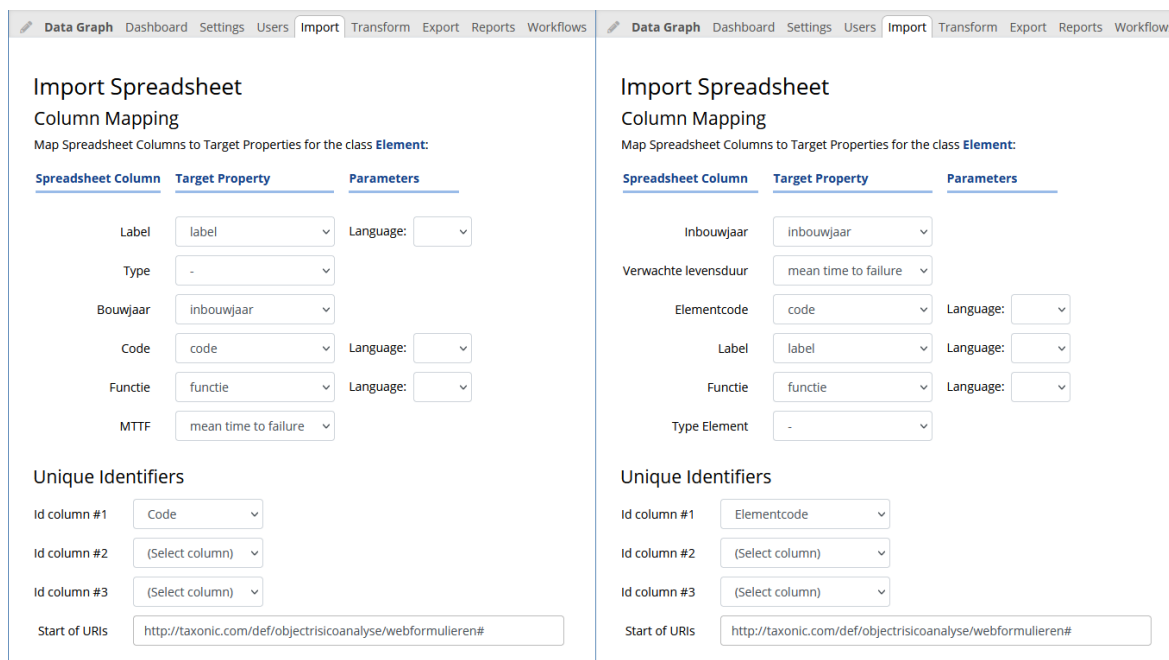
Label	Type	Bouwjaar	Code	Functie	MTTF
Buitenhout noord geleiderailconstructie	geleiderailconstructie	1-1-2020	30A-902-70	voorkomt dat voertuigen de weg in zijdelingse richting verlaten, kantelen of de middenberm doorkruisen	1-1-2120

Import 2.xlsx

Inbouwjaar	Verwachte levensduur	Elementcode	Label	Functie	Type Element
1-1-2020	1-1-2120	56A-346-12	Buitenhout zuid geleiderailconstructie	voorkomt dat voertuigen de weg in zijdelingse richting verlaten, kantelen of de middenberm doorkruisen	geleiderailconstructie

Figuur 42 Twee ongelijksoortige datasets

Er zijn twee spreadsheets gemaakt met daarin de gegevens die nodig zijn om *Element* te instantiëren. De structuur en kopteksten zijn met opzet verschillend om de flexibiliteit van Linked Data bij koppeling en integratie van ongelijksoortige datasets te demonstreren (figuur 42).



Import Spreadsheet - Column Mapping
Map Spreadsheet Columns to Target Properties for the class **Element**:

Spreadsheet Column	Target Property	Parameters
Label	label	Language:
Type	-	
Bouwjaar	inbouwjaar	
Code	code	Language:
Functie	functie	Language:
MTTF	mean time to failure	

Unique Identifiers

Id column #1:

Id column #2:

Id column #3:

Start of URIs:

Import Spreadsheet - Column Mapping
Map Spreadsheet Columns to Target Properties for the class **Element**:

Spreadsheet Column	Target Property	Parameters
Inbouwjaar	inbouwjaar	
Verwachte levensduur	mean time to failure	
Elementcode	code	Language:
Label	label	Language:
Functie	functie	Language:
Type Element	-	

Unique Identifiers

Id column #1:

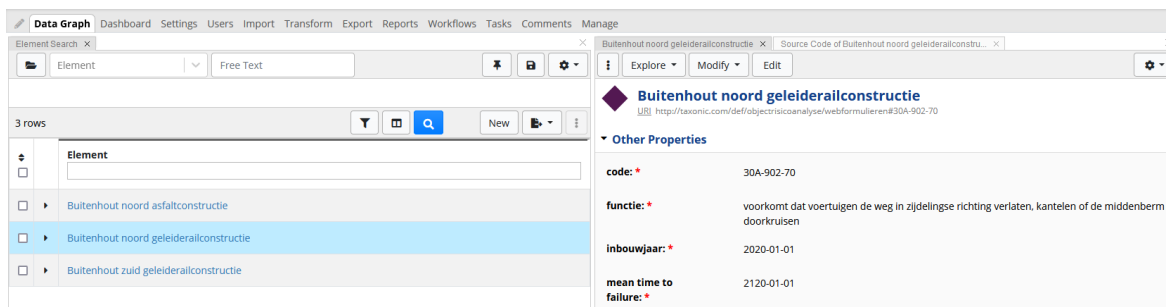
Id column #2:

Id column #3:

Start of URIs:

Figuur 43 Importeren ongelijksoortige datasets

Op het tabblad *Import* is *Import Spreadsheet using Pattern* gekozen. Vervolgens is een spreadsheet geselecteerd. In figuur 43 wordt links *import 1* en rechts *import 2* uit figuur 42 getoond. Bij *Entity type for the imported data* is *Geleiderailconstructie* geselecteerd, omdat dit bestand informatie over dit concept draagt. Op de volgende pagina is *No Hierarchy* gekozen. De volgende pagina toont de kopteksten uit de spreadsheet en drop-down menu's om de eigenschappen van *Geleiderailconstructie* te selecteren. Zodra *Spreadsheet Column* met *Target Property* overeenkwam, is *Code* als *id Column #1* aangeduid. Dit betekent dat *Code* de URI voor de elementen wordt die geïnstantieerd worden met deze import. Het proces is voor de tweede spreadsheet herhaald.



The screenshot displays the Taxonic Data Graph interface. The top navigation bar includes links for Dashboard, Settings, Users, Import, Transform, Export, Reports, Workflows, Tasks, Comments, and Manage. Below this, a search bar is labeled 'Element Search' with a dropdown menu set to 'Element' and a 'Free Text' input field. A table on the left shows three rows of data:

	Element
☐	Buithout noord asfaltconstructie
☒	Buithout noord geleiderailconstructie
☐	Buithout zuid geleiderailconstructie

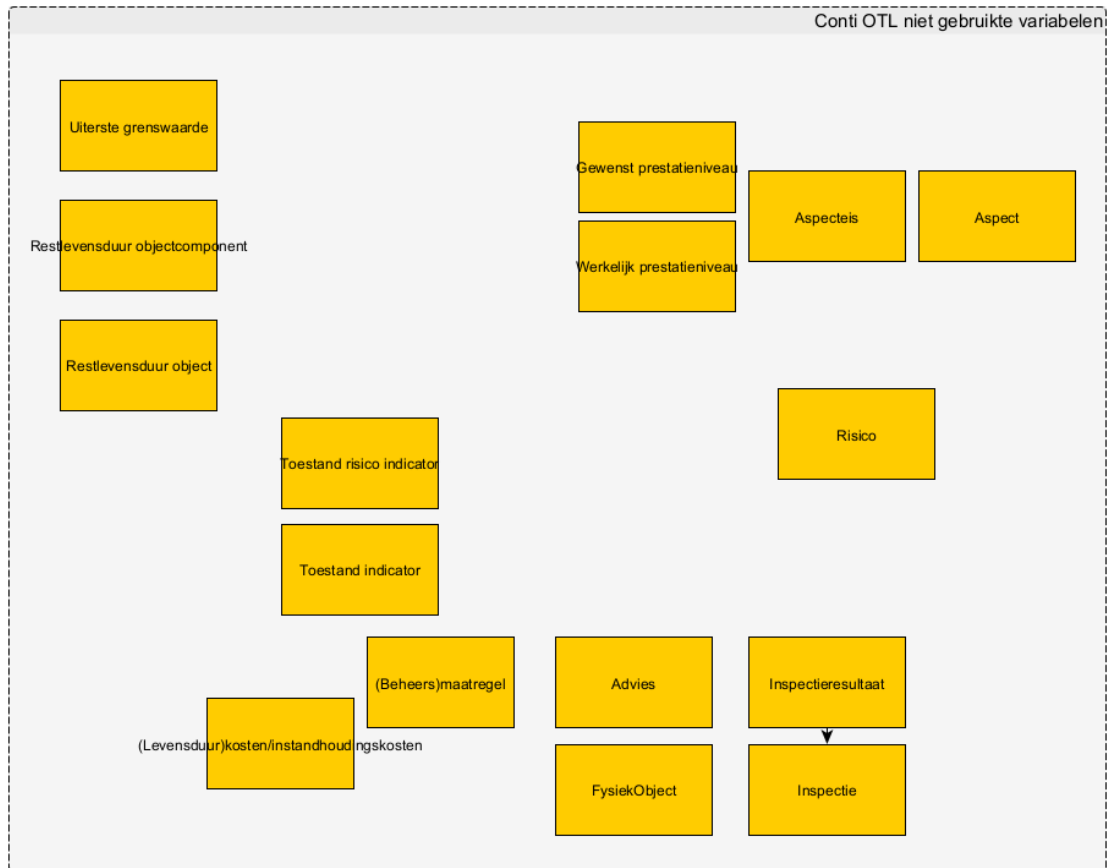
The right pane shows the details for the selected element, 'Buithout noord geleiderailconstructie'. It includes a URL and a section titled 'Other Properties' with the following data:

Property	Value
code:	30A-902-70
functie:	voorkomt dat voertuigen de weg in zijdelingse richting verlaten, kantelen of de middenberm doorkruisen
inbouwjaar:	2020-01-01
mean time to failure:	2120-01-01

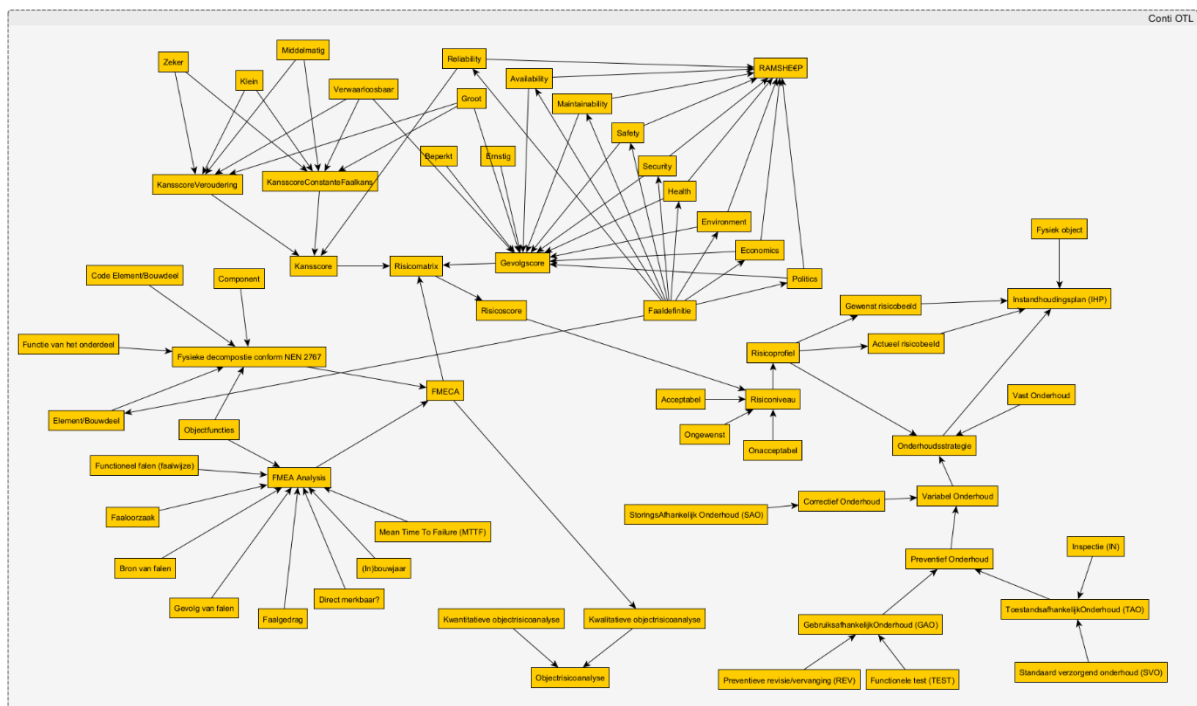
Figuur 44 Twee ongelijksoortige datasets geïmporteerd

Beide spreadsheets zijn geïmporteerd. Bij *Element* zijn twee geleiderailconstructies geïnstantieerd. Omdat *Geleiderailconstructie* als *Entity type* was geselecteerd bij import, zijn de instanties ook onder dit concept terug te vinden.

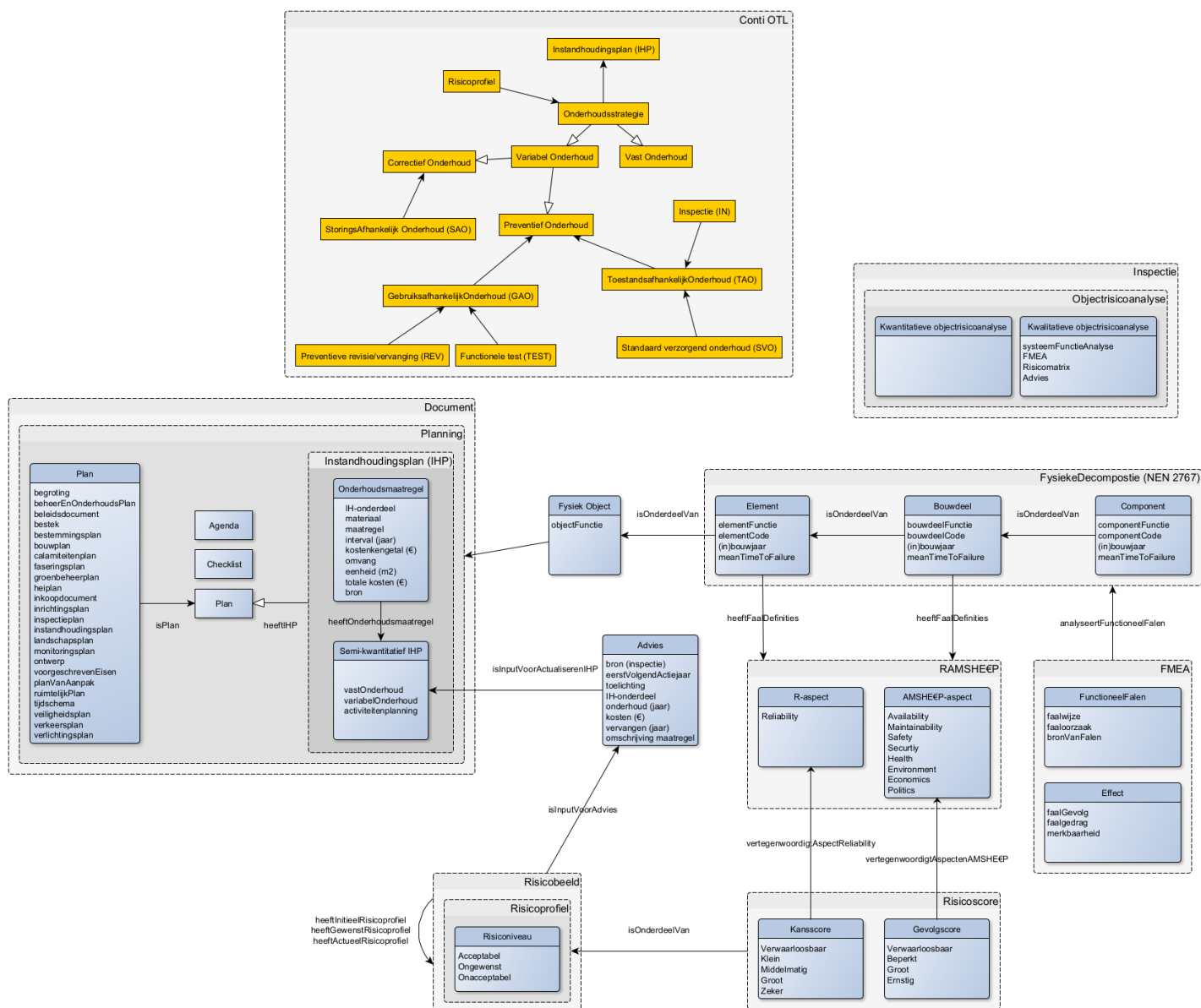
Bijlage E: Ontwerpproces



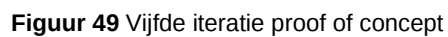
Figuur 45 Eerste iteratie proof of concept

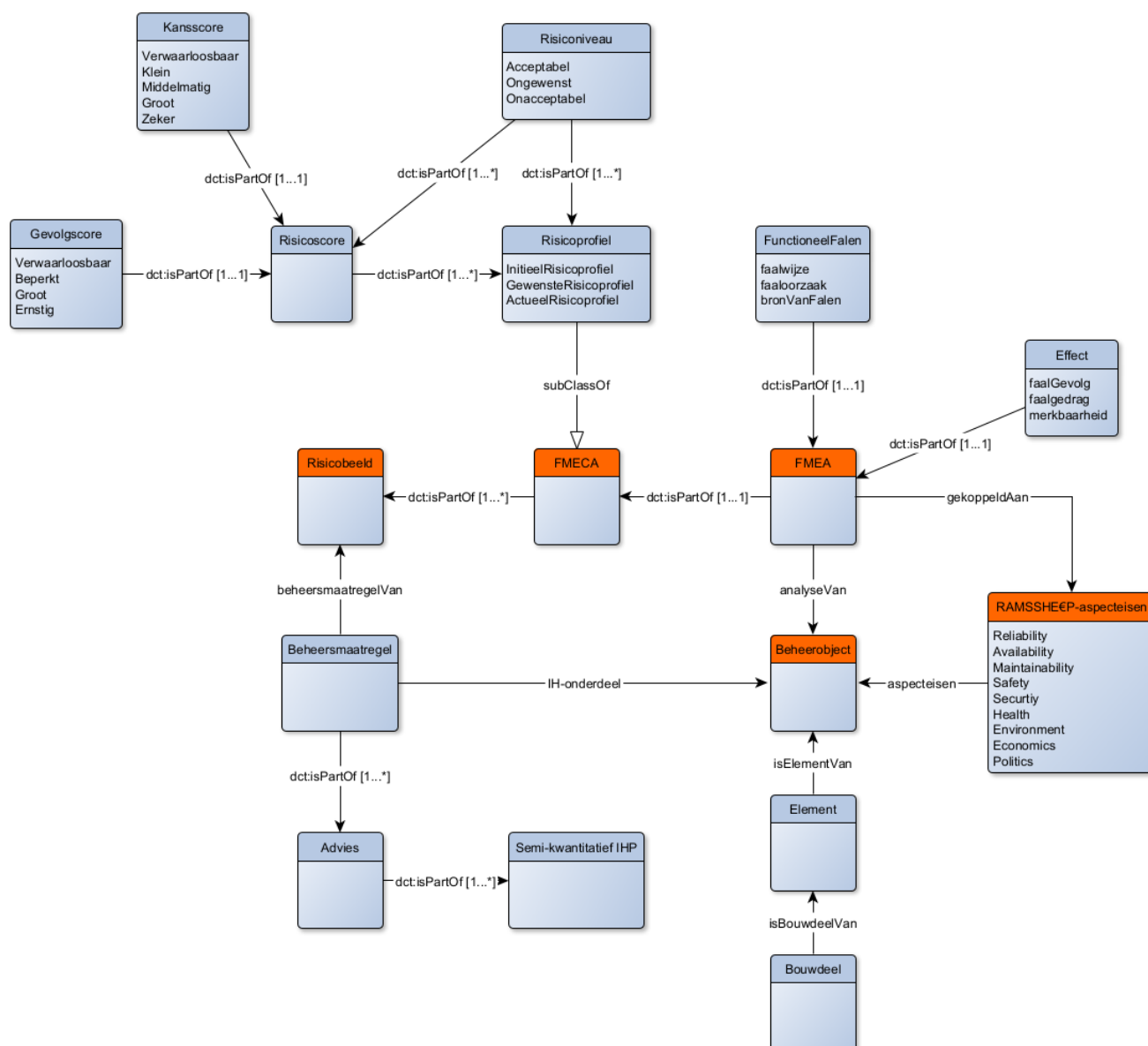


Figuur 46 Tweede iteratie proof of concept

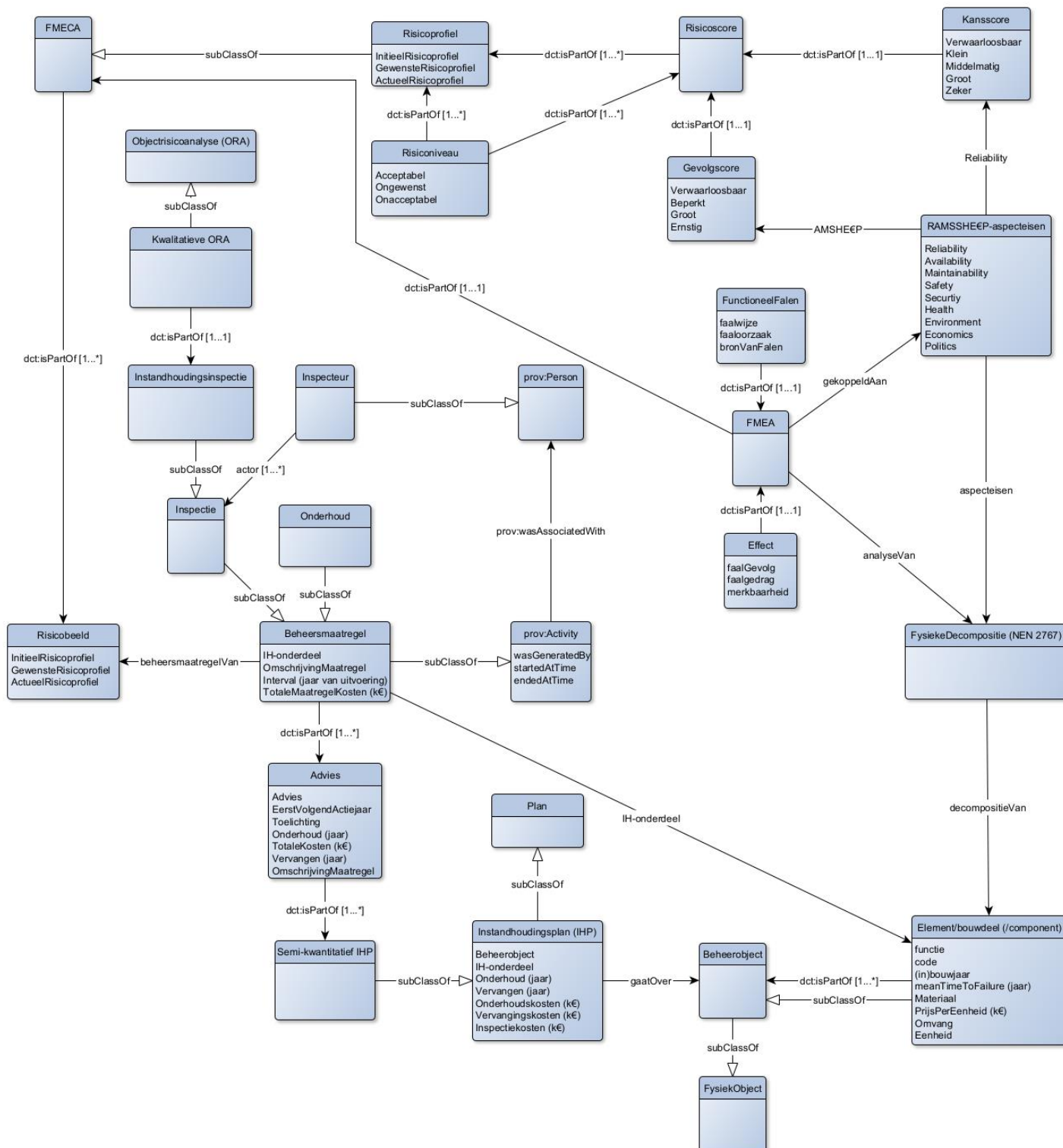


Figuur 47 Derde iteratie proof of concept





Figuur 51 Zevende iteratie proof of concept



Figuur 52 Achtste iteratie proof of concept

