

Introductie van een uniform objectmodel voor het beheer en onderhoud van ondergrondse infrastructuur

Ir. R.B.A. ter Huurne
Universiteit Twente

Samenvatting Het digitaliseren van bouwactiva is een veelbesproken onderwerp in de bouwsector. Om de interoperabiliteit en uitwisselbaarheid van digitale modellen te garanderen, kent de sector datastandaarden zoals IFC en CityGML. Echter, voor de ondergrondse infrastructuur bestaan dergelijke datastandaarden slechts in beperkte mate. Bovenal voldoen deze standaarden niet aan de toenemende informatiebehoefte van organisaties binnen de nutssector om hun assets te beheren en onderhouden. Op basis van een observerende studie van de digitale werkpraktijken van twaalf netbeheerders werd duidelijk dat om aan de informatiebehoefte te kunnen voldoen, netbeheerders hun eigen objectmodellen en datastandaarden configureren. Een vergelijk tussen deze organisatorische standaarden toont verschillen in hoe domeinkennis wordt gemodelleerd. De verschillende wijzen waarop ‘realiteiten’ worden gemodelleerd, verminderen de interoperabiliteit en uitwisselbaarheid van informatie in de sector. Een uniform datamodel voor het beheer en onderhoud van ondergrondse infrastructuur zou uitwisselbaarheid van informatie en gebruik van digitale beheersystemen in BIM en GIS kunnen vergroten. Deze paper licht dit standpunt toe en bespreekt de standaard die momenteel aan de Universiteit Twente wordt ontwikkeld.

Steekwoorden Ondergrondse infrastructuur, beheer en onderhoud, objectmodel, ontologie, datastandaard

1. *Introductie*

Building Information Modelling (BIM) is momenteel een veelbesproken onderwerp in literatuur en beleidstukken (Bradley et al. 2016; Lu et al. 2015; Pauwels et al. 2016). BIM kan gedefinieerd worden als een gedeelde digitale representatie van de fysieke en functionele karakteristieken van een bouwobject (ISO 29481 2010). Kenmerkend voor BIM modellen is dat zij parametrisch en object-georiënteerd zijn. Implementatie van BIM heeft het ontstaan van zogenoemde digitale ‘tweelingen’ als resultaat. Deze digitale tweelingen weerspiegelen het werkelijke object middels een virtuele reconstructie, bijvoorbeeld in een ‘BIM systeem’. Om de communicatie tussen dergelijke BIM systemen te faciliteren zijn datastandaarden (objectmodellen) als de Industry Foundation Classes (IFC) (buildingSMART) geïntroduceerd (Turk 2001).

Daar waar BIM met name wordt toegepast in de bouwsector, worden voor het modelleren van ruimtelijke gegevens vooral Computer Aided Design (CAD) en Geographic Information Systems (GIS) toegepast. Voor ruimtelijke gegevens bestaat de datastandaard CityGML (Open Geospatial Consortium). Zowel IFC als CityGML worden geleidelijk aan geaccepteerd en gebruikt als de dominante manier om domeinkennis te modelleren en gegevens uit te wisselen tussen digitale systemen.

Echter, in tegenstelling tot de bouwsector zijn gemeenschappelijke objectmodellen voor andere grote typen van infrastructuur, zoals transport en ondergrondse infrastructuur (Bradley et al. 2016) slechts in beperkte mate ontwikkeld. Zonder gemeenschappelijke objectmodellen is de interoperabiliteit en uitwisselbaarheid van gegevens beperkt, omdat gebruikers geen afspraken gemaakt hebben over hoe zij bepaalde objecten noemen, beschrijven en visualiseren. Dit kan leiden tot verwarring en miscommunicatie indien gegevens toch uitgewisseld worden.

Vanuit deze gedachte werkt de Universiteit Twente aan een uniform objectmodel voor ondergrondse infrastructuur, specifiek voor het domein van beheer en onderhoud. Daar waar voor ondergrondse infrastructuur wel enkele objectmodellen bestaan, zoals het Informatiemodel Kabels en Leidingen (IMKL) (Geonovum 2017) zijn deze vrij summier in het beschrijven van beheer en onderhoud gerelateerde informatie. Echter, door informatie over kabels en leidingen op een consistente en complete manier vast te leggen, worden digitale modellen beter bruikbaar voor beheer en onderhoud. Dit kan leiden tot efficiëntere beheerprocessen.

Deze paper beschrijft een selectie van bestaande objectmodellen voor ondergrondse infrastructuur en legt uit waarom één uniform objectmodel voor de uitwisseling van kabels- en leidingdata voor het domein van beheer en onderhoud nodig is. Daartoe wordt allereerst de invloed van digitalisering op het modelleren van asset data in het algemeen besproken. Daarna worden bestaande initiatieven tot datastandaardisatie voor ondergrondse infrastructuur uiteengezet op internationaal, nationaal en organisatorisch niveau. Dit leidt tot het bespreken van de behoefte aan een uniform objectmodel. De paper eindigt met conclusies en aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

2. Een digitaal tijdperk

Sinds de opkomst van het digitale tijdperk, zijn digitale modellen bijna niet meer weg te denken in de bouwsector. CAD, GIS en BIM systemen worden door tal van partijen binnen de bouwsector inmiddels ingepast ter realisatie van de digitale ‘tweeling’.

2.1 Ontwikkeling: digitale ‘tweelingen’ van bouwobjecten

Het toepassen van technologie in bouwprojecten kan helpen in het verbeteren van de inter-organisatorische communicatie, coöperatie en coördinatie (Adriaanse et al. 2010; Peansupap en Walker 2005). Het digitaliseren van bouwactiva – en daarbij een digitale ‘tweeling’ – geschiedt middels het proces van het definiëren van de concepten, attributen en hun relaties van een betreffend bouwobject. Voor dit digitalisering-proces wordt gebruik gemaakt van met name GIS en BIM systemen en in beperkte mate CAD systemen.

CAD systemen worden gebruikt voor het ontwerpen en visualiseren van, onder andere, bouwactiva, in zowel 2D als 3D. CAD is sterk gefocust op het tekenen van gedetailleerde modellen, bestaande uit punten, lijnen en polygonen. Kenmerkend voor CAD modellen is dat

zij geen topologie hebben en niet gekoppeld zijn aan objectbibliotheken en databases. Daarmee is een CAD systeem minder geschikt voor het modelleren van digitale ‘tweelingen’. GIS systemen zijn informatiesystemen die worden toegepast om (ruimtelijke) informatie over geografische objecten op te slaan en daarbij te beheren, bewerken, analyseren en presenteren. Ook bevatten GIS systemen, in tegenstelling tot CAD systemen, over een topologisch model van punten, lijnen en polygonen, daarbij mogelijk object-georiënteerd en gelinkt aan een objectbibliotheek en database. Hierdoor ‘begrijpt’ een GIS model de onderlinge relaties tussen de gemodelleerde concepten en relaties en worden analyses op data mogelijk.

BIM systemen zijn informatiesystemen die worden toegepast voor het modelleren van alle fysieke en functionele kenmerken van een gebouw. Kenmerkend voor een BIM model is, is dat zij een gedeelde kennisbron is voor de informatie van het betreffende gebouw gedurende de gehele levenscyclus. Daarnaast zijn BIM modellen object-georiënteerd, middels de koppeling met een objectbibliotheek, op basis van een van een topologisch model. Dit betekent dat verschillende partijen die in het BIM model werken, hun informatie aan het gelijke object kunnen koppelen, wat niet alleen geometrische informatie behelst, maar ook non-geometrische informatie zoals kosten en planning gerelateerd informatie. BIM modellen genereren daardoor een rijke set aan asset data.

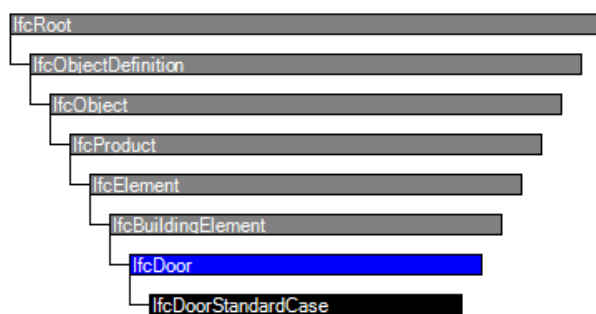
Hoewel BIM en GIS systemen een ander doel dienen, zijn beiden uitermate geschikt voor het realiseren van een digitale ‘tweeling’ voor respectievelijk bouwactiva en geografische objecten. De rijke set aan informatie die deze systemen kunnen genereren, biedt de mogelijkheid het digitale model zo nauwkeurig mogelijk te beschrijven en aan te laten sluiten op de realiteit.

2.2 Gevolg: explosie van data

Een herkenbare trend in de bouwsector is de groeiende aandacht voor de levenscyclusbenadering van assets (Bradly et al. 2016). Waar men voorheen alleen objectlocaties digitaliseerde, vereist men tegenwoordig al meer digitale informatie voor het beheer en onderhoud. Zo worden tegenwoordig bijvoorbeeld ook materiële, dimensionele, kosten en planning gerelateerde informatie opgeslagen. Men refereert ook wel naar deze ontwikkeling als ‘de explosie van data’. Om deze data op te slaan wordt gebruik gemaakt van bouwobject- of geografische informatiesystemen.

De verschuiving naar een levenscyclusbenadering van assets gaat idealiter uit van domeinkennis die bestaat uit een consistente en complete set aan concepten en relaties. Het

faciliteren van domeinkennis op een dergelijke consistente en complete manier vraagt om standaardisatie. Voor BIM gerelateerde systemen is dat IFC voor gebouwen. Voor GIS gerelateerde systemen bestaat onder andere CityGML voor stedelijke informatie. Deze standaarden schrijven een uniforme structuur en naamgeving voor gerelateerde domeinkennis voor. In het geval van IFC wordt bijvoorbeeld een ‘deur’



Figuur 1 – Modelleren van een ‘deur’ volgens IFC

(IfcDoor) gemodelleerd als gepresenteerd in figuur 1 (buildingSMART 2016). In figuur 1 is ‘IfcDoor’ onderdeel van bovengelegen klassen, waaronder ‘IfcBuildingElement’. Daarnaast, niet gevisualiseerd in de figuur, heeft elk van de klassen een lijst aan attributen, en wordt binnen IFC elk van de klassen en attributen middels een eenduidige definitie beschreven.

Een gemeenschappelijk objectmodel als IFC helpt in het systematisch vastleggen van domeinkennis in een consistente en complete manier. IFC verbetert daarmee de interoperabiliteit en uitwisselbaarheid van gebouw-gerelateerde digitale informatie. Echter, voor ondergrondse infrastructuur zijn dergelijke gemeenschappelijke objectmodellen in slechts beperkte mate ontwikkeld.

3. Modelleren van ondergrondse infrastructuur

Het modelleren van ondergrondse infrastructuur heeft zich lange tijd beperkt tot het gebruik van CAD omgevingen. Gezien de beperkte toepasbaarheid van CAD voor het opslaan van informatie, omvatten deze CAD modellen vaak niet meer dan geometrische informatie. Vanwege de toenemende complexiteit en omvang van netinformatie – gestimuleerd door de groeiende aandacht voor de levenscyclusbenadering – wordt ondergrondse infrastructuur tegenwoordig steeds vaker gemodelleerd in GIS georiënteerde omgevingen. Echter, zoals Bradley et al. (2016) aangeven, zijn gemeenschappelijke dataformaten voor ondergrondse infrastructuur slechts in beperkte mate ontwikkeld. Standaardisatie initiatieven die al wél bestaan, worden in de volgende paragrafen op nationaal, internationaal en organisatorisch niveau beschreven.

3.1 Nationale en internationale initiatieven

Op basis van verkregen informatie uit een literatuurstudie is vergeleken welke initiatieven tot standaardisatie van ondergrondse infrastructuur momenteel bestaan. Deze paper presenteert een selectie van enkele bekende initiatieven, op zowel nationaal als internationaal niveau. Een overzicht van deze geselecteerde initiatieven is gepresenteerd in tabel 1. Meerdere initiatieven bestaan, maar worden in deze paper niet toegelicht.

Tabel 1 – Overzicht van een selectie van nationale en internationale initiatieven

Naam	Toepassingsgebied	Doel
INSPIRE	Europa	Vergroten van interoperabiliteit en uitwisselbaarheid van ruimtelijke gegevens tussen Europese lidstaten.
CityGML UtilityNetwork ADE	Wereld	Modelleren van ondergrondse infrastructuur in 3D stadsmodellen.
IMKL	Nederland	Vergroten van interoperabiliteit en uitwisselbaarheid van ruimtelijke gegevens tijdens graafwerkzaamheden.
PAS 256	Verenigd Koninkrijk	Verbeteren van de kwaliteit, nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van bestaande netinformatie.

INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) (European Commission 2013) is een Europese richtlijn gericht op het creëren van een Europese infrastructuur waarover lidstaten ruimtelijke gegevens uitwisselen. Doel hierbij is het vergroten van de interoperabiliteit en uitwisselbaarheid van ruimtelijke gegevens. INSPIRE omvat dataspecificaties voor een breed spectrum aan ruimtelijke gegevens, waarvan ondergrondse infrastructuur er één is. De INSPIRE richtlijn beschrijft hoe ondergrondse infrastructuur middels concepten en relaties beschreven dient te worden. CityGML UtilityNetwork ADE (Application Domain Extension) is een extensie op CityGML (Open Geospatial Consortium 2012) en is gericht op het modelleren van ondergrondse infrastructuur in 3D stadsmodellen. De standaard kan toegepast worden over de gehele wereld. Als extensie op CityGML beschrijft de UtilityNetwork ADE de concepten en relaties benodigd om ondergrondse

infrastructuur te beschrijven binnen CityGML. Het IMKL (Informatiemodel Kabels en Leidingen) (Geonovum 2017) is een Nederlands initiatief en beschrijft concepten en relaties benodigd voor het vastleggen van netinformatie, om daarmee de interoperabiliteit en uitwisselbaarheid van netinformatie tussen netbeheerders te vergroten. Middels een centraal platform bij het Kadaster voorziet het IMKL netbeheerders van een uniforme manier om netinformatie uit te wisselen in geval van graafwerkzaamheden. De PAS (Publically Available Specification) 256 (British Standards Institution 2017) is een richtlijn afkomstig uit het Verenigd Koninkrijk die helpt in het vastleggen, opnemen, onderhouden en delen van locatiegegevens en gegevens van ondergrondse infrastructuur. De richtlijn heeft als doel de kwaliteit, nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van bestaande netinformatie te verbeteren bij uitwisseling van dergelijke informatie.

Wanneer deze standaarden vergeleken worden met de informatiebehoefte vanuit het domein van beheer en onderhoud, wordt duidelijk dat bestaande standaarden deze informatiebehoefte niet kunnen beschrijven. Gezien het doel van de standaarden – welke niet het beheer en onderhoud van ondergrondse infrastructuur betreft – is dit ook niet verwonderlijk. In het algemeen beschrijven deze initiatieven wel de locatie, het thema, de dimensies en het materiaal, maar missen zij specifieke gegevens zoals bijvoorbeeld het type van bepaalde objecten, kosten en planning gerelateerde attributen alsook onderhoudsgegevens. Het gevolg hiervan is dat men organisatorische initiatieven gaat ontwikkelen.

3.2 Organisatorische initiatieven

Gezien nationale en internationale standaarden niet aan de informatiebehoefte voldoen die tegenwoordig in de nutssector vereist wordt, beslaat een overgroot deel van de manier waarop de ondergrondse infrastructuur wordt gemodelleerd organisatorische initiatieven. Middels een observatie van de werkprijken van twaalf netbeheerders is gebleken dat netinformatie wordt vastgelegd volgens (1) software standaarden / configuraties of (2) standaarden / configuraties van netbeheerders zelf. Binnen deze standaarden worden de concepten en relaties die relevant geacht voor het beheer en onderhoud van ondergrondse infrastructuur opgenomen.

Bij een vergelijk van de geobserveerde organisatorische standaarden valt op dat concepten en relaties beschreven worden middels verschillende (1) attributen, formats en relaties, en (2) semantiek. Netbeheerders schrijven hun eigen objectmodel voor, gebaseerd op hun eigen werkprijken. Een verschil in hoe netbeheerders de structuur van hun netten modelleren, is bijvoorbeeld het specificeren van het type net als attribuut of als een eigen klasse. Meer specifiek, in het geval van glasvezel kan er bijvoorbeeld gekozen worden om dit als attribuut bij een telecom net te modelleren, of het te modelleren als een eigen klasse en daarmee glasvezelnet. Een simpel voorbeeld voor een verschil in semantiek is bijvoorbeeld het beschrijven van de x- en y-coördinaat van een object middels de term ‘ligging’ en de term ‘locatie’. In beide gevallen is de intrinsieke betekenis gelijk, maar gebruiken netbeheerders een verschillende term om dit te beschrijven.

Tezamen kunnen dergelijke verschillen leiden tot verwarring en miscommunicatie indien de netinformatie wordt uitgewisseld met andere partijen. Interoperabiliteit van netinformatie blijft daarmee een groot probleem. Ploeger et al. (2005) formuleert de grote verscheidenheid in datastandaardisatie van ondergrondse infrastructuur dan ook wel als “de chaos in de bodem”.

4. Behoeftte aan een uniform objectmodel

Daar waar de bouwsector digitale gestandaardiseerde objectmodellen kent – zoals voor gebouwen in de vorm van IFC – ontbreekt een dergelijke standaard voor de ondergrondse infrastructuur. Vele initiatieven, voornamelijk op organisatorisch niveau, vergroten de verscheidenheid in datastandaardisatie van ondergrondse infrastructuur en creëren daarmee een “wereld van standaarden, maar niet een gestandaardiseerde wereld” (Timmermans en Epstein 2010). Om de interoperabiliteit en uitwisselbaarheid van asset data in de nutssector te verbeteren, is het zaak af te spreken hoe de domein specifieke kennis van de nutssector voor het beheer en onderhoud opgeslagen moet worden. Er is behoefte aan één uniform objectmodel.

4.1 Het standaardiseren van domeinkennis

Het doel van standaardisatie, in het algemeen, is het vastleggen van de ‘realiteit’ en daarmee het creëren van uniformiteit tussen culturen, tijd en geografie. Het vastleggen van deze realiteit gebeurt middels afgesproken regels, ook wel aangeduid als een standaard (Timmermans en Epstein 2010). Standaarden komen daarbij in vele vormen voor (Bowker en Star 1999), waaronder datastandaarden die relevant zijn binnen de context van deze paper.

De vraag is echter hoe een dergelijke realiteit gevangen kan worden in een datastandaard voor het beheer en onderhoud van ondergrondse infrastructuur. De grote verscheidenheid in organisatorische objectmodellen zoals eerder beschreven toont aan dat er vele verschillende percepties op de realiteit bestaan. De intentie en interpretatie van domeinkennis zijn daarom van grote relevantie wanneer een realiteit in een standaard gevangen moet worden, omdat de betekenis zowel door de auteurs als de gebruikers van de standaarden gevormd kan worden. Eenmaal geëxpliciteerd in een tekstuele vorm kunnen realiteiten daarom verschillende plausibele interpretaties hebben (Turk 2001).

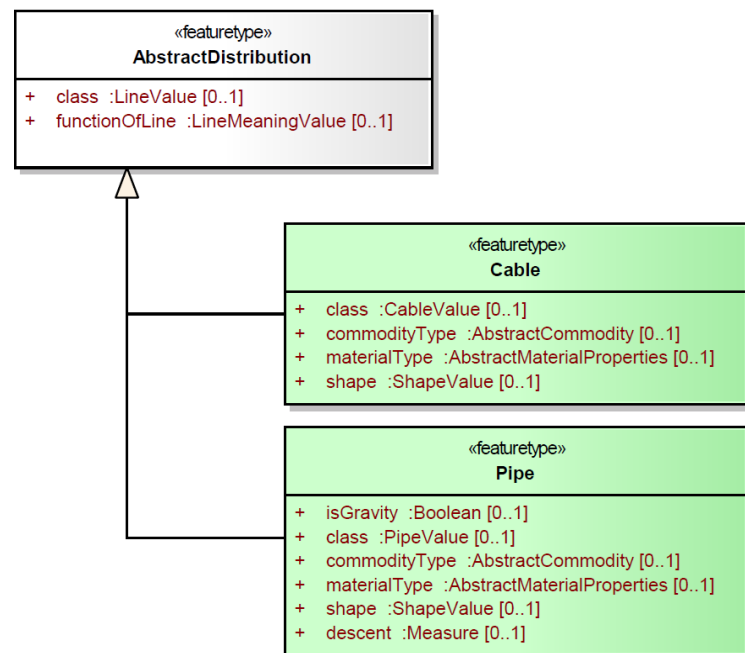
Naar een datastandaard kan ook gerefereerd worden als een ‘ontologie’. Een ontologie beschrijft de wereld als gezien door een groep personen op een bepaalde tijd, volgens een school van denken die gebaseerd is op een reeks fundamentele proposities of wereldbeelden (El-Diraby en Osman 2011). Simpel gezegd is een ontologie een model of structuur van kennis. Eenmaal geadopteerd, representeert een ontologie domeinkennis – en daarmee de ‘realiteit’ – in een verenigde, vereenvoudigde en consistente manier. Binnen een ontologie wordt de taxonomie en vocabulaire van de domeinkennis vastgelegd. De taxonomie beschrijft de hiërarchische categorisatie / classificatie van de concepten. De vocabulaire beschrijft de terminologie en naamgeving van de concepten, om semantische diversiteit te voorkomen (Gasevic et al. 2009). Terugkijkend naar figuur 1 kan een uniforme taxonomie en vocabulaire ook in IFC herkend worden.

Het gebruik van een ontologie is zodanig een uitstekend middel om de kennis benodigd voor het domein van beheer en onderhoud voor ondergrondse infrastructuur vast te leggen in een uniforme realiteit. Met andere woorden, aan de basis van een uniforme realiteit benodigd voor een uniforme standaard, staat een ontologie waarin de concepten en relaties voor het domein van beheer en onderhoud van ondergrondse infrastructuur zijn opgenomen.

Voor het verkrijgen van de domeinkennis is het van groot belang dat de meest representatieve kennis vergaard wordt. Binnen het project aan de Universiteit Twente – waarin een ontologie voor het domein van beheer en onderhoud voor ondergrondse infrastructuur wordt ontwikkeld – wordt dit bewerkstelligd door eindgebruikers van de ontologie nauw te betrekken bij de ontwikkeling. Hiermee wordt getracht de uniforme realiteit binnen de ontologie zo goed

mogelijk te laten aansluiten bij de verschillende percepties op de realiteit die de nutssector nu kenmerkt. Dit vergemakkelijkt adoptie en implementatie van de ontologie.

Ter illustratie toont figuur 2 een snapshot van de ontologie die momenteel ontwikkeld wordt aan de Universiteit Twente. De ontologie is gebaseerd op het CityGML UtilityNetwork ADE objectmodel en is daar waar nodig aangepast dan wel uitgebreid met de relevante concepten en relaties voor het domein van beheer en onderhoud. De ontologie is gevisualiseerd in de Unified Modelling Language (UML) welke ook toegepast wordt in de UtilityNetwork ADE, maar tevens in bijvoorbeeld INSPIRE en het IMKL. Figuur 2 toont hoe een ‘Cable’ (kabel) en ‘Pipe’ (leiding) gemodelleerd kunnen worden en toont de verscheidene attributen die beide objecten bevatten zoals ‘materialType’ (materiaaleigenschappen) en ‘class’ (type kabel of leiding). Een kabel of leiding is binnen de ontologie een ‘AbstractDistribution’ (distributie) element. Deze snapshot toont slechts een klein gedeelte van de ontologie. Daarnaast is de ontologie in ontwikkeling wat betekent dat het model nog aan mogelijke wijzigingen onderhevig is.



Figuur 2 – Snapshot van de ontologie ontwikkeld door de Universiteit Twente

4.2 Voordelen: meer dan interoperabiliteit alleen

Het opstellen van één uniforme standaard – de ontologie – biedt de nutssector meerdere voordelen. Allereerst helpt het in het overbruggen van de kloof tussen alle verschillende organisatorische standaarden die de nutssector nu kenmerkt. Eén uniforme datastandaard helpt om deze realiteiten op elkaar aan te laten sluiten. Dit vergroot de interoperabiliteit en uitwisselbaarheid van data binnen de sector en helpt verwarring en miscommunicatie in de werken van de sector voorkomen.

Ten tweede helpt een uniforme standaard in het versnellen van de ontwikkelingen van software ontwikkelaars. Gekeken naar IFC en de toepassing hiervan in verschillende BIM gerelateerde software, zoals Autodesk Revit, is het voor software ontwikkelaars gemakkelijker om hun software te optimaliseren indien deze gebaseerd is op één uniforme datastandaard. Software kan op deze manier ‘slimmer’ worden gemaakt door bijvoorbeeld specifieke simulaties aan te bieden die analyses maken van de onderhoudsdata die wordt opgeslagen. Nu gebeurt het configureren van software (bijna) geheel binnenshuis bij de gebruikers zelf. Een integrale aanpak op basis van één uniforme standaard kan het optimaliseren van software versnellen.

Ten derde draagt een standaard voor de nutssector mogelijk ook bij aan de versnelde adoptie en integratie van BIM en GIS systemen voor de ondergrond. In de literatuur (Bormann et al. 2014; Cheng et al. 2013; Hor et al. 2016) wordt de integratie van GIS en BIM als een grote uitdaging gezien, vanwege syntactische en semantische verschillen tussen beiden domeinen.

Syntactisch refereert naar de opbouw en structuur van de data. Semantisch refereert naar de betekenis van de data. Een uniforme standaard voor de nutssector draagt met name bij aan de syntactische integratie. Om semantische verschillen te overbruggen wordt de laatste jaren veel onderzoek gedaan naar ‘semantic web’ technologie (Pauwels et al. 2016).

5. Conclusies en vervolgonderzoek

Deze paper biedt een kijk in de spreekwoordelijke keuken van het modelleren van ondergrondse infrastructuur. Het digitale tijdwerk waarin we ons bevinden, tezamen met een groeiende aandacht voor de levenscyclusbenadering, heeft geleid tot een explosie van data binnen het beheer en onderhoud van ondergrondse infrastructuur. Daar waar de verschuiving naar een levenscyclusbenadering van assets idealiter uit gaat van domeinkennis bestaande uit een consistente en complete set aan concepten en relaties, toont de praktijk grote verschillen. De aanwezigheid van organisatorische – en daarbij uiteenlopende – standaarden impliceert dat de nutssector op het moment een uniforme digitale modelleer standaard mist. Netbeheerders modelleren netinformatie volgens hun eigen ‘realiteit’. Dit hindert de interoperabiliteit en uitwisselbaarheid van netinformatie in de nutssector. Bovendien belemmert het software ontwikkelaars om informatiesystemen gebruikt binnen het beheer en onderhoud van ondergrondse infrastructuur op elkaar te laten aansluiten.

Deze paper zet aan tot het ontwikkelen van één uniforme datastandaard voor het domein van beheer en onderhoud van ondergrondse infrastructuur. Als basis voor een dergelijke standaard wordt het gebruik van een ontologie voorgesteld. Een ontologie representeert domeinkennis – en daarmee de ‘realiteit’ – in een verenigde, vereenvoudigde en consistente manier. Een ontologie helpt daarmee in het overbruggen van de kloof tussen organisatorische standaarden, in het versnellen van software optimalisatie en mogelijk in de integratie van BIM en GIS gerelateerde domeinen.

Adoptie van een uniforme datastandaard door de nutssector zal mogelijk in eerste instantie met enige aarzeling verlopen. Tenslotte, het doorbreken van huidige routines en werkpraktijken kan een kostbaar en tijdrovend proces zijn. Echter, de voordelen van één uniforme datastandaard zullen op de lange termijn de gehele nutssector naar een hoger plan tillen. Deze paper tracht de bewustwording van de huidige problematiek te vergroten en de sector aan te zetten tot het investeren in uniformering van netinformatie.

Het ontwikkelen van een datastandaard voor de ondergrondse infrastructuur binnen het project van de Universiteit Twente zal eind 2018 tot een einde komen. De paper roept daarom op tot vereniging van netbeheerders om verdere ontwikkeling en adoptie van één uniforme standaard te stimuleren.

6. Referenties

- Adriaanse, A, Voordijk, H en Dewulf, G (2010) Adoption and Use of Interorganizational ICT in a Construction Project. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(9), 1003-1014.
- Bormann, A, Kolbe, T H, Donaubauer, A, Steuer, H, Jubierre, J R en Flurl, M (2015) Multi Scale Geometric-Semantic Modeling of Shield Tunnels for GIS and BIM Applications. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 30, 263-281.
- Bower, G en Star, S L (1999) *Sorting Things Out*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Bradley, A, Haijiang, L, Lark, R en Dunn, S (2016) BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective. *Automation in Construction*, 71, 139-152.
- British Standards Institution (2017) PAS 256:2017. BSI Standards Limited 2017.
- buildingSMART (2016) Industry Foundation Classes Version 4 – Addendum 2. Opgehaald van <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/>.
- Cheng, J C P, Deng, Y en Du, Q (2013) Mapping Between BIM Models and 3D GIS City Models of Different Levels of Detail. 13th International Conference of Construction Applications of Virtual Reality, 30-31.
- El-Diraby, T E en Osman, H (2011) A domain ontology for construction concepts in urban infrastructure projects. *Automation in Construction*, 20(8), 1120-1132.
- European Commission (2013) D2.8.III.6 INSPIRE Data Specification on Utility and Government Services – Technical Guidelines.
- Gasevic, D, Djuric, D en Devedzic, V (2009) *Model Driven Engineering and Ontology Development*. New York, NY: Springer.
- Geonovum (2017) IMKL2015 – Dataspecificatie Utiliteitsnetten.
- Hor, A-H, Jadidi, A en Sohn, G (2016) BIM-GIS Integrated Geospatial Information Model Using Semantic Web and RDF Graphs. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3(4), 73-79.
- ISO 29481 (2010) ISO 29481-1-201(E) Building Information Modeling – Information Delivery Manual – Part 1.
- Lu, Y, Li, Y, Skibniewski, M, Wu, Z, Wang, R en Le, Y (2015) Information and communication technology applications in architecture, engineering, and construction organizations: a 15-year review. *Journal of Management in Engineering*, 31(1), 4014010.
- Pauwels, P, Zhang, S en Lee, Y (2016) Semantic web technologies in the AEC industry: A literature review. *Automation in Construction*, 73, 145-165.
- Peansupap, V en Walker, D H T (2005) Factors enabling information and communication technology diffusion and actual implementation in construction projects. *Construction Management and Economics*, 24(3), 321-332.
- Ploeger, H, Loenen, B, van, Kap, A, P en Stoter, J, E (2005) Kabels en leidingen: de chaos in de bodem. *Nederlands Juristenblad*, 23, 1186-1191.
- Timmermans, S en Epstein, S (2010) A world of standards but not a standard world: Toward a sociology of standards and standardization. *Annual Review of Sociology*, 36, 69-89.
- Turk, Z (2001) Phenomenological foundations of conceptual product modelling in architecture, engineering and construction. *Artificial Intelligence in Engineering*, 2(15), 83-92.