



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Rapportage

Leeromgeving Madaster Infrastructuur,

Rijkswaterstaat casus Beatrixsluis

Definitief

24 januari 2020

Onderzoek	Materialenpaspoort Infrastructuur
Titel	Leeromgeving Madaster Infrastructuur
Project	Casus Beatrixsluis
Datum	16-12-2019
Status	Definitief
Bestelnummer	4500276465
Zaaknummer	31140165
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Projectcode	103739
Vertegenwoordiger	Jeroen Nagel
Opdrachtnemer	Infranea - Heijmans
Auteur(s)	ir. ing. Maarten van den Berg, ir. Mark Castelijns
Gecontroleerd	Adrie van der Burgt, Peter Schakel

© Infranea - Heijmans

Niets uit dit document mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Infranea en Heijmans noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Infranea en Heijmans aanvaarden geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Infranea en Heijmans geleverde document.

Inhoud

Figuren	7
Tabellen	9
1 Inleiding	10
1.1 Leeswijzer	11
2 Onderzoekskader	12
2.1 Doelstelling	12
2.2 Onderzoeksvragen	12
2.3 Onderzoeksmethode	13
3 Theoretisch Kader en praktijksystemen	14
3.1 Inhoud & toepassingen van het materialenpaspoort	14
3.2 Decompositiestructuur Materialenpaspoort	17
3.3 Data Integriteit en -structuur	20
3.4 Data modellering	20
3.5 Standaardisatie van data en classificatie	21
3.6 Nederlandse Standaarden en Classificatiesystemen	22
3.7 Verdieping NEN2767-4 en RWS OTL als Classificatiesysteem	26
3.8 Internationale Standaarden en Classificatiesystemen	28
3.9 Datamodel Materialenpaspoort Infrastructuur	30
4 Madaster Leeromgeving	32
4.1 Madaster doelstelling	32
4.2 Madaster in de levenscyclus van een gebouwd object	32
4.3 Madaster Functies	33
4.4 Madaster Systeem Architectuur	34
4.5 Madaster Platform	34
4.6 Madaster Conceptueel datamodel	36
4.7 Proces Materialen Paspoort	38
4.8 Functionele Bevindingen Madaster	39
5 Case Studie	40
5.1 Beheerobjecten Beatrixsluis	41
5.2 Procesbeschrijving Madaster Leeromgeving	42
5.3 Gebouw U	43
5.4 Brug over sluis 3	44
5.5 Buitenhoofd sluis 3	45
5.6 Vergelijking praktijktoepassing OTL NL/sfb en IFC	47

5.7	Vergelijking DISK - MADASTER	48
5.8	Constateringen Casestudie	49
6	Cross Case Analyse	50
6.1	Vergelijking op bouwkundige en civiele objecten	50
6.2	GAP-analyse circulariteit	53
7	Conclusies en aanbevelingen	55
7.1	Conclusie materiaalparameters & objecteigenschappen	55
7.2	Aanbevelingen RWS ILS	56
7.3	Omgang as-built data: as-built tekeningen;	57
7.4	Aanbevelingen omgang met IFC-bestanden	58
7.5	Aanbevelingen Data Governance	58
7.6	Aanbevelingen aan Madaster	59
7.7	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	62
8	Bibliography	63
8.1	Webpagina's	64
9	Bijlagen	65
9.1	Bijlage 1: overzicht relevante onderzoeken en ontwikkelingen materialenpaspoorten	66
10.1	Bijlage 2 Proces opwerken IFC modellen	67

Figuren

Figuur 3.1 Een materialenpaspoort geeft informatie over de materialen en elementen die zijn opgenomen in een gebouw object (Merrild, 2016). De eigenaar kent dankzij het materialenpaspoort de onderdelen in zijn gebouw object en kan dankzij deze informatie overbodige of buiten functie geraakte elementen, bouwdelen en materialen verkopen. Bron: 'Shaping the Material Passport for Existing Civil Works: A Tool for the Construction Sector to Put the Circular Economy into Practice', E. van Best en E. Eijsbouts, Witteveen+Bos, juni 2017.....	14
Figuur 3.2 Circulaire economie systeem diagram (Ellen MacArthur, 2013).....	16
Figuur 3.3 Decompositie van een gebouwstructuur in inhoudelijke domeinen en hiërarchische niveaus (Durmisevic 2006).	17
Figuur 3.4 Gebouwdecompositie structuur (Brand, 1994).....	18
Figuur 3.5 Decompositie structuur van Durmisevic (2006).	18
Figuur 3.6 Standaarden gevisualiseerd naar fases in het gedigitaliseerde bouwproces (BIM Loket, 2016).	22
Figuur 3.7 Standaarden gecategoriseerd naar sector en toepassingsgebied (BIM Loket, 2016);	23
Figuur 3.8 Positionering van de Nederlandse standaarden binnen het Building Smart framework (BIM Loket, 2016).	25
Figuur 3.9 NEN2767-4 Decompositie in drie niveaus voorzien van voorbeelden (Amit, 2012).	26
Figuur 3.10 NEN2767-4 decompositie reikwijdte beheerobject element en bouwdeel (Habitask, 2016). ..	27
Figuur 3.11 Vergelijking NEN2767-4 met Uniclass-2015.	29
Figuur 3.12 Voorbeeld definitie in de BSDD-standaard (Grant, 2013), voorheen Industry Foundation Class (IFD).	30
Figuur 3.13 De eigenschappen waarin een materialenpaspoort moet voorzien om het hergebruik te faciliteren.....	30
Figuur 4.1 Madaster toegepast in de levenscyclus van een gebouw object (Madaster, 2019).....	32
Figuur 4.2 Het Madaster Ecosysteem toont de systeemarchitectuur van het platform.	34
Figuur 4.3 Madaster Portfolio (links) en Register Gebouwd object (rechts).....	35
Figuur 4.4 Madaster Register gebouwd object: Gebouw: Materialen naar de decompositie van Brand (links) en naar indeling in het bouwproces (rechts).....	35
Figuur 4.5 Madaster Register gebouwd object: Geïmporteerde data verrijken door koppeling met de product materiaal database (links) model viewer (rechts).....	35
Figuur 4.6 Madaster Register gebouwd object: Circulariteitsindex (links) en Financiële waarde naar materiaalgroepen en bouwlagen (rechts).....	36
Figuur 4.7 Conceptueel datamodel voor product (links) met de userinterface voor koppeling (rechts).....	36
Figuur 4.8 Conceptueel datamodel voor Producten/ Elementen (links) met het detailscherm (rechts).	37
Figuur 4.9 Conceptueel datamodel voor materialen gekoppeld aan financiële informatie met doorkoppeling naar actuele materiaal prijzen en een link naar de circulariteitsinformatie (links) met rechts het detailscherm.	37
Figuur 4.10 Proces voor het opmaken van een materialenpaspoort in Madaster.	38
Figuur 4.11 De Materialenpaspoort functionaliteiten die Madaster reeds beschikbaar heeft.	39
Figuur 5.1 Bij de verbreding van het Lekkanaal hebben enkele van de vrijgekomen loopbruggen een nieuwe functie gekregen als parkbrug binnen hetzelfde areaal. Het betreft hergebruik op element niveau.....	40
Figuur 5.2 Workflow verkrijgen materialenpaspoort.....	42
Figuur 5.3 Gebouw U voorzien van de percentages voor: materiaal volumes in base quantity en NL-SFB classificatie.....	44
Figuur 5.4 Madaster register startscherm voor de brug over sluis 3. De foto kan helpen bij toekomstige demontage.....	44

Figuur 5.5	Overzicht data IFC model brug.....	45
Figuur 5.6	Madaster laat het toe om verschillende modellen in te laden voor een gebouw object wat noodzakelijk is voor een volledig materialenpaspoort van een sluishoofd.....	46
Figuur 5.7	Haalbaarheid van de materialenpaspoortvereisten bij de toepassing van Madaster op een lopend project.	49
Figuur 6.1	Vergelijking op niveau gebouw object.....	50
Figuur 6.2	Vergelijking op het niveau van de NL/sfb codering.	51
Figuur 6.3	Vergelijking op het niveau van base quantities.	51
Figuur 6.4	Vergelijking van het aantal gekoppelde elementen.	52
Figuur 6.5	Vergelijking van de koppeling van elementen of componenten is doorgaans problematisch omdat hier geen classificatie voor bestaat. Binnen een samengesteld element gaat de decompositie niet verder waar dit voor het hergebruik van materialen in civiele objecten noodzakelijk is.....	52
Figuur 6.6	Buitenhoofd validatie van bestanden en filtering van de materialen naar hoofdtypologie.	53
Figuur 6.7	Buitenhoofd mate van circulariteit in de verschillende fases	54
Figuur 7.1	Informatie eisen materialenpaspoort die als parameter of attribuut opgenomen moeten worden.	56
Figuur 7.2	Madaster ecosysteem geoptimaliseerd voor infrastructuur.	59
Figuur 7.3	Informatie eisen voor materialenpaspoorten geprojecteerd in de levenscyclus van een gebouw object.....	62

Tabellen

Tabel 2.1 Informatie standaarden en uitwisselformaten voor infrastructuur en gebouwen.	13
Tabel 3.1 Mapping van de informatie eisen uit het materialenpaspoort met de decompositiestructuren van Brand en Durmisevic.	19
Tabel 3.2 Standaarden uit de Atlas van het BIM loket die in aanmerking komen voor het opstellen en onderhouden van een materialenpaspoort (*Nederlandse standaard toegevoegd door de onderzoeker).	24
Tabel 3.3 Mapping van de informatie eisen uit het materialenpaspoort met de NEN2767-4 decompositiestructuren.	27
Tabel 3.4 Mapping van de door Rijkswaterstaat toegepaste standaarden (Rijkswaterstaat, Productspecificaties Beheerkaart-Nat , 2009) (Rijkswaterstaat, Instructie modelleren op basis van de OTL 2.3, 2019) (Rijkswaterstaat, Handleiding Ultimo RWS, 2019) met de vereiste inhoud in materialenpaspoorten (Merrild, 2016).	28
Tabel 3.5 Internationaal erkende informatie standaarden die kunnen bijdragen aan het materialenpaspoort Infrastructuur.	29
Tabel 4.1 Informatie vereisten materialenpaspoort versus de functies in Madaster.	39
Tabel 5.1 Datastructuur Casestudieonderzoek georganiseerd naar ontwerpsoftware en classificatiesysteem.	41
Tabel 5.2 De uitkomsten van de classificatie scores van de verschillende aspectmodellen	46
Tabel 5.3 Informatie standaard en toegewezen eigenschappen.....	47
Tabel 7.1 Vereiste parameters voor hergebruik op element en materiaal niveau.	61

1 Inleiding

Rijkswaterstaat heeft zich tot doel gesteld in 2030 circulair te werken. Om dat te bereiken is in veel grotere mate dan tot op heden gebruikelijk informatie nodig over de materialen die in haar areaal worden gebruikt voor het functioneren van de infrastructuur netwerken.

In 2017 heeft Rijkswaterstaat een onderzoek uit laten voeren door Witteveen en Bos op het project Beatrixsluis naar de benodigde informatievoorwaarden voor een materialenpaspoort (103739-18-000.329-rapd-adviesrapport Materialenpaspoort - casus Prinses Beatrixsluis).

Een van de manieren om het inzicht in de gebruikte materialen te vergroten is het ontwikkelen van zogenaamde materialenpaspoorten. Sinds enige jaren is in de bouwsector een organisatie actief die hiervoor een "Materialen Kadaster" ontwikkelt: Madaster. Rijkswaterstaat is samen met Prorail en Alliander de Madaster Infra leeromgeving gestart om te onderzoeken of Madaster ook in de Infrastructuur sector van toegevoegde waarde is om materiaal informatie op te slaan en/of uit te wisselen. De drie centrale thema's zijn:

- Wat is een benodigde governance voor het welslagen van Madaster Infra?
- Wat is een benodigde data security voor het welslagen van Madaster Infra?
- In hoeverre is Madaster geschikt voor (de datastandaarden) van de Infrastructuur sector?

Dit laatste punt staat centraal in dit onderzoek, met het Beatrixsluizen complex als casus.

Ieder areaal of beheerobject kan met Madaster Infra beschikken over een materialenpaspoort, mits de juiste basisinformatie daarvoor wordt aangeleverd. Op basis van deze informatie verwacht Rijkswaterstaat beter te kunnen sturen op het hergebruik van beheerobjecten, elementen, bouwdelen en de daarin opgeslagen grondstoffen.

Madaster is een database waarin gebouwegenaren hun elementen, bouwdelen en grondstoffen moeten registreren en daarmee een materialenpaspoort creëren. De Madaster database heeft een integratie ontwikkeld met Excel, de open BIM standaard IFC en maakt gebruik van de bouwkundige bestek codering NL/sfb voor de identificatie van materialen.

Madaster wil haar domein graag uitbreiden naar infrastructuur vanwege de veelvoud aan opgeslagen materialen. Daarnaast onderzoekt Rijkswaterstaat met dit project of Madaster een geschikt middel kan zijn om de opgeslagen materialen in haar infrastructuur te identificeren en te beheren. Madaster is niet specifiek ingericht op infrastructuur. Dit onderzoek beoogt antwoord te geven op de vraag in hoeverre Madaster geschikt is of kan worden om civiele infrastructuur in Madaster op te nemen. Zodat voor civiele infrastructuur een materialenpaspoort gegenereerd kan worden.

Vanuit het perspectief van Rijkswaterstaat is dit een van de mogelijke strategieën, het 'inwinnen' van meer materiaalgerelateerde data. Dat staat centraal in dit onderzoek. Een andere mogelijke strategie is het 'inzichtelijk' krijgen van materiaalgerelateerde data, bijvoorbeeld door eigenaarschap bij de bron – producent of opdrachtnemer – en afspraken over toegang tot deze informatie door derden (bijvoorbeeld middels linked data).

Bouwcombinatie Sas van Vreeswijk realiseert in opdracht van Rijkswaterstaat het project verbreding Lekkanaal en de aanleg van de derde kolk van de Prinses Beatrixsluis. Dit project bevat gebouwen en infrastructuur. Daarnaast werkt het project nagenoeg alle onderdelen uit in BIM waardoor een gedegen informatiestructuur bestaat van een breed scala aan beheerobjecten binnen één areaal. Tot slot is Sas van Vreeswijk 27 jaar verantwoordelijk voor het onderhoud van het areaal en zoekt zij voor enkele beheerobjecten nog een nieuwe bestemming.

Sas van Vreeswijk stelt de onderzoeksdata voor deze casus beschikbaar. iNFRANEA is de BIM adviseur van Sas van Vreeswijk en is opdrachtnemer voor dit onderzoek. iNFRANEA betreft de BIM- en circulaire economie adviseurs van Heijmans. In bijlage 8.1 is een overzicht opgenomen van relevante onderzoeken materialenpaspoorten. Binnen het circulaire economie programma Rijkswaterstaat worden de onderzoeken rond het materialenpaspoort verbonden aan de volgende fases:

1. Fase 1. Informatiebehoefte (vraag):
 - a. Informatiebehoefte per actor?
 - b. Op welk niveau ('level of detail') moeten materialen worden gedocumenteerd?
2. Fase 2. Informatie beschikbaarheid (aanbod) (oa dit onderzoek):
 - a. Welke informatie is beschikbaar in BIM of andere datasystemen?
 - b. In welke informatievragen van RWS kan de informatiebehoefte het best worden opgenomen?
3. Fase 3. Eindproduct: Programma van informatie eisen:
 - a. Overzicht van informatie eisen voor materialenpaspoort, en op welke wijze hierin kan worden voorzien (procesaangepak).

1.1 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft in het tweede hoofdstuk het Onderzoekskader. Aansluitend volgt het derde hoofdstuk met een theoretisch kader dat in gaat op de data uitwisselingsstandaarden die toegepast kunnen worden om een materialenpaspoort voor infrastructuur op te maken. Het vierde hoofdstuk beschrijft de Madaster leeromgeving voor Infrastructuur. De casestudie Beatrixsluis volgt in het vijfde hoofdstuk met daarbinnen verschillende civiele objecten die opgenomen worden in de Madaster leeromgeving voor het opmaken van een materialenpaspoort. Aansluitend volgt een analyse op basis van de civiele en bouwkundige objecten van het project Beatrixsluis. Het zevende hoofdstuk besluit met conclusies en aanbevelingen voor Informatie leveringspecificaties en database structuren voor materialenpaspoorten.

2 Onderzoekskader

Madaster is ontwikkeld voor de identificatie en het beheer van de beheerobjecten, elementen, bouwdelen en materialen die deel uitmaken van een gebouw. De vraag is in welke mate de grondstoffenvoorraad, opgeslagen in civiele infrastructuurprojecten, kan worden geïdentificeerd en geregistreerd voor toekomstig hergebruik in nieuwe assets.

2.1 Doelstelling

Doelstelling van het onderzoek binnen het Circulaire economie programma van Rijkswaterstaat:

Inzicht in de behoeften om het informatiemodel van de Madaster leeromgeving aan te vullen zodat beheerobjecten, elementen, bouwdelen en materialen uit infrastructuurprojecten opgenomen kunnen worden in de database.

Doelstellingen in dit onderzoek:

- 1. De model elementen met bijbehorende eigenschappen identificeren waarmee gebouwen en infrastructuur objecten opgenomen kunnen worden in de Madaster Infra leeromgeving.***
- 2. Het geven van aanbevelingen voor de uitbreiding van de Madaster en RWS-OTL (Object Type Library) datastructuur ter bevordering van het hergebruik van civiele beheerobjecten.***

2.2 Onderzoeksvragen

Hoofdvraag:

Welke (materiaal)parameters en (OTL) objecteigenschappen zijn benodigd om vanuit de (Madaster) database een materialenpaspoort te genereren voor een civieltechnisch beheerobject?

Deelvragen:

1. Welke eigenschappen zijn vanuit het theoretisch kader relevant voor het genereren van een materialenpaspoort voor de bouwdelen van een gebouw en een civiel beheerobject?
2. Welke eigenschappen borgt de OTL op het decompositieniveau van beheerobjecten en elementen die relevant zijn voor hergebruik en daarmee het materialenpaspoort?
3. Welke functionaliteiten biedt de Madaster leeromgeving voor het opmaken van een materialenpaspoort?
4. Welke eigenschappen van het materialenpaspoort kunnen ingevuld worden door de IFC modellen (van gebouwen en civiele objecten) te mappen met de Madaster database?
5. Wat zijn de verschillen in de benodigde informatie bij het hergebruik van bouwkundige en civiele beheerobjecten?
6. Welke objecteigenschappen van het materialenpaspoort ontbreken in de bestaande / toegepaste modellen en classificatiesystemen voor de identificatie van civiele objecten?
7. Welke objecteigenschappen en uitwisselformaten moeten voorgeschreven worden in een ILS om een volledig materialenpaspoort te genereren voor een civiel beheerobject?

2.3 Onderzoeksmethode

Binnen het casestudy project Beatrixsluis, voert de onderzoeker een kwalitatief onderzoek uit naar het opstellen van een materialenpaspoort voor gebouwen en civiele objecten. De onderzoeker identificeert de eigenschappen die nu aan een object worden verbonden conform de vigerende OTL en de metadata die benodigd zijn voor een civieltechnisch materialenpaspoort op basis van Madaster.

In een deskstudie vergelijkt de onderzoeker de datamodellen van de OTL en Madaster. De deskstudie geeft inzicht in de eigenschappen, parameters, relaties en benamingen die zijn opgenomen in beide classificatiesystemen.

Madaster dient als vertrekpunt voor de registratie van de materialen. Vanuit de projecten en bouwondernemingen is het wenselijk om de aspecten te identificeren die toegevoegd moeten worden om de mapping van infrastructuur modellen met Madaster te maken, dat kost extra tijd en geld. Tabel 2.1 toont de (on)bekende uitwisselformaten en classificatiesystemen voor gebouwen en infrastructuur.

Informatiestructuur:	Gebouw	Civiele Infrastructuur
BIM 3D model	IFC 2x3	IFC 2x3, Landxml, native
RWS OTL NEN 2767-4	CMDB Classificatie	CMDB Classificatie
Madaster	NL/Sfb, IFC 2x3, Excel	?
Δ Madaster - OTL NEN 2767-4	?	?

Tabel 2.1 Informatie standaarden en uitwisselformaten voor infrastructuur en gebouwen.

Op basis van het voorgaande onderzoek "Materialenpaspoort - casus Prinses Beatrixsluis" is besloten om verder te werken op de bestaande voorgeschreven standaarden die RWS toepast binnen het project. Het betreft OTL versie 1.7.2, IFC 2x3 en NL-Sfb. Tabel 3 was het vertrekpunt voor deze keuze.

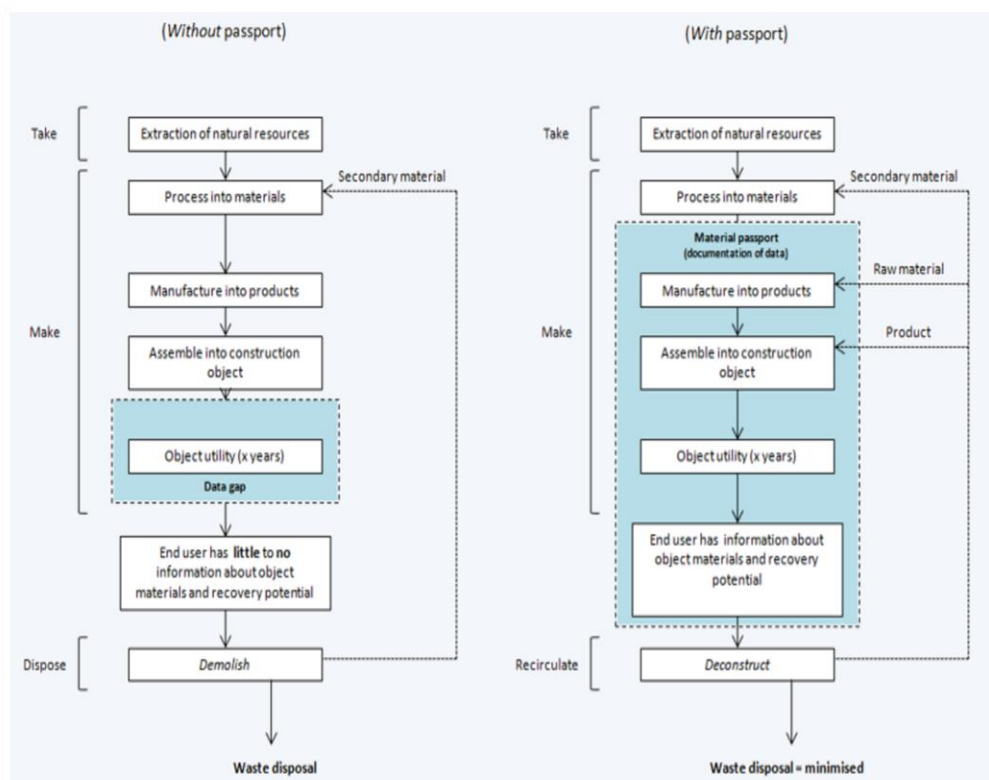
3 Theoretisch Kader en praktijksystemen

Vanuit de theorie over uitwisselstandaarden verzamelt de onderzoeker de eigenschappen die relevant zijn voor het opstellen van een materialenpaspoort van een gebouw en een civiel beheerobject. Daarmee is hij in staat om de eerste twee onderzoeksvragen te beantwoorden:

1. *Welke eigenschappen zijn vanuit het theoretisch kader relevant voor het genereren van een materialenpaspoort voor de bouwdelen van een gebouw en een civiel beheerobject?*
2. *Welke eigenschappen borgt de OTL op het decompositieniveau van beheerobjecten, elementen en bouwdelen die relevant zijn voor hergebruik en daarmee het materialenpaspoort?*

3.1 Inhoud & toepassingen van het materialenpaspoort

Net als bij een paspoort voor een persoon borgt een materialenpaspoort de identiteit van de materialen in een gebouwd object. Door de erkenning dat het materiaal bestaat krijgt het een waarde die het behoudt en kan het reizen van object naar object. Het materialenpaspoort kan de basis vormen voor nieuwe eigendomsvormen zoals verlichting als een service. Daarmee stimuleert het materialenpaspoort om anders te denken over materiaalgebruik en productontwikkeling binnen een circulaire economie.



Figuur 3.1 Een materialenpaspoort geeft informatie over de materialen en elementen die zijn opgenomen in een gebouwd object (van Best & Eijsbouts, 2017) . De eigenaar kent dankzij het materialenpaspoort de onderdelen in zijn gebouwd object en kan dankzij deze informatie overbodige of buiten functie geraakte elementen, bouwdelen en materialen verkopen.

Het concept van een materialenpaspoort verzekert de mogelijkheid om toegang te krijgen tot alle relevante informatie (Figuur 3.1) die de kenmerken en kwaliteit van een component of materiaal in een product beschrijft (Merrild, 2016). De inhoud van het materialenpaspoort moet daarom opgenomen worden in een

database. Een digitaal gebouw model kan de identificatie van de materialen in de database vereenvoudigen (Merrild, 2016).

Om materialen te hergebruiken moet een paspoort voorzien in de volgende informatie (Merrild, 2016):

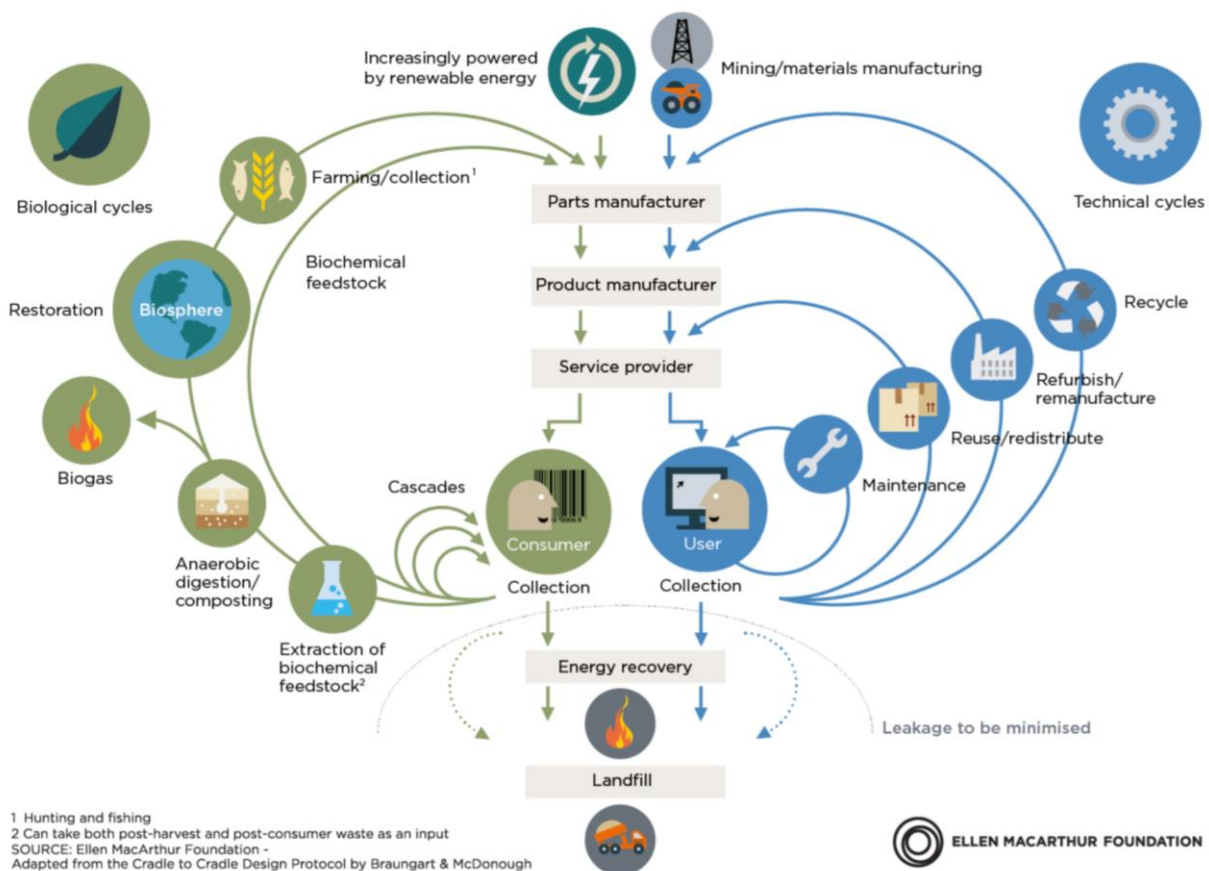
1. De initiële kenmerken van het onderdeel zoals geleverd door de leverancier of fabrikant;
2. De feitelijke, kenmerken, omstandigheden en condities van het onderdeel na gebruik (historische blootstelling aan weer, transport, demontage en contact met chemicaliën enz.);
3. Chemische en technische specificaties;
4. Milieu-impact tijdens productie en levensduur;
5. Beschrijving van kwaliteitsborging en relevante certificaten;
6. Instructies voor montage, demontage, onderhoud, reconstructie en hergebruik;
7. Unieke code om de exacte locatie in de constructie te identificeren.

Op basis van de bovengenoemde inhoudelijke aspecten moet vastgesteld worden dat een materialenpaspoort data en informatie bevat die doorgaans bij verschillende actoren uit de keten in beheer is. Daarnaast moet het paspoort regelmatig ge-update worden bij mutaties en gewijzigde conditie van materialen. Om de kwaliteit van een materialenpaspoort te borgen zijn **vijf aandachtsgebieden** gedefinieerd (Merrild, 2016):

1. **Documentatie:** Om de kwaliteit en waarde van de materialen en middelen te waarborgen, is documentatie tijdens alle fasen cruciaal:
 - a. De documentatie, bevat alle relevante bouw informatie van materiaalniveau tot het gehele bouwsysteem;
 - b. Toegankelijkheid, Alle informatie moet gedurende het hele proces toegankelijk zijn voor de relevante partners;
 - c. Verantwoordelijkheid, eigendom, toegankelijkheid en verantwoordelijkheid van de informatie moet duidelijk zijn vastgelegd.
2. **Identificatie:** Fysieke identificatie op de afzonderlijke elementen is belangrijk voor het vinden van de juiste informatie binnen de gebouw decompositie:
 - a. ID-code: Elk materiaal moet een uniek label hebben voor eenvoudige identificatie;
 - b. Database: Alle relevante materiaal informatie wordt opgenomen in een database;
 - c. Koppeling: Het maken en onderhouden van een koppeling tussen de ID-code (van gebouw, element en materiaal) en de database.
3. **Onderhoud:** Om de waarde van de materialen te waarborgen, is correct onderhoud cruciaal:
 - a. Fysieke richtlijnen voor het fysieke onderhoud van de individuele bouwmaterialen moeten toegankelijk zijn;
 - b. Digitaal: Het digitale paspoort moet worden bijgewerkt als er wijzigingen of renovaties aan het gebouw worden aangebracht;
 - c. Restauratie: Richtlijnen voor het herstellen van materialen om hun oorspronkelijke waarde te behouden ook na demontage.
4. **Veiligheid:** Zorg voor veiligheidsprocedures voor alle fasen in de levenscyclus van een gebouw:
 - a. Veiligheidsprocedures bouwproces;
 - b. Bediening: Veiligheidsprocedures voor de bediening en het onderhoud aan een gebouw;
 - c. Demontage: Documenteer specifieke veiligheidsprocedures voor demontage en sloop.
5. **Interim/Tussentijds:** Informatie benodigd bij de overdracht van materialen tussen gebouwen:
 - a. Eigendomsdocument beschrijft de verantwoordelijkheid over materialen en componenten in de overgangsfase;
 - b. Directe overgang van materialen tussen gebouwen heeft de voorkeur om tussenopslag te minimaliseren;
 - c. De wijze van behandeling, overslag en opslag in een tussenfase moet beschreven zijn.

Merrild (2016) benoemt de kwalitatieve aspecten van het materialenpaspoort voor terugwinning en hergebruik. Een materialenpaspoort kan ook helpen om de milieu impact bij het ontwerp van nieuwe gebouwde objecten te identificeren.

De Ellen MacArthur Foundation heeft op basis van het Cradle to Cradle protocol (McDonough & Braungart, 2002) een circulariteitsindex gedefinieerd. Deze index fungeert als een Key Performance Indicator (KPI) om de circulariteit van een gebouw object te meten. De circulariteit kan meetbaar gemaakt worden (Figuur 3.2) door het materiaal verbruik uit de biosfeer en de technosfeer te meten (McDonough & Braungart, 2002). Door het materiaal verbruik vervolgens te verbinden aan de milieu impact is het mogelijk om de circulariteit van een gebouw object te kwantificeren. Een materialenpaspoort database die de materiaal data koppelt aan de circulariteitsindex kan de circulariteit van een gebouw object definiëren. Platform CB'23 werkt dan ook aan de standaardisatie van materiaal data ter bevordering van de circulaire economie (CB'23, 2019).



Figuur 3.2 Circulaire economie systeem diagram (Ellen MacArthur, 2013).

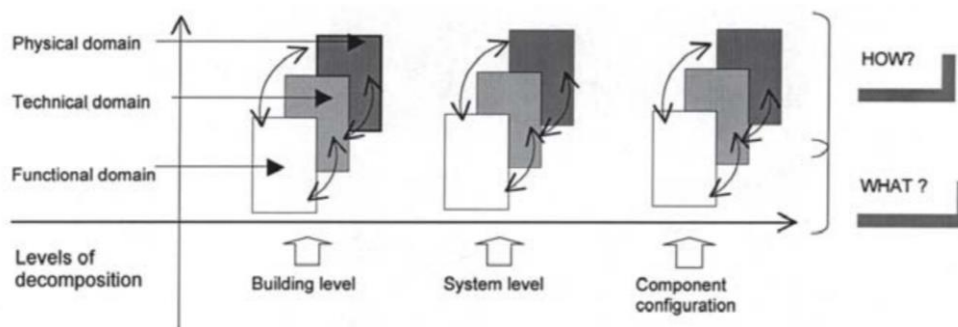
Het meten van circulariteit vanuit het materialenpaspoort vereist een zorgvuldige definitie van de materiaalvolumes in de database. Standaardisatie van datastructuren kan helpen bij het verzamelen van betrouwbare data. Dit onderzoek richt zich op het opmaken voor een materialenpaspoort voor civiele infrastructuur met aandacht voor de bestaande uitwisselingsstandaarden.

Van de vijf aandachtsgebieden zal het onderzoek zich verder richten op **documentatie** en **identificatie**. Opgemerkt moet worden dat de aspecten uit deze paragraaf voor zowel gebouwen als infrastructuur relevant zijn omdat deze de omgang met materialen, elementen en componenten borgen.

3.2 Decompositiestructuur Materialenpaspoort

Om de data en informatie uit de voorgaande paragraaf te alloceren in een gebouw object moet een materialenpaspoort een decompositie structuur volgen. Zonder decompositiestructuur zou het paspoort een platte lijst met materialen zijn wat gedeeltelijk hergebruik en het proces van materiaalinformatieinwinning bemoeilijkt.

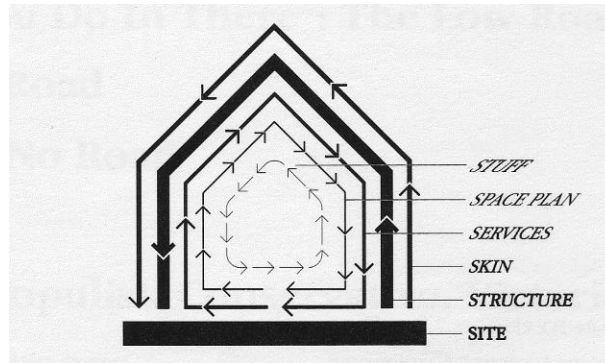
Figuur 3.3 toont de functionele, technische en locatie gebonden of fysieke decompositiestructuur voor de ontleding van een demontabel gebouw (Durmisevic, 2006). Een gestructureerd datamodel laat het toe om met de dezelfde dataelementen verschillende decompositiestructuren op te maken. Door verschillende relaties aan te brengen in het datamodel kunnen verschillende decompositiestructuren weergegeven worden in een database. Deze paragraaf geeft inzicht in de gangbare decompositiestructuren voor gebouwen zodat een vergelijking met civiele infrastructuurobjecten mogelijk is.



Figuur 3.3 Decompositie van een gebouwstructuur in inhoudelijke domeinen en hiërarchische niveaus (Durmisevic 2006).

De decompositiestructuur van Brand (1994) Figuur 3.4 keert terug in diverse onderzoeken (Merrild, 2016) (Durmisevic, Reversible Building Design, Reuse Potential Tool , 2019) rond materialenpaspoorten en kent de volgende functionele niveaus:

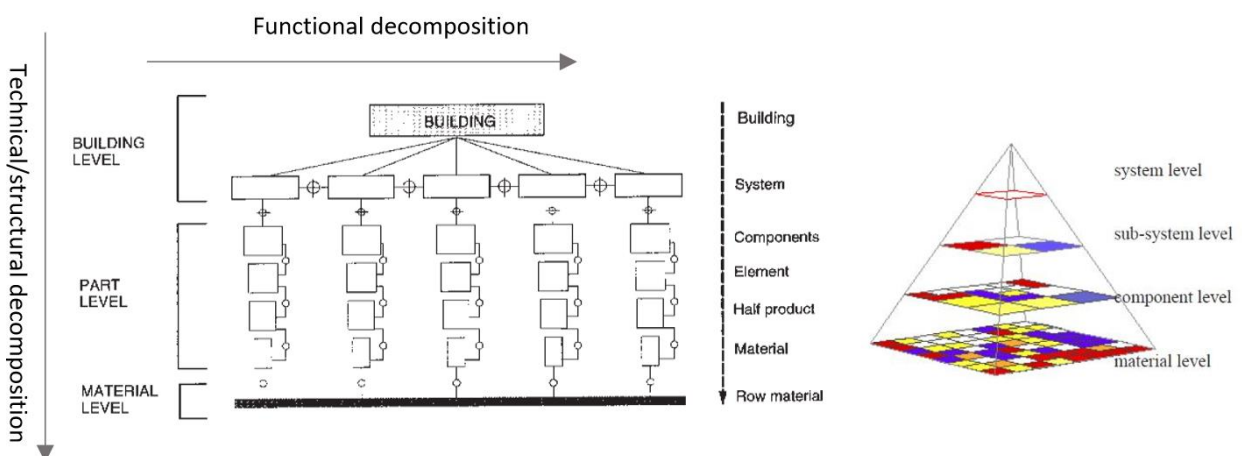
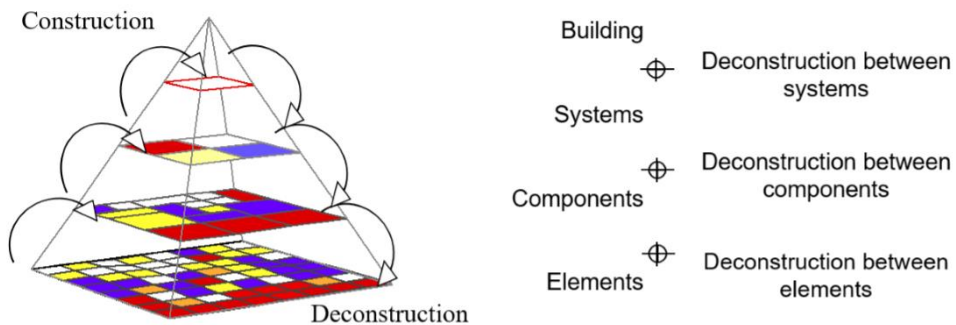
1. Omgeving: Het gebied waarin het gebouw zich bevindt. De omgeving kan van invloed zijn op de conditie van de toegepaste materialen;
2. Sociaal: De sociale structuur waarin het gebouw zich bevindt. De sociale structuur kan van invloed zijn op de wijze en de intensiviteit van gebouw gebruik;
3. Site: Het perceel waar het gebouw staat geeft informatie over de geografische locatie van het gebouw;
4. Structuur: De dragende componenten die de primaire afdracht van verticale belastingen opnemen en afdragen naar de ondergrond;
5. Huid of gebouwschil: De elementen die een gebouw beschermen tegen de weerinvoeden. Voorzien in waterdichtheid, ventilatie, zonwering, thermisch isolatie en geluidsisolatie;
6. Diensten: De installatietechnische componenten die fysieke stromen van energie, water, communicatie leveren en transporteren in het gebouw;
7. Ruimteplan: De afbouw componenten die de ruimtes omsluiten die gebruikers nodig hebben om verschillende activiteiten uit te voeren.
8. Stuff: De inrichtingscomponenten, en het meubilair die de gebruikers in de ruimte plaatsen om hun activiteiten uit te voeren.



Figuur 3.4 Gebouwdecompositie structuur (Brand, 1994).

Voor de ontwikkeling van demontabele gebouwen hanteert Durmisevic (2006) een technisch fysieke decompositie met de volgende drie niveaus:

1. Gebouwniveau: Het geheel van systemen, die drager zijn van de belangrijkste gebouwfuncties (dragende constructie, gebouwschil, scheidingswanden, technische installaties).
2. Systemenniveau: De rangschikking van componenten, die drager zijn van de systeemfuncties (draagstructuur, afwerking, installatietechniek) de sub functies van het gebouw.
3. Componentenniveau: vertegenwoordigt de rangschikking van elementen en materialen, die drager is van componentfuncties (zoals draagstructuur, afwerking en installatiecomponent).



Figuur 3.5 Decompositie structuur van Durmisevic (2006).

De decompositiestructuur van Durmisevic ondersteunt de ontwikkeling van demontabele gebouwen. Daarmee sluit deze aanpak aan op het circulaire gedachtegoed van het materialenpaspoort om materialen en componenten uit te wisselen tussen gebouwen. De aanpak van Brand beschrijft een functionele decompositie structuur die uit gaat van de meer traditionele wijze van bouwen. Brand onderscheidt in zijn decompositie geen hierarchy van systemen, subsystemen, componenten en materialen. Daarmee biedt de decompositie van Brand minder mogelijkheden tegenover de structuur van Durmisevic die de functionele decompositie ook nog eens uitwerkt in een hiërarchische onderverdeling.

Om inzicht te verkrijgen in de wijze waarop de informatie eisen voor een materialenpaspoort zich verhouden tot de decompositiestructuur heeft de onderzoeker in Tabel 3.1 een mapping gemaakt. Binnen deze mapping gaat de onderzoeker ervan uit dat functionele decompositie van Durmisevic altijd wordt meegenomen op basis van het in de tabel opgenomen decompositieniveau. Opgemerkt moet worden dat Durmisevic in de beschrijving van haar niveaus niet verder gaat als component niveau terwijl voor het materialenpaspoort halffabricaat (4), materiaal (5) en ruw materiaal (6) ook relevant kunnen zijn. Deze aanvullende hiërarchie is echter wel opgenomen in de figuren van Durmisevic. Dit onderscheidt is van belang zodra een element met een bepaalde materiaal specificatie degradeert door verwerking tot grondstof. Bijvoorbeeld het breken van een prefabbeton "element" met een bepaalde "materiaal" eigenschap resulteert in de levering van het "ruwmateriaal" gebroken betonpuin.

Informatie eisen paspoort: (Merrild, 2016)	Decompositie bestaande bouw: (Brand, 1994)	Decompositie demontabel bouwen: (Durmisevic, 2006)
1. Kenmerken onderdeel: (classificatie)	4. Structuur; 5. Gebouwschil; 6. Installatietechniek; 7. Afbouw; 8. Interieur;	1. Gebouwniveau; 2. Systeemniveau; 3. Componentniveau; 4. Elementniveau;
2. Conditie onderdeel:	1. Omgeving; 2. Sociaal;	2. Systeemniveau; 3. Componentniveau; 4. Elementniveau;
3. Chemische en technische specificaties:	4. Structuur; 5. Gebouwschil; 6. Installatietechniek; 7. Afbouw; 8. Interieur;	3. Componentniveau; 4. Elementniveau; 5. Halffabricaatniveau; 6. Materiaalniveau;
4. Milieu-impact:	4. Structuur; 5. Gebouwschil; 6. Installatietechniek; 7. Afbouw; 8. Interieur;	3. Componentniveau; 4. Elementniveau; 5. Halffabricaatniveau; 6. Materiaalniveau; 7. Ruwmateriaal;
5. Kwaliteit & Certificering:	4. Structuur; 5. Gebouwschil; 6. Installatietechniek; 7. Afbouw; 8. Interieur;	3. Componentniveau; 4. Elementniveau; 5. Halffabricaatniveau; 6. Materiaalniveau; 7. Ruwmateriaal;
6. Instructie (de)montage:	4. Structuur; 5. Gebouwschil; 6. Installatietechniek; 7. Afbouw; 8. Interieur;	1. Gebouwniveau; 2. Systeemniveau; 3. Componentniveau; 4. Elementniveau;
7. Locatie code:	3. Site	1. Gebouwniveau; 2. Systeemniveau; 3. Componentniveau;

Tabel 3.1 Mapping van de informatie eisen uit het materialenpaspoort met de decompositiestructuren van Brand en Durmisevic.

Op basis van de bovengenoemde mapping vanuit de literatuur en de ontwikkelingen binnen Platform CB'23(CB'23, 2019) over gebouwdecompositie dient de database voor het genereren van een materialenpaspoort te voorzien in de volgende hiërarchische niveaus:

1. Gebied, omgeving die doorgaans voorzien is van een ruimtelijke functie (bv woongebied)
2. Complex, verzameling van gebouwen of gebouwde objecten die een gemeenschappelijke functie vervullen (bv wooncomplex)
3. Bouwwerk, Gebouw of Gebouwd object (bv rijwoning);
4. Systeem: Verzameling van elementen met een hoofdfunctie (bv gevelconstructie);
5. Element: Gebouwonderdeel met een specifieke functie (bv raamkozijn);
6. Component: Onderdeel van een element met een specifieke functie (bv scharnier);
7. Product of halffabricaat: Onderdeel waaruit een element is samengesteld (bv onderdorpel);
8. Materiaal: Materiaal dat verwerkt kan worden tot product (bv geschaafde delen);
9. Grondstof: Ruwmetaal dat verwerkt moet worden (bv merbau met FSC certificaat)

Voor de identificatie van deze hiërarchische niveaus moet een materialenpaspoort voorzien in:

1. Classificatie: Een beschrijving geven wat het is;
2. Locatie en volume: waar kunnen we het vinden, hoeveel is voorhanden;
3. De kwaliteit conditie: wat is de kwaliteit en conditie in welke mate is hergebruik mogelijk;
4. De beschikbaarheid: is het nog in gebruik of reeds beschikbaar.

In de volgende paragraaf beschrijft de onderzoeker de voorwaarden aan datastructuren die een voorwaarde vormen voor een degelijk decompositie en classificatiesysteem.

3.3 Data Integriteit en -structuur

Voor het creëren van een materialenpaspoort heeft het de voorkeur om de data op een gestructureerde manier vast te leggen en op basis van deze structuur te kunnen hergebruiken. Binnen een classificatiestructuur worden objecten geïdentificeerd en geordend. Een classificatiesysteem moet voorzien in een eenduidige naamgeving, semantiek een logische opbouw, syntax en een categorisering of terwijn ontologie.

1. Semantiek: Voor ieder element wordt één woord gekozen. De semantiek definieert locaties, objecttypen, rollen, activiteiten, functies en eisen.
2. Syntax: Door woorden uit de semantiek te combineren ontstaat een taal waarmee een uniforme beschrijving mogelijk is. Met een syntax kan bijvoorbeeld een object instantie gedefinieerd worden door een objecttype te verbinden aan een locatie en een volgnummer.
3. Ontologie: De semantisch gedefinieerde elementen kunnen gecategoriseerd worden en voorzien worden van bepaalde eigenschappen wat resulteert in een ontologie. Op basis van een ontologie kan de data inwinning per element gespecificeerd worden.

Naast een eenduidig afspraken stelsel over naamgeving, taalgebruik en categorisering dient het gebruik van data afgestemd te worden op de ICT-omgeving waarin de data wordt toegepast. Semantiek, Syntax en Ontologie maken het mogelijk om data te filteren en te doorzoeken. Datastructuur afspraken moeten verlies en dubbele interpretaties voorkomen.

3.4 Data modellering

Voor de efficiënte verwerking van data dienen de software, de standaarden en de project of object specifieke datastructuren op elkaar afgestemd te worden. Sinds de introductie van software is het mogelijk om data op drie niveaus te modelleren (ANSI, 1975):

1. *Conceptueel datamodel*: beschrijft de semantiek van een domein, zijnde de reikwijdte van het informatiemodel. Dit is het datamodel achter de software dat niet toegankelijk is voor de eindgebruiker. Het conceptueel model definieert de wijze hoe de data kan worden vastgelegd om de vereiste informatie te kunnen leveren middels views, filters en query's. De structuur van een materialenpaspoort database dient verankerd te worden in een conceptueel datamodel. Met dit conceptuele datamodel kan de interactie met andere databases en standaarden gecommuniceerd worden tussen softwareontwikkelaars.
2. *Logisch datamodel*: beschrijft de naamgeving semantiek en classificatie van elementen. Het logisch datamodel kan gezien worden als een bibliotheek om elementen en de bijbehorende metadata te identificeren. Classificatie standaarden voorzien in een logisch datamodel dat een handreiking biedt om project- of beheerobject data te standaardiseren alsmede nieuwe software te ontwikkelen;
3. *Fysiek datamodel*: beschrijft de fysieke elementen en kan koppelen aan het logisch datamodel. Het fysieke model beschrijft de objecten zoals deze te vinden zijn in de echte wereld. Een fysiek datamodel bevat dan ook daadwerkelijk de data die behoort tot een specifiek gebouw object.

Het conceptueel datamodel borgt de werking van de software en dient overeen te komen met de toegepaste processen binnen de organisatie. De data die de input en output vormt van een proces moet doormiddel van het conceptueel datamodel opgeslagen kunnen worden in een database. Daarmee borgt het conceptueel model de structuur van een database en de software die daarmee interacteert.

Het logisch datamodel is een kapstok om de attributen en relaties die "standaard" toebehoren aan een element te bundelen aan een metadata-element in een type bibliotheek. Daarmee heeft een logisch object het voordeel dat het aantal relaties en attributen (metadata) van een fysiek object wordt teruggebracht tot één relatie naar het logische (type) object. Zo komt een logische objectenstructuur tot stand die een bibliotheek vormt met informatie die voor alle meervoudig terugkerende objecten van toepassing is. De logische objecten worden bij voorkeur naar functie gegroepeerd. Zo ontstaat een ontologie van gegroepeerde objecten die als bibliotheek functioneert. Daarnaast kan een logisch object worden gebruikt om het aantal geïnstantieerde fysieke objecten te inventariseren wat nuttig kan zijn bij het tellen van het aantal toegepaste typen binnen een gebouw object.

Standaarden voorzien in een logisch datamodel en helpen bij het eenduidig opbouwen van datastructuren voor gebouwde objecten in een fysiek datamodel en bij de ontwikkeling van software rond een conceptueel datamodel.

3.5 Standaardisatie van data en classificatie

De Britse BIM-standaardisatie organisatie NBIMS (Gelder, 2019) ontwikkelde het classificatiesysteem Uniclass-2015 dat fungeert als een logisch datamodel. Uniclass-2015 volgt zeven basisvereisten:

1. Digitaal: snel te gebruiken en gratis. Een online digitaal formaat dat snel zoeken door alle tabellen mogelijk maakt;
2. Unified: De tabellen worden niet onafhankelijk geproduceerd en hebben onderlinge associaties. Tabellen moeten congruent zijn met vergelijkbare terminologie, volgordelijkheid, groepering en codering. Er moet ook één classificatiemodus per tabel zijn.
3. Sectoroverschrijdend: vele disciplines in de industrie moeten hun voordeel kunnen behalen (bijv. Gebouwen, infrastructuur), sectorneutraal, cross-role en cross-purpose;
4. Volledige levenscyclus van een asset bedienen: (bijvoorbeeld ontwikkeling, gebruik, facilitymanagement, sloop). Dit omvat een objecthiërarchie in alle projectfasen en een tijdlijn;
5. Voorziet in de legacy en nalatenschap van classificatie in toekomstige processen;
6. Voldoet aan de ISO 12006-2 2015 eisen voor classificatiesystemen;
7. Integratie met fysieke identificatiemiddelen van fabrikanten en productontwikkelaars zoals barcode en RFID.

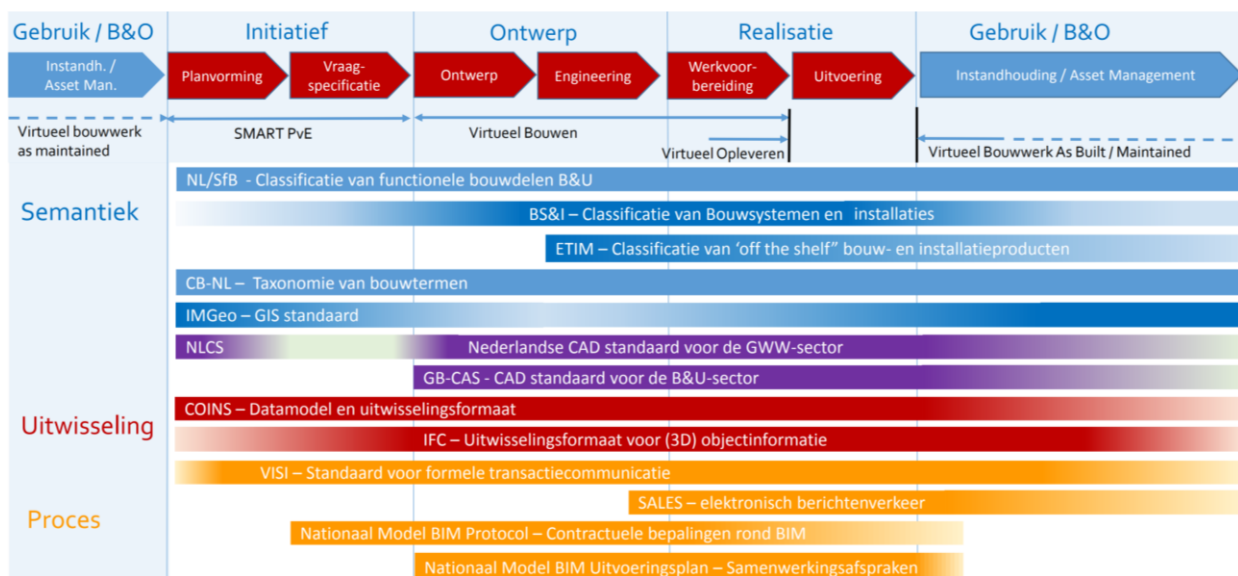
Voor het standaardiseren van classificatiesystemen zijn de volgende internationale normen leidend:

1. De ISO-norm ISO 22274: 2013 formuleert aanbevelingen voor de ontwikkeling van Classificatiesystemen: *'Systems to manage terminology, knowledge and content. Concept-related aspects for developing and internationalizing classification systems'*. Bij classificatie wordt een systeem ten behoeve van een doelstelling gedeclineerd op basis van criteria zoals, functies en loten. Alle elementen uit de decompositie worden eenduidig geïdentificeerd met een gestandaardiseerde terminologie en voorzien van de relaties en metadatavelden om alle kenmerken en informatie vast te leggen;
2. De ISO-norm 12006-2:2015 definieert een framework voor de ontwikkeling van classificatiesystemen voor de gebouwde omgeving. De norm identificeert een set van classificatietabel titels voor een reeks van object classificaties vanuit vorm en functionele definitie op basis van voorbeelden. ISO 12006-2 ondersteunt bouwkunde, civiele techniek en landschapsonwerp in de gehele levenscyclus van de programmafase tot de afbraak.

De standaardisatie van semantiek, syntax en ontologie zou voor het materialenpaspoort bij voorkeur in een zo breed mogelijk werkveld toegepast moeten worden. Daarmee kan een zo groot mogelijke doelgroep bediend worden. Daarnaast dient zoveel mogelijk conform de ISO-standaarden gewerkt te worden om aan te sluiten op de internationale ontwikkelingen. Voor de verschillende doelgroepen en hiërarchische niveaus gelden verschillende datastromen en kunnen verschillende standaarden naast elkaar toegepast worden. Bij overlappende domeinen is een mapping gewenst. De volgende paragraaf beschrijft de standaarden en classificatiesystemen die in aanmerking komen voor infrastructuur.

3.6 Nederlandse Standaarden en Classificatiesystemen

De voorgaande paragraaf heeft de data integriteit voor classificatiesystemen toegelicht. Voor Infrastructuur worden binnen Nederland en daarbuiten standaarden toegepast om data gestructureerd vast te leggen. Doorgaans sluit een standaard aan op de informatiebehoefte van een actor of discipline die gedurende een bepaalde fase betrokken is bij een gebouw object Figuur 3.6. Daarmee is een standaard lang niet altijd geschikt om alle informatiebehoefte rond een gebouw object te organiseren. Omdat een materialenpaspoort vanuit verschillende perspectieven informatie verzameld rond een gebouw object zullen mogelijk verschillende standaarden toegepast worden om een volledig datamodel te ondersteunen.

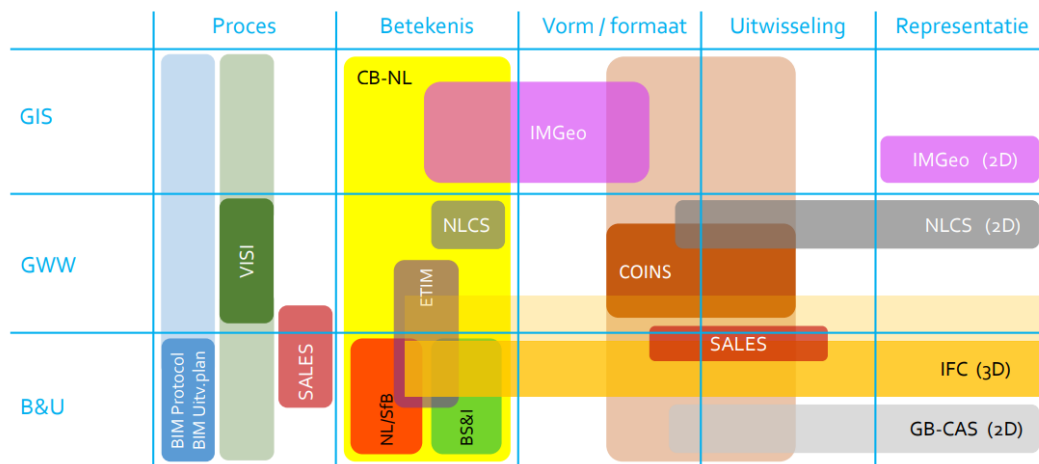


Figuur 3.6 Standaarden gevisualiseerd naar fases in het gedigitaliseerde bouwproces (BIM Locket, 2016).

Het BIM-loket heeft in Nederland een Atlas van open standaarden gepubliceerd. Deze Atlas beschrijft de gangbare binnen Nederland toegepaste standaarden in de sectoren GIS/Omgeving, GWW en B&U. Opgemerkt moet worden dat BIM Loket de Object Type Library OTL van diverse infrastructuur beheerders (waaronder Rijkswaterstaat) en de NEN 2767-4 decompositie standaard voor conditiemeting niet specifiek heeft meegenomen in de Atlas. CB-NL is echter wel opgenomen in de Atlas en bevat een mapping van OTL en NEN2767-4.

Het BIM-loket heeft op basis van de toepassingsgebieden in Figuur 3.7 aangeduid in welke mate een standaard bij kan dragen aan het opstellen van een materialenpaspoort:

1. Proces: Verankering van de eisen voor het opstellen van een materialenpaspoort in de Informatieleveringsspecificatie, Inkoopcontracten, het BIM-protocol en het BIM-uitvoeringsplan;
2. Betekenis: Verankering van het datamodel dat geschikt moet zijn voor het materialenpaspoort in de classificatiesystemen en Objecttype Bibliotheken (OTL);
3. Vorm/Formaat: Verankering van de uitwisselbaarheid van geometrische en niet geometrische data tussen verschillende platformen. De materialenpaspoort database maakt bij voorkeur gebruik bij een internationaal gangbaar en open bestandsformaat zoals IFC;
4. Uitwisseling: Voor het uitwisselen van datasets tussen verschillende bouwpartners gebruikt men bij voorkeur een gestandaardiseerd containerformaat. Daarmee kunnen bouwpartners documenten met de daaraan gelinkte geometrische en niet geometrische data zenden, ontvangen en uploaden in hun database. De materialenpaspoort database zou containers gebouw informatie moeten kunnen verzenden naar bouwpartners. Daarnaast zou de database containers moeten kunnen ontvangen en automatisch kunnen inlezen zodat het opmaken van een paspoort versneld en vereenvoudigd.
5. Representatie: Geometrische data van gebouwde objecten kan in 2D en 3D formaat worden uitgewisseld. Voor de volume bepaling van materialen zal bij voorkeur een 3D formaat worden toegepast. Daarnaast zal de gekozen representatie ook van invloed zijn op de hiërarchie van de geometrische data. Een 3D model zal doorgaans meer gelaagdheid kennen tegenover een 2D model dat doorgaans enkel gestructureerd is met lagen in plaats van parameters.

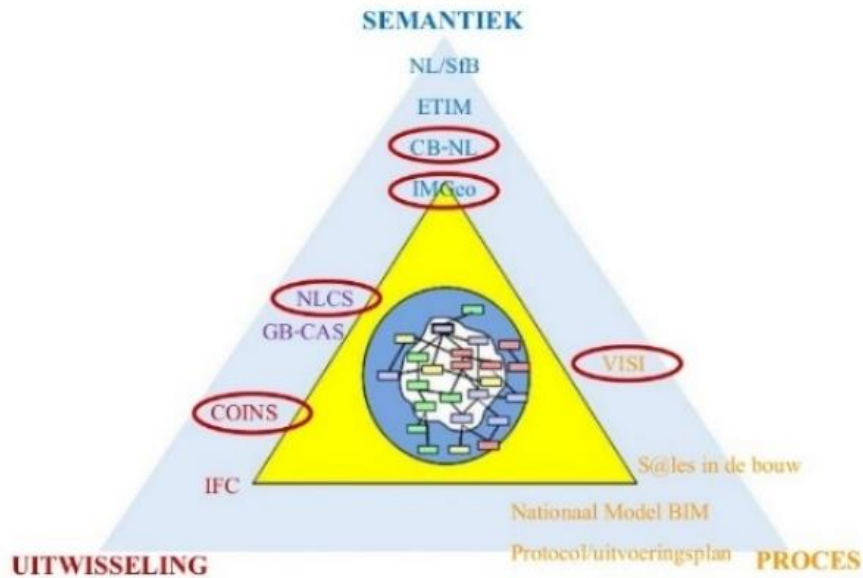


Figuur 3.7 Standaarden gecategoriseerd naar sector en toepassingsgebied (BIM Loket, 2016);

Tabel 3.2 bevat een uitwerking van de standaarden van het BIM-loket die in aanmerking komen voor de integratie met een materialenpaspoort database. In dit onderzoek zijn de standaarden die gericht zijn op de uitwisseling en structurering van 2D geometrische data buiten beschouwing gelaten omdat de open standaard IFC beter in staat moet zijn om volumes en parameters over te brengen tussen databases. Daarnaast voorziet de Madaster leeromgeving niet in een interface voor het importeren van CAD-data in .dwg formaat waar de modellen die met deze standaarden zijn opgesteld mee werken.

Informatie Standaard	Eigenaar	Land	Toepassing	Mogelijke bijdrage van de standaard aan informatie eisen van het Materialenpaspoort
NL-Sfb	Stabu	NL	NL-Sfb is een classificatiemethode gebaseerd op functies die onderdelen van gebouwen moeten vervullen, zoals scheidingen op basis van klimaat, lucht- en lichttoetreding.	1. Kenmerken onderdelen (classificatie); 3. Chemische en technische specificaties; (Bouwkundige onderdelen).
RAW Systematiek*	CROW	NL	Classificatie Standaard voor Infrastructuur tbv bestek.	1. Kenmerken onderdelen (classificatie); (Grond- water- en wegenbouw onderdelen).
CB-NL	BIR	NL	Nederlandse Conceptenbibliotheek voor de gebouwde omgeving. De CB-NL wordt een digitale semantische bibliotheek: een verzameling van taaldefinities van objecten en ruimtes die uniformerend werken tussen bestaande standaarden, normen en object-/productbibliotheken.	1. Kenmerken onderdelen (classificatie); 2. Conditie onderdeel; 3. Chemische en technische specificaties; (Gebouwen & Infrastructuur).
NEN-2767-4	NEN	NL	Bestaande standaard conditiemeting assets.	1. Kenmerken onderdelen (classificatie); 2. Conditie onderdeel; 3. Chemische en technische specificaties; (Gebouwen & Infrastructuur).
RWS OTL	RWS	NL	Objecttype bibliotheek voor areaalbeheer.	1. Kenmerken onderdelen (classificatie); 2. Conditie onderdeel; 3. Chemische en technische specificaties; (Gebouwen & Infrastructuur).
IMGEO	Geonovum	NL	Informatie Model Geografie (IMGeo): grondslag voor de wettelijk verplichte Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT).	7. Locatiecode gebouwd object; (Gebouwen & Infrastructuur)
CityGML	OGC	INT	CityGML (City Geography Markup Language) is een internationale open GIS-standaard voor de weergave van stedelijke objecten in 3D. Het definieert de klassen en relaties voor de meest relevante topografische objecten in steden en regionale modellen over hun eigenschappen, zoals uiterlijk, ruimtelijke afmetingen en onderlinge samenhang.	1. Kenmerken onderdelen (classificatie); 2. Conditie onderdeel; 7. Locatiecode gebouwd object; (Gebouwen & Infrastructuur).
ETIM	Keten standaard	NL	Europees Technisch Informatie Model en is opgericht vanuit de installatiebranche. De ETIM classificatiestandaard is bedoeld om technische producten (internationaal) eenduidig in te delen in klassen en per klasse de belangrijkste technische kenmerken vast te leggen.	1. Kenmerken onderdelen (classificatie); 3. Chemische en technische specificaties; (Bouw- en installatie onderdelen).
Sales	Keten standaard	NL	Onafhankelijke berichtenstandaard voor elektronische informatieuitwisseling rond de levering van technische producten.	Uitwisseling van het materialenpaspoort bij de transacties rond producten;
COINS	COINS web	NL	COINS (Constructieve Objecten en de Integratie van Processen en Systemen) ondersteunt de uitwisseling van informatie in het kader van Systems Engineering. COINS zorgt ervoor dat verschillende soorten informatie in samenhang in één database vastgelegd kunnen worden, zoals een objectenboom, GIS, 2D-tekeningen, 3D-modellen, IFC-modellen, en objecttype-bibliotheek.	Uitwisseling van het materialenpaspoort in een containerformaat met alle bijbehorende informatie die nodig is voor het hergebruik van een gebouwd object of delen daarvan;
VISI	CROW	NL	Berichtenstandaard voor het snel structureren van samenwerking tussen projectpartners en het vastleggen van de formele communicatiestructuur t.b.v. het management van projecten.	Uitwisseling van het materialenpaspoort bij de transacties tussen projectpartners;
IFC	Building Smart	UK	Neutraal en open bestandsformaat voor het uitwisselen en delen van specifieke BIM-informatie (modelobjecten en hun eigenschappen) tussen de verschillende softwareapplicaties.	1. Kenmerken onderdelen (classificatie); 3. Chemische en technische specificaties.
BIM Protocol	BIR	NL	Nationaal Model BIM Protocol: template voor contractueel vast te leggen eisen, voorwaarden en afspraken m.b.t. BIM in overeenkomsten tussen Opdrachtgever en Opdrachtnemer(s)	Voorwaarden toepassing Materialenpaspoort verankeren in de Informatieleveringsspecificatie.
BIM Uitvoerings plan	BIR	NL	Nationaal Model BIM Uitvoeringsplan: template voor BIM samenwerkingsafspraken tussen projectpartners	Opstellen en onderhouden Materialenpaspoort verankeren in het werkproces.

Tabel 3.2 Standaarden uit de Atlas van het BIM loket die in aanmerking komen voor het opstellen en onderhouden van een materialenpaspoort (*Nederlandse standaard toegevoegd door de onderzoeker).



Figuur 3.8 Positionering van de Nederlandse standaarden binnen het Building Smart framework (BIM Loket, 2016).

Naast de bovengenoemde standaarden (Figuur 3.8) voorziet het BIM-loket de BIM basis ILS (Informatie Leverings Specificatie): hierbij zijn een aantal organisaties aangesloten om te zorgen dat deze bedrijven dezelfde BIM standaarden worden gebruiken wat betreft BIM. De basis ILS is afkomstig vanuit de bouwkundige sector en bevordert het delen van uniforme informatie. Vanuit de basis ILS worden de IFC-standaarden gekoppeld aan NL/sfb codering voor objecten. Afspraken zijn:

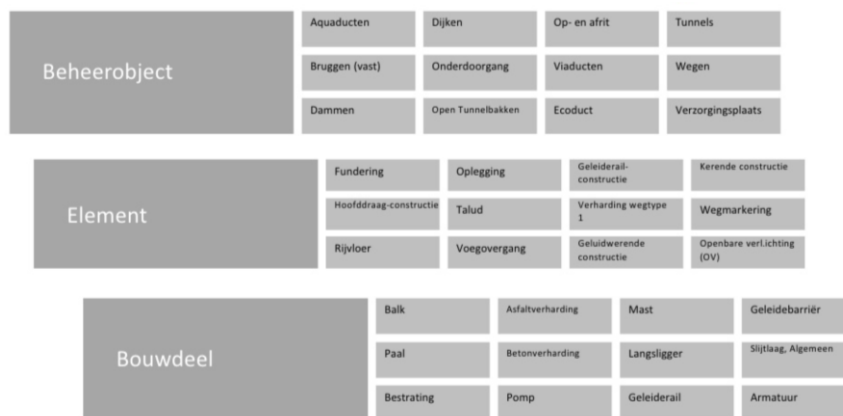
1. Uniforme consistente bestandsnamen binnen een project;
2. Lokale positie voor het bouwwerk (Tegenstrijdig met infra waar men op coördinaten werkt);
3. Consistente naamgeving voor bouwlagen, en alle objecten aan juiste bouwlaag toekennen;
4. Gebruik maken van het meest geëigende type BIM-entiteit, zowel in de bronapplicatie als de IFC-entiteit (e.g. ifcStair);
5. Objecten consistent structureren en aanduiden, in basis ook altijd type object invullen (IfcType, ifcObjectType, of ifcObjectTypeOverride);
6. Voorzie alle objecten in basis van een viercijferige NL/sfb elementcode;
7. Voorzie de objecten van een materiaal beschrijving (ifcMaterial);
8. Doorsnedes en doublures zijn in een aspect model niet toegestaan.

De BIM-basis ILS voorziet daarmee in een standaard om een model op een meer uniforme wijze op te zetten op basis van het open uitwisselformaat IFC. Voor de infrastructuur sector ontwikkeld Buildingsmart aanvullende IFC-standaarden die het modelleren van bruggen, tunnels, wegen en spoorwegen moet uniformeren. Vooralsnog werken verschillende werkgroepen vanuit verschillende landen aan deze nieuwe open standaarden.

Opgemerkt moet worden dat het BIM-loket enkele actueel veel toegepaste standaarden van Building Smart en de Britse Nationale standaard niet heeft omarmd. Het opstellen van eigen standaarden in een klein land is kostbaar en waar mogelijk is het goedkoper om aan te sluiten bij de internationale initiatieven. Internationaal erkende standaarden worden door softwareontwikkelaars eerder verankerd in de tools waardoor de adoptie van de materialenpaspoort database vereenvoudigd. De bouwsector is sterk land afhankelijk met invloed vanuit de lokale wet en regelgeving waardoor men vaak neigt naar de ontwikkeling van een land eigen standaard of lokale vertaling. De volgende paragraaf geeft verdieping in de classificatie binnen de NEN2767-4 en de Rijkswaterstaat OTL.

3.7 Verdieping NEN2767-4 en RWS OTL als Classificatiesysteem

NEN 2767 maakt het ook mogelijk de conditie van infrastructurele werken, zoals bruggen, tunnels, wegen, etc. op een objectieve manier te meten (NEN, 2019). Als het om conditiemeting van infrastructuur gaat, dan spelen NEN 2767-1 en NEN 2767-4 een rol. NEN 2767-4 bestaat uit twee onderdelen: de methodiek en de gebrekenlijsten voor infrastructuur. De basis voor de uitvoering van de conditiemeting is een decompositie van het te inspecteren infrastructurele werk. Oorspronkelijk is de inspectienorm NEN 2767-4 afkomstig uit de utiliteitsbouw en is deze later ook geadopteerd in de inframarkt. NEN2767-4 ondersteunt de vakdisciplines: waterbouw, elektrotechniek, werktuigbouwkunde, civiel nat en droog, wegen en riolering en groenvoorziening. De NEN 2767-4 voorziet in een decompositie op drie niveaus (Figuur 3.9): beheerobject, element en bouwdeel (Amit, 2012).



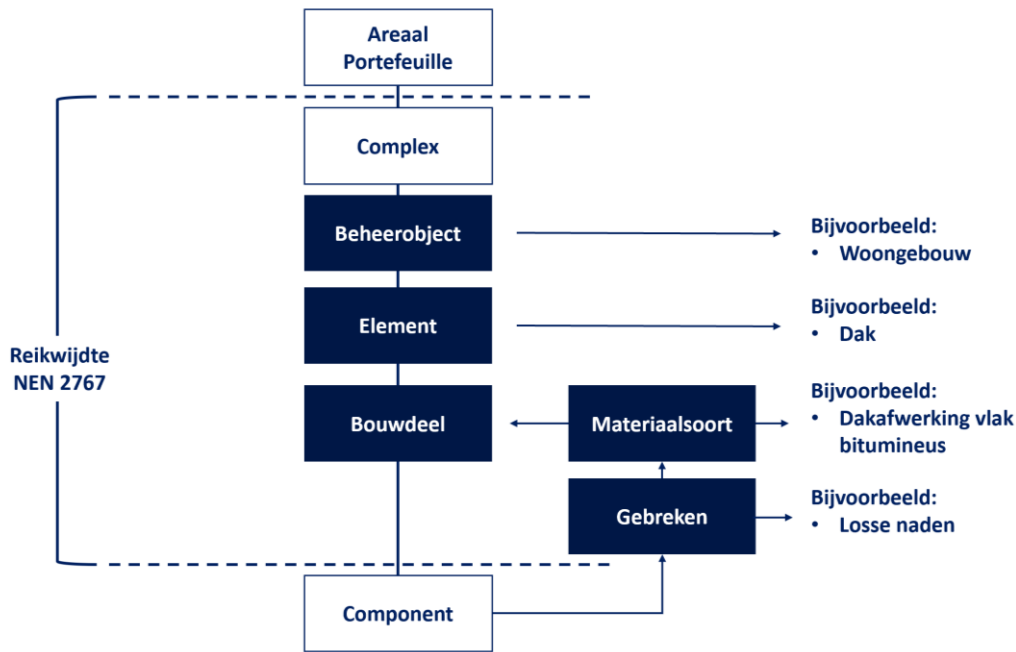
Figuur 3.9 NEN2767-4 Decompositie in drie niveaus voorzien van voorbeelden (Amit, 2012).

De decompositie dient als basis voor de conditiemeting waarbij bouwdelen worden geïnspecteerd en beoordeeld. Bouwdelen kunnen op meerdere aspecten beoordeeld worden en krijgen per aspect een waardering van 1 (goede conditie, nieuwbouw) tot en met 6 (slechte conditie, sloop vervanging) toegekend. Middels een rekenwaarde worden de condities vertaald naar de conditie van een bouwdeel. Op basis van de functies van een bouwdeel onderscheidt de NEN drie soorten van bouwdelen (Amit, 2012):

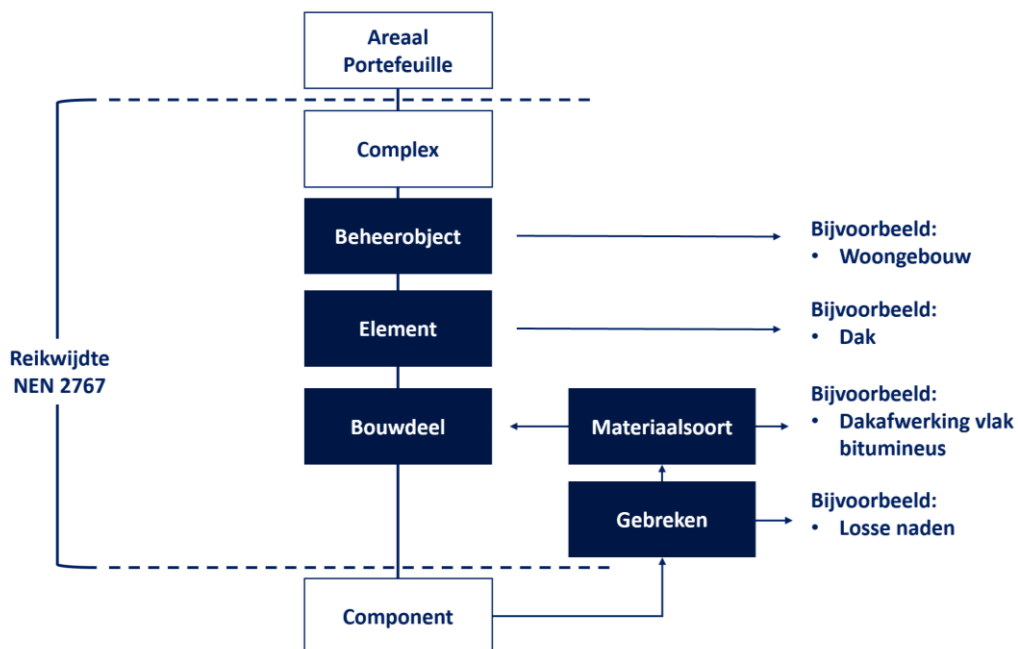
1. Primaire Bouwdelen: hebben een directe impact op het functioneren van een element van een beheerobject. Bijvoorbeeld een oplegging.
2. Secundaire Bouwdelen: inbouw- en afbouw delen van een element en toegepaste voorzieningen van een beheerobject. Bijvoorbeeld een leuning.
3. Tertiaire bouw delen: behoren tot de categorie afwerk lagen en bescherm lagen. Bijvoorbeeld een conserveringssysteem.

De frequentie van de inspectie of conditiemeting van een bouwdeel is dus afhankelijk van de impact op het functioneren van een beheerobject. Bij het hergebruik van een bouwdeel kan de beschikbare data mogelijk afhankelijk zijn van de functie en de categorisering in primair, secundair of tertiair. Anderzijds zullen van gebreken rapporten opgemaakt worden met foto's en beschrijvingen. Bouwdelen die in een voldoende

goede conditie verkeren zullen minder uitgebreid gerapporteerd worden.



Figuur 3.10 beschrijft de reikwijdte van de decompositie en geeft daarmee aan dat materiaal soorten alleen op bouwdeelniveau worden verzameld. Opgemerkt moet worden dat de NEN2767-4 een Asset Management norm is die geen ruimte biedt voor de identificatie en het beheer van component informatie. NEN2767-4 is daarmee geschikt voor inspectie en conditiemeting tot op bouwdeelniveau en niet bruikbaar voor het beheer van reserveonderdelen (doorgaans componenten). Daarmee is NEN2767-4 dan ook niet geschikt om het hergebruik van componenten te identificeren.



Figuur 3.10 NEN2767-4 decompositie reikwijdte beheerobject element en bouwdeel (Habitask, 2016).

De onderzoeker heeft in Tabel 3.3 een mapping gemaakt tussen de informatie eisen voor een materialenpaspoort en de inhoud binnen de hiërarchische niveaus van NEN2767-4. Door het ontbreken van het complex niveau is het minder eenvoudig om de samenhang tussen (vrijkomende) beheerobjecten te

bundelen. Daarbij veronderstelt de onderzoeker dat materialen van meerdere beheerobjecten vrijkomen zodra een complex wordt gerenoveerd of vervangen. De communicatie zal dan ook eerder op complexniveau verlopen en niet op het niveau van een beheerobject. Verder veronderstelt de onderzoeker dat het ontbreken van een componentniveau de uitwisseling tussen beheerobjecten of complexen bemoeilijkt. Het is daarmee bijvoorbeeld niet mogelijk om het aantal reservecomponenten of hergebruik van componenten op areaalniveau (of per district) te registreren. Het logisch datamodel van NEN2767-4 is daarmee onvolledig door het ontbreken van het bovenliggend niveau "complex" en het onderliggend niveau "component".

Informatie eisen: (Merrild, 2016)	Decompositie NEN267-4	Ontbreekt in NEN2767-4
1. Kenmerken onderdeel: (classificatie)	Element/Bouwdeel	Component
2. Conditie onderdeel:	Beheerobject, Bouwdeel: Materiaalsoort/Gebreken	Component
3. Chemische en technische specificaties:	Beheerobject, Element/Bouwdeel: Materiaalsoort	Component
4. Milieu-impact:	-	Element/Bouwdeel Component
5. Kwaliteit & Certificering:	Element/Bouwdeel: Materiaalsoort	Component/Complex
6. Instructie (de)montage:	-	Beheerobject Complex/Component
7. Locatie code:	Beheerobject (coördinaten)	Complex

Tabel 3.3 Mapping van de informatie eisen uit het materialenpaspoort met de NEN2767-4 decompositiestructuren.

Rijkswaterstaat heeft bij de ontwikkeling van haar Object Type Library OTL de standaarden NEN2767-4 (inspectie), GBN (Beheerkaart), KernGIS (Netwerkkaart), Disk (Data Informatie Systeem Kunstwerken) en Ultimo (Beheer en Onderhoud) gebruikt als basis (Tabel 3.4) De referenties naar deze standaarden zijn opgenomen in de Rijkswaterstaat OTL-publicatieomgeving (Rijkswaterstaat, 2019).

Alle genoemde standaarden zijn gericht op areaalbeheer, assetmanagement, beheer en onderhoud. Registratie van materialen gebeurt op een hoog niveau (staal, beton, hout) t.b.v. van inspectie of conditiemeting en niet gericht op hergebruik en ontwerp. Vanwege de milieu- en gezondheid issues omtrent asbest voorziet DISK in een veld om de aanwezigheid van dit materiaal te identificeren op het niveau beheerobject. Binnen Ultimo voorziet Rijkswaterstaat invulvelden voor de registratie van reserveonderdelen. Ultimo voorziet niet in expliciete identificatiemogelijkheden voor componenten.

Hiërarchie → Datamodel ↓	1 Systeem 2 Systeemdeel	3 Complex	4 Beheerobject	5 Element	6 Bouwdeel	7 Component
NEN-2767-4	-	-	1 Kenmerken; 2 Conditie; 3 Specificaties; 7 Locatie;	1 Kenmerken; 2 Conditie; 3 Specificatie; 5 Kwaliteit 7 Locatie;	1 Kenmerken; 2 Conditie; 3 Specificaties; 7 Locatie;	-
BKN Beheerkaart nat Kern GIS	1 Kenmerken; 2 Conditie; 3 Specificatie; 5 Kwaliteit 7 Locatie;	1 Kenmerken; 2 Conditie; 3 Specificatie; 5 Kwaliteit 7 Locatie;	1 Kenmerken; 2 Conditie; 3 Specificatie; 5 Kwaliteit 7 Locatie;	1 Kenmerken; 2 Conditie; 3 Specificatie; 5 Kwaliteit 7 Locatie;	-	-
DISK	-	1 Kenmerken; 2 Conditie; 3 Specificaties; 4 Milieu; 7 Locatie;	1 Kenmerken; 2 Conditie; 3 Specificaties; 7 Locatie;	1 Kenmerken; 7 Locatie;	1 Kenmerken; 7 Locatie;	-
Ultimo	1 Kenmerken; 2 Conditie; 3 Specificatie; 5 Kwaliteit 7 Locatie;	1 Kenmerken; 2 Conditie; 3 Specificatie; 5 Kwaliteit 7 Locatie;	1 Kenmerken; 2 Conditie; 3 Specificatie; 5 Kwaliteit 7 Locatie;	1 Kenmerken; 2 Conditie; 3 Specificatie; 5 Kwaliteit	1 Kenmerken; 2 Conditie; 3 Specificatie; 5 Kwaliteit;	-

Tabel 3.4 Mapping van de door Rijkswaterstaat toegepaste standaarden (Rijkswaterstaat, *Productspecificaties Beheerkaart-Nat*, 2009) (Rijkswaterstaat, *Instructie modelleren op basis van de OTL 2.3*, 2019) (Rijkswaterstaat, *Handleiding Ultimo RWS*, 2019) met de vereiste inhoud in materialenpaspoorten (Merrild, 2016).

3.8 Internationale Standaarden en Classificatiesystemen

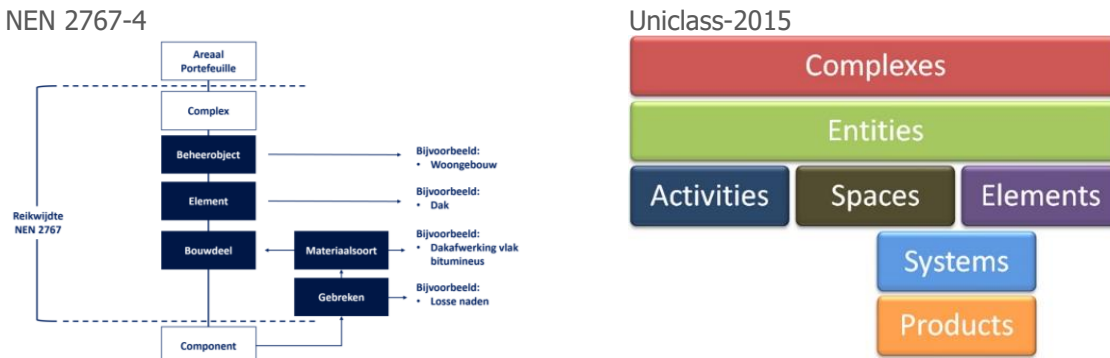
Brancheorganisaties voor Bouw Informatie Management (BIM) proberen dus grip te krijgen op de classificatie standaarden die gebruikt kunnen worden voor Objecten in de gebouwde omgeving. Het Belgische Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB) richt zich op de normeringen van standaarden en de in Europa toegepaste classificatiesystemen. Het WTCB merkt daarbij op dat de bouwsector in tegenstelling tot andere sectoren verschillende classificatie standaarden toepast per levenscyclusfase.

Opmerkelijk is dat zowel het BIM-loket (Figuur 3.8) als het WTCB de classificatie standaard Industry Foundation Dictionary (IFD), tegenwoordig buildingSMART Data Dictionary (bSDD), niet benoemen (Tabel 3.5). De focus gaat doorgaans uit naar het gebruik van gemeenschappelijke bestandsformaten zoals IFC (zie bijlage 8.2) en modelleerafspraken die de structuur van een dergelijk bestand moeten borgen. De eenduidige definitie van de objecten die in een dergelijk bestand zitten waar (bSDD) structuur aan geeft worden vanuit modelleerperspectief nog nauwelijks generiek opgemaakt. Opdrachtgevers sturen steeds vaker aan op een eenduidige identificatie van objecten door een zelf ontwikkelde Object Type Library voor te schrijven.

Informatie Standaard	Eigenaar	Land	Toepassing	Mogelijke bijdrage van de standaard aan informatie eisen van het Materialenpaspoort
COBIE	NBS	UK	Construction Operations Building Information Exchange (COBie) is a non-proprietary data format for the publication of a subset of building information models (BIM) focused on delivering asset data as distinct from geometric information	1. Kenmerken onderdelen (classificatie); 2. Conditie onderdeel; 7. Locatiecode gebouwd object; (Gebouwen & Infrastructuur)
Uniclass-2015	NBS	UK	Uniclass is a consistent classification structure for all disciplines in the construction industry. It contains tables classifying items of any scale from a large facility such as a railway, down to products such as a CCTV camera in a railway station.	1. Kenmerken onderdelen (classificatie); 2. Conditie onderdeel; 3. Chemische en technische specificaties; 7. Locatiecode gebouwd object; (Gebouwen & Infrastructuur)
BsDD	Building Smart	INT	The buildingSMART Data Dictionary (bSDD) is a shared library of objects and their attributes utilizing ISO 12006-3 ontology for the building and construction industry. It is used to identify objects in the built environment and their specific properties regardless of language.	1. Kenmerken onderdelen (classificatie); 2. Conditie onderdeel; 3. Chemische en technische specificaties; (Gebouwen)
BCF	Building Smart	INT	The BIM Collaboration Format (BCF) allows different BIM applications to communicate model-based issues with each other by leveraging IFC models that have been previously shared among project collaborators.	Issue tracking rond modellen. Communicatie rond Materialenpaspoort.

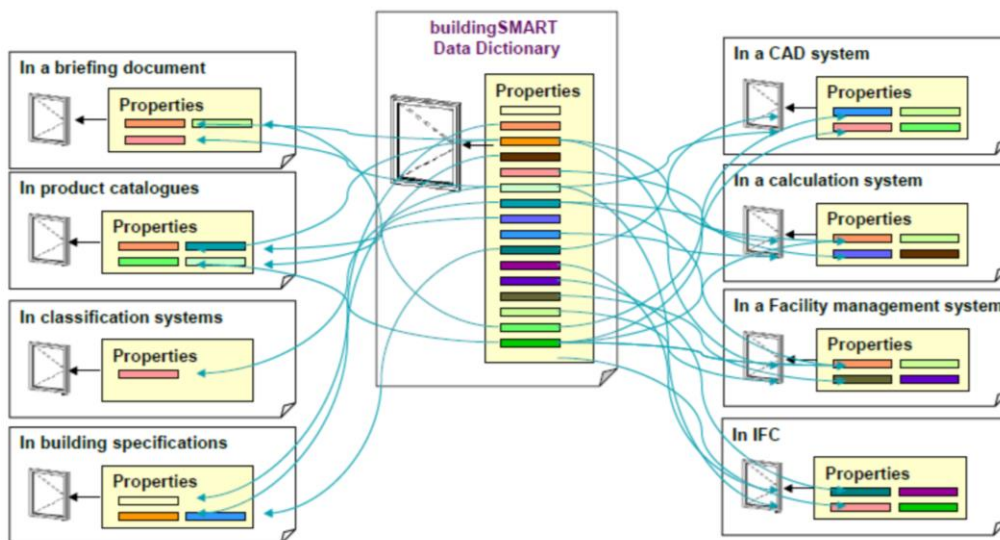
Tabel 3.5 Internationaal erkende informatie standaarden die kunnen bijdragen aan het materialenpaspoort Infrastructuur.

Bij het vergelijken van de Nederlandse NEN2767-4 met de Britse Uniclass-2015 zijn overeenkomsten te herkennen in de Hiërarchie. Zo komen beheerobject en entiteit overeen. Evenals complex dat NEN2767-4 niet inpast binnen haar reikwijdte maar wel inpasbaar is binnen de structuur. Het "element" komt terug in beide standaarden. Op het niveau van systemen en bouwdelen komen de niveaus niet helemaal meer overeen. Binnen uniclass zijn daarnaast op alle niveaus hoofdcategorieën en subcategorieën geïdentificeerd, wat binnen de Rijkswaterstaat OTL ook wordt toegepast (Bijvoorbeeld type vaste brug kent subtype boogbrug). Binnen Uniclass-2015 is de categorie "Products" een mix van producten en materialen. Daarmee is deze classificatie ook niet zuiver te gebruiken om materialen te identificeren en te beheren.



Figuur 3.11 Vergelijking NEN2767-4 met Uniclass-2015.

Uniclass-2015 voorziet in tegenstelling tot NEN2767-4 wel in een standaardisatie van activiteiten en ruimtes die voor het functioneel beheer van een asset waardevol kunnen. Een doorontwikkeling van de Buildingsmart Data Dictionary (Figuur 3.12) kan mogelijk een hulpmiddel zijn om op bouwdeel en materiaalniveau tot een meer uniforme standaard te komen. Binnen tekenstandaarden is het onderscheiden van materialen in lagenstructuren zeer gebruikelijk. Echter gaat dit doorgaans ook niet verder dan het hoofdtype (staal, hout, beton) en niet het subtype (Staal S235, S325). Binnen de industrie bestaat dus een behoefte om de definitie van materialen en bouwdelen te standaardiseren zodat filteren en zoeken binnen een datamodel resulteert in beheersbare en volledige set van de gevraagde informatie.



Figuur 3.12 Voorbeeld definitie in de BSDD-standaard (Grant, 2013), voorheen Industry Foundation Class (IFC).

3.9 Datamodel Materialenpaspoort Infrastructuur

Dit theoretisch kader geeft inzicht in de datastructuur die nodig is voor het opmaken van een materialenpaspoort en de standaarden die daarbij toegepast kunnen worden. Daarmee kan dit onderzoek antwoord geven op de eerste twee onderzoeksvragen.

- 1 *Welke eigenschappen zijn vanuit het theoretisch kader relevant voor het genereren van een materialenpaspoort voor de bouwdelen van een gebouw en een civiel beheerobject?*



Figuur 3.13 De eigenschappen waarin een materialenpaspoort moet voorzien om het hergebruik te faciliteren.

1. Wat is het: De kenmerken en specificaties van een gebouw object, element, bouwdeel, op basis van: Functie, Classificatie, materiaal en de toegepaste verbindingen;
2. Kwaliteit en conditie van de bouwdelen, elementen en materialen;
3. Waar is het: De locatie van een gebouw object en de daarin opgenomen elementen en bouwdelen;
4. Hoeveelheid: beschikbare materialen in elementen en bouwdelen;
5. Het tijdstip van beschikbaarheid van de bouwdelen, elementen en materialen;
6. Impact op het milieu, mate van circulariteit;
7. De (de)montage instructies voor het veilig en schadevrij ontmantelen en terug opbouwen.

De term materialenpaspoort verwijst expliciet naar het inwinnen van informatie over het materiaal in een gebouw object. Het hergebruik van bouwdelen, elementen of hele gebouwde objecten resulteert in meer circulariteitswaarde maar vraagt om het vastleggen van meer data om dit mogelijk te maken. Een materialenpaspoort database moet dan ook de mogelijkheid bieden om op verschillende maar juiste niveaus data vast te leggen voor het hergebruik van een gebouw object of delen daarvan.

- 2 *Welke eigenschappen borgt de OTL op het decompositieniveau van beheerobjecten, elementen en bouwdelen die relevant zijn voor hergebruik en daarmee het materialenpaspoort?*

De huidige OTL borgt een beperkt deel van de eigenschappen die wenselijk zijn voor het opmaken van een materialenpaspoort. De huidige OTL voorziet in een classificatie en lokalisering van beheerobjecten, elementen en bouwdelen vanuit:

1. NEN2767-4 Dit is een objectclassificatiesysteem voor conditiemeting van beheerobjecten elementen en bouwdelen. Deze classificatie beperkt zicht tot het type materiaal en de conditie van een object.
2. GBN & Kern GIS dit zijn Geografische Informatie Systemen die samenhang van het netwerk en de daarin opgenomen systemen borgen. Deze database biedt objectinformatie vanaf systeemdeel tot en met element niveau.

3. DISK is een database die de locatie eigenschappen, de beschikbaarheid, de functie en de decompositie van een Kunstwerk bewaakt. Deze database rapporteert op complex of beheerobject niveau.
4. Ultimo is een beheer- en onderhoudsdatabase die de onderhoudsactiviteiten en de status van een beheerobject registreert.

De huidige OTL-structuur borgt daarmee een beperkt deel van de data die nodig is voor het opstellen van een materialenpaspoort. Vooralsnog lijkt DISK te voorzien in de meeste informatie die nodig is voor het hergebruik van een beheerobject of delen daarvan. De OTL voorziet op dit moment geen data inwinning op componentniveau. De huidige database structuur voorziet beperkt in de volgende aspecten:

1. De milieu impact van de materialen die zijn verwerkt in de constructie. DISK geeft nu alleen inzicht in de aanwezigheid van asbesthoudende materialen;
2. De chemische specificaties;
3. De demontage instructie;
4. De volumes. Kern GIS geeft wel inzicht in terreinoppervlaktes. DISK geeft de hoofdafmetingen van een constructie.

Binnen de Nederlandse en Internationale standaarden vragen de volgende aspecten om standaardisatie:

1. Materiaaldefinitie met eigenschappen in databasevorm inclusief subtypes en tekenstandaarden;
2. Definitie van elementen en bouwdelen zoals voorgenomen in de Building Smart Data Dictionary (BSDD). Op dit moment definieert iedereen zijn eigen objecten met eigen parameters waardoor mogelijk niet altijd duidelijk is wat bedoeld wordt met bepaalde eigenschappen.

Opgemerkt moet worden dat de huidige OTL voorziet in een bibliotheek die fungeert als een logisch datamodel voor projecten. De publicatieomgeving spreekt vanuit een softwareontwikkelingsperspectief en noemt het een conceptueel model. De niet Rijkswaterstaat softwareontwikkelaar die werkt aan een database structuur voor een opdrachtnemer of een materialenpaspoort beheerder zal de structuur van de RWS OTL een logisch model noemen omdat hij meerdere standaarden zijn applicatie moet voorzien. De structuur van zijn applicatie is dan gebaseerd op een eigen conceptueel model.

In het volgende hoofdstuk beschrijft de onderzoeker de Madaster leeromgeving die als basis dient om een materialenpaspoort voor infrastructuur op te stellen.

4 Madaster Leeromgeving

In het theoretisch kader zijn de eigenschappen van een gebouw object beschreven die opgenomen moeten worden in een database om een materialenpaspoort te kunnen genereren. Dit hoofdstuk beschrijft de functionaliteiten die de Madaster leeromgeving voorziet voor het opstellen van een materialenpaspoort en geeft daarmee antwoord op de volgende onderzoeksvraag:

3 Welke functionaliteiten biedt de Madaster leeromgeving voor het opmaken van een materialenpaspoort?

In dit onderzoek is gekozen voor het gebruik van de Madaster leeromgeving omdat deze database zich binnen Nederland zich voldoende ver heeft ontwikkeld om een pilotproject voor Infrastructuur uit te voeren. Dit hoofdstuk beschrijft Madaster op basis van de doelstelling, de levenscyclus, de functies, systeemarchitectuur, het platform, het datamodel, het proces met tot slot de functionele bevindingen.

4.1 Madaster doelstelling

Het doel van Madaster is afval te elimineren door materialen een identiteit te geven (Madaster, 2019). Het Madaster platform fungeert als een publieke, online bibliotheek van materialen in de gebouwde omgeving. Het Madaster platform registreert, ordent, bewaart en ontsluit data met veel aandacht voor veiligheid, privacy en continuïteit.

Madaster biedt particuliere en zakelijke gebruikers één centraal overzicht voor al hun gebouwde objecten. Naast het inzichtelijk maken van de materialen en producten in gebouwde objecten, genereert Madaster een actueel en gedetailleerd materialenpaspoort. Verder geeft Madaster inzicht in de mate van circulariteit van gebouwde objecten en visualiseert het de waarde van de materialen op het moment van bouw en op het moment van sloop. Alle informatie is toegankelijk via een online platform dat desgewenst toegankelijk gemaakt kan worden voor interne en externe relaties.

4.2 Madaster in de levenscyclus van een gebouw object

De materialenpaspoort database ondersteunt verschillende levenscyclusfasen (Figuur 4.1) van een gebouw object en bedient daarmee verschillende actoren in de keten (Madaster, 2019).



Figuur 4.1 Madaster toegepast in de levenscyclus van een gebouw object (Madaster, 2019).

Ontwerpfase: Madaster faciliteert het circulair ontwerp. De Madaster Circularity Index (MCI) maakt de circulariteit van een ontwerp meetbaar op basis van materiaaleigenschappen en de toegepaste volumes. Daarmee kan de ontwerper circulariteit meewegen in de materiaalkeuze. De MCI ondersteunt het meten van de circulariteit in de bouw-, gebruiks-, en einde levensduur fase. Daarnaast biedt Madaster in samenwerking met W/E adviseurs de mogelijkheid om de Milieu Prestatie Gebouwen (MPG) berekening uit te voeren vanuit de database. De MPG-berekening maakt deel uit van de omgevingsvergunning.

Bouwfase: Madaster voorziet in de digitale kopie van een gebouw object met daarin alle producten en materialen. De digitale kopie vormt de basis voor een materialenpaspoort dat in de toekomst mogelijk verplicht is bij de oplevering van een nieuw gebouw.

Beheer & Onderhoudsfase: Madaster voorziet in een as-built dossier van een gebouw object dat helpt om de kosten voor beheer en onderhoud beheersbaar te maken. Verschillende onderhoudsbedrijven kunnen Madaster raadplegen en muteren na het uitvoeren van reparaties. Bij veranderende wet- en regelgeving vanuit veiligheid en gezondheid kan de gebouweigenaar toetsen of het object nog voldoet aan de laatste standaarden.

Hergebruik en sloop: Madaster maakt de restwaarde van een gebouw inzichtelijk. De financiële index toont de restwaarde van materialen in een gebouw object, nu en in de toekomst. Daarmee hoeft een gebouw object niet per definitie naar € 0,- afgeschreven te worden. In 2030 moet 50% van de toegepaste materialen in een gebouw uit gerecyclede of hergebruikte content bestaan om te voldoen aan de nieuwe wet- en regelgeving. De circulariteitswaarde in Madaster geeft inzicht in de mate van hergebruik en de mogelijkheden voor nieuwe toepassingen in andere gebouwen. Daarmee neemt de vraag naar het hergebruik van materiaal toe waardoor de waarde ook zal stijgen.

Op basis van Figuur 4.1 lijkt Madaster de meeste functionaliteit te kunnen bieden aan gebruikers die actief zijn in de beheer- en onderhoudsfase. Dat betekent dat Madaster haar gebruikers de meeste meerwaarde kan bieden in de fase beheer en onderhoud. Het betreft een toepassing op bestaande objecten in de gebouwde omgeving. In het huidige figuur zit de "next en rest" waarde na de sloopfase het is echter de vraag of dit in werkelijkheid ook het geval is. Op dit moment is de waarde van veel materialen dermate laag dat tussentijdse opslag te kostbaar is en men doorgaans direct moet overgaan tot verwerking in een nieuw object of halffabricaat. Opgemerkt moet worden dat het figuur nog geen plaats biedt aan fabrikanten van producten die mogelijk ook materialen uit bestaande objecten willen hergebruiken of eigen producten terug innemen.

4.3 Madaster Functies

Madaster voorziet vanuit haar eigen database vier hoofdfuncties:

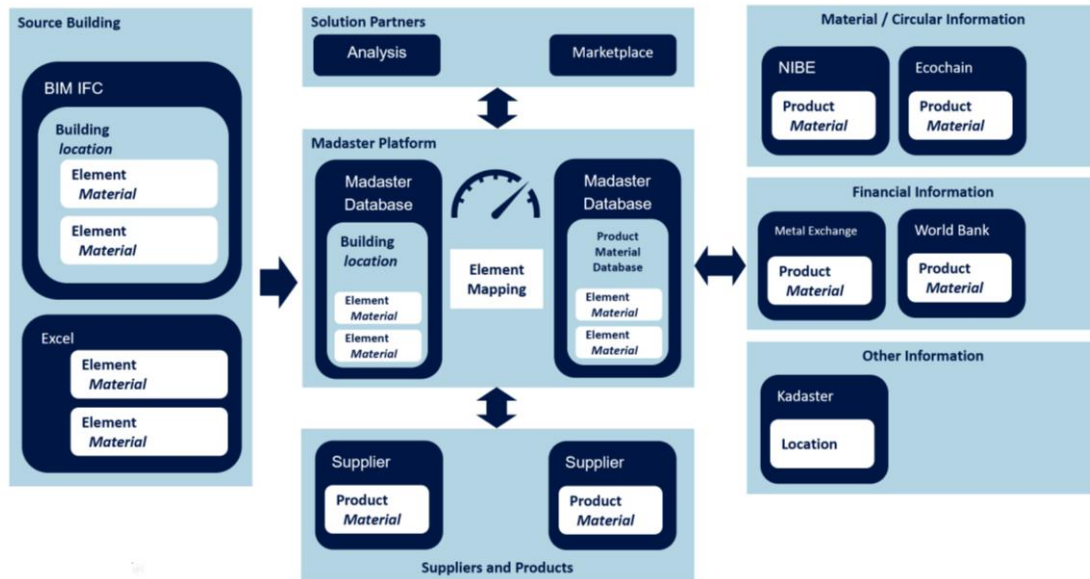
- 1 Materialenpaspoort: In de database kan per gebouw object de data verzameld worden door invoer van Excel of IFC-bestanden. De database voorziet in een mapping met een materialendatabase. Het materialenpaspoort kan gerapporteerd worden per gebouwdeel. Voor de mapping gebruikt Madaster de NL-SFB-codering en de IFC-classificatie.
- 2 De Madaster circulariteitsindex (MCI): geeft inzicht in de circulariteit van de materialen in een gebouw object in de bouw-, gebruiks-, en einde levensduurfase. Deze index kan helpen bij de materiaalkeuzes in het ontwerpproces.
- 3 De financiële index in het Madaster Platform geeft inzicht in de financiële (rest)waarde van de materialen in een gebouw object, nu en in de toekomst.
- 4 Gebouwdossier, alle gebouw gerelateerde gegevens worden veilig op één plaats opgeslagen.

In samenwerking met 'solution partners' biedt Madaster de mogelijkheid om analyses uit te voeren met gebouw data (bijvoorbeeld de MPG-berekening) of om gebouwdelen aan te bieden op een marktplaats.

4.4 Madaster Systeem Architectuur

De systeemarchitectuur van Madaster is uitgewerkt in een ecosysteem (Figuur 4.2) dat inzicht geeft in de wijze waarop de data van verschillende actoren aan elkaar gelinkt wordt.

De Madaster database vormt het centrale platform waarin iedere gebruiker een eigen portfolio heeft om daar per gebouw object een register aan te maken. In het register van een gebouw object kan de gebruiker de data van elementen, bouwdelen en materialen op slaan. In de database kan de gebruiker de materiaalvolumes van zijn gebouw object mappen met product materiaal database. Deze mapping legt de link tussen de data van een gebouw object (linker domein) met de informatie over prijzen, circulariteit, locatie en waarde uit externe databases (rechter domein).



Figuur 4.2 Het Madaster Ecosysteem toont de systeemarchitectuur van het platform.

Om de gebouwdata in te voeren voorziet Madaster in een brondata module waarmee de gebruiker Excel en IFC-bestanden met gebouwdata kan uploaden in de database. De data uit deze bestanden wordt vervolgens opgenomen in de Madaster database onder Building Location. De gebruiker kan de gebouw data mappen of verrijken met product data van leveranciers (domein onderaan). Verder kan de gebruiker analyses uitvoeren of gebouwdelen verkopen door gebruik te maken van de link met de solution partners (domein bovenaan).

Het huidige ecosysteem voorziet nog niet in de mogelijkheid om data vanuit Madaster te versturen. Voor het analyseren van trends over gebouwde objecten heen voorziet het platform binnen deze architectuur nog geen voorzieningen. De solution partners kunnen deze diensten in de toekomst mogelijk aanbieden.

4.5 Madaster Platform

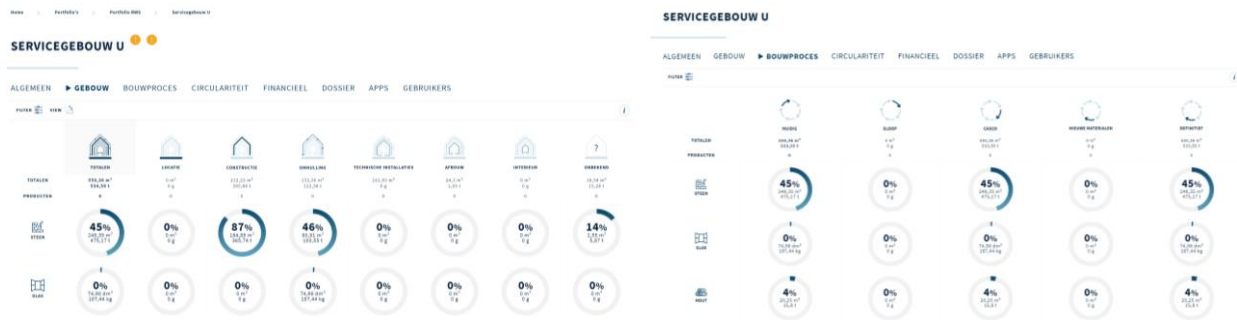
De vorige paragraaf heeft de gehele systeemarchitectuur van Madaster uitéengezet op een schematische wijze. Deze paragraaf toont de functionaliteiten van het Madaster platform vanuit eindgebruikers perspectief.

Figuur 4.3 toont het portfolio waarin de gebruiker de registers voor een gebouwd object kan aanmaken. Vanuit het portfolio kan de gebruiker nieuwe registers toevoegen en een materialenpaspoort voor een gebouwd object aanmaken. Vanuit het register gebouwd object kan de gebruiker de gebouw data updaten, de gegevens bekijken per fase in het bouwproces, de circulariteitsberekening raadplegen, de financiële waarde van de materialen in het object toetsen en het dossier opmaken met informatie van het object.



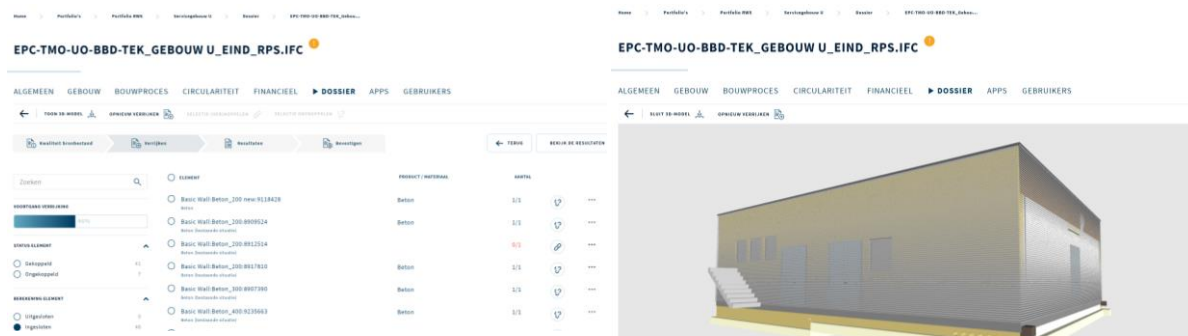
Figuur 4.3 Madaster Portfolio (links) en Register Gebouwd object (rechts).

Na het uploaden van de data van een gebouwd object heeft de gebruiker direct inzicht in de materiaal volumes binnen de gebouw decompositie van Brand en de indeling per bouwphase (Figuur 4.4). Bij zowel de indeling naar decompositie onderdeel als de indeling naar fase sorteert het platform op rijniveau op materiaalcategorie (bijvoorbeeld glas, steen, hout)



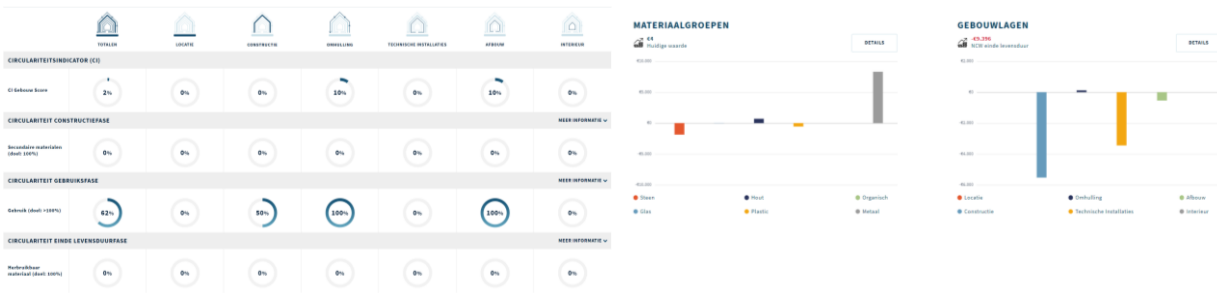
Figuur 4.4 Madaster Register gebouwd object: Gebouw: Materialen naar de decompositie van Brand (links) en naar indeling in het bouwproces (rechts).

Door verrijking van de data van het gebouwd object en koppeling met de producten en materialen database kan de circulariteitsindex en de financiële waarde steeds beter worden benaderd (Figuur 4.5). Met de geïntegreerde IFC-viewer kan de gebruiker het 3D model bekijken. Vooralnog is de integratie tussen de database en de viewer zeer beperkt in functionaliteit.



Figuur 4.5 Madaster Register gebouwd object: Geïmporteerde data verrijken door koppeling met de product materiaal database (links) model viewer (rechts).

Op basis van de verrijkte data kan Madaster de circulariteitsindex berekenen naar fase en gebouw decompositie (Figuur 4.6). Daarnaast kan Madaster per materiaalgroep en bouwlaag de huidige waarde en de waarde bij einde levensduur weergeven.

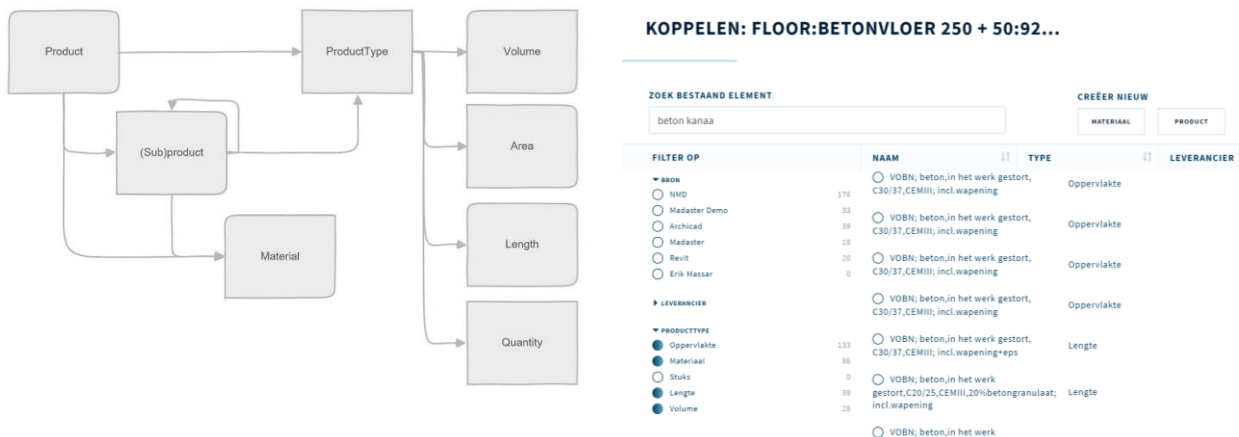


Figuur 4.6 Madaster Register gebouwd object: Circulariteitsindex (links) en Financiële waarde naar materiaalgroepen en gebouwlagen (rechts).

Madaster voorziet de eindgebruiker van dashboards voor het presenteren van de materiaalvolumes, de financiële waarde en de circulariteitsindex. Filtering is mogelijk op basis van bouwdecompositie, de bouwfase, de materiaalgroep en de gebouwlagen. Naast deze data kan de eindgebruiker het dossier verder aanvullen met foto's en documenten. Voor het bijhouden van het dossier is een beperkte versiebeheer functie beschikbaar. Met de IFC-viewer kan de eindgebruiker het model bekijken maar nog niet interactief bevragen op basis van data of zoekfuncties (sets).

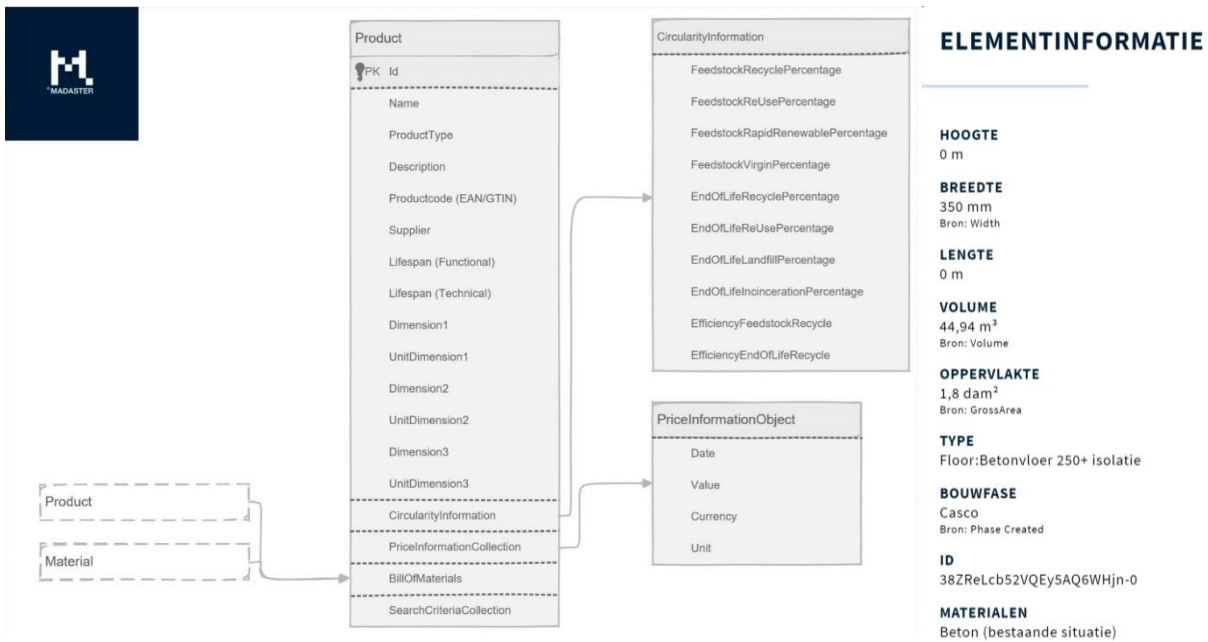
4.6 Madaster Conceptueel datamodel

Het conceptueel datamodel van Madaster biedt de mogelijkheid om producten in elkaar te nesten met de introductie van een (sub)product (Figuur 4.7). Daarmee is Madaster in staat om de problematiek die voorkomt binnen de classificatiestandaarden (NEN 2767-4) door het ontbreken van componenten op te lossen. Voor ieder producttype kan Madaster gegevens over volume, oppervlak, lengte en aantal (stuks) beheren.



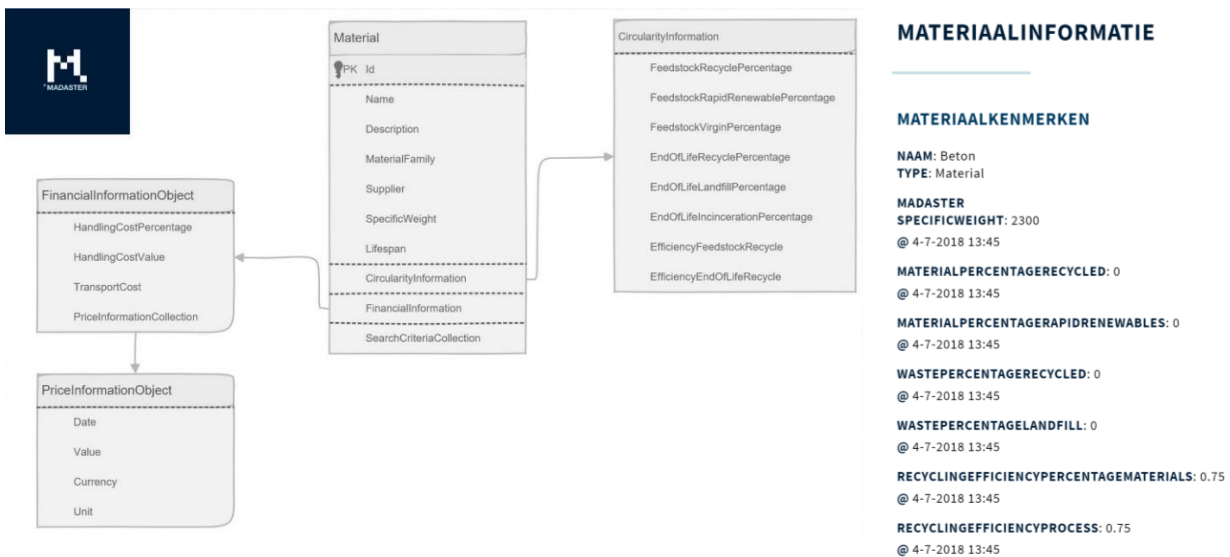
Figuur 4.7 Conceptueel datamodel voor product (links) met de userinterface voor koppeling (rechts).

Madaster voorziet bij product een reeks aan attributen die gevuld kan worden met leveranciersdata over levensduur, type, extra dimensies en productcode (Figuur 4.8). Opgemerkt moet worden dat Madaster vanuit zowel materiaal als product een link legt met circulariteitsinformatie. Daarnaast legt Madaster van product direct een link naar prijs. Materialen daarentegen zijn eerst gekoppeld aan financiële informatie en vandaaruit door gekoppeld naar prijsinformatie (Figuur 4.9).



Figuur 4.8 Conceptueel datamodel voor Producten/ Elementen (links) met het detailscherm (rechts).

Voor producten maakt Madaster gebruik van de producten database. Voor materialen van een andere database die ook weer gekoppeld is met circulariteitsinformatie. Voor de eindgebruiker is het niet altijd duidelijk waar bepaalde data vandaan komt. De schema's in dit hoofdstuk geven dan ook meer inzicht in de opbouw van het conceptueel model met attributen en relaties.



Figuur 4.9 Conceptueel datamodel voor materialen gekoppeld aan financiële informatie met doorkoppeling naar actuele materiaal prijzen en een link naar de circulariteitsinformatie (links) met rechts het detailscherm.

Tijdens de uitvoering van dit onderzoek in 2018-2019 was Madaster nog altijd in ontwikkeling. Inmiddels kunnen extra functies zijn toegevoegd die hier niet vermeld staan.

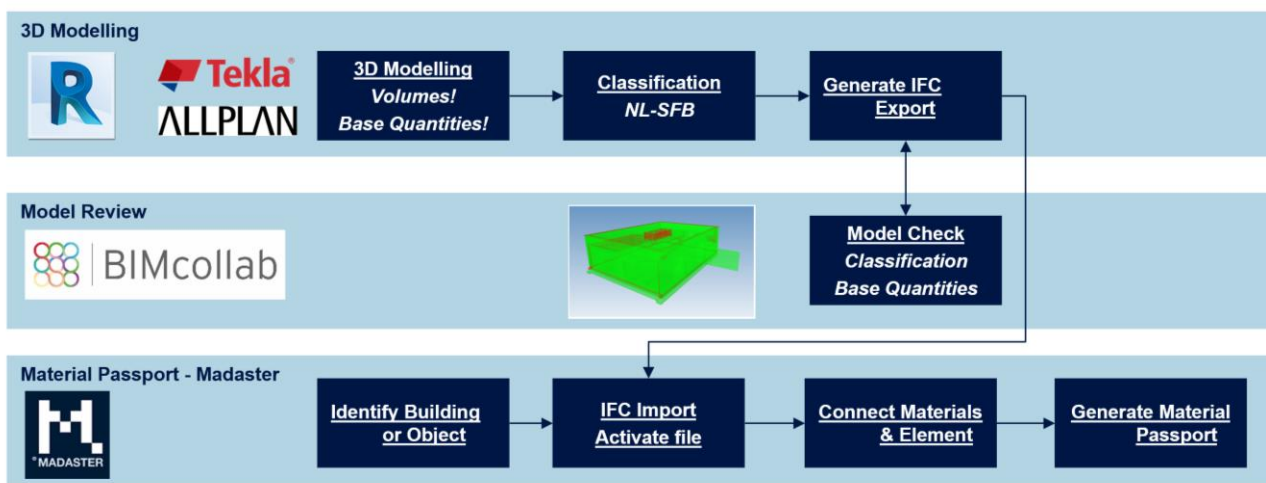
4.7 Proces Materialen Paspoort

Voor het opmaken van een materialenpaspoort benoemt Madaster zes stappen (Madaster, 2019):

- 1 Gedetailleerd BIM-model of Excel broninformatie van een gebouw object opstellen;
- 2 Overzicht van de toegepaste producten en materialen opstellen;
- 3 Uploaden van het BIM-model in IFC-formaat en andere brondata in Madaster;
- 4 Matchen en verrijken van de data in Madaster;
- 5 Genereren van een materialenpaspoort en een circulariteitscore vanuit Madaster;
- 6 Online omgeving in Madaster gereed voor gebruik als gebouw dossier en materialenpaspoort.

Voor dit onderzoek is de door Madaster beschreven workflow grotendeels gevolgd. Echter heeft de onderzoeker enkel gebruik gemaakt van geïmporteerde IFC-bestanden voor het inladen van de data van de gebouwde objecten. Om de ideale workflow te volgen heeft de onderzoeker enkele onderdelen opnieuw gemodelleerd wat resulteert in de volgende workflow (Figuur 4.10):

- 1 3D modellering van het gebouwde object in Revit met oog op volumes en base quantities;
- 2 Classificatie van de objecten conform de NL-SFB-codering;
- 3 Het genereren van een IFC-export vanuit het Revit model;
- 4 Het inladen van de IFC-export in BIM collab in combinatie met de Madaster viewfilters voor het checken van de volumes, base quantities en classificatie;
- 5 Het aanmaken van een nieuw register in het Madaster Rijkswaterstaat portfolio voor het opmaken van een nieuw materialenpaspoort;
- 6 Nadat het Revit model voldoende was opgewerkt en gecontroleerd in BIMcollab is een nieuwe IFC-export gemaakt. Deze IFC-export is in Madaster geïmporteed en geactiveerd zodat de data in de database kon worden opgenomen;
- 7 Aan het geïmporteerde model zijn materialen en elementen gelinkt vanuit de producten en materialen database.
- 8 Vanuit het model is een materialenpaspoort gegeneerd dat als pdf-bestand beschikbaar is.



Figuur 4.10 Proces voor het opmaken van een materialenpaspoort in Madaster.

4.8 Functionele Bevindingen Madaster

Madaster stelt ontwerpers, aannemers, assetmanagers en sloopbedrijven in staat om de materialen in gebouwde objecten een waarde te geven. Madaster identificeert de materialen en elementen in een gebouw en voorziet dashboards en rapportage functies. Daarmee is het begin van de vierde vraag beantwoord.

3 Welke functionaliteiten biedt de Madaster leeromgeving voor het opmaken van een materialenpaspoort?



Figuur 4.11 De Materialenpaspoort functionaliteiten die Madaster reeds beschikbaar heeft.

Op basis van materialenpaspoort vereisten uit het theoretisch kader voorziet Madaster in de volgende functionaliteiten (Tabel 4.1). Madaster geeft nog minder aandacht aan de conditie van de materialen (Figuur 4.11). Daartoe zou het wenselijk zijn om de connectie te maken met een onderhouds- en inspectieplatform. Daarnaast voorziet Madaster ook nog niet in specifieke instructies voor (de)montage voor de uitwisseling van componenten is deze informatie doorgaans al beschikbaar in de onderhoudsmanagementdatabase.

Informatie Vereisten Materialenpaspoort:	Functie in Madaster
Wat is het: De kenmerken en specificaties van een gebouw object, element, bouwdeel, op basis van: Classificatie, Materiaal en Functie.	Gebouwd Object - Register Element/Product – Product database Materiaal – Materiaal Database
Waar is het: De locatie van een gebouw object en de daarin opgenomen elementen en bouwdelen	Gebouwd Object - Register Gebouwniveau lokaal - IFC-viewer;
Hoeveelheid: beschikbare materialen in elementen en bouwdelen;	Dashboard naar decompositie Brand; Dashboard naar materiaalgroep; Dashboard naar bouwfase;
Het tijdstip van beschikbaarheid van de bouwdelen, elementen en materialen.	Dashboard naar bouwfase;
Impact op het milieu, mate van circulariteit.	Circulariteitsindex naar bouwfase; Circulariteitsindex naar decompositie;
Kwaliteit en conditie van de bouwdelen, elementen en materialen.	Gebouwd Object – Register Niet expliciet opgenomen op niveau van product en element.
(De)Montage en veiligheidsinstructies.	Niet expliciet opgenomen op niveau van product en element.

Tabel 4.1 Informatie vereisten materialenpaspoort versus de functies in Madaster.

Het volgende hoofdstuk beschrijft de casestudie Beatrixsluis waarin de Madaster leeromgeving is ingevuld met project data van een gebouw en civiele infrastructuur beheer objecten.

5 Case Studie

Voor het testen van de Madaster Leeromgeving voor Infrastructuur heeft Rijkswaterstaat gekozen voor het project "Verbreding Lekkanaal aanleg derde kolk Princes Beatrixsluis". De keuze viel op dit project vanwege de veelvuldig beschikbare informatie in BIM. Daarnaast mag het projectteam zich de trotse winnaar van de EBP BIM Benelux Award 2017 noemen.

Het project bevat een verzameling van verschillende gebouwde objecten waardoor het ook mogelijk is om modellen met elkaar te vergelijken. Binnen de projectorganisatie heeft men daarnaast ook enkele circulariteitsinitiatieven getoond. Het hergebruik van de loopbruggen van het lekkanaal als parkbruggen (Figuur 5.1) in de wandelroute op bedrijventerrein "Het Klooster" is hier een voorbeeld van.



Figuur 5.1 Bij de verbreding van het Lekkanaal hebben enkele van de vrijgekomen loopbruggen een nieuwe functie gekregen als parkbrug binnen hetzelfde areaal. Het betreft hergebruik op element niveau.

Voor het hergebruik zijn de loopbruggen gemodelleerd op basis van een opmeting om deze vervolgens op te nemen in het nieuwe ontwerp. Als gevolg van het ontbreken van een volledig materialenpaspoort dossier ontstonden de volgende uitdagingen:

- 1 Welke belastingen zijn toegelaten op de brug?
- 2 Welke coating is aangebracht en wat is de verwachte restlevensduur van deze conservering?
- 3 Hoe kan men de brug hijsen en transporteren?
- 4 Wat is het eigen gewicht van de brug?

De bovengenoemde praktische aspecten waren een extra motivatie voor het projectteam om deel te nemen aan dit onderzoek. Het vorige hoofdstuk heeft Madaster toegelicht vanuit technisch perspectief en vergeleken met de theoretische uitgangspunten voor het opmaken van een materialenpaspoort. Dit hoofdstuk beschrijft de praktische toepassing van Madaster aan de hand van verschillende modellen van gebouwde objecten uit het project "Verbreding Lekkanaal aanleg derde kolk Princes Beatrixsluis". De casestudie beantwoordt de vierde onderzoeksvraag:

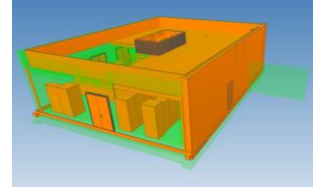
- 4 *Welke eigenschappen van het materialenpaspoort kunnen ingevuld worden door de IFC-modellen (van gebouwen en civiele objecten) te mappen met de Madaster database?*

De casestudie beschrijft eerst de geselecteerde beheerobjecten uit het project. Vervolgens beschrijft de onderzoeker het werkproces binnen de Madaster leeromgeving. Daarna volgt een beschrijving van de resultaten van de modellen die per gebouw object zijn opgenomen in de Madaster leeromgeving. Na deze praktische toepassing geeft de onderzoeker nog een reflectie op de Rijkswaterstaat standaarden die binnen het project worden toegepast. De documentatie uit het project dossier die vereist wordt vanuit standaarden zoals DISK kunnen helpen om het materialenpaspoort te vervolledigen.

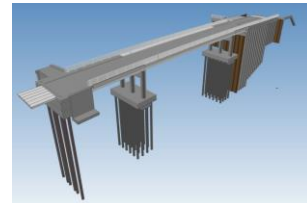
5.1 Beheerobjecten Beatrixsluis

Binnen het project Beatrixsluis zijn drie objecten geselecteerd die opgenomen worden in de Madaster leeromgeving:

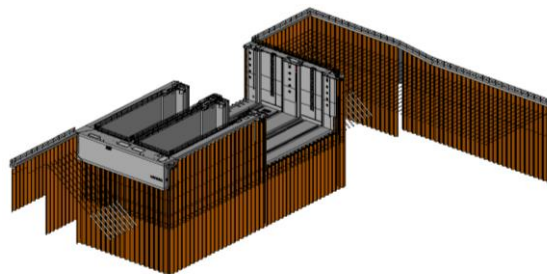
1. Gebouw U: Dit is een dienstgebouw dat de technische installaties van het sluisencomplex huisvest. Gebouw U biedt de onderzoeker de mogelijkheid om de vergelijking te kunnen maken met gebouwen waarvoor de Madaster omgeving bedoeld is;



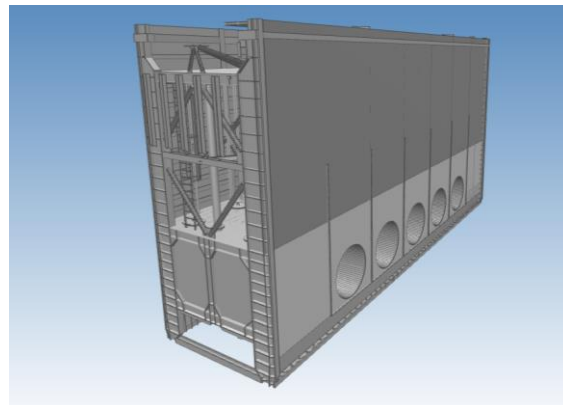
2. Brug over sluis 3: Dit is een vaste brug met een prefab betonnen dek constructie gekozen omdat het areaal van zowel Rijkswaterstaat als Prorail veel bruggen bevat kan met dit object op termijn een vergelijking gemaakt worden binnen de leeromgeving infrastructuur;



3. Sluishoofd Sluis 3: Dit is een typische waterbouwkundige constructie bestaande uit een fundering van stalen damwanden een gewapend betonstructuur, een mechanisch deel, een elektrotechnisch deel en een kelder die fungeert als technische ruimte. Dit is een typisch Rijkswaterstaat beheer object met grote materiaal volumes.



Roldeur Sluis 3: Dit is een staalconstructie met een waterkerende functie die onderdeel uitmaakt van het sluishoofd maar ook zelfstandig beschouwd kan worden. De sluisdeur zal echter beschreven worden in samenhang met het sluishoofd.



De drie constructies verschillen van inhoud en modelopbouw en bieden daarmee een breder spectrum op de materialen die binnen het areaal van Rijkswaterstaat zijn opgeslagen ()

	Gebouw U	Brug	Sluishoofd	Roldeur (Staal)
Bronbestand	Revit	Revit	Revit	Tekla
Classificatie	NI-Sfb – OTL 1.7.2	OTL 1.7.2	OTL 1.7.2	OTL 1.7.2

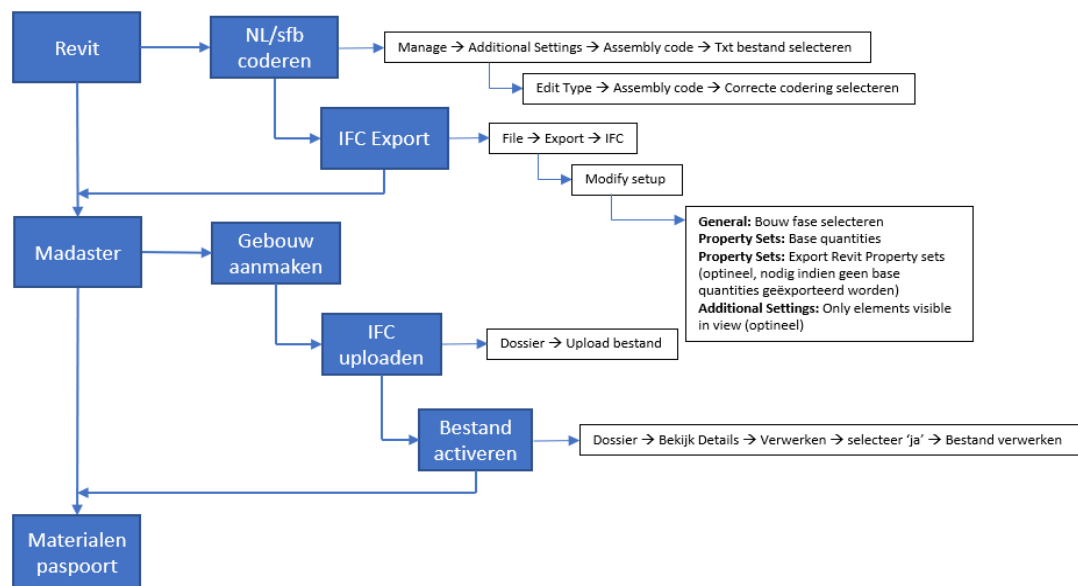
Tabel 5.1 Datastructuur Casestudieonderzoek georganiseerd naar ontwerpsoftware en classificatiesysteem.

5.2 Procesbeschrijving Madaster Leeromgeving

De huidige Madaster leeromgeving infrastructuur voorziet in vijf domeinen die de basis vormen voor het opmaken van een materialenpaspoort. De casestudie gebruikt de volgende onderdelen:

1. Source data: voor het invoeren van Data;
2. Madaster platform: voor het opmaken van een materialen paspoort.

De onderzoeker heeft de modellen van de gekozen beheerobjecten in Madaster ingevoerd conform het proces zoals beschreven in Figuur 4.10. In Figuur 5.2 is deze workflow verder in detail uitgewerkt met de toegepaste instellingen. Om de IFC-modellen bruikbaar te maken is het belangrijk dat de optie 'export base quantities' wordt aangezet. Dit zorgt ervoor dat er volumes aan de IFC-entiteiten worden gekoppeld. Niet alle elementen krijgen een base quantity mee als ze geëxporteerd worden naar IFC. Het is mogelijk om in dat geval ook de Revit Property sets mee te exporteren, hierin staan ook de volumes gedefinieerd. Het nadeel hiervan is dat er met deze property sets ook informatie mee komt die voor Madaster niet relevant is. De IFC-modellen van het buitenhoofd en de brug komen uit hetzelfde Revit project, met behulp van de export elements in view optie zijn hier verschillende IFC bestanden van gemaakt. In bijlage 10.1 beschrijft de onderzoeker het proces voor het opwerken van de IFC-modellen voor het genereren van een materialenpaspoort.



Figuur 5.2 Workflow verkrijgen materialenpaspoort.

Voor de locatie bepaling van elementen gebruikt Madaster de NL/sfb codering. Aan de hand van deze codering worden de elementen onderverdeeld in de categorieën; locatie, constructie, omhulling, technische installaties, afbouw, interieur, en onbekend.

Indien er geen NL/sfb codering is toegepast worden de elementen in de categorie onbekend geplaatst. Deze opdeling is gebaseerd op de lagen van Brand en wordt gebruikt voor de opdeling van gebouwen. Deze categorisering is niet geschikt voor civieltechnische objecten, er moet echter nog gekeken worden hoe verschillende object types het beste opgedeeld kunnen worden. De NL/sfb codering zit niet standaard in Revit, maar deze kan in de vorm van txt bestand worden toegevoegd. Hiervoor moet de volgende werkwijze worden gevolgd:

Manage → Additional settings → assembly code. Hier moet vervolgens het bestand worden geselecteerd.

De NL/sfb is een Nederlandse classificatie standaard, deze is niet optimaal voor infra objecten, aangezien er veel elementen zijn die niet volgens deze standaard geclassificeerd kunnen worden. Deze classificatie is echter in dit onderzoek wel gebruikt omdat Madaster met deze standaard werkt. Een ander classificatiesysteem dan NL/sfb dat gebruikt kan worden is de standaard classificatie die in Revit aangeboden wordt, dit is de Uniformal classificatie. Dit classificatiesysteem kan voor een breder spectrum aan objecten worden gebruikt. Hierbinnen vallen bijvoorbeeld ook wegdek en liften. De classificaties die gekozen kunnen worden zijn echter wel minder specifiek dan bij NL/sfb. Aan de hand van de combinatie met MasterFormat classificatie nummers kan de Uniformal classificatie specifiek gemaakt worden met materiaal en/of constructie methode.

In BIMcollab ZOOM is het mogelijk om de IFC-bestanden te controleren. Met behulp van view filters kan er gekeken worden of alle elementen een NL/sfb codering en een base volume hebben. Naast een NL/sfb codering hebben de elementen ook een volume parameter en een toegewezen materiaal nodig. Met deze combinatie kan Madaster de hoeveelheden aanwezig materiaal berekenen. De materialen die Madaster herkent worden automatisch gekoppeld en in de juiste categorie geplaatst. Elementen met materialen die Madaster niet herkent worden in de categorie onbekend gezet. Als niet alle elementen een materiaal hebben gekregen is het mogelijk om in Madaster deze zelf te koppelen met een materiaal uit de database. Het is ook mogelijk om onbekende materialen te vervangen door materialen uit de database. Dit proces kan echter veel tijd in beslag nemen afhankelijk van het aantal elementen dat gekoppeld moet worden. Het is dus wenselijk om te zorgen dat alle informatie correct vanuit het model mee wordt geëxporteerd naar IFC.

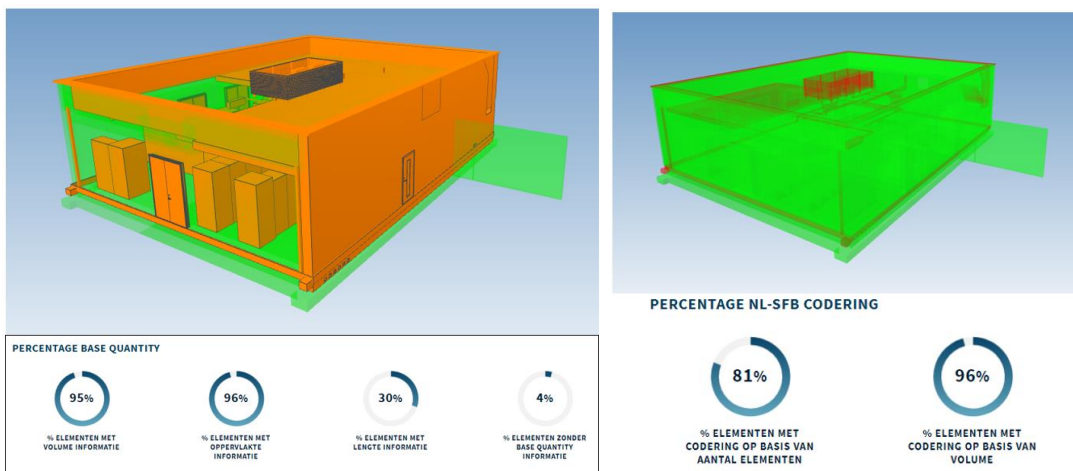
Na het invoeren van de beheerobjecten komt de onderzoeker tot de volgende constatering:

- Madaster is op dit moment gericht op het hergebruiken van de materialen. Alle entiteiten worden aan de hand van een materiaal in één van de categorieën geplaatst. Deze grove opdeling maakt het niet mogelijk om te bepalen waar de entiteiten zich in het object bevinden zonder ook naar het model te kijken.
- Daarnaast maakt de onderverdeling in materialen het niet mogelijk te bepalen of elementen geheel of gedeeltelijk hergebruikt kunnen worden. Om elementen in het geheel of gedeeltelijk te hergebruiken is het belangrijk om te weten waar deze elementen precies zijn en met welke andere elementen deze verbonden zijn inclusief het type verbinding.
- Voor het hergebruik op element niveau zullen ook meer specificaties van het element nodig zijn om te bepalen of het geschikt is om in een nieuw object te gebruiken.

5.3 Gebouw U

Het dienstgebouw is gekozen als een soort van nulmeting van een gebouw dat past binnen de Madaster context voordat een start gemaakt wordt met infrastructuur beheerobjecten. De huidige modellen zijn aangepast voor de implementatie in Madaster. Omdat het een gebouw is zou het relatief weinig problemen moeten geven en komen eventuele issues duidelijk naar voren. In het Revit model zijn aan de families NL/sfb coderingen gehangen, welke nog niet aanwezig waren. Er zijn drie verschillende IFC exports gemaakt van het model. Een voor elk van de drie bouwfases; de oorspronkelijke situatie, de situatie na de gedeeltelijke sloop, en de eindsituatie na de transformatie. Dit zou het mogelijk moeten maken om in Madaster het materiaalverloop door het project heen te kunnen registreren. Dit is op dit moment nog niet het geval. Waarschijnlijk komt dit doordat niet de juiste eigenschappen in de export worden meegenomen voor de fasering.

Het model van het servicegebouw bestaat uit 177 IFC entiteiten, uit de analyse blijkt dat 81% een NL/sfb codering heeft. Het totale overzicht van de compleetheit van de data in het IFC model is te zien in de BIM collab views met daaronder de percentages uit Madaster (Figuur 5.3).

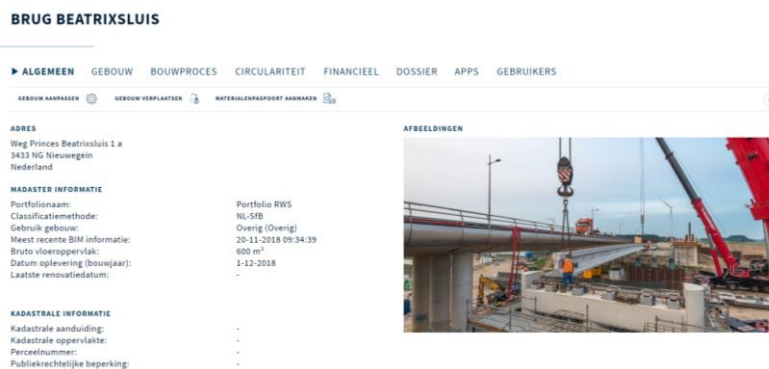


Figuur 5.3 Gebouw U voorzien van de percentages voor: materiaal volumes in base quantity en NL-SFB classificatie.

De NL/sfb codering is in dit model toegekend op family niveau, de elementen die geen NL/sfb codering hebben gekregen behoren dan ook niet toe tot een familie of hebben geen passende classificatie binnen NI/sfb. Het is ook mogelijk om de elementen te classificeren op instantie niveau, dit is echter wel arbeidsintensiever. Opvallend bij dit model is dat de meeste generic models en geïmporteerde families geen base quantity hebben meegekregen bij de export. Daarnaast krijgt ook maar een deel van de buitenmuren een base quantity toegewezen terwijl ze wel tot dezelfde familie behoren. Waar dit aan ligt is nog niet achterhaald. Ondanks het feit dat het hier een gebouwmodel betreft is de zorgvuldigheid van de modelleur doorslaggevend voor het verkrijgen van betrouwbare data uit het model.

5.4 Brug over sluis 3

De Brug over sluis 3 dient als voorbeeld voor de vergelijking met bijvoorbeeld Prorail (Figuur 5.4). Het IFC-model van de brug bestaat uit 270 elementen, uit de analyse blijkt dat 57% is geclassificeerd via NL/sfb (Figuur 3). Dit zijn de funderingselementen, de kolommen en liggers, en het hekwerk in het model. De overige elementen, waaronder de verhardingslagen, kunnen niet geclassificeerd worden met NL/sfb. Ook is een aantal elementen geclassificeerd, maar waarbij eigenlijk een andere classificatie wenselijk zou is. Zo is het brugdek geclassificeerd als een vloer en hebben de beschermplaten de classificatie buitenwand bescherming gekregen. De infra terminologie ontbreekt.

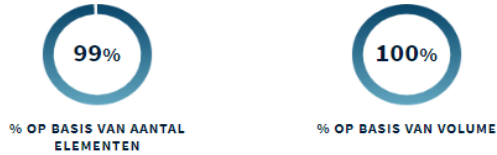


Figuur 5.4 Madaster register startscherm voor de brug over sluis 3. De foto kan helpen bij toekomstige demontage.

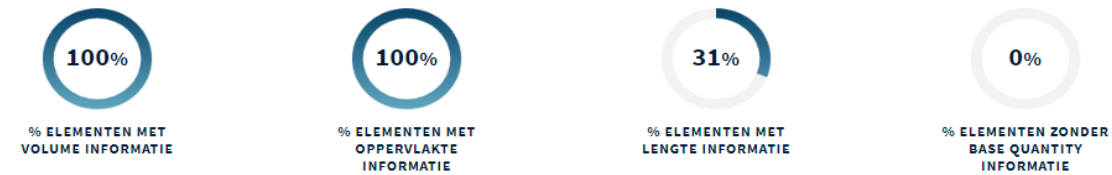
PERCENTAGE NL-SFB CODERING



PERCENTAGE MATERIAALTOEWIJZING



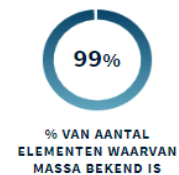
PERCENTAGE BASE QUANTITY



PERCENTAGE GEKOPPELDE ELEMENTEN



PERCENTAGE MASSA



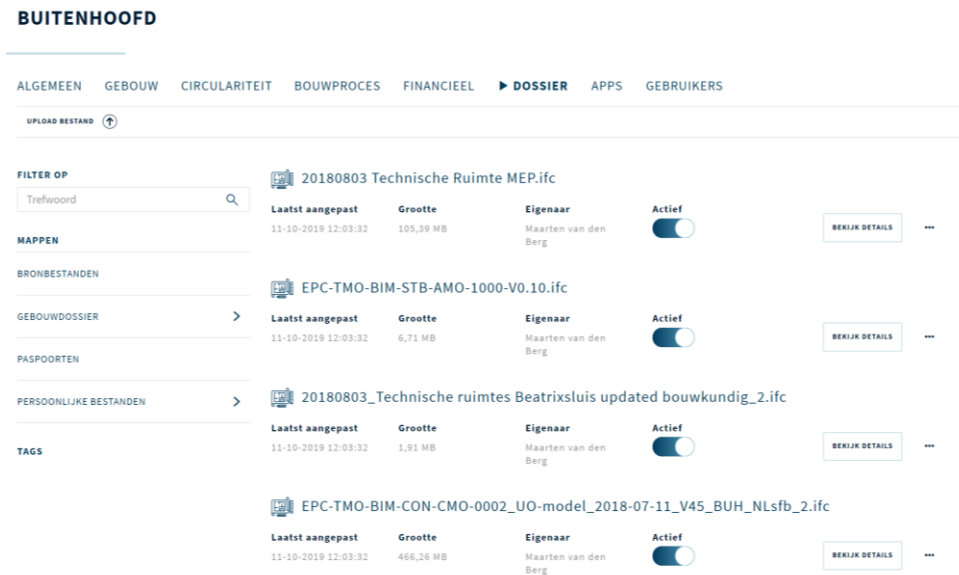
Figuur 5.5 Overzicht data IFC model brug

5.5 Buitenhoofd sluis 3

Voor de opmaak van het materialenpaspoort voor het buitenhoofd zijn verschillende modellen gebruikt afkomstig van verschillende modellen. Madaster laat het toe om een materialenpaspoort te maken met modellen van verschillende disciplines als bron. Binnen civiele beheerobjecten zoals sluisen en tunnels is deze functionaliteit dan ook wenselijk. Het buitenhoofd is samengesteld uit:

1. Civiel Bouwkundig model buitenhoofd (Revit);
2. Bouwkundig model technische ruimte (Revit);
3. Installatie model technische ruimte (Revit);
4. Model Sluisdeur (Tekla);
5. Wapeningsmodel buitenhoofd (Allplan).

Alle IFC-modellen moeten uniek zijn om redundantie te voorkomen. Madaster kan elementen die in twee verschillende modellen voorkomen niet filteren en zal deze dus dubbel weergeven binnen het platform. De aanwezigheid van dubbele elementen gaat ten koste van betrouwbaarheid van het materialenpaspoort. Normaal dient men dubbele objecten uit te sluiten om discussies over eigenaarschap te voorkomen. Doorgaans dient men modellen te linken om aan te sluiten op de context van andere disciplines. Bij het opmaken van de IFC export dient men de gelinkte modellen echter niet mee te exporteren.



Figuur 5.6 Madaster laat het toe om verschillende modellen in te laden voor een gebouw object wat noodzakelijk is voor een volledig materialenpaspoort van een sluishoofd.

De modellen in Revit zijn voor zover mogelijk, geclassificeerd via NL/sfb. In Tabel 5.2 zijn de percentages geclassificeerde elementen te zien van de verschillende modellen. De volume percentages van het bouwkundig model van het buitenhoofd, van de sluisdeur en van het wapeningsmodel komen uit de property sets van de Revit. Binnen deze modellen hadden de meeste elementen namelijk geen base quantity in de IFC export.

Model	# elementen	% NL/sfb	% Volume	% Gekoppeld
1	5295	5	100	99
2	179	100	100	96
3	137	91	46	47
4	5435	0	100	1
5	1041	0	100	0

Tabel 5.2 De uitkomsten van de classificatie scores van de verschillende aspectmodellen

De modellen van het buitenhoofd, de sluisdeur en de wapening zijn bestaande modellen waaraan achteraf NL/sfb codering zijn toegevoegd voor zover dat mogelijk was. Binnen het model van het buitenhoofd waren dit de constructieve elementen, vloeren, funderingselementen, mantelbuizen, ladders en het hekwerk. De modellen van sluisdeur en de wapening zijn niet gecodeerd, de NL/sfb classificatie is hiervoor niet toereikend. Alle elementen zijn, door de afwezigheid van een classificatie, dus in de categorie onbekend geplaatst.

De technische ruimtes zijn tijdens dit onderzoek gemodelleerd, hierbij zijn, voor zover mogelijk, direct de elementen geclassificeerd met NL/sfb codes. In het installatie model zijn families voor de technische installaties en de kabelgoten geïmporteerd. De kabelgoten hebben geen base quantity gekregen met de IFC-export. Mogelijk ligt dat aan de definitie van de family's en daarmee de definitie van de volumes. De volgende paragrafen gaan in op de toegepaste classificatie standaarden.

5.6 Vergelijking praktijktoepassing OTL NL/sfb en IFC

De onderzoeker heeft binnen de context van het project een vergelijking gemaakt tussen de decompositie niveaus van de OTL van RWS en de IFC om te kijken of het mogelijk is deze twee standaarden met elkaar te mappen. In de OTL wordt onderscheid gemaakt tussen drie decompositie niveaus: beheerobjecten (4), elementen (5) en bouwdelen (6). Hierin volgt de OTL de decompositie die in de NEN 2767-4 gedefinieerd is. De bouwdelen binnen de OTL verschillen erg in detailniveau. Afhankelijk van het element kan een bouwdeel een muur of een kelder zijn. Sommige objecten staan ook zowel als een element als een bouwdeel in de OTL. Binnen de OTL is er gedefinieerd uit welke elementen een beheerobject kan bestaan, hetzelfde geldt voor bouwdelen en elementen. Dit limiteert de classificatie van beheerobjecten.

BuildingSmart, de beheerder van de IFC standaard, heeft in totaal 653 IFC-entiteiten gedefinieerd. Deze entiteiten kunnen in verschillende werkgebieden gebruikt worden. Als er gekeken wordt naar de bouw is dit aantal entiteiten verder beperkt. Revit ondersteunt 100 IFC-classes en 33 van deze classes zijn voor bouwelementen zoals muren, deuren en kolommen. Aan de meeste Revit families wordt automatisch een IFC-entiteit gekoppeld. Bij het gebruik van generic models wordt de entiteit `IfcBuildingElementProxy` gebruikt, het is mogelijk dit aan te passen bij de export options in Revit. Elke IFC-entiteit heeft een aantal vaste parameters die automatisch worden meegenomen met een export, overige eigenschappen of data kunnen aan de hand van Revit parameters mee worden geëxporteerd.

De onderzoeker heeft in de casestudy de bestaande modellen die toegepast worden binnen het project proberen te mappen met de Madaster materialenpaspoort database die zich verbindt aan het IFC-formaat. Uit deze nulmeting komt naar voren in welke mate het mogelijk is om de Madaster leeromgeving te vullen vanuit de bestaande datastructuur. Op basis van eventueel ontbrekende data in de Madaster database kan een BIM adviseur de modellen verrijken zodat alle materiaal parameters in Madaster opgenomen worden. Verder kan de ontwikkeling van CB-NL helpen bij het mappen van verschillende classificatiesystemen. Tabel 5.3 geeft per classificatiestandaard de toegewezen eigenschappen en mogelijkheid om een mapping aan te brengen.

Standaard	Toegewezen eigenschappen
OTL	<ol style="list-style-type: none"> 1. OTL 2.2 is al gekoppeld aan CB-NL; 2. In CBNL is het object echter het laagste niveau, er wordt verder niet meer gespecificeerd naar de verschillende onderdelen waaruit een object bestaat (bv: Constructief dak = laagste niveau); 3. In CB-NL zit bij sommige objecten ook een koppeling naar de NEN 2767-4 en/of NL/sfb. 4. In de OTL zijn verschillende eigenschappen aan objecten gehangen, de eigenschap die voor hergebruik relevant is is "materiaal", deze eigenschap is echter niet aan alle objecten toegekend; 5. Binnen de OTL zijn aan de meeste materialen zijn geen eigenschappen verbonden; 6. Binnen de OTL zijn materiaaltypen uitgewerkt zoals hout beton of staal. Op basis van een type is het echter niet mogelijk om hergebruik op een hoger kwaliteitsniveau als granulaat te halen.
NL/sfb	Object niveau: onderverdeeld in verschillende tabellen, tabel 2 en 3 worden vaak samen gevoegd: <ol style="list-style-type: none"> 1 Gebouwde omgeving (2 cijfers, bv woningen); 1 Functionele delen (2 cijfers, bv buitenwanden); 2 Constructievorm (hoofdletter, bv metselwerk); 3 Productiemiddel (kleine letter evt gevolgd door cijfer, bv baksteen); 4 Activiteiten of eigenschappen (Hoofdletter met evt cijfer en/of kleine letters tussen haakjes, bv trillingen).
IFC	<ol style="list-style-type: none"> 1. 653 verschillende entiteiten gedefinieerd; 2. Entiteiten niet gekoppeld aan een bepaalde discipline; 3. Eigenschappen die berekend kunnen worden aan de hand van de afmetingen van een entiteit zijn kwantiteit (lengte, opp., volume, gewicht enz.); 4. Eigenschappen die niet kunnen worden berekend aan de hand van afmetingen zijn properties en moeten handmatig worden toegekend.

Tabel 5.3 Informatie standaard en toegewezen eigenschappen

Op basis van de bovengenoemde vergelijking komt de onderzoeker tot de volgende conclusies:

- Het verschil in detail niveau tussen OTL-bouwdelen en IFC-entiteiten maakt het moeilijk om deze twee standaarden met elkaar te mappen. Sommige bouwdelen zouden namelijk uit meerdere IFC-entiteiten bestaan.
- Om de OTL en IFC map-baar te maken zal een extra decompositie niveau nodig zijn in de OTL. In Madaster worden de IFC-modellen geïmporteerd en wordt dus ook dezelfde manier van decompositie gebruikt.

De volgende paragraaf beschrijft de data die DISK kan aanbieden om het materialenpaspoort te vervolledigen.

5.7 Vergelijking DISK - MADASTER

Binnen RWS wordt DISK (Digitaal Informatie Systeem Kunstwerken) gebruikt voor het vastleggen van gegevens voor het beheer en onderhoud van kunstwerken. Elk kunstwerk heeft zijn eigen functionele en beheerpaspoort, waarin bijvoorbeeld de inspectiebevindingen zijn opgeslagen. In Madaster wordt er bij het aanmaken van een object ook gevraagd naar algemene informatie over het betreffende object. Binnen dit onderzoek is er gekeken of de gevraagde informatie overeenkomt en of dat er dus een mogelijkheid kan zijn om de algemene gebouwinformatie in Madaster vanuit DISK te vullen.

Uit de vergelijking van de informatie die is vastgelegd is in DISK en gevraagd wordt in Madaster blijkt dat er niet veel overeenkomt. De meeste algemene informatie over het gebouw wordt zowel in Madaster en DISK vastgelegd, het gaat hierbij om het type bouwwerk, het bouwjaar, en laatste renovatie van het gebouw. Madaster vraagt daarnaast om de kadastrale aanduiding van het object, dit komt ongeveer overeen met het RD-coördinaat dat in DISK wordt vastgelegd. De overige informatie waar Madaster gaat om de energy labels, milieu scores en de verwachte levensduur van het object. Dit is niet vastgelegd binnen DISK.

Andersom kan echter hetzelfde geconstateerd worden, binnen DISK is informatie opgeslagen die ook voor het Madaster platform interessant kan zijn.

- Gebruiksstatus van een object;
- Interval van inspecties;
- Aanwezigheid van schadelijke stoffen zoals asbest (Chroom6 zou hier ook toe kunnen behoren maar wordt vooralsnog niet in DISK geïdentificeerd);
- Eigenaar en beheerder van het object;
- Elementen waaruit het beheerobject bestaat;
- Bouwdelen waaruit de elementen bestaan;
- Inspectie data van de bouwdelen.

Op basis van de bovengenoemde aspecten komt de onderzoeker tot de volgende constatering:

- De data uit DISK kan gebruikt worden om Madaster op het niveau van gebouwd object te verrijken. Beide databases zijn echter niet op elkaar afgestemd waardoor de data niet overdraagbaar is.
- Naar inspectie, objectstatus en conditie voorziet Madaster nog geen eigenschappen op beheer object niveau die wel in DISK zijn opgenomen. Daarmee kan DISK Madaster vervolledigen op het niveau van gebouwde objecten.

5.8 Constateringen Casestudie

Na het vullen van de Madaster leeromgeving met praktisch data van het project Beatrixsluis en enkele nieuw opgebouwde modellen komt de onderzoeker tot de resultaten van de casestudy en de beantwoording van de vierde vraag:

- 4 *Welke eigenschappen van het materialenpaspoort kunnen ingevuld worden door de IFC-modellen (van gebouwen en civiele objecten) te mappen met de Madaster database?*



Figuur 5.7 Haalbaarheid van de materialenpaspoortvereisten bij de toepassing van Madaster op een lopend project.

Afhankelijk van de toepassing van het classificatiesysteem NL/sfb, de zuiverheid van de modellering met de juiste family 's, het correct gebruik van de IFC-exportinstellingen is de onderzoeker in staat om Madaster geautomatiseerd te vullen met project data. Op het niveau van elementen en bouwdelen kan veel geautomatiseerd worden mits dit correct gemodelleerd is. Op het niveau van gebouwd object is veel handwerk te doen omdat DISK niet aansluit op Madaster en NL/sfb. De locatie van een beheerobject komt terug in zowel DISK als in het IFC-model indien men op RD-NAP-coördinaten werkt. Voor het bestuderen van de milieu impact is de projectdata minder relevant omdat Madaster hier gebruik maakt van de materialen database. De milieu impact is afhankelijk van de materiaalspecificatie in de modellen en de materiaalspecificaties uit de materialen database (NIBE of Ecochain Figuur 4.2).

Aan de zijde van Madaster zijn ook nog verbeteringen mogelijk. De data betreffende de elementen en bouwdelen is alleen relevant als er een manier gevonden wordt waarop IFC-entiteiten te koppelen zijn aan verschillende bouwdelen. Op dit moment biedt Madaster wel de mogelijkheid om op het niveau van IFC-entiteiten modellen te bevragen. Daarnaast is een optie om te kunnen filteren op element niveau van toegevoegde waarde voor Madaster. Nu is alleen filtering op het niveau van materiaalgroep, bouwkundige decompositie of bouwlaag mogelijk.

Om Madaster geautomatiseerd te vullen in projecten moet voldaan worden aan de volgende aspecten:

- 1 Het materialenpaspoort is verankerd als ambitie in het BIM-protocol;
- 2 De classificatiesystemen van alle modellen bevatten NL/sfb code (BIM Uitvoeringsplan);
- 3 De materiaaleigenschappen zijn uniform gedefinieerd (BIM Uitvoeringsplan);
- 4 De coördinatensystemen zijn uniform afgestemd (BIM Uitvoeringsplan);
- 5 De view instellingen voor IFC-export zijn afgestemd (Templates);
- 6 De IFC-exportinstellingen zijn uniform vastgelegd (Templates);
- 7 Parameters zijn uniform gedefinieerd (GUID) in onder andere shared parameters (Templates);
- 8 De demarcatie en LOD is vastgelegd per deelsysteem (BIM Uitvoeringsplan);
- 9 De fasering is uniform vastgelegd.

De volgende paragraaf vergelijkt de verschillende gebouwde objecten in een cross-casestudie.

6 Cross Case Analyse

In de cross-case analyse worden het gebouw en het sluishoofd met elkaar vergeleken om de datastructuren van bouwkundige en civiele objecten met elkaar te kunnen vergelijken. De cross-case analyse geeft antwoord op de vijfde en zesde onderzoeksvraag:

- 5 *Wat zijn de verschillen in de benodigde informatie bij het hergebruik van bouwkundige en civiele beheerobjecten?*
- 6 *Welke objecteigenschappen van het materialenpaspoort ontbreken in de bestaande/toegepaste modellen en classificatiesystemen voor de identificatie van civiele objecten?*

Middels een cross-case analyse worden de datastructuur van gebouw- en infrastructuur modellen met elkaar vergeleken. Dit op basis van de bestaande classificatiesystemen OTL en NL/sfb in combinatie met IFC. De onderzoeker beoordeelt per classificatiesysteem de mogelijkheden om beheerobjecten, elementen en bouwdelen uit een infrastructuurproject in BIM te mappen met de Madaster database.

De Cross Case analyse resulteert in een GAP-Analyse waarin de voor Madaster ontbrekende objecteigenschappen per classificatiesysteem en objecttype worden getoond. De onderzoeker maakt onderscheid tussen tijdelijke en permanente objecten.

6.1 Vergelijking op bouwkundige en civiele objecten

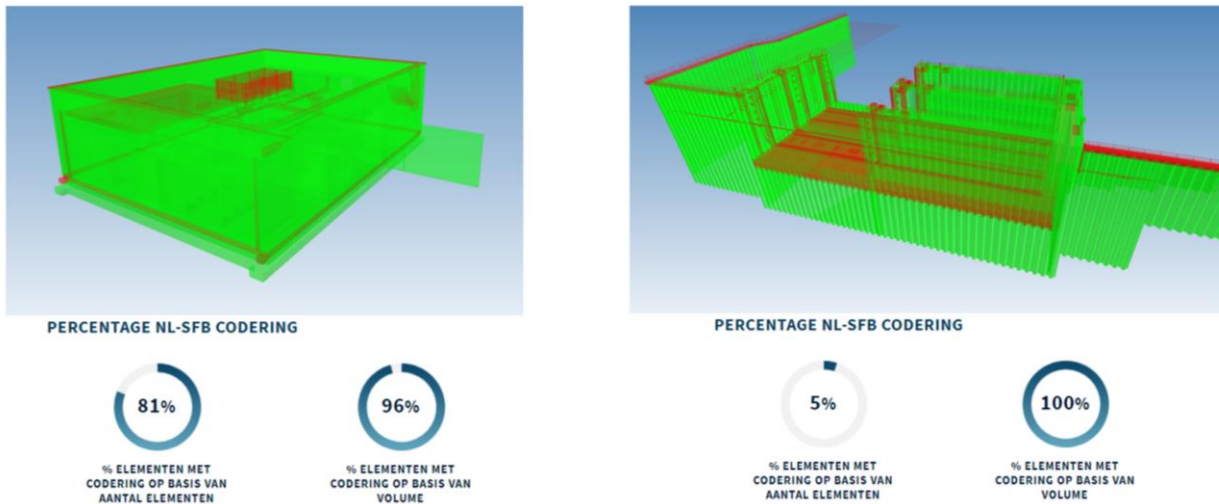
Zowel civiele als bouwkundige objecten zijn doorgaans samengesteld uit verschillende deelsystemen. Voor een bouwkundig objecten kan dit met de decompositie van Brand worden georganiseerd. Civiele objecten volgen de structuur van de OTL of worden in gewone mensentaal doorgaans opgedeeld in fundering, onderbouw, bovenbouw en afbouw. Afhankelijk van het type civiel object kan men daarnaast nog een functionele uitsplitsing maken. De modellen worden bij zowel bouwkundige als civiele objecten uitgesplitst naar discipline omdat daarmee het eigenaarschap van de informatie wordt geregeld. Madaster moet daarmee voor zowel bouwkundige als civiele objecten voorzien in de mogelijkheid om verschillende deelmodellen apart te kunnen uploaden en te integreren in de database. Dit is nu mogelijk. Voor de algemene informatie op objectniveau gelden voor een gebouw en een civiel object waarschijnlijk dezelfde behoeften (Figuur 6.1).

The screenshot displays two side-by-side views of the Madaster database interface. The left view shows the data for 'SERVICEGEBOUW U', and the right view shows the data for a building at 'Weg Prinsen Beatrixkade 1 a'. Both views include sections for 'Adres', 'Madaster informatie', 'Kadastrale informatie', 'Labels', and 'Well score'. The 'Labels' section for the building includes 'BREEAM', 'GPR score', 'Indicatieve NPG score', and 'LEED'. The 'Well score' section includes 'New and Existing Buildings', 'New and Existing Interiors', and 'Core and Shell'. A map and an aerial view of the building are also visible on the right side.

Figuur 6.1 Vergelijking op niveau gebouwd object.

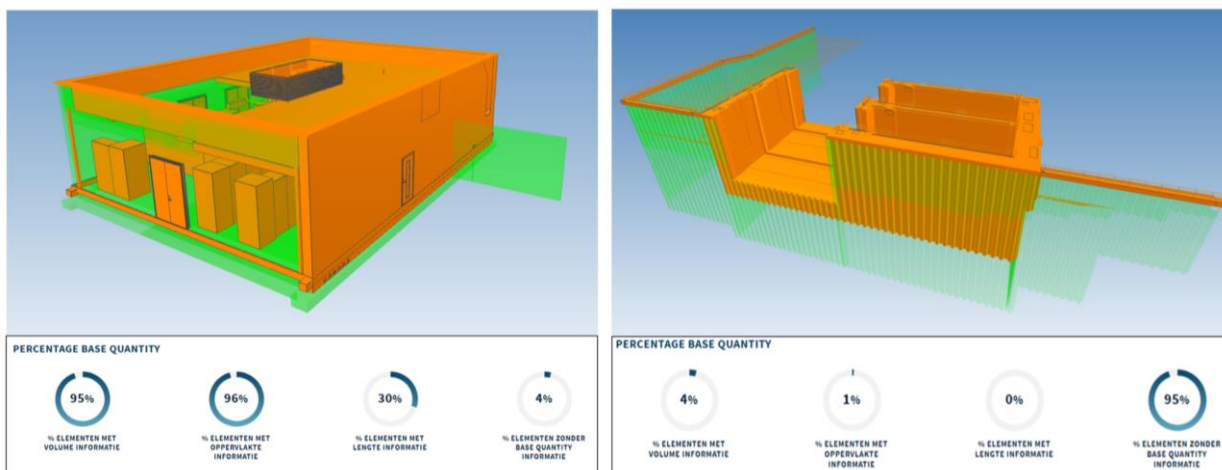
Voor de classificatie van civiele objecten biedt de NL/sfb codering niet altijd voldoende mogelijkheden. Dit is ook het geval voor IFC. Vanwege de vorm variatie in civiele objecten worden de modellen vaak niet

zuiver opgesplitst in wanden en vloeren omdat dit ook niet altijd mogelijk is. Bij lineaire infrastructuur zou een indeling naar functie dan ook het best passen om de elementen vorm te geven. Opgemerkt moet worden dat een sluishoofd nog het meest in de buurt komt van een gebouw tegenover een brug of een tunnel die doorgaans een meer exotische vormgeving kent. In de modellen van het project Beatrixsluis heeft de onderzoeker zeer veel effort gestoken om de modellen middels NL/sfb te classificeren (Figuur 6.2).



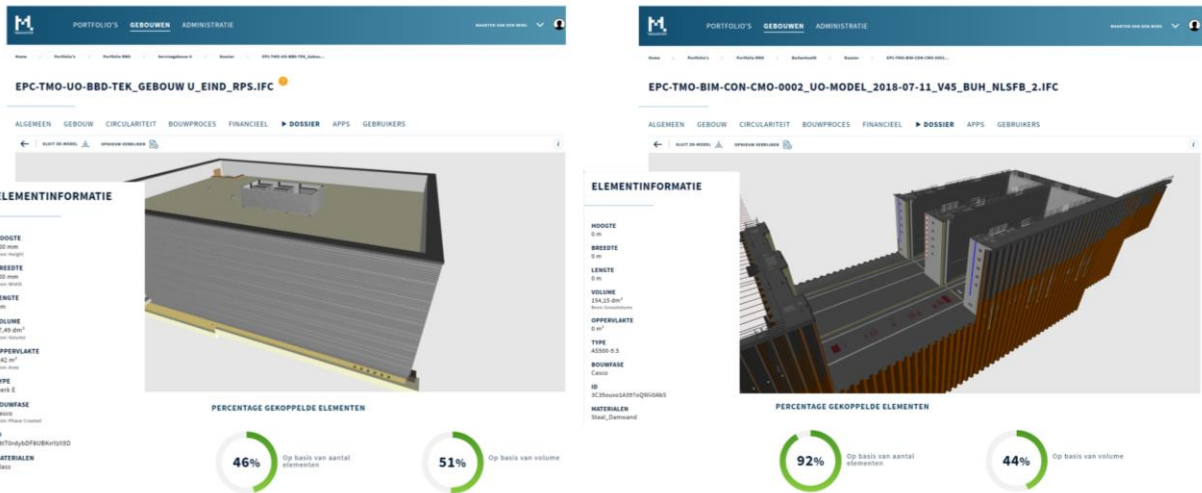
Figuur 6.2 Vergelijking op het niveau van de NL/sfb codering.

Het toevoegen van een classificatieparameter is doorgaans eenvoudig mogelijk. Het aanpassen van niet correct gemodelleerde volumes is minder eenvoudig. Het gebruik van standaard family's is echter nog geen garantie op succes voor het verkrijgen van de juiste hoeveelheden. Bij het modelleren van bestaande objecten zoals gebouw U past men niet altijd de juiste family types toe om snel tot een model te komen voor tekeningen productie. Daarmee is het later lastiger om elementen te herkennen. Opgemerkt moet worden dat ook het gebruik van families nog niet altijd een garantie is op de juiste IFC-output zoals de wanden in het gebouw ook aantonen (Figuur 6.3).



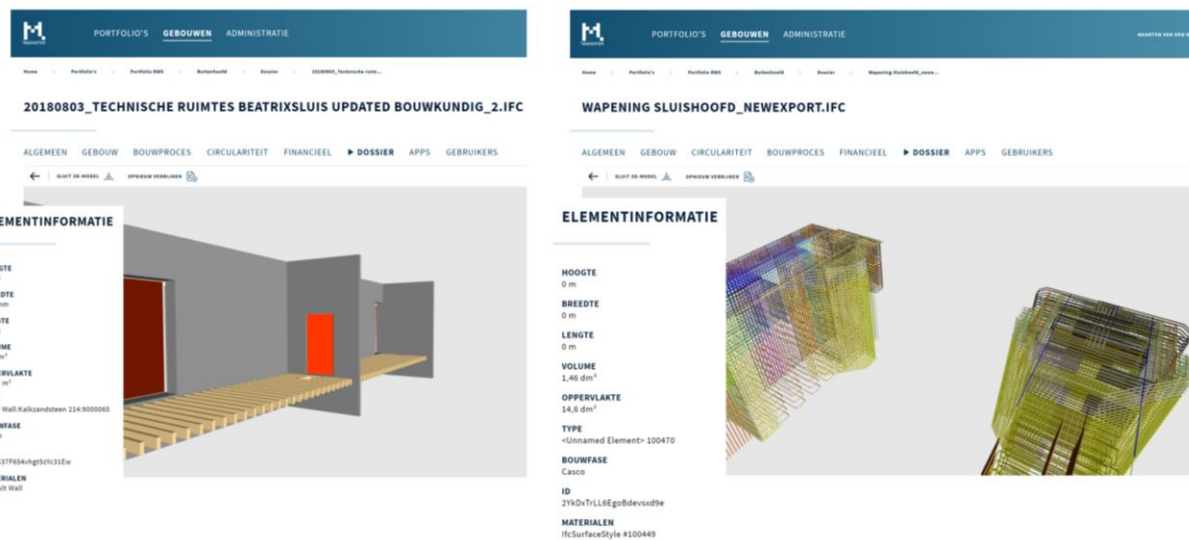
Figuur 6.3 Vergelijking op het niveau van base quantities.

Civiele objecten kennen doorgaans een veelvoud aan dezelfde elementen waardoor het eenvoudig is om snel tot selecties te komen. Ook kunnen gelijkaardige objecten vanuit volumes herkend worden (Figuur 6.4). Madaster maakt gebruik van volumes, oppervlaktes, lengtes, en stuks waarmee het mogelijk is om de modellen te sorteren zoals dat gebruikelijk is bij calculatie. Deze vergelijking is hier echter niet gemaakt.



Figuur 6.4 Vergelijking van het aantal gekoppelde elementen.

Op element niveau laten de classificatie standaarden het niet of beperkt toe om componenten te herkennen. Daarmee kunnen samengestelde objecten zoals vloeren en gewapend beton moeilijk geïdentificeerd worden (Figuur 6.5). In de materiaalgroepen maakt Madaster geen onderverdeling binnen bijvoorbeeld steenachtig materiaal wat het moeilijk maakt om materialen hoogwaardig te hergebruiken.



Figuur 6.5 Vergelijking van de koppeling van elementen of componenten is doorgaans problematisch omdat hier geen classificatie voor bestaat. Binnen een samengesteld element gaat de decompositie niet verder waar dit voor het hergebruik van materialen in civiele objecten noodzakelijk is.

Op basis van de getoonde voorbeelden kan vraag 5 beantwoord worden:

5 Wat zijn de verschillen in de benodigde informatie bij het hergebruik van bouwkundige en civiele beheerobjecten?

- Binnen civiele objecten zijn de vormen van de constructieve objecten vaak minder eenduidig en daarmee moeilijk te classificeren of te modelleren als een wand of een vloer. Dit vraagt extra aandacht bij het toewijzen van de juiste categorisering;
- Binnen civiele objecten is de variatie in materiaalsoorten beperkt. Echter is het wel relevant om op subcategorieniveau materiaalsoorten te filteren voor hergebruik;

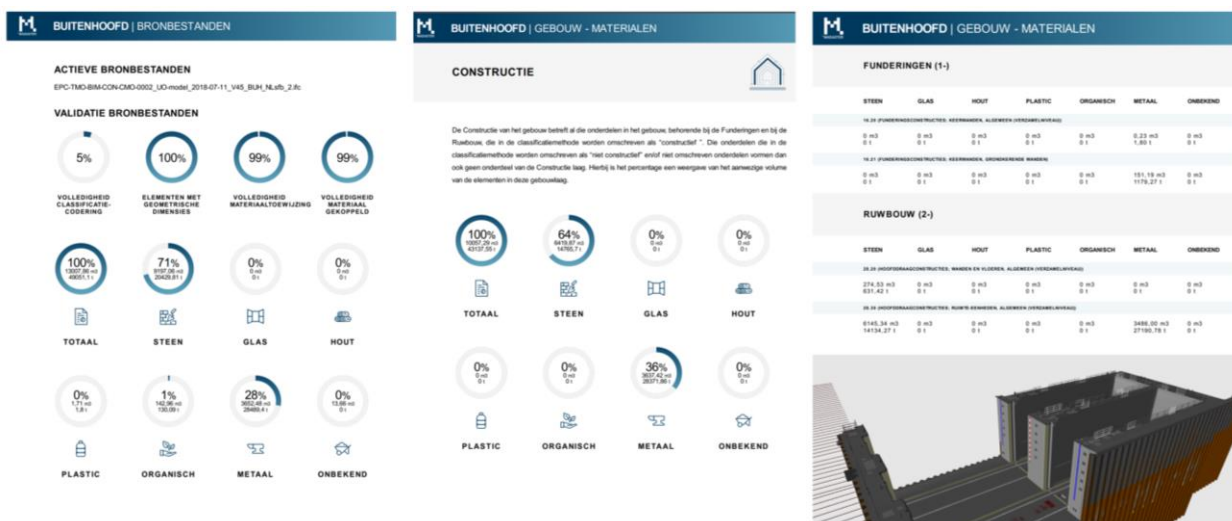
- Voor samengestelde staal- en betonstructuren zijn eigenlijk geen mogelijkheden voor classificatie en worden de bouwdelen doorgaans als één groot element beschouwd. Dit geldt voor staalstructuren, wapeningen en prefabbeton constructies.
- Op het niveau van de gebouwde objecten is dezelfde informatiestructuur (o.a. locatie gegevens, levensduur) vereist voor zowel bouwkundige als civiele objecten.

De volgende paragraaf behandelt de GAP-analyse voor het materialenpaspoort voor civiele objecten.

6.2 GAP-analyse circulariteit

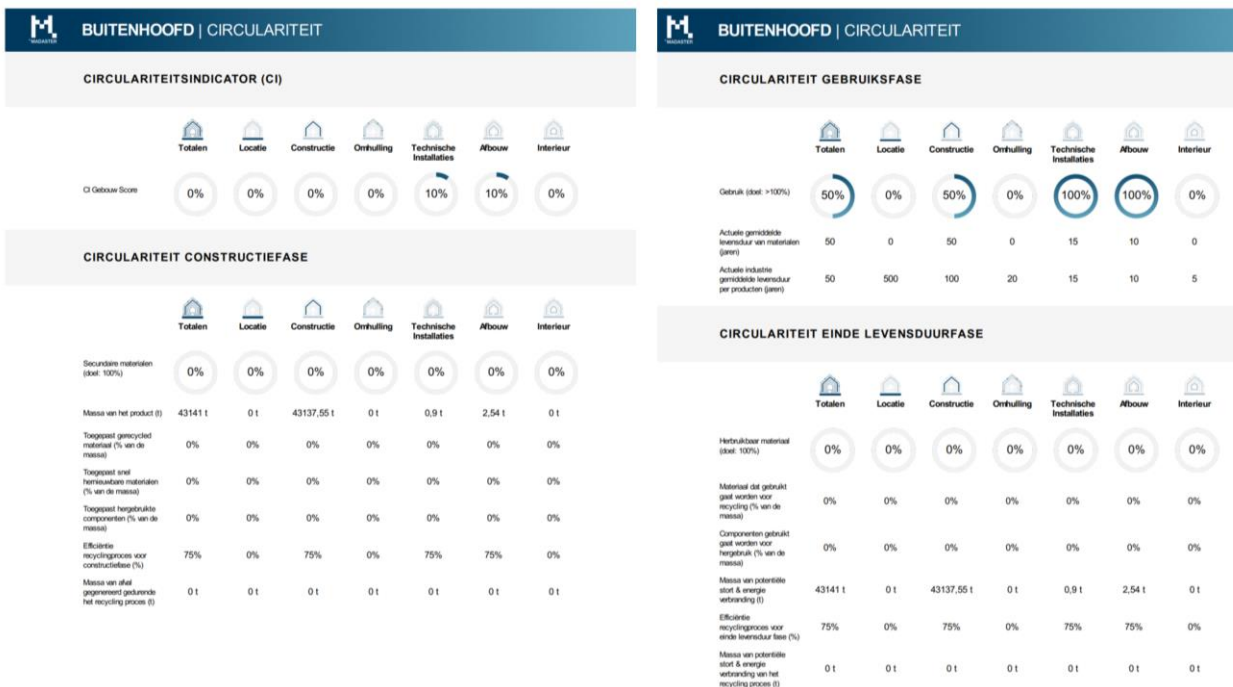
Bij het opmaken van een materialenpaspoort voor een civiel object is het in beperkte mate mogelijk om de materialen uit te splitsen. Doordat het dashboard de structuur van Brand en de hoofdmateriaal groepen volgt blijven veel velden leeg waardoor slechts een beperkte hoeveelheid informatie getoond kan worden. Civiele objecten volgen doorgaans een zeer functionele opbouw die middels eisen en specificaties getoetst moet worden in de levenscyclus. Bij het ontwerpen van een civiel object weegt men het materiaalgebruik doorgaans af tegen de functie betrouwbaarheid en levensduur van de constructie. Deze informatie is nu niet gelinkt aan Madaster. Zo heeft de doorvaartbreedte van een sluis veel impact op het materiaalgebruik maar ook op de compatibiliteit met de schepen die de reders voorhanden hebben. Deze relaties tussen functie, vorm en materiaal bieden mogelijk kansen om vanuit Madaster een functioneel georiënteerd ontwerpproces te sturen. Integratie van Systems Engineering en RAMS-aspecten in de database helpen ontwerpers bij het maken van afwegingen.

Op element- en modelniveau kan de gebruiker nog een slimme categorisering maken door binnen Madaster de data in te laden met deelmodellen (Figuur 6.6). Zo kan een object nog uitgesplitst worden in afzonderlijke elementen zoals funderingen of afbouw. Binnen gebouwen is het gebruikelijk om objectinformatie te koppelen aan niveaus. Bij lineaire infrastructuur is het gebruikelijk om te koppelen met een metring. Vooralsnog voorziet Madaster niet in een metring. Deze zou logischerwijs in de IFC standaard voor alignmenten opgenomen moeten worden. Voor de technische gebouwen/ruimtes binnen civiele projecten gelden verder dezelfde eisen als bij een normaal gebouw. Een sluishoofd kan ook als waterkerend puntobject beschouwd worden terwijl de hele sluis lineair is opgezet.



Figuur 6.6 Buitenhoofd validatie van bestanden en filtering van de materialen naar hoofdtypologie.

Madaster geeft ook vorm aan de levenscyclusfases en kan de ontwerper steunen bij het in kaart brengen van de hoeveelheid gerecycled materiaal dat hij heeft toepast (Figuur 6.7). Binnen infrastructuurprojecten is het hergebruik van granulaten en staalconstructies gebruikelijk. Doorgaans wordt het materiaal of element (staal) dan op een lagere functionele orde gebruikt. Om het hergebruik van granulaten te verwerken in Madaster zou dit opgenomen moeten worden in de materiaalsoort. Voor het hergebruik van materialen is beschikbaarheid en conditie doorslaggevend wat vraagt om extra tijd om een ontwerp aan te passen. Automatisering kan hierbij helpen. Voor tijdelijke constructies is hergebruik heel normaal en maakt men doorgaans een ontwerp op basis van de beschikbare materialen. Het toepassingsgebied van hergebruik in tijdelijke of definitieve constructies vormt dan ook nog een punt van aandacht. Binnen Madaster kan de voorgestelde levensduur van een tijdelijk object ingevuld worden op gebouw niveau. Daarmee is Madaster mogelijk ook een interessant platform om tijdelijke objecten te verhandelen tussen projecten.



Figuur 6.7 Buitenhoofd mate van circulariteit in de verschillende fases

Met de afronding van de gap-analyse beantwoordt de onderzoeker de zesde vraag:

6 Welke objecteigenschappen van het materialenpaspoort ontbreken in de bestaande/toegepaste modellen en classificatiesystemen voor de identificatie van civiele objecten?

- De materiaaleigenschappen van samengestelde elementen;
- De hoeveelheid hergebruikt materiaal in samengestelde elementen (bijvoorbeeld in bouwkuipen, of betonmengsels);
- De verwachte levensduur van een object, bouwdeel of element;
- De categorie waartoe een object behoort is doorgaans een relatie en niet te bevragen als attribuut. Zo is een funderingspaal onderdeel van een fundering en ligt dit doorgaans vast met een hiërarchische relatie;
- De functie van een object is doorgaans als relatie gedefinieerd;
- De (de)montage instructies van een gebouw object kunnen zijn vastgelegd in een werkplan of ontwerpdetail wat niet altijd voorhanden is.

Met de afronding van de analyse legt de onderzoeker de basis voor de conclusies en aanbevelingen.

7 Conclusies en aanbevelingen

Dit onderzoek draagt bij aan de implementatie van het materialenpaspoort binnen Rijkswaterstaat en haar projectorganisaties. Door functionele aanbevelingen voor de opbouw van de materialenpaspoort database is Rijkswaterstaat in staat om de data architectuur voor materialenpaspoorten verder te ontwikkelen, al dan niet in samenwerking met Madaster. Digitaal inzicht in het materiaal van haar gehele areaal wordt zo op termijn mogelijk. Met de aanbevelingen voor de Informatieleveringsspecificatie kan Rijkswaterstaat bij aankomende projecten de data zodanig uitvragen dat deze opgenomen kunnen worden in het materialenpaspoort. Daartoe is de zesde afsluitende onderzoeksvraag gedefinieerd.

7 *Welke objecteigenschappen en uitwisselformaten moeten voorgeschreven worden in een ILS om een volledig materialenpaspoort te genereren voor een civiel beheerobject?*

Vanuit de casestudie worden aanbevelingen gedaan om de Madaster leeromgeving te verbeteren. Daarnaast resulteert dit onderzoek in een bijdrage om de informatie-inwinning op projecten verder te structureren door aanbevelingen te doen voor het concretiseren van de Rijkswaterstaat Informatieleveringsspecificatie ILS.

Tot slot geeft dit onderzoek antwoord op de hoofdvraag:

Welke (materiaal)parameters en (OTL) objecteigenschappen zijn benodigd om vanuit de (Madaster) database een materialenpaspoort te generen voor een civieltechnisch beheerobject?

7.1 Conclusie materiaalparameters & objecteigenschappen

Voor het opmaken van een materialenpaspoort moeten in een informatiemodel minimaal de volgende parameters toegekend worden aan de bouwdelen die samen een beheerobject vormen:

1. Object Identiteit - Classificatie: Van ieder bouwdeel moet bekend zijn wat het is (Semantiek). Doormiddel van een classificatie code krijgt een bouwdeel een identiteit. Door een classificatie te koppelen aan een locatie (Syntax) weten we de plek van een bepaald bouwdeel. Op basis van een categorisering kunnen objecten op basis van hun identiteit georganiseerd worden (Ontologie). Binnen een categorie moet een object voorzien worden van bepaalde eigenschappen om de data te kunnen gebruiken voor bijvoorbeeld het opmaken van een materialenpaspoort. Zo is het type materiaal van belang om onder andere hergebruik en soortelijk gewicht te bepalen. Ook de functie kan van belang zijn.
2. Volume: Van ieder object moet het volume bekend zijn zodat de hoeveelheid materiaal kan worden vastgelegd. Het materiaalvolume kan een afzonderlijke parameter zijn uit een specificatie. Het heeft echter de voorkeur om het volume te herleiden uit een model dat de exacte geometrie representeert. Vanuit het model kan is dan ook de locatie van het materiaal volume af te leiden.
3. Houdbaarheid, kwaliteit of Conditie: Om een materiaal te kunnen hergebruiken moet de kwaliteit bekend zijn. In de beheerfase worden objecten geïnspecteerd waarbij de conditie wordt vastgelegd.
4. Beschikbaarheid: Het moment waarop materiaal vrijkomt dient opgenomen te worden in de materialendatabase. Op basis van vrijkomende materialen kunnen materiaalstromen tussen projecten georganiseerd worden. De beschikbaarheid van materialen en elementen is vaak te laat bekend waardoor de tijd ontbreekt voor gepland hergebruik.
5. Locatie waar is het materiaal beschikbaar;

6. De wijze van (de)montage is van belang voor het terugwinnen en verwerken.

Opgemerkt moet worden dat de milieu impact niet noodzakelijk in het model van een object moet worden opgenomen. Zodra het materiaal van een element of bouwdeel vast ligt kan met de materialendatabase de impact worden bepaald (Figuur 7.1).



Figuur 7.1 Informatie eisen materialenpaspoort die als parameter of attribuut opgenomen moeten worden.

Uit de invoer van de verschillende objecten blijkt dat de huidige Madaster structuur niet optimaal is voor civieltechnische en infra objecten. Doordat er gebruik gemaakt wordt van de NL/sfb codering zijn er veel elementen die niet geclassificeerd kunnen worden en dus niet in de juiste categorie geplaatst kunnen worden. De categorisering voor objecten is ook niet geschikt voor civieltechnische en infra objecten, en er zal voor verschillende type objecten dan ook een andere indeling moeten komen.

Daarnaast is het interessant om te kijken of beheerobjecten en elementen in het geheel hergebruikt kunnen worden. Echter is op dit moment de huidige indeling in Madaster vooral gericht op het hergebruik op het niveau van materialen.

Om op elementniveau te kunnen hergebruiken is het nodig om een preciezere plaatsaanduiding te hanteren en is inzicht in de verbinding (en losmaakbaarheid van) tussen elementen nuttig. Hiermee kan het rendement van hergebruik beter worden vastgesteld. Voor het hergebruik op elementniveau is het ook nodig om meer specificaties mee te exporteren om te kijken of het element geschikt is om te hergebruiken in een ander object.

7.2 Aanbevelingen RWS ILS

Rijkswaterstaat heeft een Informatie Leveringsspecificatie (ILS) opgesteld voor de (DBFM) projecten zoals de Verbreding van het lekkanaal en de derde kolk van Beatrixsluis. De ILS borgt dat een opdrachtnemer de informatie van een beheerobject correct levert gedurende de looptijd van het contract. Voor de opmaak van een materialenpaspoort voorziet de huidige ILS in de volgende onderwerpen:

- De levering van 3D modellen in de bestandsformaten IFC of Landxml. Voor de opbouw of invulling van het model zijn op dit moment geen eisen voorzien. De volgende paragraaf gaat verder in op de correcte opbouw van een IFC-bestand zodat dit geschikt is voor het materialenpaspoort. Op dit moment kan de opdrachtnemer IFC-bestanden leveren die niet bruikbaar zijn voor de opbouw van een materialenpaspoort.
- Het onderhouden van een Configuratie Management DataBase (CMDB) met daarin alle configuratie Items waaronder de System Breakdown Structure (SBS) (objectenboom). De SBS moet opgebouwd worden conform de vigerende versie van de Rijkswaterstaat Object Type Library (OTL). Binnen de OTL zijn de bouwdelen en elementen die toegepast mogen worden binnen een beheerobject vastgesteld. Deze vooraf gedefinieerde hiërarchische relaties bemoeilijken een correcte classificatie

van het ontwerp. De kwaliteit van de classificatie zal toenemen wanneer de vrijheid bestaat om een ontwerp te maken met vooraf gedefinieerde elementen die als lego bouwstenen naar eigen inzicht gestapeld mogen worden. Daarbij blijft een raam een raam maar mag de ontwerper een raam op een dakpan plaatsen terwijl de kleur rood blijft. De eigenschappen van beheerobjecten, elementen en bouwdelen dient men zorgvuldig te definiëren. De onderlinge relaties geeft men bij voorkeur vrij aan de ontwerper. Als de OTL de basis vormt voor het materialenpaspoort zou dit best een catalogus vormen met verschillende categorieën waarop de ontwerper kan filteren. De OTL zou dan het best voorschriften geven bij de in paragraaf 6.1 benoemde parameters: identiteit en classificatie, materiaaltype, materiaalvolume, houdbaarheid of conditie en beschikbaarheid. De huidige OTL-versie voorziet voornamelijk in de informatiebehoefte uit de beheer en onderhoudsfase.

- Voor het onderhouden van de Netwerkaart (KernGIS, GBN) voorziet de OTL in de uitvraag van GML-bestanden waarmee de locatie van een beheerobject binnen het netwerk is aangeduid. De GML-bestanden kunnen gebruikt worden om de locatie van materialen op nationaalniveau te borgen. Binnen het IFC-model is het ook mogelijk om de coördinaten op bouwdeelniveau vast te leggen.
- VISI is een standaard voor de berichten tussen opdrachtgever en de opdrachtnemer. Met de VISI-standaard kunnen materialenpaspoorten uitgewisseld worden tussen belanghebbenden. De VISI-standaard heeft echter geen inhoudelijke invloed op het materialenpaspoort.
- COINS is een open standaard voor de gestructureerde uitwisseling van objectinformatie. Met COINS is het mogelijk om de informatie die toebehoort aan een specifieke activiteit bij een object uit te wisselen in een (verzamel) containerformaat. Deze container is een soort van gestructureerde ZIP-folder die metadata en documenten bevat. Na het uitpakken van een COINS-container kunnen verschillende database oplossingen gevuld worden met geactualiseerde data. Voor het opstellen van een materialenpaspoort is het mogelijk om een voorschrift op te stellen voor het vullen van een container. De container bevat dan die onderdelen die nodig zijn voor het opstellen van een materialenpaspoort.
- NLCS-tekenstandaard: De tekeningen voor infrastructuurobjecten dienen opgesteld te worden conform de Nederlandse CAD Standaard (NLCS). Deze tekenstandaard voorziet in een structuur voor blocks en de lagenbenaming. De laagomschrijving bevat de objectnaam, de status, en het toegepaste materiaal. Daarnaast zijn de kleuren afgestemd op het materiaal. Objecten die getekend zijn in 3D voorzien in een volume. Daarmee bestaat de mogelijkheid om op basis van de NLCS-classificatie en de volumes een materialenpaspoort op te maken. Deze aanpak is niet onderzocht in dit rapport omdat civiele objecten doorgaans in IFC-formaat geleverd kunnen worden. Voor oudere bestaande objecten is dit echter nog altijd een alternatief.
- Rijkswaterstaat voorziet voor installatiecomponenten in de TOLGI-standaard voor de naamgeving van installatieonderdelen en kabeltracé 's. De TOLGI-standaard voorziet in een semantiek voor de naamgeving van installatieonderdelen en in een syntax voor codering. Voor het hergebruik van kabels en elektrische componenten kan de TOLGI standaard een basis vormen voor een materialenpaspoort.

7.3 Omgang as-built data: as-built tekeningen;

Bij opstellen van een as built dossier dat bruikbaar is voor het opstellen van een materialenpaspoort dient men de volgende voorwaarden in acht te nemen.

- Wat is Noodzakelijk voor as built en wat komt terug in opvolgende processen;
- Objecten die niet meer zichtbaar zijn moeten as built verwerkt worden;
- Scan to BIM as-Built vraagt ook om specifieke eisen;

- Omgang met verbindingen. Daarvoor is door RWS/RVO een speciale standaard ontwikkeld, zie <https://www.pianoo.nl/nl/handreiking-losmaakbaarheid>.
- Bij verwerking van materialen en elementen gaat men steeds na wat de hoogst haalbare herbruikbaarheid is.

7.4 Aanbevelingen omgang met IFC-bestanden

Alle elementen moeten een IFC-entiteit hebben, voor een duidelijk overzicht van de aanwezige elementen moet er zo min mogelijk gebruik worden gemaakt van `IfcBuildingElementProxies`. Afhankelijk van de IFC entiteit komen er standaard een aantal parameters in de export mee. Deze moeten dus minimaal in het model gespecificeerd zijn.

- Volume;
- Materiaal;
- Unifomat classification (zoals NL/sfb);
- Bouwfase;

Daarnaast zijn er parameters die meegegeven kunnen worden aan de IFC-entiteiten, maar niet essentieel zijn voor de invoer in Madaster als materiaalparameter maar wel voor het hergebruik van elementen.

- Internal/external;
- Load bearing;
- Brandveiligheidsrating;
- Dimensies (Zie Rapportage Witteveen en Bos?)

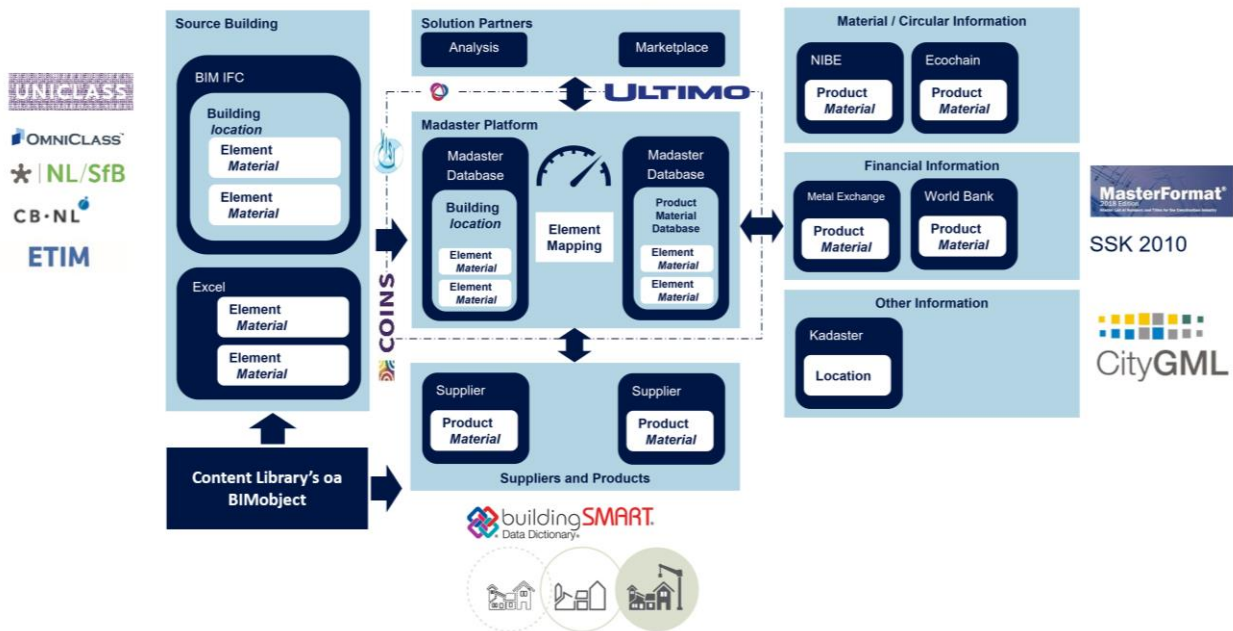
7.5 Aanbevelingen Data Governance

Dit onderzoek heeft Madaster gebruikt als online omgeving voor het opstellen van een materialenpaspoort. Daarbij is projectdata ingeladen in een gesloten omgeving die niet in beheer is van Rijkswaterstaat. Op basis van de huidige technologische ontwikkelingen zijn de volgende oplossingen mogelijk voor de uitwisseling van areaal gegevens:

- Asset informatie aanleveren op een online (gesloten) platform zoals Madaster. Doormiddel van handmatig uploaden (huidige werkwijze) of geautomatiseerd middels de levering van COINS containers in een VISI bericht. Nadeel van deze werkwijze is dat de herkomst van de data niet geheel traceerbaar is en de data-eigenaar afhankelijk is van de externe organisatie die het platform beheert;
- Asset informatie aanleveren op een open online omgeving gestructureerd volgens het Semantisch Web Framework;
- Asset Informatie minen. Middels Blockchain technologie informatie online aanbieden die door alle mogelijke belanghouders geconnecteerd wordt in een digitale ketting. Het voordeel van deze technologie is dat de data traceerbaar blijft en het eigendom toewijsbaar is. Daarnaast biedt deze technologie ook het voordeel dat aanbieders van materialen zelf verantwoordelijk gemaakt kunnen worden voor de informatielevering en deze middels de blockchain in stand kunnen houden.

7.6 Aanbevelingen aan Madaster

Het Datamodel van Madaster voorziet in vijf domeinen (Figuur 4.2) die zijn ingericht om het materiaal uit projecten/objecten/assets te identificeren. Om het Madaster ecosysteem meer geschikt te maken voor infraprojecten zouden best enkele functionaliteiten toegevoegd worden zoals getoond in Figuur 7.2.



Figuur 7.2 Madaster ecosysteem geoptimaliseerd voor infrastructuur.

Aanbevelingen op het datamodel van Madaster op basis van infrastructuur perspectief:

Niveau Portfolio:

- Algemeen: Zou een kaart view moeten bevatten om de ligging van het portfolio te identificeren. Afstanden tussen projecten moeten hier bepaald worden om de meerwaarde en kansen voor hergebruik te identificeren. Goed dat het mogelijk is om op portfolio niveau een materialenpaspoort aan te maken;
- Materialen en Producten: Moet verder uitgedetailleerd worden. Het soort materiaal is relevant. Daarnaast is binnen infra ook het elementtype van belang. Hier zou een apart blad voor moeten zijn.
- Dossier: Goed dat alle exports bewaard worden. Een uitvoer middels een VISI bericht naar een contract zou gewenst zijn om projecten contractueel te voeden vanuit Madaster;
- Gebruikers: Hier ligt mogelijk een kans voor een koppeling met LinkedIn of een intern CRM-platform. Indien hier standaarden voor zijn zou ook hier een importfunctie welkom zijn bij grote organisaties die werken met Madaster. Een dergelijke integratie kan mogelijk ook met Blockchain gefaciliteerd worden. De link naar Apps mag ook toegevoegd worden op portfolio niveau.

Niveau gebouw:

- Algemeen: Data moet nu handmatig ingevuld worden. Een standaard import definitie is wenselijk. Hier kunnen Madaster en Rijkswaterstaat teruggrijpen op het Digitaal Informatiesysteem Kunstwerken DISK. Algemene informatie over het object zoals nota's zou men hier moeten plaatsen om de uitgangspunten van een object te kunnen begrijpen. Ook de eisen en normen die het uitgangspunt waren voor het ontwerp zijn hier relevant.

- Gebouw: Naast de categorisering van Brandt voorzien in verschillende object categoriseringen en verschillende materialen. Binnen infrastructuur kan men ook denken: aan funderingen, onderbouw, bovenbouw, afbouw en installaties. Een dergelijk onderscheid sluit aan op materiaalcategorie en proces;
- Bouwproces volgt nu de categorisering uit de nl-Sfb codering. Hier zou ook de standaard RAW bepaling ingezet kunnen worden in geval van civiele of infrastructuurprojecten. De filterfunctie verdiepingen werkt bij gebouwen goed. Bij Infra Projecten werken we doorgaans met NAP als referentieniveau en identificeren we geen afzonderlijke niveaus tenzij het een object met meerdere verdiepningsniveaus betreft zoals een dienstgebouw, heftoren of een schacht.
- Circulariteit Indicator, deze gaat uit van algemene waarde voor de materialen (materiaaleigenschappen). Binnen infra projecten is milieu impact ook sterk afhankelijk van de transportafstand en transportwijze van materialen. Daarmee geeft een algemene indicator voor hergebruik mogelijk onvoldoende realistische informatie omtrent circulariteit.;
- Financiële waarde is bij infrastructuur sterk afhankelijk van transportafstand en hergebruik op elementniveau.
- Omtrent het eigenaarschap van data en de huidige technologie zoals Blockchain kan men zich afvragen of we de data echt in Madaster moeten uploaden. Het zou beter zijn wanneer Madaster toegang krijgt tot de data middels Blockchain. Dit resulteert echter wel in een ander soort technologie waarbij Madaster materiaaldata zou kunnen gaan minen die andere beschikbaar stellen.
- De Madaster apps zijn nog niet onderzocht maar bieden een ontsluiting naar toepassingen om een object verder te analyseren. De apps motiveren de asset owner om de data in madaster op te nemen.

Source Data:

- IFC data structuren voor gebouwen zijn verder ontwikkeld t.o.v. infrastructuur. Op dit moment heeft Building Smart een studie uitvraag voor IFC alignment. Puntobjecten (object geplaatst op de kruising van twee assen) zoals sluizen en bruggen kunnen op een gelijkaardige manier als een gebouw ingeladen worden. De analyse op element niveau zal vaak lastig zijn omdat er nog geen eenduidige classificatie in IFC uniclass bestaat of wordt toegepast voor civiele infra objecten. Op dit moment zou lineair infrastructuur in .xml formaat middels omzetting in .csv of .ifc alsnog in Madaster opgenomen worden.
- Het is mogelijk om .csv bestanden in te laden geëxporteerd vanuit de huidige Configuratie Management DataBase (CMDB). Vaak bevat deze data echter een beperkte hoeveelheid materiaal informatie omdat de inwin instructie in Rijkswaterstaat OTL te weinig materialen kent.
- Voor het inbrengen van data in Madaster zou een VISI bericht met daarin een COINS container met data het ideaalbeeld zijn voor Rijkswaterstaat. Zowel VISI, COINS als Madaster zijn nog in ontwikkeling waardoor hier nog kansen liggen;
- Voor infrastructuur is het inwinnen met drones, 3D scan fotogrammetrie en Artificial intelligence interessant. Op basis van vorm en kleur kan data automatisch ingewonnen worden.

Minimaal benodigde data voor het vullen van Madaster;

Afhankelijk van het gewenste niveau van hergebruik zijn er verschillende informatiebehoeften. Voor het hergebruik op materiaalniveau is het voldoende om een locatie en een volume te hebben. De elementen waarin het materiaal zit worden dan gesloopt en de wijze van bevestiging is daarnaast nog relevant voor de wijze van sloop en verwerking. Als elementen in z'n geheel hergebruikt gaan worden is informatie over de van bevestiging cruciaal voor demontage en inpassing in een nieuw object. Momenteel voorziet Madaster nog niet in velden voor de wijze van bevestiging of (de)montage.

	Volume	Locatie	Gesteldheid	Bevestiging	Aangrenzend aan
Element	X	X	X	X	X
Materiaal	X	X			

Tabel 7.1 Vereiste parameters voor hergebruik op element en materiaal niveau.

Een volgende aanbeveling is het toevoegen van extra functies om hergebruik op element niveau (Figuur 7.1) te ondersteunen. Zo zal het mogelijk kunnen zijn om de verschillende elementen te onderscheiden in het model, en alle data die in de tabel is aangekaart moet toegevoegd kunnen worden. Elementen worden nu aan de hand van NL/sfb coderingen aan een van de lagen gehangen, ook deze codering is niet optimaal voor infra objecten omdat hiermee niet alle elementen geassocieerd kunnen worden. Echter zijn er geen sector brede standaard classificaties beschikbaar die wel gebruikt kunnen worden voor infra objecten. Madaster zou dan ook best kunnen voorzien in de mogelijkheid om te mappen met verschillende classificatiesystemen zodat de juiste categorisering mogelijk is.

Andere functies die handig kunnen zijn bij het gebruik van Madaster zijn:

1. De mogelijkheid om op bronbestanden te filteren in het tabblad 'gebouw';
2. De mogelijkheid om bestandsnamen te wijzigen;
3. De mogelijkheid om in een keer meerdere elementen te selecteren en te koppelen;
4. De mogelijkheid om nieuwe bronbestanden over oude heen te schrijven.

Solution Partners:

- Hier ligt voor Rijkswaterstaat de kans om aan te sluiten met DuboCalc;
- Ook de koppeling met een grondbank of asfalt platform biedt kansen om een volledig project te kunnen analyseren;
- CROW, aansluiting op standaard RAW bepaling en bestekken;
- Aansluiting zoeken bij onderhoudsbedrijven die de status van de objecten definiëren.

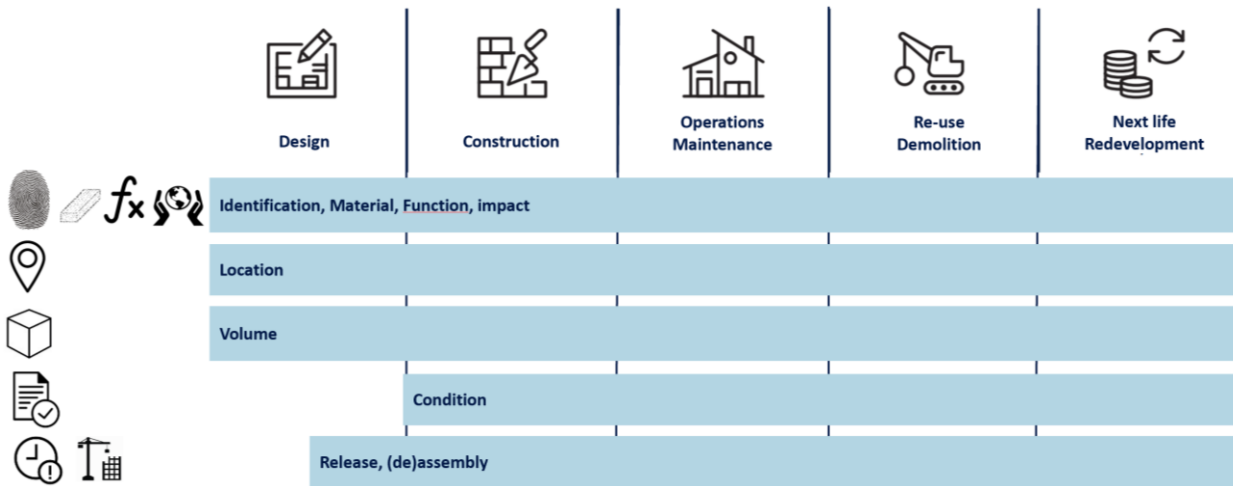
Data Partners:

- CROW meetwaarden en voorschriften voor bepaalde materiaal parameters;
- Eurocode voor materiaal definitie;
- CB-NL voor mapping met andere standaarden;
- VISI: voor het inwinnen en distribueren van data van en vanuit Madaster.

Suppliers en Producers:

- Bij infrastructuur kan een specificatie vaak bestaan uit een attest of certificaat voor een materiaal. Een koppeling is hier mogelijk mits de versie van het attest overeen stemt met het verwerkte materiaal;
- Koppeling met content libraries die voorzien in parametrische objecten is wenselijk om de data op type niveau aan te sturen;
- Suppliers van Installatietechniek voorzien in producten met een hogere waarde, deze bevatten vaak schaarsere materialen (metalen) en hebben een relatief korte levensduur 5 - 15jaar. Staal, beton en grondconstructies vertegenwoordigen daarin tegen een lagere waarde en hebben een langere levensduur.
- Voor installatietechniek kan de koppeling met voorraadbeheer van deelsystemen interessant zijn. Zeker bij gedateerde techniek kan het kannibaliseren van oude systemen interessant zijn om de technische levensduur te optimaliseren binnen de functionele of economische levensduur.

Op basis van de aanbevelingen kunnen informatie eisen aan het materialenpaspoort geprojecteerd worden in de levenscyclus. Daarbij constateert de onderzoeker dat alle object georiënteerde informatie met uitzondering van de status en de conditie vanaf het ontwerp moet worden vastgelegd. De informatie over conditie, status en beschikbaarheid moet vastgelegd worden vanaf het bouwproces (bij verwerking of oplevering).



Figuur 7.3 Informatie eisen voor materialenpaspoorten geprojecteerd in de levenscyclus van een gebouw object.

7.7 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Om het opstellen van materialenpaspoorten verder te vereenvoudigen zijn de volgende onderzoek domeinen interessant voor een vervolgonderzoek:

- De integratie van Rijkswaterstaat OTL Met Building Smart Data Dictionary BSDD en IFC alignment.
- Materiaalstroom strategie: De beschikbaarheid van materialen inzichtelijk maken op basis van prijs kritieke hoeveelheid en eigenaarschap. Op langere termijn onderzoeken welke materialen binnen het areaal uitgewisseld kunnen worden;
- Data conditiemeting en objectstatus doorkoppelen naar de materialendatabase.
- Standaardisatie van eisen: Hiermee kan de toepassing van bepaalde elementen of materialen op termijn automatische getoetst gaan worden;
- Graphdatabase als oplossing om de processen die veelal binnen netwerkstructuren georganiseerd zijn beter op te kunnen volgen.
- COINS: Verdere standaardisatie van informatiecontainers ten behoeve specifieke activiteiten binnen de project levenscyclus.
- Blockchain: De technologie om areaaldata traceerbaar te distribueren en opdrachtnemers of andere gebruikers te laten minen voor het uitvoeren van werkzaamheden binnen het areaal.
- Digideal: Kans voor funding om de bovengenoemde thema's nader te onderzoeken en te toetsen in pilotprojecten.

8 Bibliography

- Amit, Z. (2012, juni 4). *Conditie Meting van Infrastructurele werken volgens NEN2767-4*. Opgehaald van NEN Conditiemeting Infra NEN2767-4: <https://www.slideshare.net/zivamit/onditiemeting-nen-2767-4-sheet-110913-v70>
- ANSI, A. N. (1975). ANSI/X3/SPARC Study Group on Data Base Management Systems. *Interim Report. FDT (Bulletin of ACM SIGMOD) 7:2*.
- BIM Loket. (2016). *Atlas van Open BIM Standaarden 1.3*. BIM Loket.
- Brand, S. (1994). *How buildings learn: what happens after the're built*. Viking Press.
- CB'23, P. (2019, juli 4). *Paspoorten voor de bouw*. Opgehaald van Platform CB'23: https://platformcb23.nl/images/downloads/20190704_PlatformCB23_Leidraad_Paspoorten_voor_de_Bouw_Versie_1.0.pdf
- Durmisevic, E. (2006). *Transformable building structures: Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction*. Delft: Cedris M&CC.
- Durmisevic, E. (2019). *Reversible Building Design, Reuse Potential Tool*. Enschede: Buildings As a Material Bank BAMB2020.
- Ellen MacArthur, F. (2013). *Towards the Circular Economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition*. Ellen MacArthur Foundation.
- Gelder, J. (2019, 10 6). *Omniclass: a critique*. (N. B. Standards, Producent, & NBS) Opgehaald van <https://www.thenbs.com/knowledge/omniclass-a-critique>.
- Grant, R. (2013). *Building Smart Data Dictionary BSDD*. Building Smart.
- Habitask. (2016, mei 10). *Nieuw normontwerp NEN 2767*. Opgehaald van Habitask: <https://habitask.nl/nieuws/nieuw-normontwerp-nen2767/>
- Madaster. (2019). *De toegevoegde waarde van Madaster*. Opgehaald van Madaster.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. New York: North Point Press.
- Merrild, H. G. (2016). *Building a Circular Future*. Denmark: GXN.
- NEN. (2019, 10 6). *www.nen.nl*. Opgehaald van <https://www.nen2767-4.nl/pagina/methodiek.html>.
- Rijkswaterstaat. (2009). *Productspecificaties Beheerkaart-Nat*. Utrecht: Rijkswaterstaat.
- Rijkswaterstaat. (2019). *Handleiding Ultimo RWS*. Utrecht: Rijkswaterstaat.
- Rijkswaterstaat. (2019). *Instructie modelleren op basis van de OTL 2.3*. Utrecht: Rijkswaterstaat.
- Rijkswaterstaat. (2019, december 5). *OTL RWS*. Opgehaald van OTL Rijkswaterstaat Publicatieomgeving: <https://otl.rws.nl/publicatieomgeving/#/>
- van Best, E., & Eijsbouts, E. (2017). *Shaping the Material Passport for Existing Civil Works: A toll for the construction Sector to put the circular Economy into Practice*. Deventer: Witteveen + Bos.

8.1 Webpagina's

<https://www.geonovum.nl/geo-standaarden/alle-standaarden#inspire-europese-leefomgeving>

<https://otl.rws.nl/>

<https://bimobject.com>

9 Bijlagen

Bijlage 8.1: overzicht relevante onderzoeken en ontwikkelingen materialenpaspoorten

Bijlage 8.2: Proces opwerken IFC-modellen;

Bijlage 8.3: Presentatie CIV Inspiratiedagen;

9.1 Bijlage 1: overzicht relevante onderzoeken en ontwikkelingen materialenpaspoorten

Onderzoek	Doelstelling	Uitvoerder	Periode
Materialenpaspoort	Verkenning paspoort	Witteveen en Bos	2017-2018
Madaster leeromgeving	BIM Pilot Paspoort	iNFRANEA, Heijmans	2018-2019
Informatiebehoeften paspoort	Paspoort inhoud & perspectieven	Witteveen en Bos	2018-2019
Platform CB23	Afspraken Paspoorten voor de Bouw	RWS, RVB, NEN, Bouwcampus	2018-2019

10.1 Bijlage 2 Proces opwerken IFC modellen

Huidige ontwerp gebouw U → IFC bestand: geen enkel onderdeel heeft NL/sfb codering, meeste materialen zijn wel gedefinieerd.

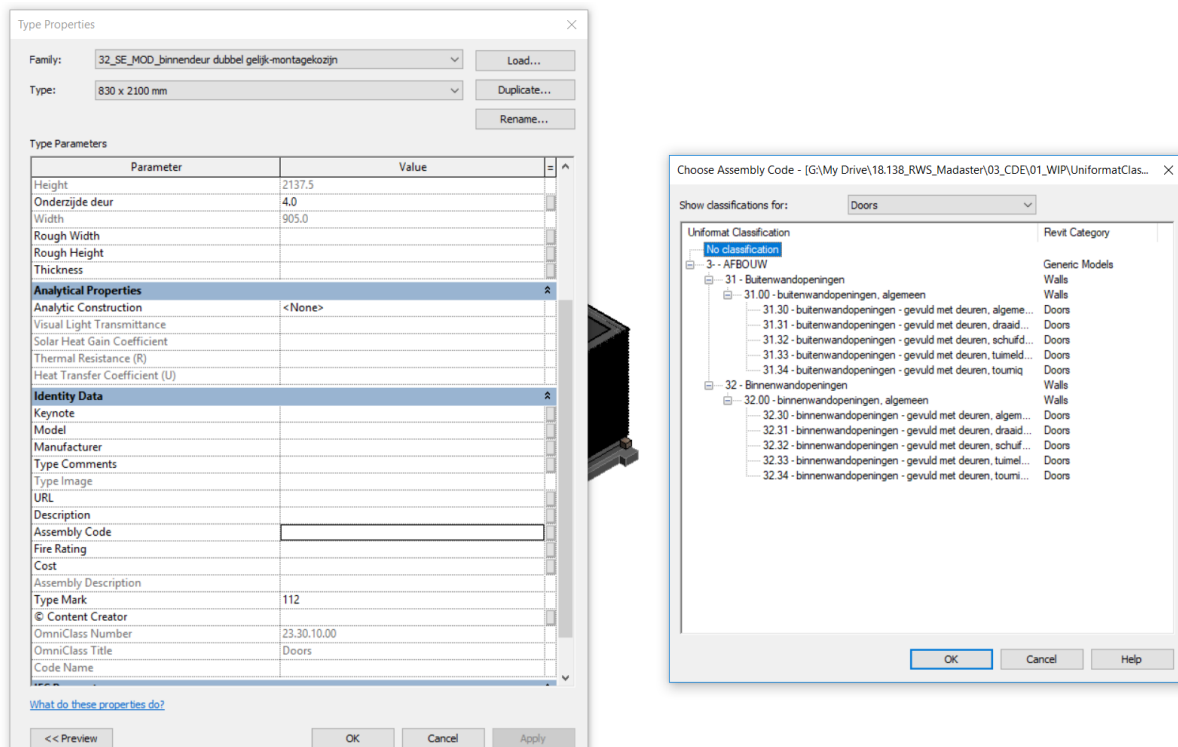
In het Revit bestand staan ook geen NL/sfb codering op dit moment. Het tekstbestand waarin deze coderingen over het algemeen staan (UniformatClassifications.txt) ontbreekt.

Het is mogelijk om in Revit zelf IFC classificaties aan families te hangen. Hiermee kunnen Generic Models goed geclassificeerd en geexporteerd worden. Hierbij moeten wel de standaard IFC classes aangehouden worden.

Export → IFC options

Voor toevoegen NL/sfb codering in Revit

Download UniformatClassifications.txt (<https://www.ruwbouw.nl/wp-content/uploads/UniformatClassifications.txt>) of RevitGG (revit gebruikersgroep → account voor nodig), plak deze file in de projectmap, ga naar “Manage” → “Additional settings” → “Assembly Code” → Browse en open het tekstbestand. Vervolgens kunnen er aan objecten NL/sfb coderingen gehangen worden: “Edit type” → “Assembly code” (bij het kopje “Identify Data”) → NL/sfb code van toepassing aanklikken.



Filter in revit

Alle categorieën met een assembly code aanvinken en twee filters maken

1: Assembly code contains < . > en groen laten kleuren

2 assembly code equals < > en rood laten kleuren

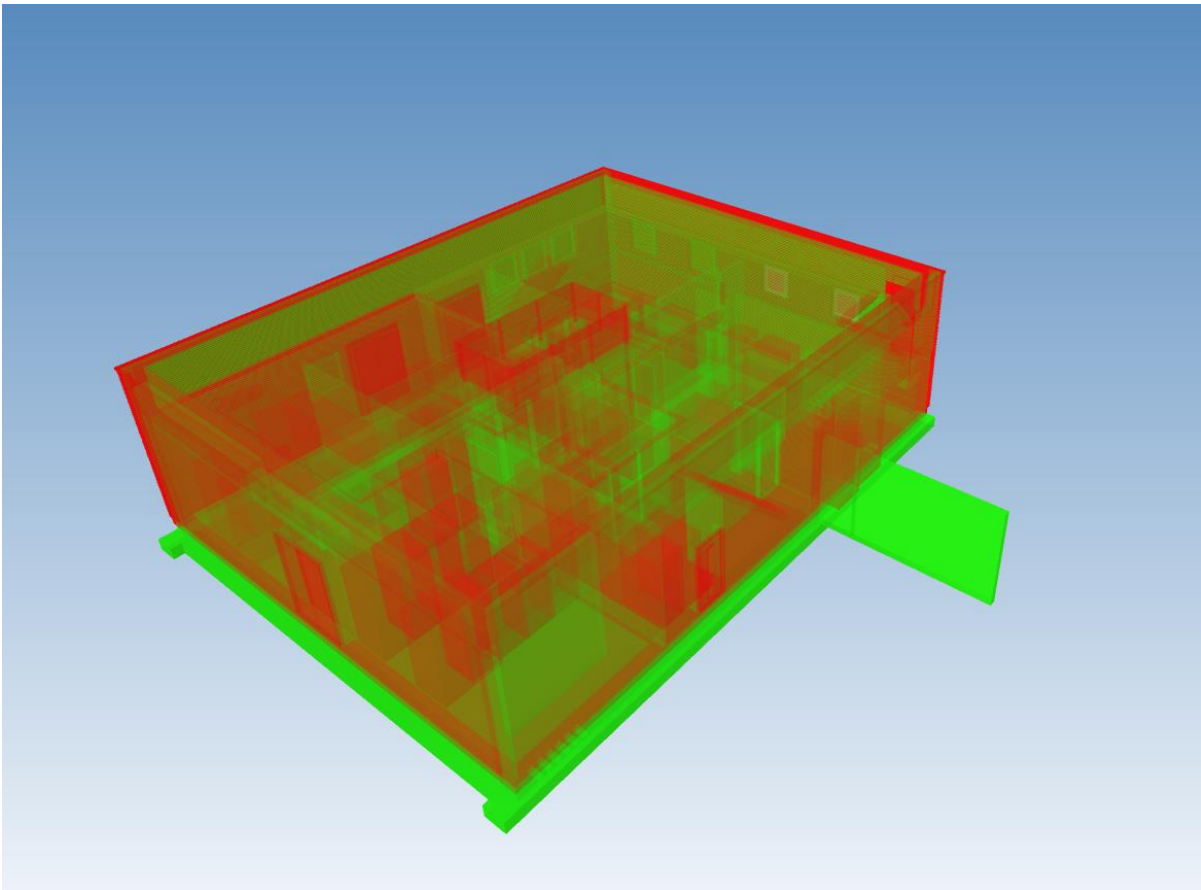
Op deze manier worden alle objecten met een NL/sfb codering groen gemaakt en alle objecten zonder rood.

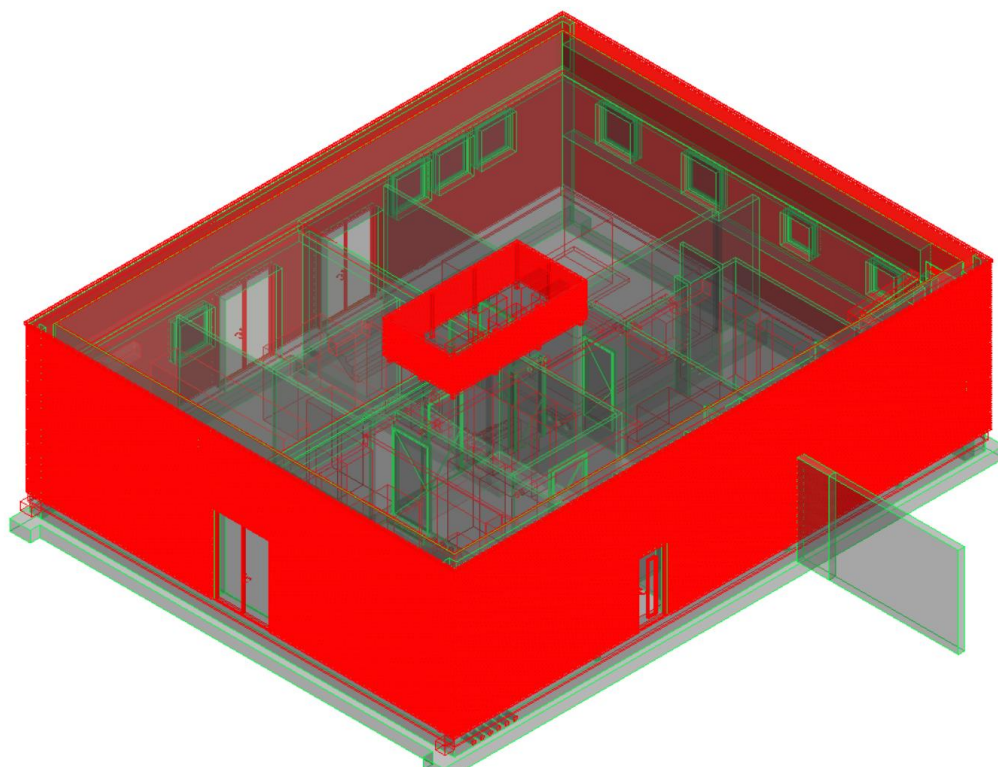
Visualiseren NL/sfb in BIMcollab

In madaster smart view → action aanpassen naar 'add & set color' en 'add & set transparent'

- De weergave komt echter niet overeen met de objecten die in Revit een codering hebben gekregen. (Ramen en deuren)

In eerste oogopslag zijn de uitkomsten van de filters in Revit en BIMcollab hetzelfde.





Geen classificering BIMcollab	Classificering Revit?	Family?
Ondergrond + taluds	-	-
Buitenwand bekleding	-	-
Hek op dak + palen van frame	-	-
Koelunits dak	-	-
MV Doorvoer dak	-	-
Isolatie 151 dak	-	System family: floor
Daktrim	-	-
Transformer switchboard	-	Transformer switchboard
Buiten deur (exl kozijnen)	-	Downloadobjectfile
Precast stairs (buiten en binnen)	-	System family: Precast Stair
Buitenmuur dakrand HSB220	-	System family: Basic Wall
Isolatie 250 (plafond?)	-	-
Wand Dichtzetten (???)	-	-
Kozijn v trap naar dak HSB 250	-	System family: Basic Wall
Leidingen (duct accessoires)	-	-
Vloer schuimbeton	-	System family: Floor
Vloer (structural foundation)	-	-
Kantplank	-	-
IFC flow terminal (plumbing fixtures)	-	-
Deur kozijn trap naar buiten	-	-

- Objecten met families kunnen makkelijk een assembly code gegeven worden (voor bovenstaande gevallen is dit ook gedaan). Objecten zonder familiy 1 voor 1 een assembly code gegeven worden.

Om te zorgen dat alle objecten een assembly code krijgen is het dus belangrijk dat er een goede family structuur wordt toegepast. Op die manier kunnen er eenvoudig assembly codes aan objecten in alle views toegewezen worden.

Materiaal paspoort in Madaster

IFC bestanden kunnen in Madaster ingeladen worden onder een gebouw, hier kan vervolgens een materiaalpaspoort van gemaakt worden.

Belangrijk is om bij het exporteren naar IFC de optie “export base quantities” aan te vinken, anders worden er geen volumes toegekend aan de elementen en komen er in het materiaalpaspoort ook geen hoeveelheden te staan.

Niet alle objecten krijgen een base quantity mee bij de export, waar ligt dit aan??

Fig1 → geen base quantity

Fig2 → wel base quantity

Wat is het verschil? Beide buitengevels met NL/sfb code en in Revit is volume wel bepaald.
(Zelfs bij twee objecten van dezelfde familie heeft 1 object wel een base quantity en de andere niet)

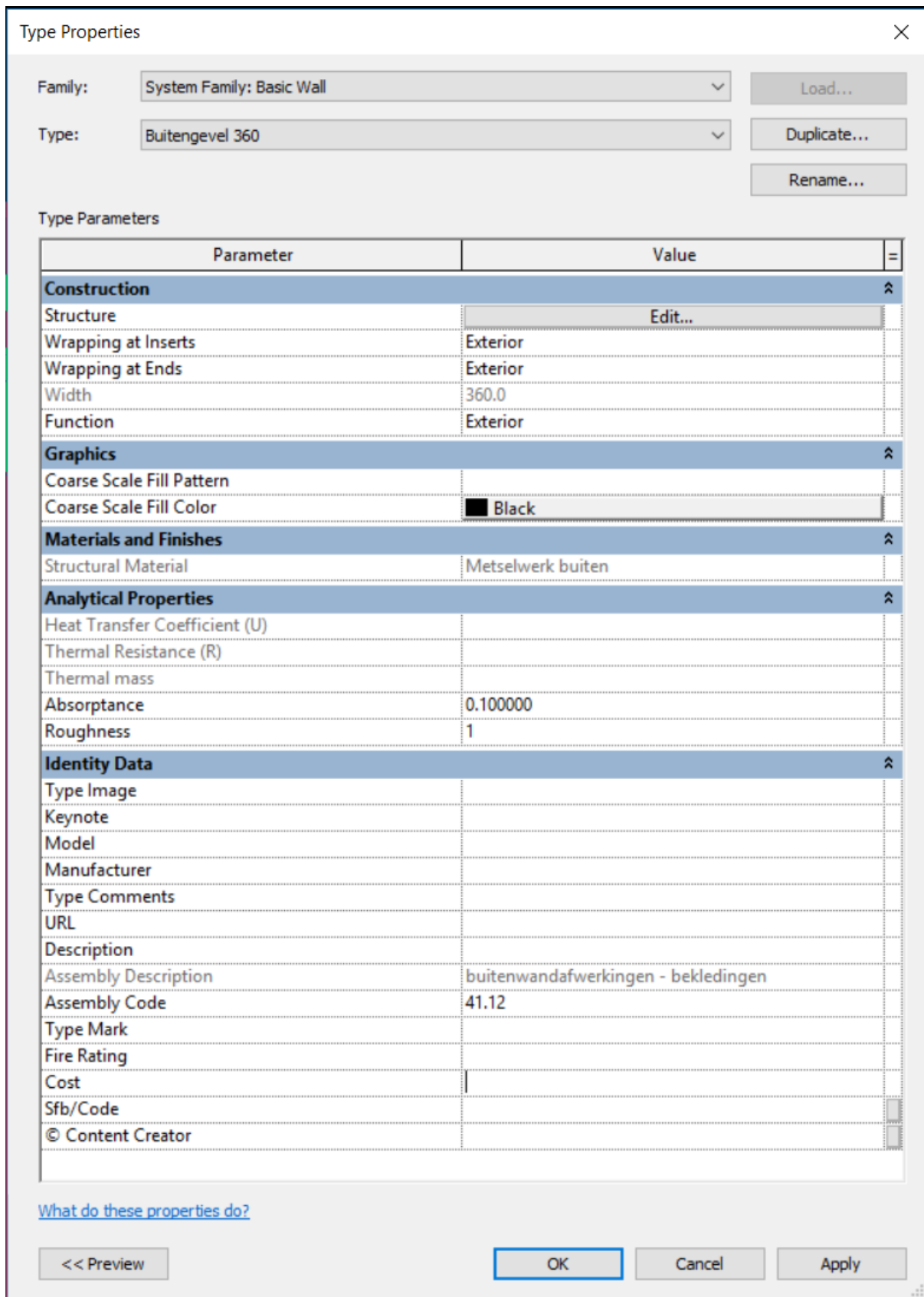


Figure 1: geen base quantity

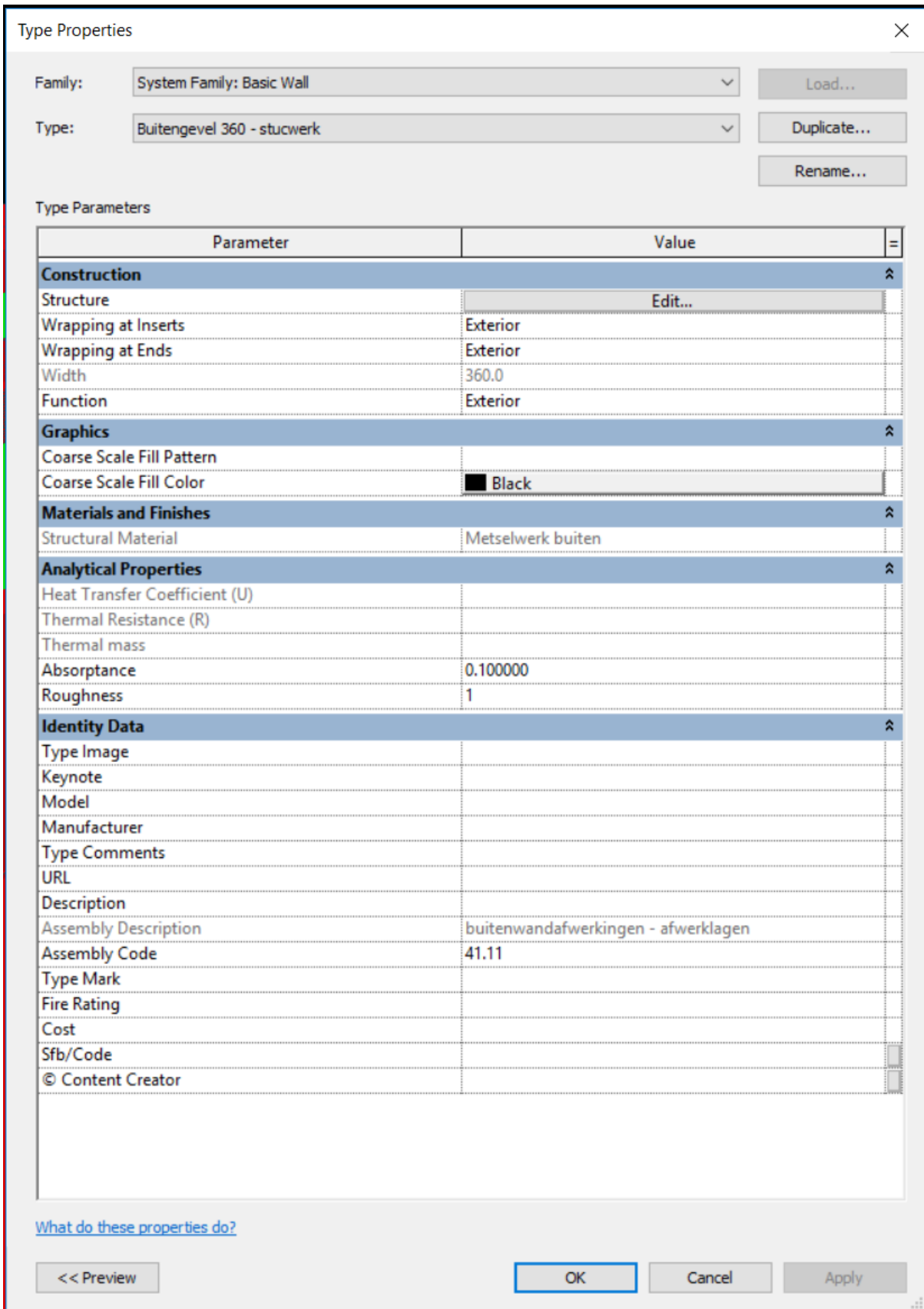


Figure 2: wel base quantity

Brug Beatrixsluis

Bij de brug bij de Beatrixsluis kunnen een aantal elementen gecodeerd worden met NL/sfb, deze elementen vallen onder de volgende categorieën:

- Fundering constructie
 - Palen
 - Damwanden
 - Voeten
- Hoofddraagconstructie
 - Wanden
 - Vloeren
 - Kolommen en liggers
- Afbouw
 - Balustrade
 - Beschermplaten brugdek

Belangrijk hierbij op te merken is dat het brugdek als een vloer constructie gecodeerd is, de beschermplaten als buitenwand bekleding. Dit zijn misschien niet de correcte categorisatie voor deze elementen, maar paste binnen de NL/sfb hier het beste bij.

Het probleem bij het invoeren van dit model in Madaster is echter dat het overgrote deel van de elementen geen basevolume mee krijgt in de export.

→ Het is mogelijk om ipv de basequantities de volume informatie van revit zelf te gebruiken. Hiervoor moet bij de IFC-export wel de Export Revit property sets worden aangevinkt. Het nadeel hiervan is dat de IFC-bestanden een stuk groter kunnen worden en er veel overbodige informatie mee geëxporteerd wordt.

De Gross Volume en de volumes vanuit revit komen niet overeen.

BV: Gross Volume van een van de funderingspalen van de brug is 433.563 m³ in BIM collab, het volume 0.434m³.

Het Gross Volume is wel erg hoog voor een enkele funderingspaal, misschien worden de eenheden niet goed weergegeven?

Definitie Gross Volume vanuit BuildingSmart:

Calculated gross volume of all areas enclosed by the space (normally including the volume of construction elements inside the space). The exact definition and calculation rules depend on the method of measurement used.

Buitenhoofd Beatrixsluis

- De grotere betonnen elementen zijn gecodeerd als Hoofddraagconstructie – Ruimte-eenheid.
- Damwanden e.d. zijn gecodeerd als funderingsconstructie
- Elementen zoals ladders en mantelbuizen zijn normaal gecodeerd volgens NL/sfb

Wapening

- Het wapeningsmodel kan niet met NL/sfb worden gecodeerd, in madaster zal de wapening dus onder onbekend worden geschaard.
- De wapening heeft ook geen volume in het gekregen IFC-model, en kan dus ook niet goed in Madaster worden weergegeven.

Mogelijk is er bij de eerste export geen base quantities exporteren aangevinkt.

In Revit was het IFC-model niet zichtbaar, dit is opgelost door bij de IFC options (file → open → IFC options) de IFC entiteit voor de wapening te definiëren.

Oplossing: IFC importeren in Revit → Opslaan als Revit Project → Opnieuw exporteren naar IFC met juiste eigenschappen. (Revit property sets)

De materiaal toewijzing is verloren gegaan met het opnieuw exporteren naar IFC. In het eerste IFC-model werd het type staal nog weergegeven (S 500 e.d.). In het tweede IFC-model is dit verloren gegaan, in madaster wordt er daardoor ook niets van de wapening gekoppeld.

Algemene opmerkingen

- Let op met het gebruiken van Generic Models, dit maakt het lastig de juiste codering toe te passen