



Bijlageboek

Circulaire transparantie

Het onthullen van het duurzaamheidspotentieel
van renovatie versus nieuwbouw

Auteurs: J.F. (Jan) Bos & D.J.A. (Daan) van Rijswijk
Bedrijfsbegeleider: T. (Thijs) Huijsmans
1^e afstudeerbegeleider: Mevr. E. (Ella) Braat-Eggen
2^e afstudeerbegeleider: Dhr. B. (Bas) van der Horst
Datum: 12-06-2023

Inhoud

Bijlage 1; Stappenplan BIMpact	3
Bijlage 2; Stappenplan materiaalstromen	9
Bijlage 3; Resultaten en Analyse	16
Bijlage 4; Massa's gevel	23
Bijlage 5; MKI verhoudingen.....	24
Bijlage 6; Resultaten gebouwanalyse	25
Bijlage 7; Competentiekeuzeagenda	27

Figurenlijst

Figuur 1: Stappenplan MPG & CO2 BIMpact (Bron: eigen werk, 2023)	3
Figuur 2: 3D-model (Bron: eigen werk, 2023)	3
Figuur 3: BIMpact in Revit (Bron: Eigen werk, 2023)	4
Figuur 4: BVO bepalen in Revit (Bron: Eigen werk, 2023).....	4
Figuur 5: STABU-code BIMpact (Bron: Eigen werk, 2023)	5
Figuur 6: NMD in BIMpact (Bron: Eigen werk, 2023).....	6
Figuur 7: Materiaal weergave met BIMpact (Bron: Eigen werk, 2023)	6
Figuur 8: Materiaal in Revit (Bron: Eigen werk, 2023).....	7
Figuur 9: Product NMD (Bron: Eigen werk, 2023)	7
Figuur 10: Rapportage BIMpact (Bron: Eigen werk, 2023)	8
Figuur 11: Stappenplan Solibri (Bron: Eigen werk, 2023)	9
Figuur 12: Solibri (Bron: Eigen werk, 2023)	9
Figuur 13: Classificatie materialen (Bron: Eigen werk, 2023)	10
Figuur 14: Hoeveelheden bepalen (Bron: Eigen werk, 2023).....	11
Figuur 15: Template materiaal (Bron: Eigen werk, 2023)	11
Figuur 16: Elementen uit meerde materialen onderverdelen (Bron: Eigen werk, 2023) 12	
Figuur 17: Materiaalstroom TU/E Gemini (Bron: Eigen werk, 2023)	13
Figuur 18: Materiaalstroom Science Campus (Bron: Eigen werk, 2023)	13
Figuur 19: Materiaalstroom Hanze Hogeschool (Bron: Eigen werk, 2023)	14
Figuur 20: Materiaalstroom Dubois Domein (Bron: Eigen werk, 2023)	14

Tabellenlijst

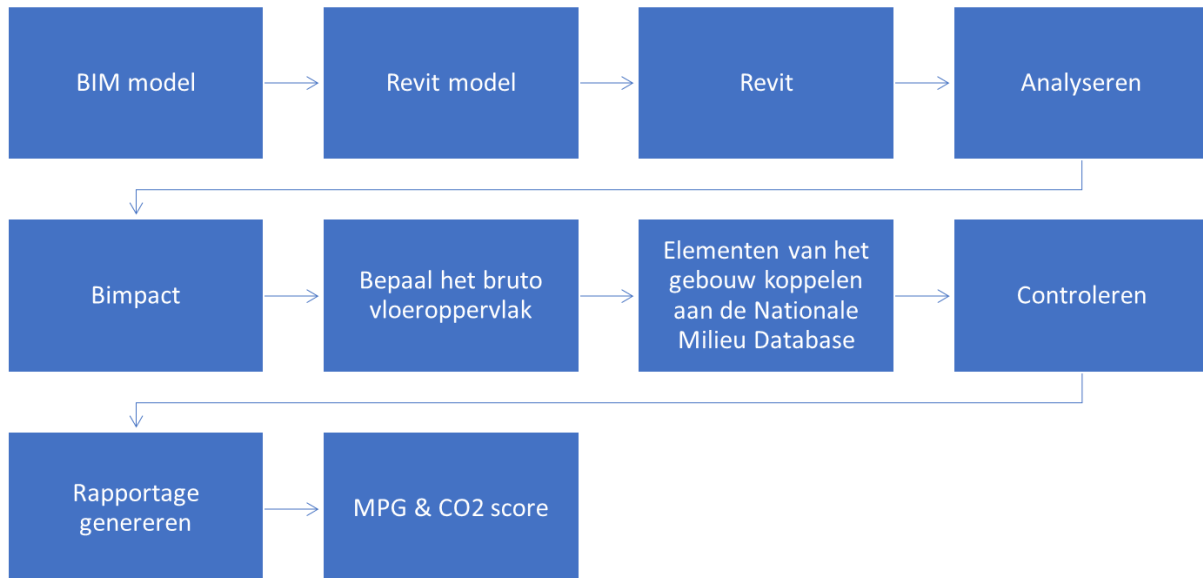
Tabel 1: Resultaat MPG-score van stappenplan (Bron: Eigen werk, 2023)	8
Tabel 2: Resultaat CO2 van stappenplan (Bron: Eigen werk, 2023)	8
Tabel 3: Resultaat MPG-score TU/E Gemini constructie (Bron: Eigen werk, 2023).....	16
Tabel 4: Resultaat MPG-score Science Campus constructie (Bron: Eigen werk, 2023) ..	19
Tabel 5: MPG-score Hanze Hogeschool bouwkundig (Bron: Eigen werk, 2023)	21
Tabel 6: MPG-score Hanze Hogeschool constructie (Bron: Eigen werk, 2023)	21
Tabel 7: MPG-score Dubois Domein constructie (Bron: Eigen werk, 2023)	22
Tabel 8: CO2-score Dubois Domein constructie (Bron: Eigen werk, 2023)	22
Tabel 9: Massa's gevel gebouwen (Bron: Eigen werk, 2023)	23
Tabel 10: Resultaten gebouwanalyse	25
Tabel 11: Resultaten inclusief materiaaleigenschappen	26
Tabel 12: Resultaten inclusief materiaaleigenschappen met hergebruik	26
Tabel 13: Competentiekeuzeagenda	27

Grafiekenlijst

Grafiek 1: MPG-score per hoofdelement TU/E Gemini constructie (Bron: Eigen werk, 2023)	16
Grafiek 2: MPG-score per hoofdelement TU/E Gemini bouwkundig (Bron: Eigen werk, 2023)	17
Grafiek 3: MPG-score per hoofdelement Science Campus constructie (Bron: Eigen werk, 2023)	19
Grafiek 4: MPG-score per hoofdelement Science Campus bouwkundig (Bron: Eigen werk, 2023)	20
Grafiek 5: MKI verhoudingen per kubieke meter materiaal (Bron: Eigen werk, 2023) ..	24

Bijlage 1; Stappenplan BIMpact

Stappenplan MPG & CO2 BIMpact:

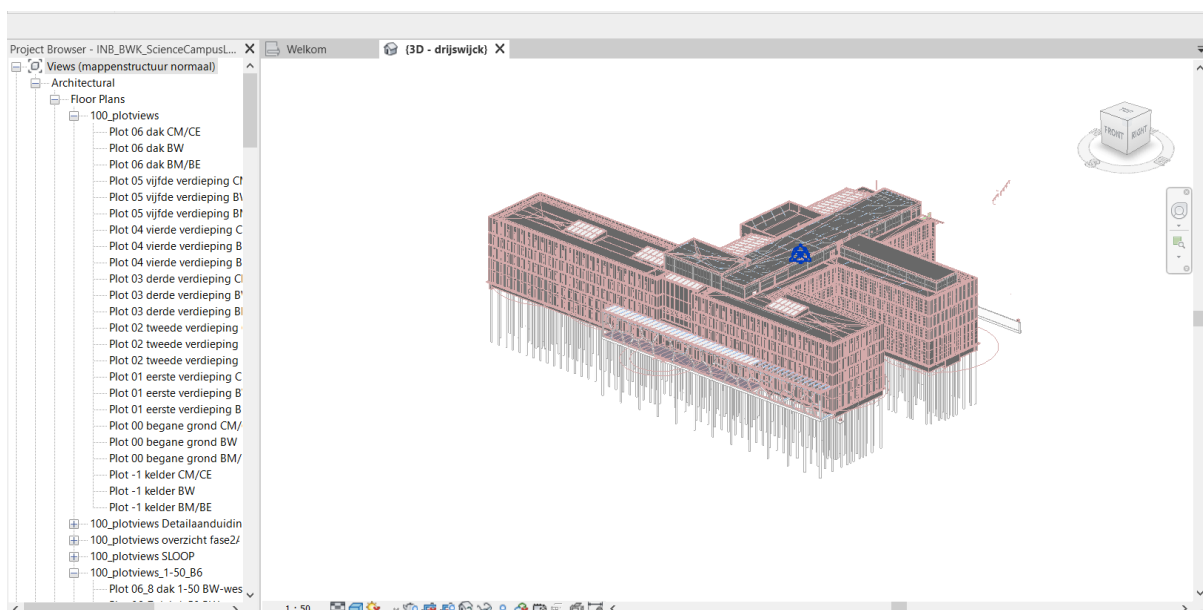


Figuur 1: Stappenplan MPG & CO2 BIMpact (Bron: eigen werk, 2023)

Stap 1: Heijmans heeft online BIM modellen aangeleverd van onderwijsgebouwen.

Stap 2: Heijmans heeft dit aangeleverd in de vorm van Revit-modellen. Van deze onderwijsgebouwen wordt de milieu-impact berekend.

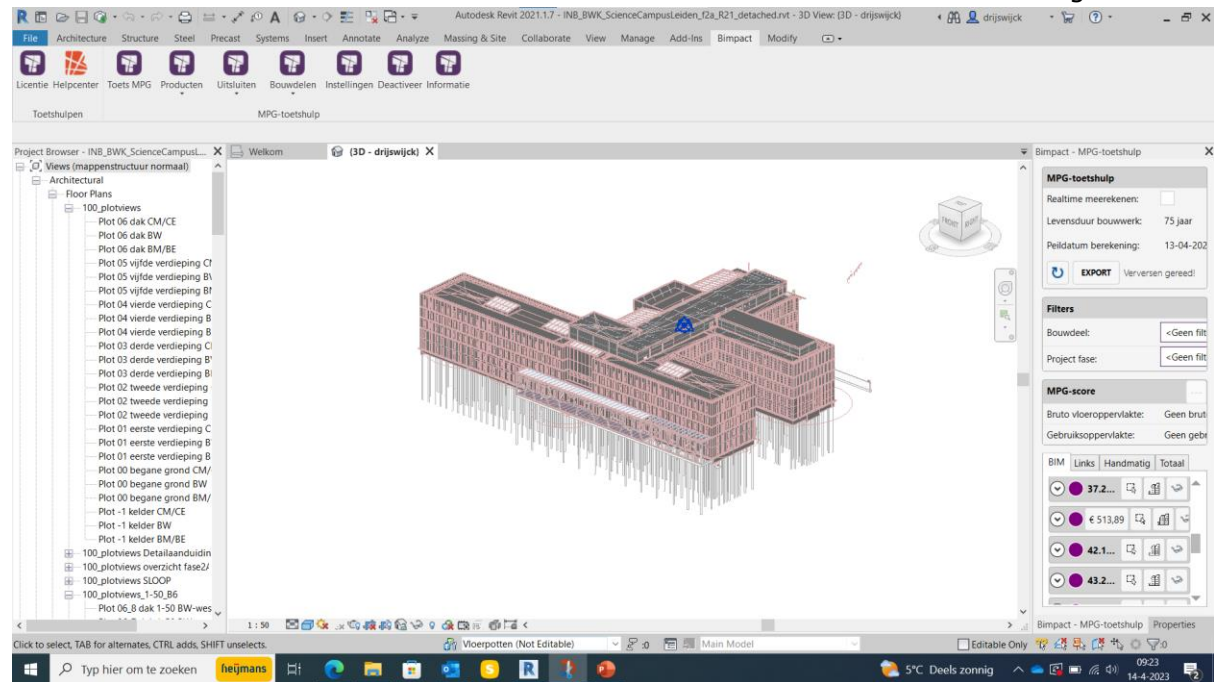
Stap 3: De Revit-modellen kunnen geopend worden in Revit. Dit is een BIM-software waarmee online driedimensionale gebouwen getekend kunnen worden.



Figuur 2: 3D-model (Bron: eigen werk, 2023)

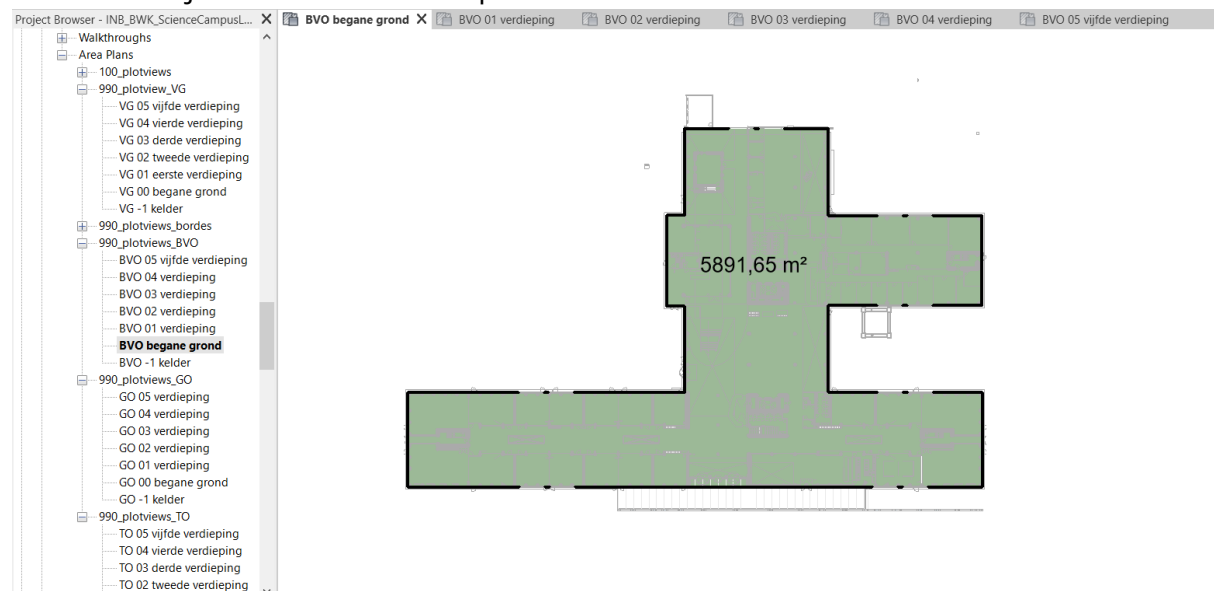
Stap 4: Revit-modellen worden geanalyseerd en belangrijke informatie wordt uit het model gehaald.

Stap 5: Bimimpact laden in Revit. Bimimpact is een MPG-toetshulp binnen Revit die de MPG kan toetsen voor driedimensionale gebouwen.



Figuur 3: BIMImpact in Revit (Bron: Eigen werk, 2023)

Stap 6: Bepaal het bruto vloeroppervlak van elke verdieping van het gebouw. Dit is nodig om uiteindelijk de MPG score te bepalen.



Figuur 4: BVO bepalen in Revit (Bron: Eigen werk, 2023)

Stap 7: Wanneer de toetshulp geopend wordt, vormt er een lijst van elementen ingedeeld per STABU code.

The screenshot shows the 'Bimpack - MPG-toetshulp' window. It has a title bar with a close button. The main content is divided into several sections:

- MPG-toetshulp**: Contains settings for 'Realtime meerekenen' (checkbox), 'Levensduur bouwwerk' (75 jaar), and 'Peildatum berekening' (13-04-202). There is a refresh button and an 'EXPORT' button with the text 'Verversen gereed!'.
- Filters**: Contains two dropdown menus for 'Bouwdeel' and 'Project fase', both currently set to '<Geen filt'.
- MPG-score**: Contains two text fields for 'Bruto vloeroppervlakte' and 'Gebruiksoppervlakte', both currently empty.
- Table**: A table with columns 'BIM', 'Links', 'Handmatig', and 'Totaal'. It contains a list of elements with STABU codes (e.g., 28.1..., 31.2..., 31.3..., 31.4...). Each row has a dropdown arrow, a purple circle, and icons for linking, building, and undo.

The window has a status bar at the bottom with the text 'Bimpack - MPG-toetshulp' and 'Properties'.

Figuur 5: STABU-code BIMPact (Bron: Eigen werk, 2023)

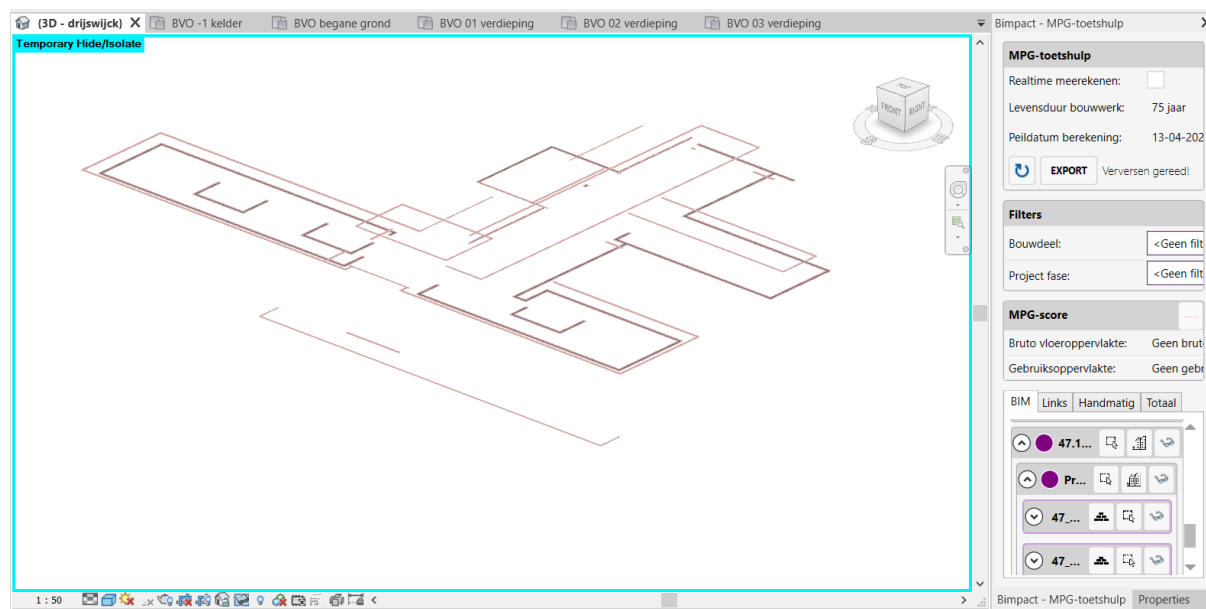
Aan de toetshulp Bimpack zit de Nationale Milieu Database gekoppeld. De NMD is een database waarin informatie zoals naam, levensduur, functionele eenheid en milieu-impact

verkregen uit een LCA-analyse van verschillende producten is opgeslagen. De elementen hebben allemaal een Milieukostenindicator van impact op het milieu.

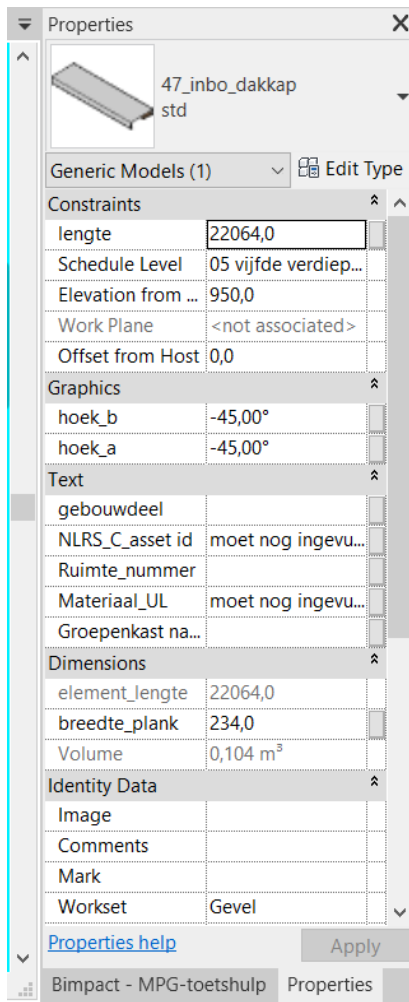
Producten zoeken...		Producttype filter	NL/SfB-categorie filter	Elementonderdeel / prestatie
		Deelproduct	31.2: Buitenwandopeningen; gevuld met r...	<Geen filter>
MKI per eenheid	Type kaart	ProductNaam	NL/SfB	Totaalproduct
€ 0,09 per m ²	Cat. 2	Isolatieglas coating, Lowe, Bouwend Nederland Vakgroep GLAS	31.2	
€ 0,10 per m	Cat. 3	Waterkeringen, Polyetheen; folie	31.2	
€ 0,12 per m	Cat. 3	Waterkeringen, Pvc; gerecycled pvc; folie	31.2	
€ 0,20 per m	Cat. 3	Ventilatie-roosters, Aluminium; gemoffeld	31.2	
€ 0,22 per m	Cat. 3	Vensterbanken, Vezelcement	31.2	
€ 0,23 per m	Cat. 3	Waterkeringen, EPDM aluminium versterkt	31.2	
€ 0,26 per stuk(s)	Cat. 3	Stelkozijnen, Onverduurzaam hout; geverfd	31.2	
€ 0,27 per m	Cat. 2	Lateien, Beton, prefab; AB-FAB	31.2	
€ 0,30 per m	Cat. 3	Waterslagen, Keramiek	31.2	
€ 0,30 per m	Cat. 3	Waterkeringen, EPDM; folie	31.2	
€ 0,33 per m	Cat. 3	Waterslagen, Aluminium; gemoffeld	31.2	
€ 0,40 per m ²	Cat. 3	Buitenkozijnen, Europees naaldhout; geschilderd, acryl; duurzame bosbouw	31.2	
€ 0,42 per m ²	Cat. 2	Isolatieglas coating, dubbel zilver, Bouwend Nederland Vakgroep GLAS	31.2	
€ 0,43 per m ²	Cat. 2	Isolatieglas coating, tripple zilver, Bouwend Nederland Vakgroep GLAS	31.2	
€ 0,47 per m	Cat. 3	Waterslagen, Beton	31.2	
€ 0,50 per m	Cat. 3	Waterkeringen, PIB aluminium versterkt	31.2	
€ 0,53 per m ²	Cat. 3	Buitenramen, Europees loofhout; geschilderd, acryl; duurzame bosbouw	31.2	
€ 0,54 per m ²	Cat. 3	Buitenramen, Europees naaldhout; geschilderd, acryl; duurzame bosbouw	31.2	
€ 0,54 per m ²	Cat. 3	Buitenkozijnen, Europees loofhout; geschilderd, acryl; duurzame bosbouw	31.2	
€ 0,55 per m ²	Cat. 2	Buitenkozijnen, Europees naaldhout, kozijn vast; geschilderd, duurz. bosbeheer	31.2	
€ 0,65 per m	Cat. 3	Vensterbanken, Keramische tegels; tegelwerk	31.2	
€ 0,74 per m	Cat. 3	Waterkeringen, Combinatie PVC/Lood	31.2	
€ 0,83 per m ²	Cat. 3	Buitenkozijnen, Tropisch loofhout; geschilderd, acryl; duurzame bosbouw	31.2	
€ 0,83 per stuk(s)	Cat. 2	Hang- en sluitwerk, Hangsloten	31.2	
€ 0,96 per m	Cat. 3	Waterslagen, Baksteen rollaag; rollaag	31.2	
€ 1,02 per m ²	Cat. 3	Buitenramen, Tropisch loofhout; geschilderd, acryl; duurzame bosbouw	31.2	

Figuur 6: NMD in BIMpack (Bron: Eigen werk, 2023)

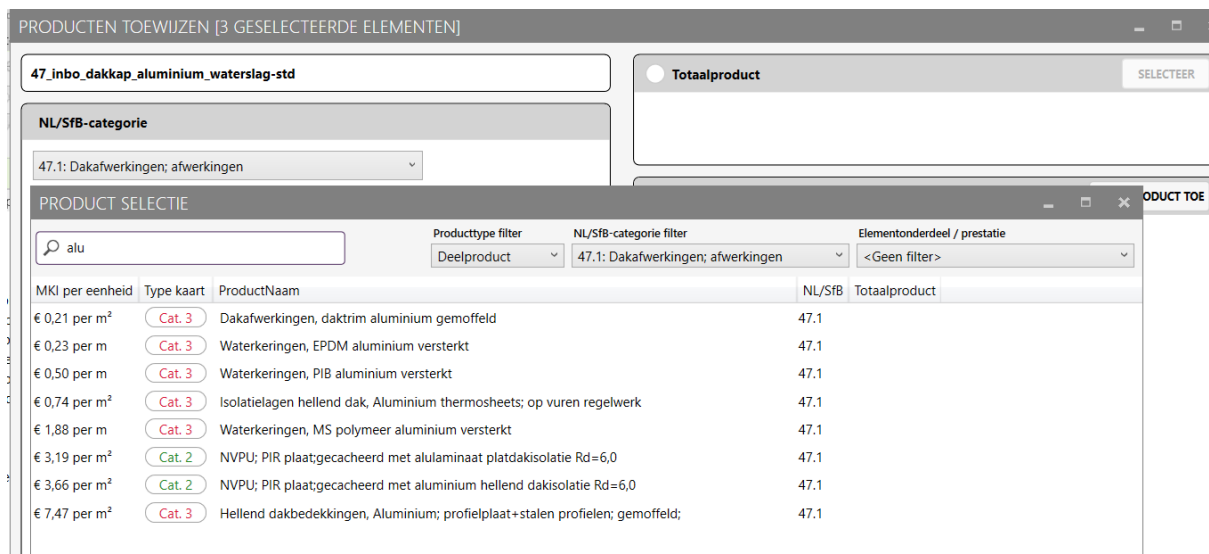
Koppel de elementen van het gebouw aan de juiste eenheden uit de Nationale Milieu Database.



Figuur 7: Materiaal weergave met BIMpack (Bron: Eigen werk, 2023)



Figuur 8: Materiaal in Revit (Bron: Eigen werk, 2023)



Figuur 9: Product NMD (Bron: Eigen werk, 2023)

Stap 8: Controleer of alle stappen volledig en juist zijn uitgevoerd.

Stap 9: Genereer een rapportage met Bimcompact.

Rapportage

Milieuprestatieberekening



Figuur 10: Rapportage BIMPact (Bron: Eigen werk, 2023)

Stap 10: In het rapportage staat de totale MPG score en de totale CO2 die kleeft aan de materialen. In het rapport is per element te zien wat de score is in milieu-impact.

Tabel 1: Resultaat MPG-score van stappenplan (Bron: Eigen werk, 2023)

MPG-score

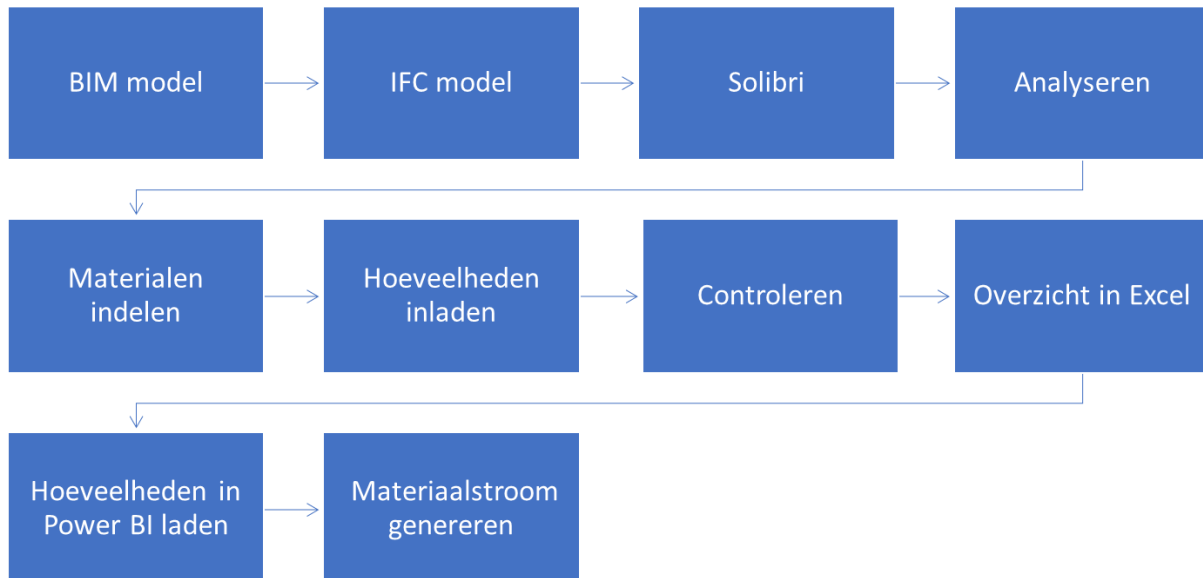
MPG (Berekend per m2 BVO, per jaar)		MKI (Berekend over totale BVO en levensduur)	
€ 0,18		€ 402.327,58	
A. Productiefase	€ 0,23	A. Productiefase	€ 512.708,94
A. Constructiefase	€ 0,01	A. Constructiefase	€ 20.250,92
B. Gebruiksfase	€ 0,06	B. Gebruiksfase	€ 125.617,03
C. Afdankfase	€ 0,01	C. Afdankfase	€ 4.448,78
D. Buiten gebouwlevensloop	€ -0,11	D. Buiten gebouwlevensloop	€ -260.698,08

Tabel 2: Resultaat CO2 van stappenplan (Bron: Eigen werk, 2023)

Berekening Paris Proof embodied CO2-eq.	
Levensduur bouwwerk	30 jaar
Klimaatverandering (module A)	2.859.867,81 kg CO2
BVO (Bruto-vloeroppervlakte)	29.941,97 m²
Embodied CO2-eq.	95,51 kg CO2-eq. per m² BVO

Bijlage 2; Stappenplan materiaalstromen

Stappenplan Materiaalstroom Solibri

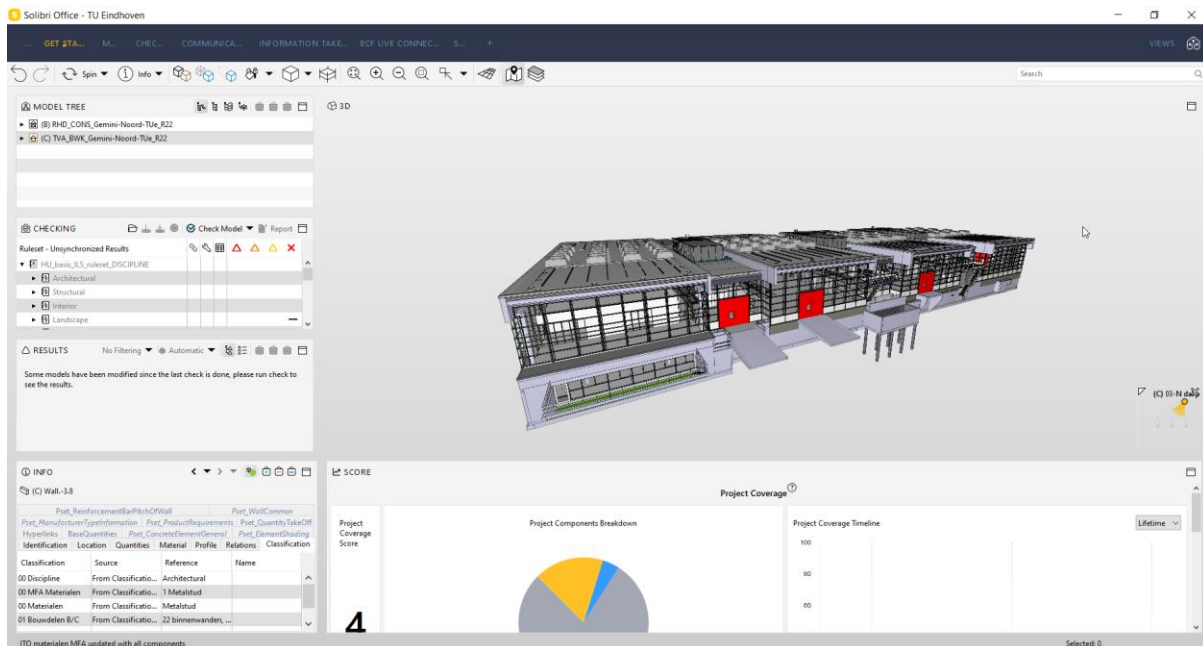


Figuur 11: Stappenplan Solibri (Bron: Eigen werk, 2023)

Stap 1: Heijmans heeft online BIM modellen aangeleverd van onderwijsgebouwen.

Stap 2: Heijmans heeft dit aangeleverd in de vorm van IFC-modellen. Van deze onderwijsgebouwen wordt een materiaalstroom gegenereerd.

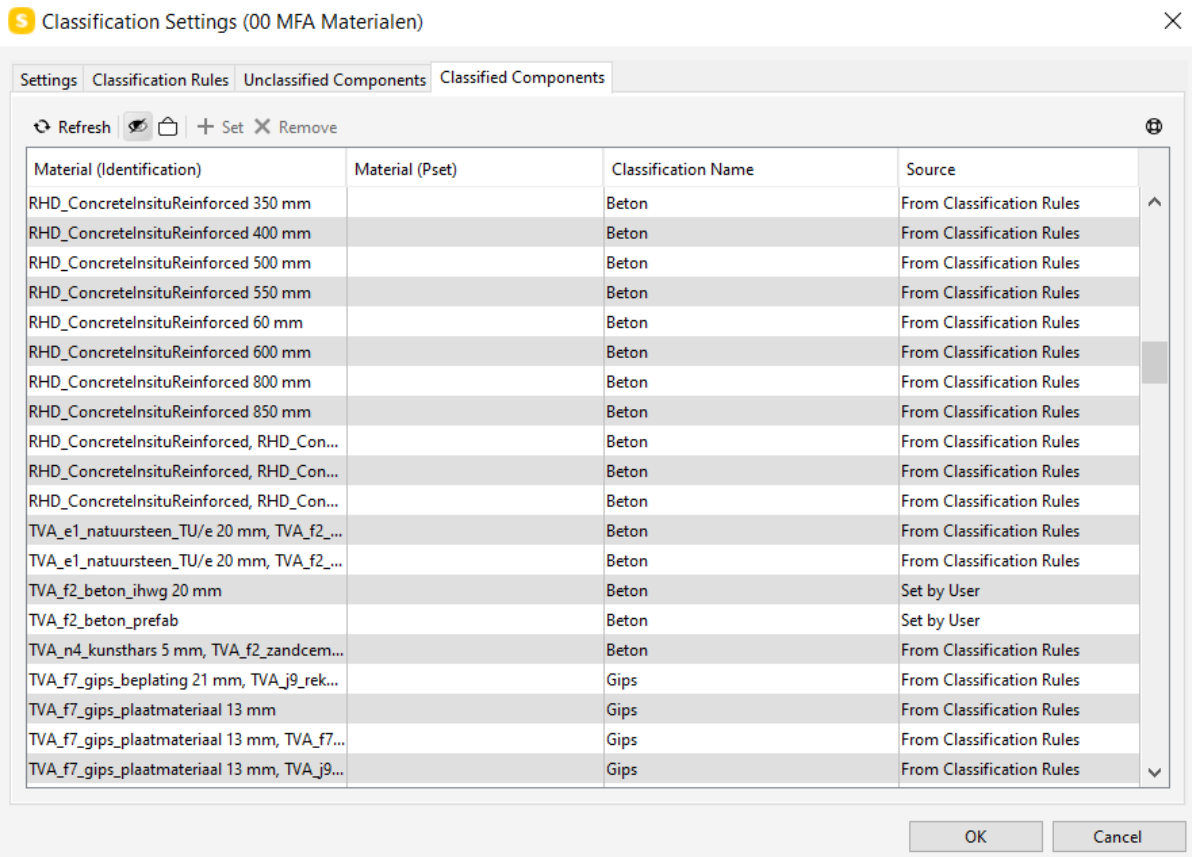
Stap 3: In Solibri worden deze bestanden geopend waarna begonnen kan worden met het uittrekken van de materialen.



Figuur 12: Solibri (Bron: Eigen werk, 2023)

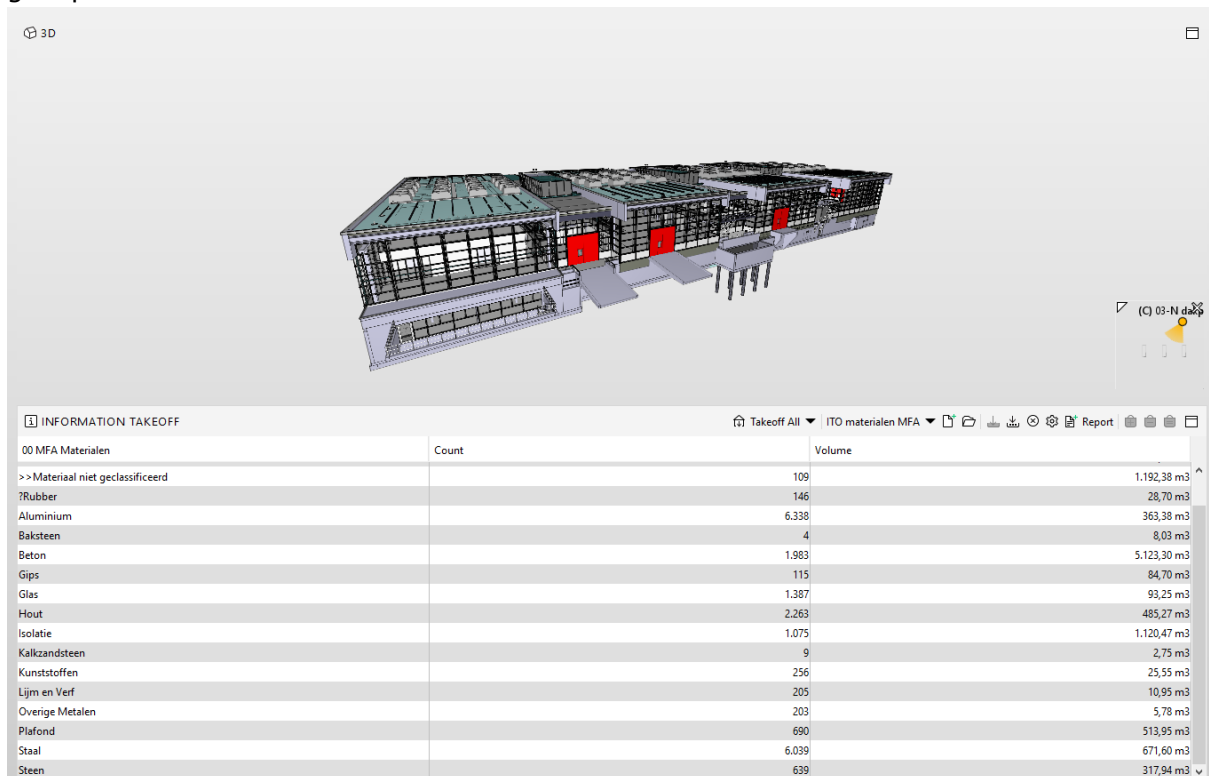
Stap 4: Het model wordt geanalyseerd en gegevens worden genoteerd.

Stap 5: Materialen indelen op basis van de beschikbare gegevens. In de info tap staan gegevens van het materiaal.



Figuur 13: Classificatie materialen (Bron: Eigen werk, 2023)

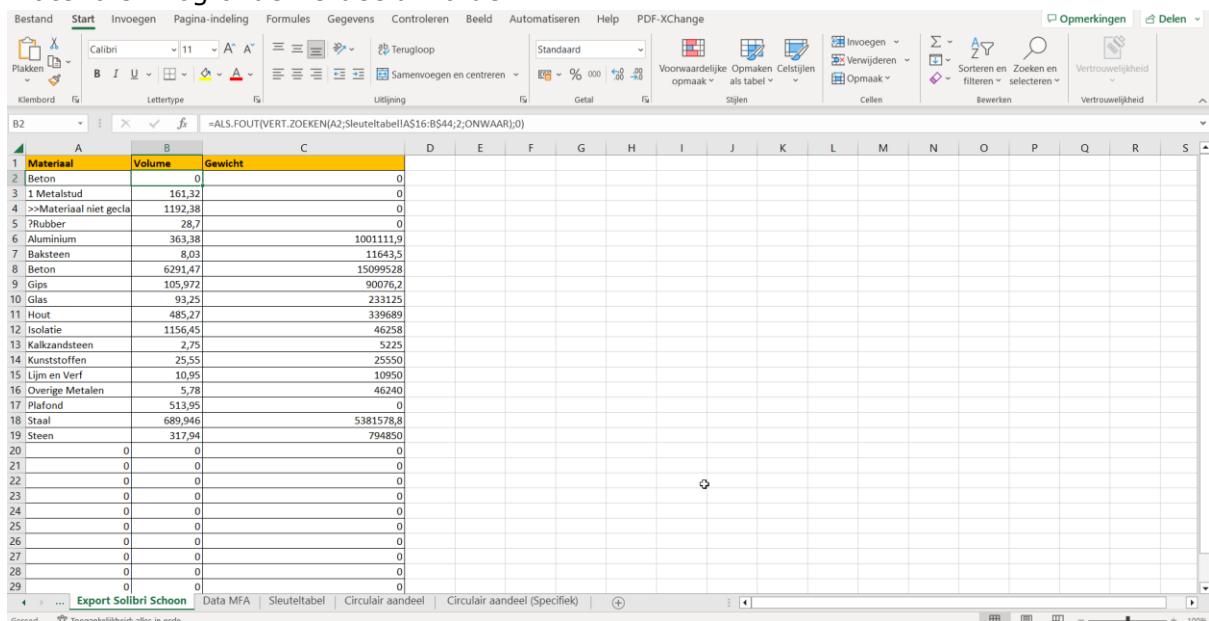
Stap 6: Hoeveelheden inladen door Takeoff All. Deze hoeveelheden kunnen daarna geëxporteerd worden.



Figuur 14: Hoeveelheden bepalen (Bron: Eigen werk, 2023)

Stap 7: Hoeveelheden controleren op afwijkingen.

Stap 8: Hoeveelheden in Excel laden waar ze in een template komen te staan. Hier kunnen materialen nog onderverdeeld worden.



Figuur 15: Template materiaal (Bron: Eigen werk, 2023)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1																			
2																			
3	1	Metalstud	161,32	15%		0,000	5,0%	8,066	10,0%	16,132		0,000		0,000		0,000		0,000	
4	>>	Materiaal niet geclassificeerd	1192,38	0%		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
5	7	Rubber	28,7	0%		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
6		Aluminium	363,38	0%		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
7		Baksteen	8,03	0%		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
8		Beton	6291,47	0%		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
9		Plafond	514	18%			2%	10,280	1,0%	5,140	7,0%	35,980							
10		Gips	84,7	0%		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
11		Glas	93,25	0%		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
12		Hout	485,27	0%		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	
13						0,000		18,346		21,272		35,980		0,000		0,000		0,000	
14																			
15		Materiaal	Volume																
16		Beton	0																
17		Staal	18,346																
18		Gips	21,272																
19		Isolatie	35,98																
20			0	0															
21			0	0															
22			0	0,000															
23			0	0															
24			0	0															
25			0	0															
26																			
27																			
28																			
29																			

Figuur 16: Elementen uit meerde materialen onderverdelen (Bron: Eigen werk, 2023)

Stap 9: Hoeveelheden in Power BI overzetten.

Stap 10: Materiaalstroom genereren.

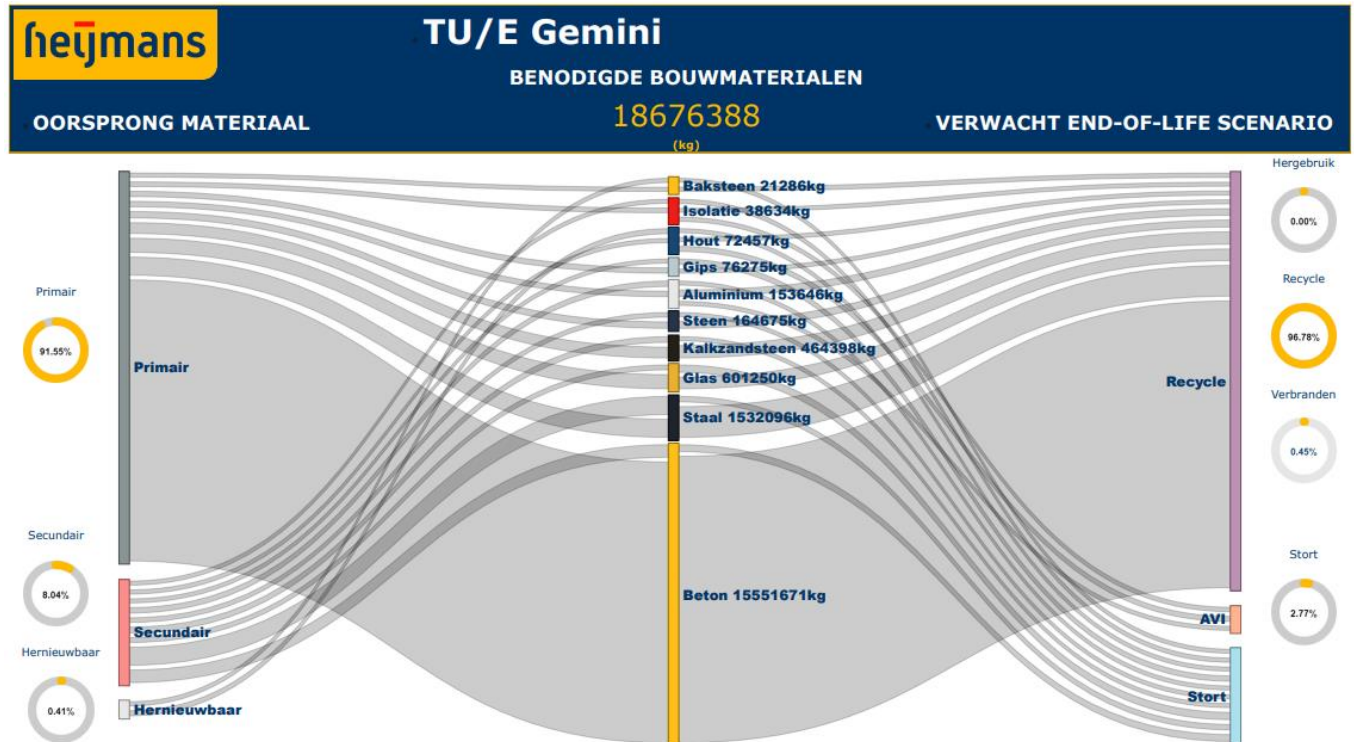
Materiaalstromen:

Materiaalstormen worden visueel gemaakt met Power BI. Heijmans maakt zo de oorsprong van de materialen inzichtelijk aan de linkerkant, de hoeveelheid materiaal in het midden en de verwachte end-of-life scenario's rechts.

De oorsprong bestaat uit: primair, secundair en hernieuwbaar. De materialen bestaan uit een selectie materialen die binnen ons onderzoek aan bod komen. Het verwachte end of life scenario bestaat uit: hergebruik, recycle, verbranden en stort.

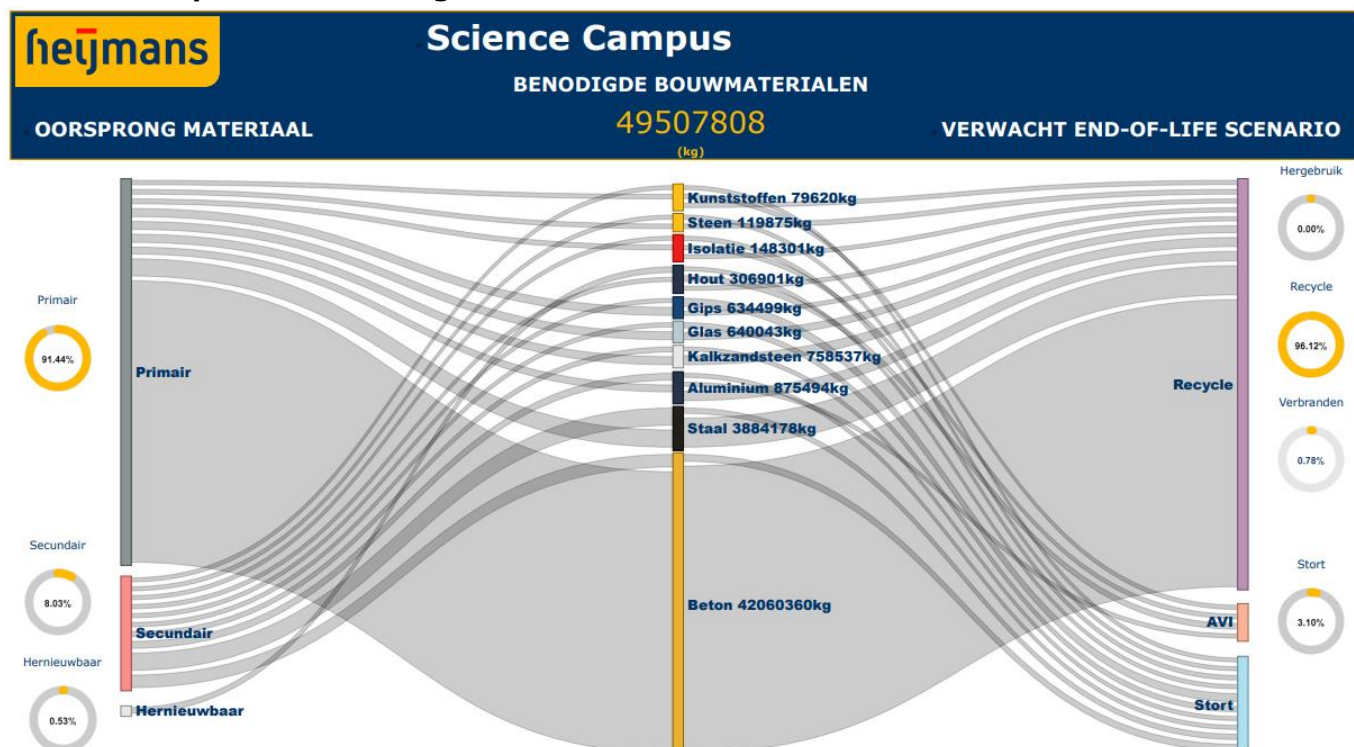
Per gebouw wordt er een materiaalstroom gemaakt. Zie hieronder.

TU/E Gemini: Bouwkundig en Constructief model.



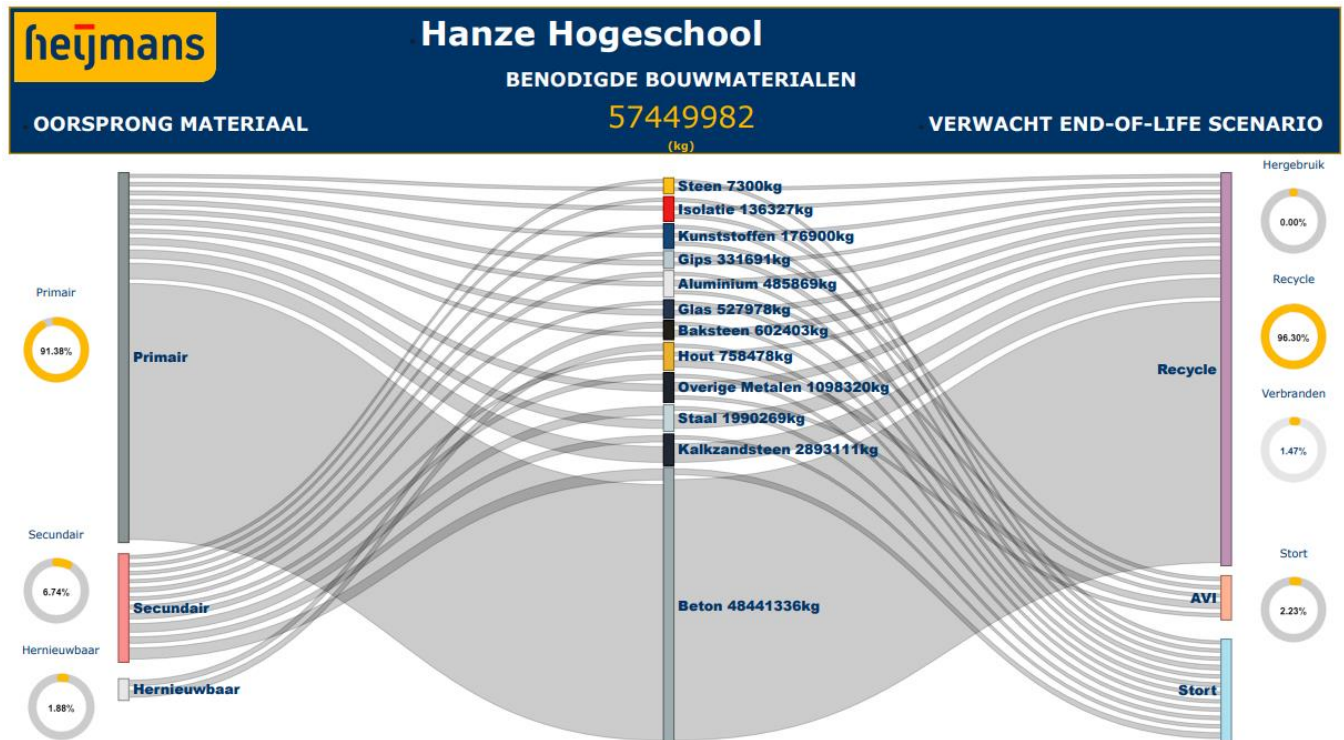
Figuur 17: Materiaalstroom TU/E Gemini (Bron: Eigen werk, 2023)

Science Campus: Bouwkundig en Constructief model.



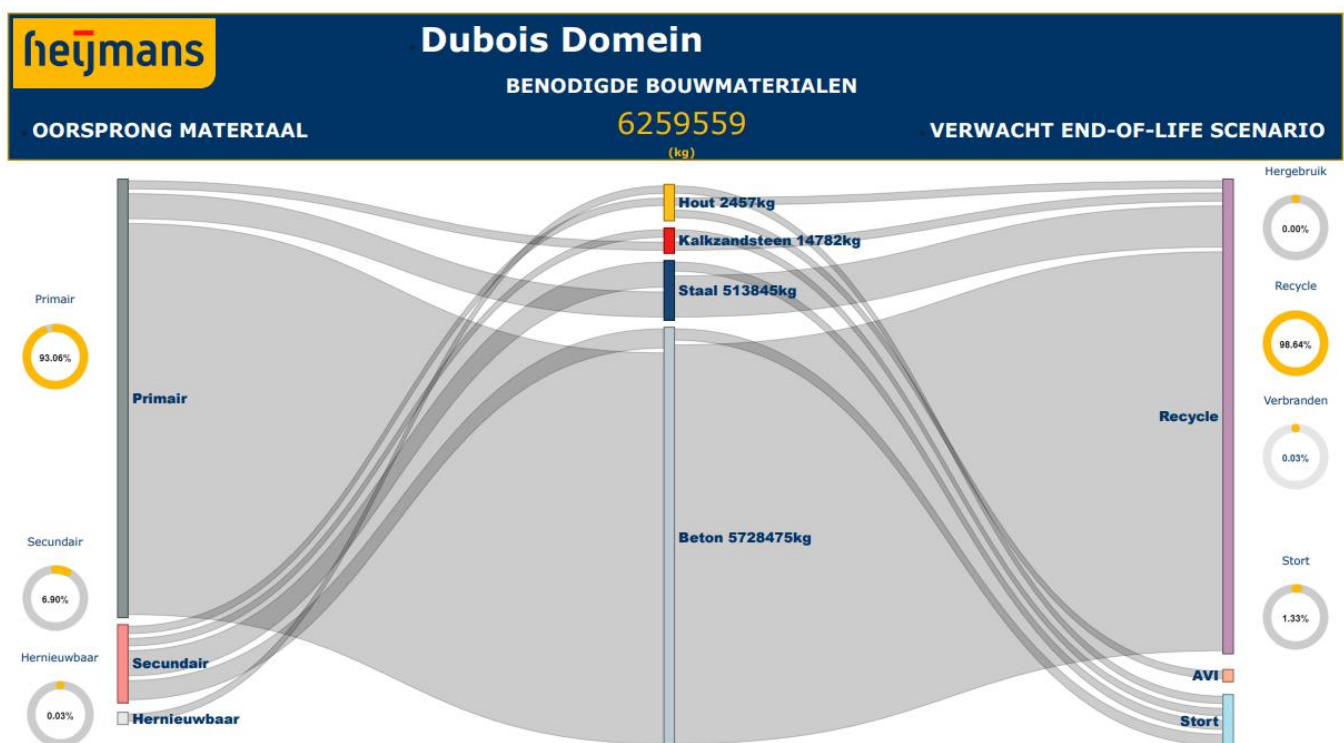
Figuur 18: Materiaalstroom Science Campus (Bron: Eigen werk, 2023)

Hanze Hogeschool: Bouwkundig en Constructief model.



Figuur 19: Materiaalstroom Hanze Hogeschool (Bron: Eigen werk, 2023)

Dubois Domein: Constructief model.



Figuur 20: Materiaalstroom Dubois Domein (Bron: Eigen werk, 2023)

Wat opvalt in alle materiaalstromen is dat beton het meest wordt gebruikt. Beton wordt veel gebruikt voor de constructieve delen, dit resulteert in een grote hoeveelheid materiaal. Beton bestaat voornamelijk uit primaire materialen, dit zorgt er voor dat voor alle vier gebouwen het aandeel primair erg hoog ligt. In de materiaalstromen is te zien dat de meeste materialen die gebruikt worden primair zijn. Een aantal materialen bestaan zowel uit primaire, secundaire en een enkel materiaal uit hernieuwbaar materiaal. In de end of life kun je zien dat er een hoge percentage gerycled wordt, dit resulteert in een tweede leven. Vanuit de onderliggende cijfers wordt er geen materiaal hergebruikt. Het hergebruik van materialen moet omhoog om te zorgen voor een circulairdere economie.

Bijlage 3; Resultaten en Analyse

MPG & CO2 analyse:

TU/e Gemini

Constructief model: totale MPG €0,23

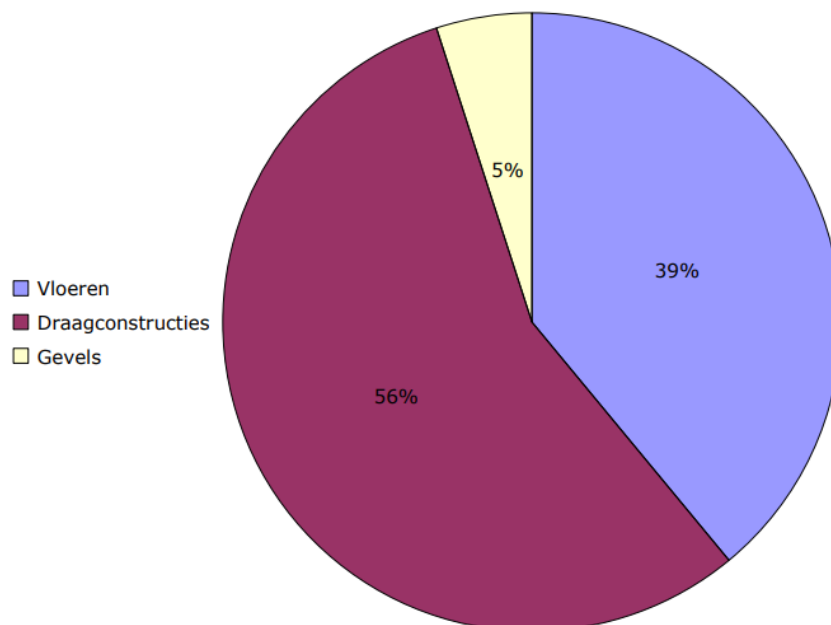
Tabel 3: Resultaat MPG-score TU/E Gemini constructie (Bron: Eigen werk, 2023)

MPG (Berekend per m2 BVO, per jaar)		MKI (Berekend over totale BVO en levensduur)	
€ 0,23		€ 223.186,51	
A. Productiefase	€ 0,28	A. Productiefase	€ 272.755,33
A. Constructiefase	€ 0,02	A. Constructiefase	€ 15.880,29
B. Gebruiksfase	€ 0,01	B. Gebruiksfase	€ 6.562,26
C. Afdankfase	€ 0,05	C. Afdankfase	€ 44.953,85
D. Buiten gebouwlevensloop	€ -0,11	D. Buiten gebouwlevensloop	€ -116.965,20

Grafiek 1: MPG-score per hoofdelement TU/E Gemini constructie (Bron: Eigen werk, 2023)

Bimpact | Ontwikkelt in BIM

MPG-score per hoofdelement



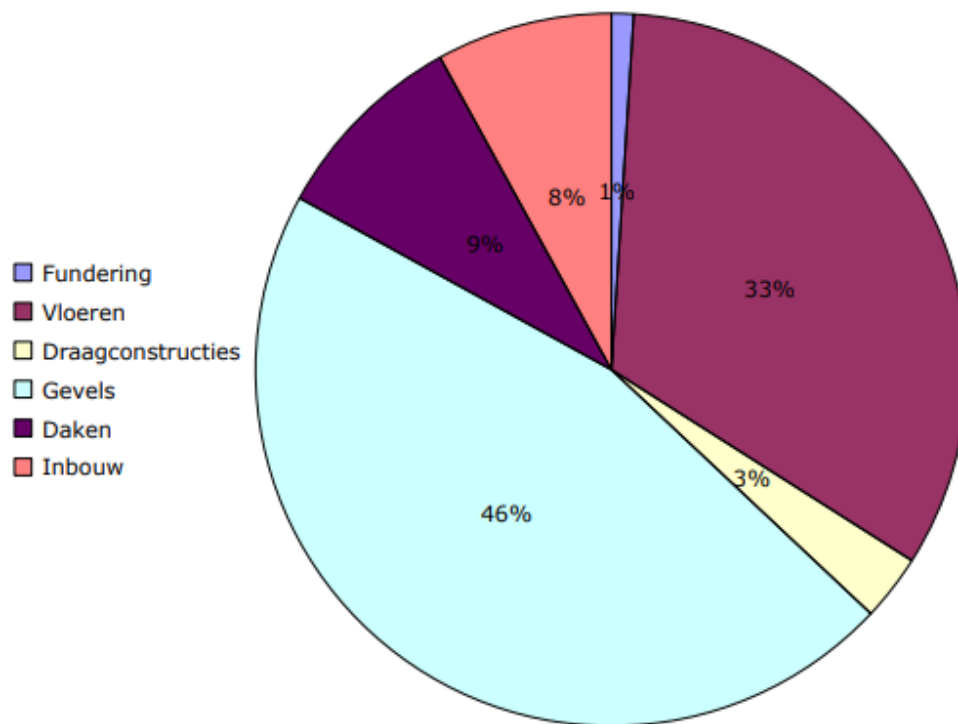
Bouwkundig model: totale MPG €0,18

Grafiek 2: MPG-score per hoofdelement TU/E Gemini bouwkundig (Bron: Eigen werk, 2023)

Bimpact | Ontwikkelt in BIM



MPG-score per hoofdelement



Het bouwkundig model onderverdelen in skin, spaceplan en structure. De MPG van de verschillende lagen lagen kan zo bepaalt worden.

Skin bestaat uit de onderdelen:

- Gevels 46% = €0,0874
- Daken 9% = €0,0171
- Fundering 1% = €0,0019

Totaal = €0,10

Spaceplan bestaat uit de onderdelen:

- Vloeren 33% = €0,0627
- Inbouw 8% = €0,0152

Totaal = €0,08

- Fundering 1% = €0,0019
- Draagconstructies 3% = €0,0057

Totaal = €0,01

MPG-structure = €0,24

MPG-skin = €0,10

MPG-spaceplan = €0,08

Totale MPG-score: €0,42

CO2-structure = 216,31 kg/m² BVO

CO2-skin = 42,37 kg/m² BVO

CO2-spaceplan = 70,69 kg/m² BVO

Totale CO2 = 329,37 kg/ m² BVO

Science Campus Leiden

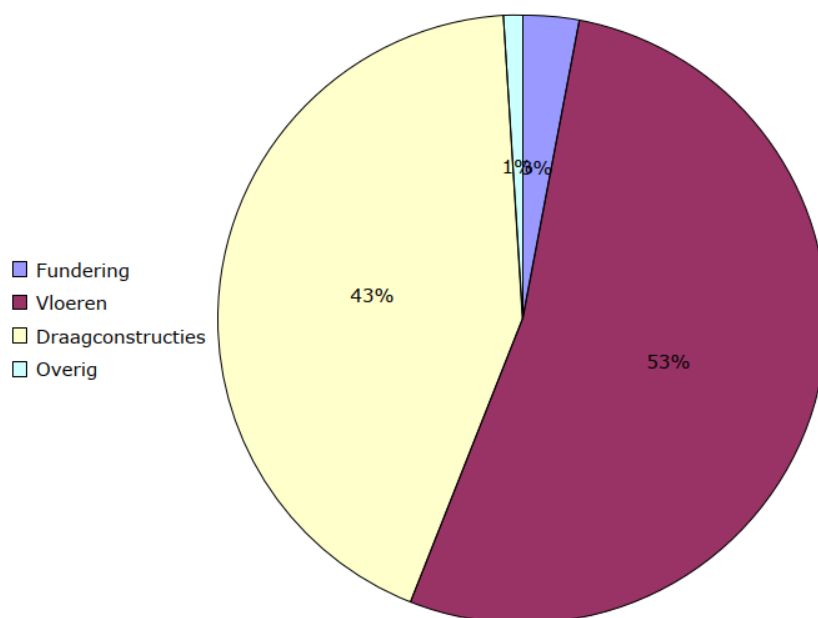
MPG-constructie €0.35

Tabel 4: Resultaat MPG-score Science Campus constructie (Bron: Eigen werk, 2023)

MPG (Berekend per m2 BVO, per jaar)		MKI (Berekend over totale BVO en levensduur)	
€ 0,35		€ 784.541,13	
A. Productiefase	€ 0,38	A. Productiefase	€ 839.090,45
A. Constructiefase	€ 0,03	A. Constructiefase	€ 60.956,62
B. Gebruiksfas	€ 0,00	B. Gebruiksfas	€ -974,72
C. Afdankfase	€ 0,05	C. Afdankfase	€ 93.478,11
D. Buiten gebouwlevensloop	€ -0,09	D. Buiten gebouwlevensloop	€ -208.009,30

Grafiek 3: MPG-score per hoofdelement Science Campus constructie (Bron: Eigen werk, 2023)

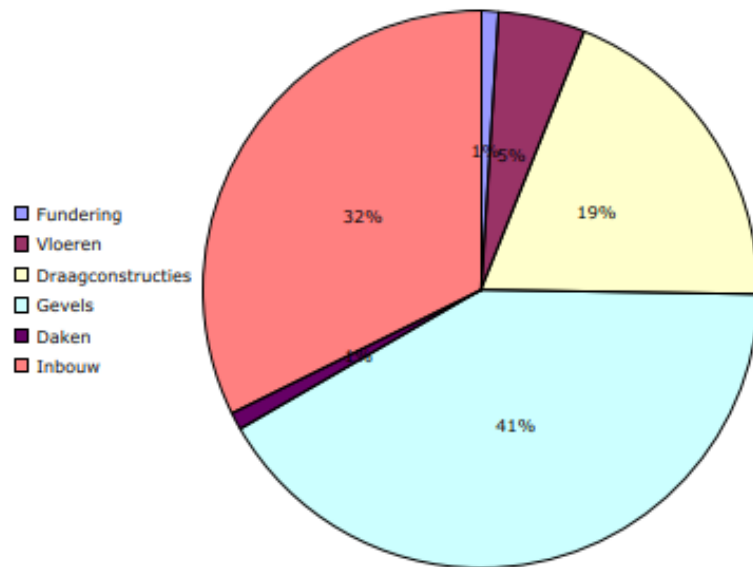
MPG-score per hoofdelement



MPG-bouwkundig €0.23

Grafiek 4: MPG-score per hoofdelement Science Campus bouwkundig (Bron: Eigen werk, 2023)

MPG-score per hoofdelement



Onderverdelen in skin, spaceplan en structure

Skin:

- Gevels 41% = €0.094
- Daken 1% = €0.002

Totaal = €0.10

Spaceplan:

- Vloeren 5% = €0.011
- Inbouw 32% = €0.073
- Fundering 1% = €0.002
- Draagconstructies 19% = €0.044

Totaal = €0.13

Totale MPG-score: €0.58

MPG-structure = €0.35

MPG-skin = €0.10

MPG-spaceplan = €0.13

CO2-structure = 261.91 kg/m² BVO

CO2-skin = 57,24 kg/m² BVO

CO2-spaceplan = 90.96 kg/m² BVO

CO2-totaal = 410.11 kg/m² BVO

Hanze Hogeschool MPG bouwkundig: €0,31

Het bouwkundig model onderverdelen in skin, spaceplan en structure. De MPG van de verschillende lagen lagen kan zo bepaalt worden.

Skin bestaat uit de onderdelen:

- Gevels
- Daken

Totaal = €0,12

Spaceplan bestaat uit de onderdelen:

- Vloeren
- Inbouw

Totaal = €0,19

Tabel 5: MPG-score Hanze Hogeschool bouwkundig (Bron: Eigen werk, 2023)

MPG		MKI	
Berekend per m2 BVO, per jaar		Berekend over de totale BVO en levensduur	
A. Productiefase	0,381	A. Productiefase	537.714,200
A. Constructiefase	0,022	A. Constructiefase	24.927,663
B. Gebruiksfase	0,072	B. Gebruiksfase	82.522,391
C. Afdankfase	-0,031	C. Afdankfase	-35.307,866
D. Buiten gebouwlevensloop	-0,134	D. Buiten gebouwlevensloop	-154.394,011

Hanze Hogeschool MPG constructie: €0.35

Tabel 6: MPG-score Hanze Hogeschool constructie (Bron: Eigen werk, 2023)

MPG		MKI	
Berekend per m2 BVO, per jaar		Berekend over de totale BVO en levensduur	
A. Productiefase	0,289	A. Productiefase	643.163,050
A. Constructiefase	0,030	A. Constructiefase	34.364,015
B. Gebruiksfase	0,000	B. Gebruiksfase	-501,963
C. Afdankfase	0,113	C. Afdankfase	129.735,515
D. Buiten gebouwlevensloop	-0,082	D. Buiten gebouwlevensloop	-93.791,199

Totale MPG-score: €0,66

MPG-structure = €0.35

MPG-skin = €0.12

MPG-spaceplan = €0.19

CO2-structure = 227 kg/m2 BVO

CO2-skin = 59,94 kg/m2 BVO

CO2-spaceplan = 85,41 kg/m2 BVO

CO2-totaal = 372,35 kg/m2 BVO

Dubois Domein MPG constructie: €0.25

Tabel 7: MPG-score Dubois Domein constructie (Bron: Eigen werk, 2023)

MPG		MKI	
Berekend per m2 BVO, per jaar		Berekend over de totale BVO en levensduur	
	0,251		121.821
A. Productiefase	0,234	A. Productiefase	113.370,690
A. Constructiefase	0,013	A. Constructiefase	6.273,803
B. Gebruiksfas	0,000	B. Gebruiksfas	-25,759
C. Afdankfas	0,041	C. Afdankfas	19.781,297
D. Buiten gebouw evens oop	-0,036	D. Buiten gebouw evens oop	-17.578,582

CO2-structure = 123 kg/m2 BVO

Tabel 8: CO2-score Dubois Domein constructie (Bron: Eigen werk, 2023)

Paris Proof Indicator (materiaalgebonden emissies)

Embodied carbon in kg CO2 eq, per m2 BVO

123

Bijlage 4; Massa's gevel

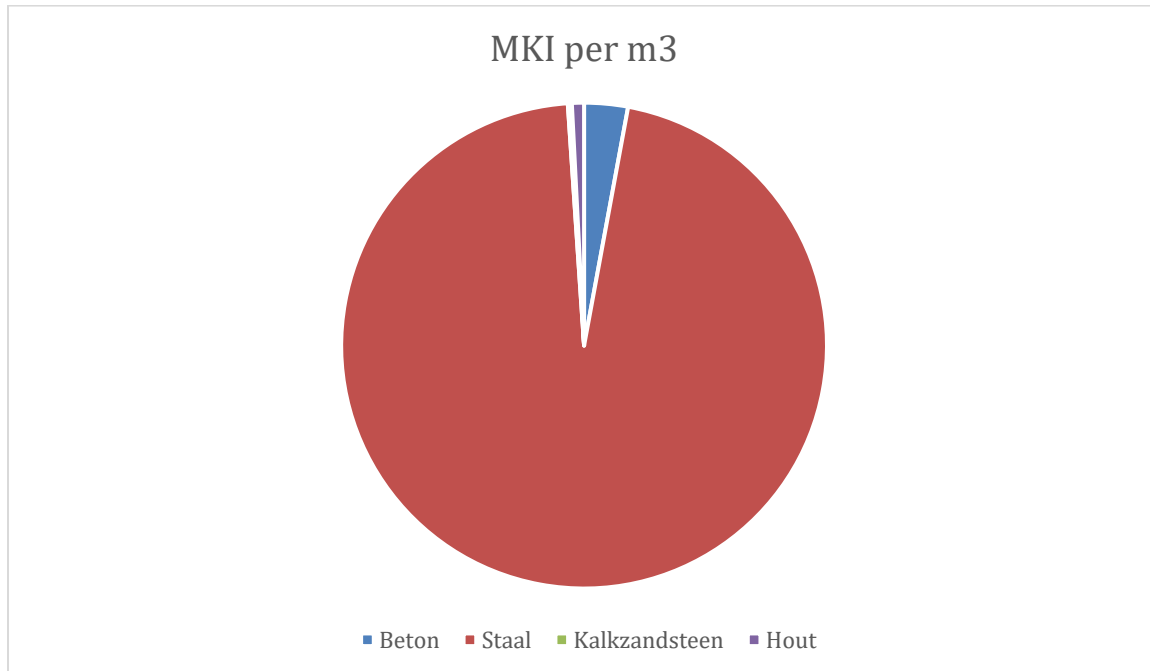
Tabel 9: Massa's gevel gebouwen (Bron: Eigen werk, 2023)

	SCIENCE CAMPUS	TU/E GEMINI	HANZEHOGESCHOOL
TOTAAL KILO GEVEL	1.653.391	520.234	1.749.837
GEVELOPPERVLAKTE	12789 m2	3410 m2	15147
KILO PER M2 GEVEL	129,28	152,56	115,2

Bijlage 5; MKI verhoudingen

MKI-verhouding per kubieke meter materiaal

Grafiek 5: MKI verhoudingen per kubieke meter materiaal (Bron: Eigen werk, 2023)



Om inzicht te krijgen in de eigenschappen en milieu-impact van materialen, is een diagram opgezet waarin de verhoudingen van MKI-scores van constructieve materialen inzichtelijk is. Hieruit blijkt dat staal enorm veel impact heeft op het milieu in vergelijking met andere materialen. Echter, met een kilo staal bereik je meer dan met een kilo beton. Het is daarom van belang voor de MPG-score om materialen in hun functie te benaderen. Bijvoorbeeld een houten vloer moet vergeleken worden met een betonnen vloer om een goede indruk te krijgen van de milieu-impact van beide materialen.

Bijlage 6; Resultaten gebouwanalyse

De onderstaande bijlagen zijn afkomstig uit het excel-bestand waarin de analyses zijn gemaakt. In dit excel-bestand staan alle verkregen gegevens en onderliggende informatie. Dit bestand zal ook bijgevoegd zijn.

Tabel 10: Resultaten gebouwanalyse

Locatie		Maastricht	Leiden	Eindhoven	Groningen
Bouwjaar		1993	2023	1974	
Gebruiksfuncties		Laboratoria	Laboratoria / Collegezalen	Laboratoria en onderwijszalen	Collegezalen en onderwijszalen
Lengte	Meter		90	110	
Breedte	Meter		136	45	
Geveloppervlakt	Meter		12789	3410	15147
Hoogte	Meter		24,5	11	12,5
Bvo-totaal	M2	9700	29.942	13.074	30700
Aantal lagen		4	7	3	4
Bouwmethode		Montagebouw	Montagebouw	Skeletbouw	Montagebouw
Fundering		Balkenfundering	Balkenfundering	Balkenfundering	Balkenfundering
Constructie		Beton en staal	Beton en staal	Beton en staal	Beton en staal
Schil		Gevelbekleding	Gevelelementen	Vliesgevel	Gevelbekleding en prefab elementen
Licht/zwaar		Licht	Licht	Licht	Licht en zwaar
Gevel		Dicht	Open	Open	Open en dicht
Spaceplan		75% Dicht - 25% open	80% Dicht - 20% open	40% Dicht - 60% Open	90% Dicht - 10% Open
MFA	spaceplan aluminium		7,98	9,08	1,43
	spaceplan baksteen			1,63	0,29
	spaceplan beton		179,95	185,62	66,02
	spaceplan gips		21,19	5,83	10,80
	spaceplan glas		8,87	12,03	6,03
	spaceplan hout		9,13	5,54	19,46
	spaceplan isolatie		0,43	2,04	0,79
	spaceplan kalkzandsteen		1,27	12,82	74,23
	spaceplan kunststof		2,66		4,43
	spaceplan metalen				35,78
	spaceplan staal		27,43		26,36
	spaceplan steen		4,00	12,60	0,24
	constructie beton	475,89	963,97	905,80	1.195,18
	constructie hout	0,25	1,12		0,12
	constructie kalkzandsteen	1,52	24,07	22,70	20,00
	constructie staal	52,96	85,35	117,19	36,46
	fundering beton	114,67	260,81	95,84	316,70
	skin aluminium		21,26	2,67	14,39
	skin baksteen				19,33
	skin beton			2,25	
	skin glas		12,50	33,95	11,16
	skin hout				5,13
	skin isolatie		4,52	0,91	3,65
	skin kunststoffen				1,33
	skin staal		16,94		2,01
	Totaal	6.259.423	49.507.805	18.676.415	57.449.982
	kg/BVO	645	1.653	1.429	1.871
MPG	Structure	10,25	10,35	10,24	10,35
	Skin		10,10	10,10	10,12
	Spaceplan		10,13	10,08	10,19
	Totaal	10,25	10,58	10,42	10,66
CO2-emissie	kg/m2(BVO)	123	410,11	329,37	372,35

Tabel 11: Resultaten inclusief materiaaleigenschappen

Scenario:			Science Campus			TU/E Gemini			Hanze Hogeschool		
Minder bouwen											
Structure:	MKI [euro/kg]	CO2 [kg CO2 eq/kg]	KG	CO2	MPG	KG	CO2	MPG	KG	CO2	MPG
Structure Beton C30/37	0,007	0,13	437,94	261,91	0,35	905,80	216,31	0,24	1195,18	303,00	0,47
Structure Beton C55/67	0,010	0,20	489,24			0,00			0,00		
Structure Hout	0,010	-1,30	1,12			0,00			0,12		
Structure Kalkzandsteen	0,004	0,14	24,07			22,70			20,00		
Structure Staal	0,070	1,12	85,35			117,19			36,46		
Fundering Beton	0,007	0,13	297,60			95,84			316,70		
Skin:											
Skin Aluminium	0,220	10,46	21,26	57,24	0,10	2,67	42,37	0,10	14,39	80,00	0,15
Skin Baksteen	0,020	0,50	0,00			0,00			19,33		
Skin Beton	0,007	0,13	0,00			2,25			0,00		
Skin Glas	0,161	1,86	12,50			33,95			11,16		
Skin Hout	0,010	-1,30	0,00			0,00			5,13		
Skin Isolatie	0,138	1,52	4,52			0,91			3,65		
Skin Kunststoffen	0,358	2,48	0,00			0,00			1,33		
Skin Staal	0,070	1,12	16,94			0,00			2,01		
Spaceplan:											
Spaceplan Aluminium	0,220	10,46	7,98	90,96	0,13	9,08	70,69	0,08	1,43	114,00	0,25
Spaceplan Baksteen	0,020	0,50	0,00			1,63			0,29		
Spaceplan Beton	0,007	0,13	179,95			185,62			66,02		
Spaceplan Gips	0,022	0,21	21,19			5,83			10,80		
Spaceplan Glas	0,161	1,86	8,87			12,03			6,03		
Spaceplan Hout	0,010	-1,30	9,13			5,54			19,46		
Spaceplan Isolatie	0,138	1,52	0,43			2,04			0,79		
Spaceplan Kalkzandsteen	0,004	0,14	1,27			12,82			74,23		
Spaceplan Kunststof	0,358	2,48	2,66			0,00			4,43		
Spaceplan Metalen	0,247	1,52	0,00			0,00			35,78		
Spaceplan Staal	0,070	1,12	27,43			0,00			26,36		
Spaceplan Steen	0,135	0,31	4,00			12,60			0,24		

Tabel 12: Resultaten inclusief materiaaleigenschappen met hergebruik

Scenario:		Science Campus				TU/E Gemini			Hanze Hogeschool		
Hergebruik											
Structure:	MKI [euro/kg]	CO2 [kg CO2 eq/kg]	KG	CO2	MPG	KG	CO2	MPG	KG	CO2	MPG
Structure Beton C30/37	0,001	0,13	437,94	261,91	0,07	905,80	216,31	0,05	1195,18	227,00	0,07
Structure Beton C55/67	0,002	0,20	489,24			0,00			0,00		
Structure Hout	0,002	-1,30	1,12			0,00			0,12		
Structure Kalkzandsteen	0,001	0,14	24,07			22,70			20,00		
Structure Staal	0,014	1,12	85,35			117,19			36,46		
Fundering Beton	0,001	0,13	297,60			95,84			316,70		
Skin:											
Skin Aluminium	0,044	10,46	21,26	57,24	0,02	2,67	42,37	0,02	14,39	59,94	0,02
Skin Baksteen	0,004	0,50	0,00			0,00			19,33		
Skin Beton	0,001	0,13	0,00			2,25			0,00		
Skin Glas	0,032	1,86	12,50			33,95			11,16		
Skin Hout	0,002	-1,30	0,00			0,00			5,13		
Skin Isolatie	0,028	1,52	4,52			0,91			3,65		
Skin Kunststoffen	0,072	2,48	0,00			0,00			1,33		
Skin Staal	0,014	1,12	16,94			0,00			2,01		
Spaceplan:											
Spaceplan Aluminium	0,044	10,46	7,98	90,96	0,03	9,08	70,69	0,02	1,43	85,41	0,04
Spaceplan Baksteen	0,004	0,50	0,00			1,63			0,29		
Spaceplan Beton	0,001	0,13	179,95			185,62			66,02		
Spaceplan Gips	0,004	0,21	21,19			5,83			10,80		
Spaceplan Glas	0,032	1,86	8,87			12,03			6,03		
Spaceplan Hout	0,002	-1,30	9,13			5,54			19,46		
Spaceplan Isolatie	0,028	1,52	0,43			2,04			0,79		
Spaceplan Kalkzandsteen	0,001	0,14	1,27			12,82			74,23		
Spaceplan Kunststof	0,072	2,48	2,66			0,00			4,43		
Spaceplan Metalen	0,049	1,52	0,00			0,00			35,78		
Spaceplan Staal	0,014	1,12	27,43			0,00			26,36		
Spaceplan Steen	0,027	0,31	4,00			12,60			0,24		

Bijlage 7; Competentiekeuzeagenda

De competentieniveaus zoals beschreven in het competentieprofiel:

1. Beroepscompetentie: **Initiëren en Sturen**
2. Beroepscompetentie: **Ontwerpen**
3. Beroepscompetentie: **Specificeren**
4. Beroepscompetentie: **Realiseren**
5. Beroepscompetentie: **Beheren**
6. Beroepscompetentie: **Monitoren, Toetsen en Evalueren**
7. Generieke competentie: **Onderzoeken**
8. Generieke competentie: **Communiceren en Samenwerken**
9. Generieke competentie: **Managen en Innoveren**

Tijdens ons onderzoek zullen competenties 2, 6, 7, 8 en 9 aan bod komen

Tabel 13: Competentiekeuzeagenda

Wie doet wat	Deelvraag/leerdoel	Competentie	Output
Daan	Wat wordt verstaan onder circulair renoveren?	C7 / C8	Literatuuronderzoek
Jan	Hoe meten we circulaire effecten?	C6 / C7 / C8	Literatuuronderzoek
Daan en Jan	Wat is de massa en milieu impact van een typisch onderwijsgebouw verdeeld over de systeemlagen?	C7 / C8	Analyse van referentieprojecten Kengetallen absolute massa's materialen Kengetallen milieu impact materialen
Daan	Hoe kan een systeemlaag beoordeeld worden op toekomstwaarde?	C7 / C8	Literatuuronderzoek
Daan en Jan	Welke methodologie kan gebruikt worden om circulaire effecten inzichtelijk te maken?	C7 / C8 / C9	Literatuuronderzoek naar methodologieën Definitieve keuze van methodologie (tool)
Jan	Hoe kan de herkomst van materialen inzichtelijk gemaakt worden?	C7 / C8	Literatuuronderzoek Voorbeelden
Daan en Jan	Hoe ziet het te ontwikkelen dashboard eruit, dat Heijmans helpt met het inzichtelijk maken van het circulair effect van circulair renoveren?	C2 / C6 / C8 / C9	Ontwikkelen en testen van een prototype tool



Koninklijke Heijmans N.V.

Graafsebaan 65

5248 Rosmalen

+31 (0) 40 250 43 00

www.heijmans.nl

Jan Bos

Daan van Rijswijck