

© (Barateiro et al., 2021)

BIM inzetten voor asset management

Een belangrijk aspect van *Building Information Modelling* (BIM) bestaat erin om allerlei informatie over infrastructuur te bewaren en te delen met de verschillende partijen die een rol spelen gedurende de levenscyclus ervan. Vandaag wordt BIM steeds vaker gebruikt in de ontwerp- en uitvoeringsfase wanneer er belangrijke weginfrastructuur wordt gebouwd of vernieuwd. Soms wordt dan een *as-built* BIM-model van de infrastructuur afgeleverd. De informatie in het BIM-model kan echter ook interessant zijn in de fase van exploitatie en onderhoud.

Het tweejarig CEDR-project (*Conference of European Directors of Roads*) CoDEC (*Connected Data for Effective Collaboration*) is net afgerond. Het had als doel om op een zeer praktische manier inzicht te krijgen in de belangrijkste middelen voor de succesvolle invoering van communicatiewijzen en gegevensstromen tussen een BIM-omgeving en *Asset Management Systems* (AMS), met het oog op toepassing in de wegenbouwsector in Europa. Beide werelden zijn vandaag nog niet op elkaar afgestemd en ook de manier om data te definiëren en uit te wisselen is niet gestandaardiseerd. In het CoDEC-project (<https://www.codec-project.eu/>) werd, in overleg met CEDR (<https://www.cedr.eu/>), de scope beperkt tot drie belangrijke soorten infrastructuur: wegverhardingen, bruggen en tunnels. De aanpak die in het project werd ontwikkeld, moest wel uit te breiden zijn naar alle andere onderdelen van de weginfrastructuur.

Uniek aan het CoDEC-project is dat alle stappen werden gezet met als doel om tot een *application programming interface* (API) te komen die verschillende software met elkaar kan verbinden. De informatica-oplossing die CoDEC voorstelt, is een gelaagde architectuur die gemakkelijk in allerlei software kan worden geïmplementeerd: in elke BIM- of GIS-software hoeft er maar een klein stukje extra code te worden geprogrammeerd. De oplossing van CoDEC laat ook toe om op eenvoudige wijze te zorgen voor toegang tot een extra dataset of tot meer informatie over beschikbare data, die dan gebruikt kan worden voor nieuwe toepassingen. Door de realisatie van drie pilotprojecten werd aangetoond dat de aanpak een werkbare oplossing is.

Data dictionary

Niet alle gegevens over een weginfrastructuur zijn even nuttig voor het beheer ervan. De eerste stap die in het CoDEC-project werd gezet, was het opstellen van een *data dictionary*. Dit in gewone taal opgesteld Engelstalig document beschrijft welke objecten en elementen van belang zijn voor *asset management*. De *data dictionary* is eenvoudig genoeg om overzichtelijk te blijven en vormt de specificatie van wat er nuttig moet worden gecommuniceerd tussen het BIM-model en de AM-software.

In de *data dictionary* wordt een onderscheid gemaakt tussen “statische” en “dynamische” gegevens. De statische gegevens zijn de data over de fysiek aanwezige infrastructuur. De dynamische gegevens zijn de data verzameld door sensoren of meetvoertuigen, die informatie bevatten over een deel van de infrastructuur.

De CoDEC *data dictionary* is een Excelbestand. De inhoud is sterk gericht op tunnels, bruggen en wegverhardingen, maar ook andere delen van het wegenpatrimonium worden erin vermeld. De dynamische data is beschreven op een wijze die onafhankelijk is van specifieke, vandaag gebruikte sensoren. De eenvoudige opbouw kan indien nodig gemakkelijk worden uitgebreid.

Bij het opstellen van de CoDEC *data dictionary* (<https://www.codec-project.eu/Resources/projectreports>) werd met bestaande *data dictionaries* en standaarden rekening gehouden. Denk maar aan de *data dictionary* dat door het Europees onderzoeksproject AM4INFRA (<https://am4infra.eu/>) rond *asset management* was opgesteld (maar niet bedoeld was voor een BIM-omgeving) en de datarepresentatie van in Europa bestaande inventarissen van weginfrastructuur en bestaande OTL's (*Object Type Libraries*). Er werd ook gebruik gemaakt van de ifcRoad-standaard, ontwikkeld door het internationale consortium BuildingSMART (<https://www.buildingsmart.org/standards/calls-for-participation/ifcroad/>), de *Data Standard for Road Management and Investment in Australia and New Zealand* (voor het deel over tunnels) (Draheim et al, 2019) en de *Asset Data Management Manual* (ADMM) van Highways England (Highways England, Asset management Development Group, 2020). Deze laatste was ook een bron van inspiratie voor de vorm en het gebruik van een spreadsheet.

Ontologie

Linked Data en *Semantic Web*-methodologieën gebruiken ontologieën om gegevens te structureren en te delen. Een ontologie kan worden gedefinieerd als een "formele, expliciete specificatie van een gedeelde conceptualisering", wat inhoudt dat concepten, hun beperkingen en hun relaties worden gecodeerd op een manier die systematisch gestructureerd, expliciet en machinaal leesbaar is. Hierdoor kunnen ontologieën worden gebruikt om informatie te integreren en op te halen, semantisch verbeterde inhoud te verkrijgen en kennisbeheer te ondersteunen.

Op basis van de CoDEC *data dictionary* werd een CoDEC-ontologie ontwikkeld. Ook in deze stap werd maximaal gebruikgemaakt van al bestaande standaarden en internationaal aanvaarde werkwijzen. De aanpak van het CEDR-project INTERLINK (2015-2018) (<https://www.roadotl.eu/>) vormde de basis. In dat project werd de EurOTL-ontologie ontwikkeld. Het won de BuildingSMART-award in 2018. De CoDEC-ontologie is een uitbreiding van de EurOTL-ontologie. Voor de dynamische data werd de bestaande *Semantic Sensor Network* (SSN) *Ontology* van het W3C-consortium gebruikt (<https://www.w3.org/TR/vocab-ssn/>).

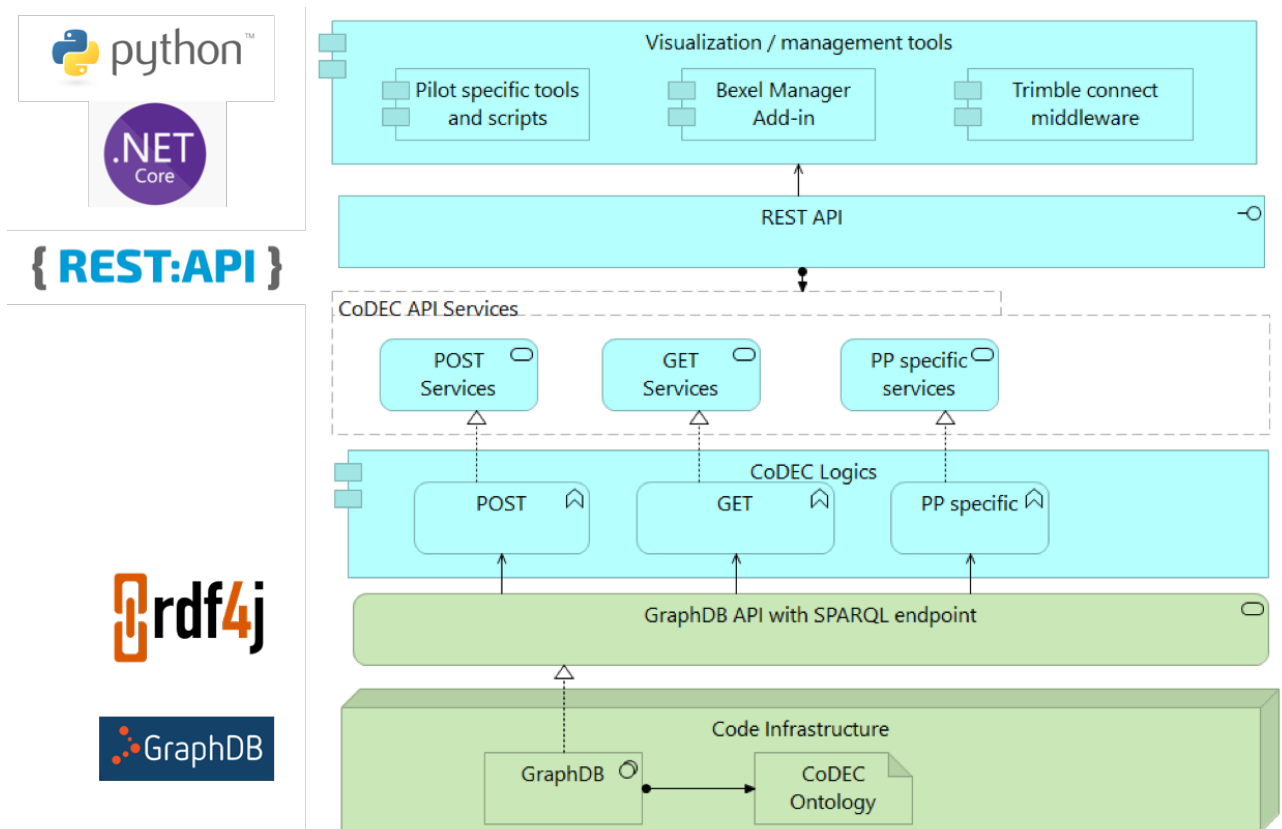
CoDEC-architectuur

De technische aanpak van het CoDEC-project bestaat uit een gelaagde architectuur. Elke laag is onafhankelijk en kan individueel evolueren. De architectuur is geschetst in figuur 1. De architectuur maakt zoveel mogelijk gebruik van bestaande, standaard gebruikte methodologieën uit de informaticawereld.

De *CoDEC data dictionary* beschrijft de data die toegankelijk moeten worden gemaakt. De ontologie is een implementatie van deze beschrijving in een omgeving die toelaat om de ontologie met SPARQL te bevragen. De SPARQL-zoektaal maakt het mogelijk om informatie op te vragen voor applicaties op het semantisch web.

De CoDEC API is een verzameling van diensten die met SPARQL-queries is geïmplementeerd en op die manier zorgt voor toegang tot de informatie in datastructuren die overeenkomen met de ontologie.

In een bestaande software kan vervolgens een applicatie worden geïmplementeerd die gebruikmaakt van de CoDEC API. De gebruiker van de API hoeft niets te weten van de onderliggende informatie over de ontologie.



Figuur 1 – Layered architecture

Uitbreidingen van de CoDEC API, ontologie of de *data dictionary* zullen geen invloed hebben op de bestaande diensten in de API of op reeds op basis van de API geïmplementeerde applicaties.

In het kader van CoDEC werden zowel .NET als Python gebruikt, een ander voorbeeld van de flexibiliteit van de voorgestelde oplossing. De enige softwarevereiste is dat SPARQL moet worden ondersteund.

Pilootprojecten

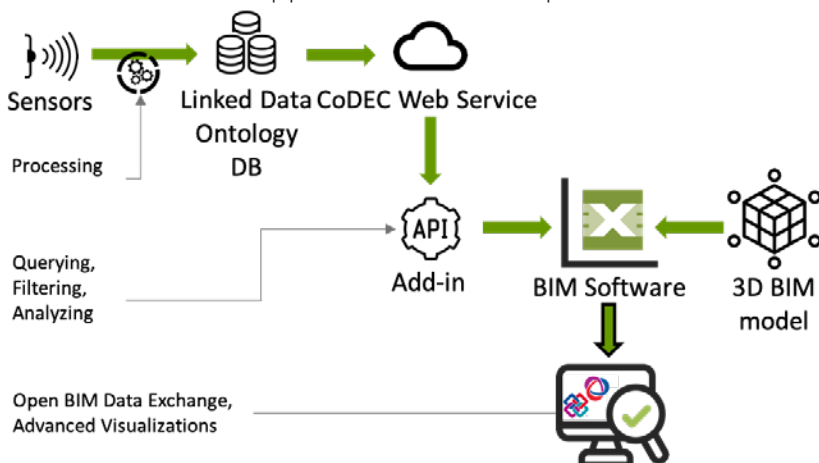
Voor de toepassing in de drie pilootprojecten werd een stuk van de CoDEC-ontologie en de CoDEC API geïmplementeerd. Elk pilootproject werd opgevolgd door één van de netwerkbeheerders van CEDR.

De CoDEC-architectuur liet toe om te werken met verschillende BIM-software (BEXEL Manager [<https://bexelmanager.com/>] en Revit [<https://www.autodesk.be/nl/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>]) en met de GIS-software ArcGIS (<https://www.arcgis.com/index.html>). In de pilootprojecten met tunnel en brug werden statische en dynamische data aan elkaar gelinkt in de BIM-omgeving. Bij het pilootproject over de wegverharding werd informatie uit het BIM-model gelinkt aan een kaart die typisch de basis vormt voor AMS.

Pilootproject 1: tunnel

Het Agentschap Wegen en Verkeer (AWV) (<https://wegenverkeer.be/>) stelde een driedimensionaal model van een tunnel ter beschikking, dat als IFC-model (IFC open BIM format ISO 16739-1:2018 [International Organization for Standardization, 2018]) in BEXEL Manager werd geïmporteerd. Ook metingen van de temperatuur en luchtkwaliteit (NO₂ en CO), door verschillende over de tunnel verspreide sensoren en opgemeten op verschillende tijdstippen, werden door AWV aangeleverd in een Excelbestand.

Er werd een link gelegd tussen het BIM-model en de sensordata. Hiervoor moest wel een geschikt element in het BIM-model worden gekozen: de sensordata bevat informatie over een zone in de tunnel, niet over de puntlocatie waar de sensor zich bevindt. Er werd gekozen om de sensordata te koppelen aan de muurpanelen.



Figuur 2 – Gerealiseerde architectuur voor pilootproject 1: tunnel (Biswas et al., 2021b)

De geïmplementeerde architectuur is schematisch voorgesteld in figuur 2. In BEXEL Manager werd een applicatie geïmplementeerd die via de CoDEC API de data bevroegt. Enkel de geselecteerde data wordt via die applicatie geïmporteerd. Ze laat de visualisatie van de sensordata op het relevante deel van de tunnel toe. Bovendien kan ze een interpolatie maken van de data voor de secties van de tunnel die niet uitgerust zijn met sensoren en heeft ze een functie die de evolutie van de sensordata in de tijd kan tonen. Alle opgeladen data kan met de gewone softwarefuncties van BEXEL Manager worden getoond en gemanipuleerd. Zo kunnen variaties in de temperatuurdata met een kleurcode worden getoond. De op deze manier gecombineerde data kan eventueel ook weer in het IFC-formaat worden geëxporteerd.

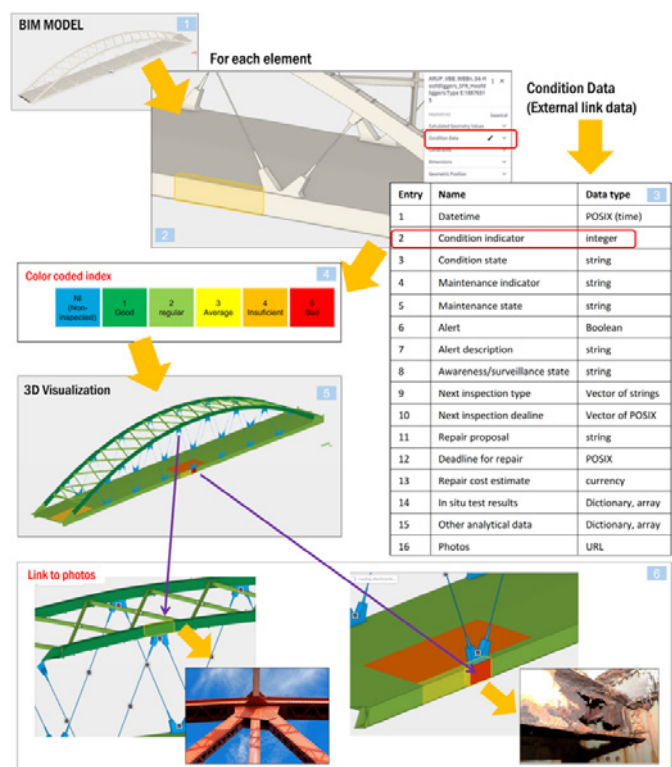
Pilootproject 2: brug

Een driedimensionaal model van een brug werd ter beschikking gesteld door Rijkswaterstaat (Nederland) (<https://www.rijkswaterstaat.nl/>) en werd ook weer in BEXEL Manager geïmporteerd. De in dit pilootproject geïmplementeerde mogelijkheden worden in figuur 3 geïllustreerd.

In BEXEL Manager werd een applicatie geprogrammeerd om de resultaten van visuele inspecties van de brug te importeren. De gebruiker kan de geïnspecteerde elementen van de brug in het BIM-model selecteren. Vervolgens worden de inspecties geladen en aan die elementen verbonden. De elementen in het BIM-model krijgen zo nieuwe datavelden, die met de inspectiedata worden gevuld. De nieuwe velden kunnen weer in het IFC-formaat worden geëxporteerd. Externe data kunnen ook foto's zijn, gelinkt aan een element in het model.

Vervolgens werd een veiligheidsindex toegevoegd aan de elementen in het BIM-model. Door de veiligheidsindex met een kleurcode te visualiseren, kan snel worden gezien welke elementen niet zijn geïnspecteerd of weldra opnieuw moeten worden geïnspecteerd, welke in goede conditie zijn of waar er onderhoud nodig is. Op die manier worden veiligheidsrisico's die uit visuele inspecties blijken bewaard en visueel toegankelijk gemaakt in het met externe data zoals foto's en inspectiegegevens uitgebreide BIM-model.

Om de BIM-omgeving met de CoDEC-ontologie te verbinden werd enkel gebruik gemaakt van functies in de CoDEC API. Die API-functies werden natuurlijk wel eerst geïmplementeerd. Dat gebeurde met queries op de ifcOWL-ontologie voor de statische data en op de SSN-ontologie voor de dynamische data van de visuele inspecties en de veiligheidsrisico's.



Figuur 3 – Illustratie van pilootproject 2: brug

Pilootproject 3: wegverhardingen

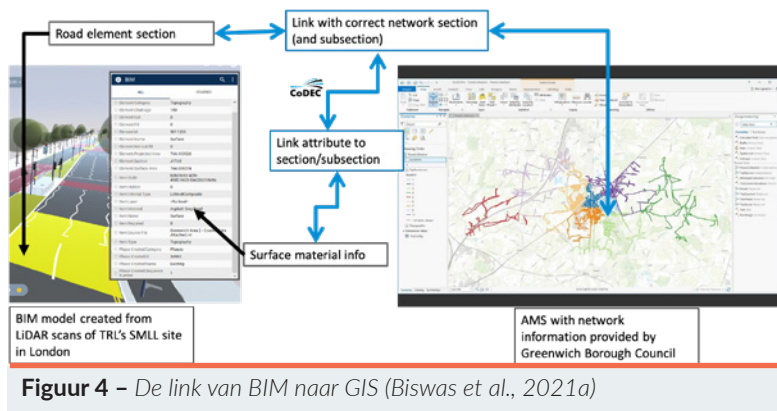
Voor het beheer van wegen wordt eerder gebruik gemaakt van GIS-software en voorstellingen op kaart dan van BIM-modellen. In dit pilootproject werd een link gelegd van het BIM-model naar de GIS-omgeving, die zo met data uit het BIM-model wordt verrijkt. De data voor dit pilootproject kwam van het wegennet dat het *Smart Mobility Living Lab* (<https://smartmobility.london/>) in Greenwich, nabij Londen, gebruikt.

Voor dit pilootproject werden samen met FTIA (Finse nationale wegbeheerder) (<https://vayla.fi/en/frontpage>) twee situaties geïdentificeerd: een BIM-model kan in de ontwikkelings- en uitvoeringsfase van een project zijn opgesteld en als *as-built* model door een aannemer zijn aangeleverd, of het kan gaan om een puntenwolk die met een LiDAR werd opgemeten en tot een BIM-model werd omgevormd. In beide gevallen worden de BIM-modellen niet opgebouwd voor later wegbeheer, maar bevatten ze wel interessante informatie voor dat beheer.

De wegenmodellen in een driedimensionale BIM-omgeving zijn op een andere manier opgebouwd dan in een GIS-omgeving, waar wegen als lijnen in een tweedimensionale wereld worden voorgesteld. Daarom was de eerste uitdaging om een connectie te maken van een wegelement dat een sectie in BIM voorstelt naar het overeenkomstig wegelement in het GIS-model.

In dit pilootproject werd ervoor gekozen om in het BIM-model wegverhardingen als een opeenvolging van rechthoekige vormen te definiëren. Het wegennet werd in het BIM-model als een net van lijnen voorgesteld. Elke rechthoekige vorm werd gesneden met de lijn die een weg voorstelt en de positie van de rechthoekige vorm werd in een gelinkte databank bewaard en uitgedrukt volgens een lineaire uitlijning met behulp van de ISO-standaard ISO 19148:2021 (ISO, 2021), die in EurOTL wordt gebruikt. De berekeningen op de geometrische vormen in het BIM-model werden als een Dynamo script in Revit geïmplementeerd. De databank werd opgezet in GraphDB waarop SPARQL-queries en updates konden worden geprogrammeerd. In EurOTL wordt de officiële GeoSPARQL-ontologie van het Open Geospatial Consortium (<https://www.ogc.org/>) gebruikt om de geospatiale locatie en relaties met objecten te representeren. In de ontwikkeling van de CoDEC API werd dit gebruikt om de linked database op te bouwen, met data in een formaat dat door GIS-applicaties wordt begrepen.

Vervolgens werd aangetoond hoe de informatie die bij de rechthoekige vormen hoort, in een voor GIS leesbaar formaat kan worden bewaard en gebruikt. Met een *GET request* in een SPARQL-query werd de informatie als een JSON (ISO, 2017) in een Python script verwerkt. Voor elk van de rechthoekige vormen in het BIM-model werd de JSON omgevormd tot een voor de commerciële GIS-software ArcGIS leesbaar geometrisch object.



Zoals geschetst in figuur 4 werd het daarmee mogelijk om de rechthoekige vormen zichtbaar te maken op een kaart en de specifieke in het BIM-model beschikbare informatie over de wegopbouw aan het GIS-model te koppelen.

Vooruitzichten

Terwijl de drie pilootprojecten duidelijk aantonen dat de voorgestelde aanpak werkt, zullen de resultaten van het project pas echt een succes worden wanneer de hele sector ze oppikt.

Om de communicatie tussen BIM-omgevingen en *asset management software* te doen slagen, zijn drie ingrediënten nodig: standaarden, abstractie en visualisatietools. De aanpak van CoDEC werkt op die drie punten. De CoDEC-ontologie bouwt voort op de resultaten van het INTERLINK-project (de RoadOTL-standaard). De CoDEC API is een laag van abstractie op de CoDEC-ontologie en in de pilootprojecten werden visualisatietools in commerciële softwareomgevingen gebouwd. De oplossing van CoDEC is, onafhankelijk van de gebruikte technologie, gemakkelijk toe te passen en de ontologie kan worden uitgebreid. Het CoDEC-project doet ook aanbevelingen voor de toekomst. De BIM-softwareleveranciers zouden instrumenten moeten aanreiken voor geavanceerde filtermechanismen, om ifcOWL te genereren vanaf BIM-modellen. Pilootproject 3 toont het nut van het modelleren van wegverhardingen in korte segmenten en van het integreren van een lineaire uitlijning van de wegen. Beschrijvingen van wegelementen zullen waarschijnlijk verder op gestandaardiseerde wijze in IFC Road worden ontwikkeld. Met het oog op de visualisatiemechanismen zouden ontwikkelaars van BIM-modellen het best elementen met het gepaste niveau van detail maken. De optimale wijze om de aanpak van het CoDEC-project in de toekomst uit te rollen, is alle stappen volledig te automatiseren. Vanuit een technisch standpunt betekent dat behoorlijk wat werk op het vlak van data instantiëren en met allerlei bronnen synchroniseren. De verdere ontwikkeling van de CoDEC API moet op een gestandaardiseerde en gecentraliseerde wijze gebeuren.

Meer informatie over het CoDEC-project is te vinden op de website van het project (<https://www.codec-project.eu>) of van CEDR (<https://www.cedr.eu/peb-research-call-2018-bim>). Op het Belgisch Wegencongres zal AWW pilootproject 1: tunnel bespreken in de sessie “intelligente sensoren en het internet der dingen in dienst van de wegenbouw” op dag 1.

De partners in het consortium van het CoDEC-project zijn: TRL (coördinator), RHDHV, ZAG, BEXEL, LNEC, OCW, FEHRL. OCW speelde vooral een rol in de ontwikkeling van de *data dictionary* en de verspreiding van de resultaten.



Literatuur

- Draheim, A., Martin, T., Davey, S. & Clarke, M. (2019). *Data standard for road management and investment in Australia and New Zealand* (Version 3.0) (Austroads Research Report No AP-R597-19). <https://austroads.com.au/publications/asset-management/ap-r597-19>
- Barateiro, J., Antunes, A., Marecos, V., Kokot, D., Bhusari, S., Wijdeven, S., Clark, J., Proust, J., Biswas, S., Wright, A., Lukovic, F. & Petrovic, J. (2021). *Connected data for effective collaboration (CoDEC). Deliverable D3A: Pilot projects report and consolidated implementation resources*. Conference of European Directors of Roads (CEDR). <https://www.codec-project.eu/Resources/projectreports>
- Biswas, S., Proust, J., Andriejauskas, T., Wright, A., Van Geem, C., Kokot, D., Antunes, A., Marecos, V., Barateiro, J., Bhusari, S. & Jovanovic, U. (2021a, août 22-25). CODEC: Connected data for road infrastructure asset management. In *Proceedings of the 30th international Baltic road conference*, Riga, Latvia. Baltic Road Association (BRA).
- Biswas, S., Proust, J., Andriejauskas, T., Wright, A., Van Geem, C., Kokot, D., Antunes, A., Marecos, V., Barateiro, J., Bhusari, S., Jovanovic, U. & Petrovic, J. (2021b, novembre 7-10). Demonstrating connectivity and exchange of data between BIM and asset management systems in road infrastructure asset management. In *Roads to tomorrow: Proceedings of the 18th IRF world meeting & exhibition, Dubai, UAE*. International Road Federation (IRF).
- Highways England, Asset Management Development Group. (2020). *Asset data management manual* (ADMM, version 12.0). <https://www.standardsforhighways.co.uk/ha/standards/admm/#acceptCookie>
- International Organization for Standardization. (2017). *Information technology: The JSON data interchange syntax*. (ISO/IEC 21778). <https://www.iso.org/standard/71616.html>
- International Organization for Standardization. (2018). *Industry foundation classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Part 1: Data schema* (ISO 16739-1). <https://www.iso.org/standard/70303.html>
- International Organization for Standardization. (2021). *Geographic information: Linear referencing* (ISO 19148). <https://www.iso.org/standard/75150.html>