kairos
bam interbuild
bam fm

Waardeketenanalyse Verwarmingsysteem Deleers 2024

Doc. Management

Author:	Hashmat Wahid
Approved by:	Filip Van Nuffel
State Doc.:	/
Doc. Nr:	BBE-O-HSE-FO-059-Waardeketenanalyse Verwarmingsysteem Deleers

Revisions

Rev.	Date:	Description	Rev. by:
A	16/10/2025	Opmaak waardeketenanalyse	Hashmat Wahid

kairos
bam interbuild
bam fm

1 Inhoudstabel

1 Inhoudstabel 2
2 Inleiding 3
3 Ketenanalyse Verwarmingsysteem op gas 4
4 Beschrijving van de ketenpartners 5
5 LCA berekening 7
6 Reductie mogelijkheden 13
7 Vervolgstudie 13
8 Bronnen 14

kairos
bam interbuild
bam fm

2 Inleiding

Deze ketenanalyse onderzoekt de milieu-impact van een aardgasgestookt verwarmingssysteem binnen een concreet project waarvoor Kairos de ontwikkeling op zich heeft genomen en BAM Interbuild instaat voor de uitvoering.

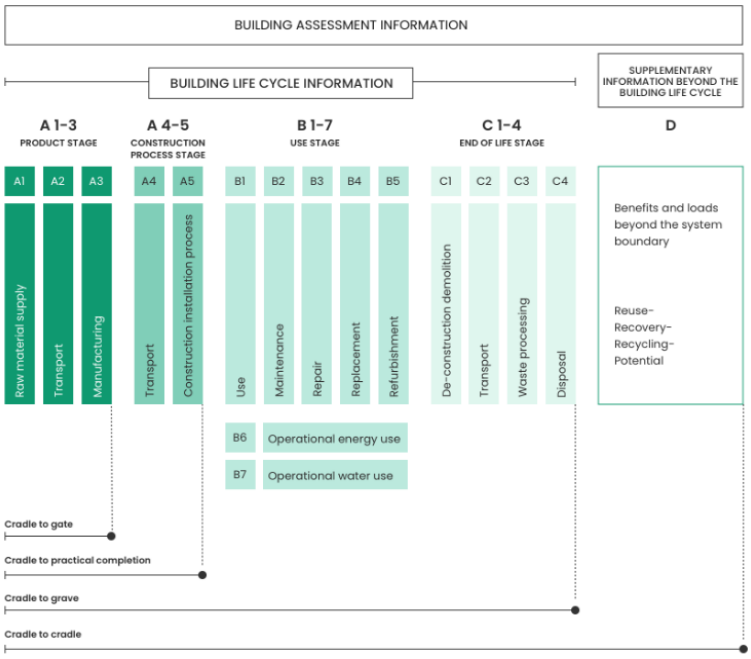
Het doel van de analyse is tweeledig:

- Enerzijds om inzicht te krijgen in de totale milieu-impact van een verwarmingssysteem op gas binnen de context van een reëel project.
- Anderzijds om de emissies die verband houden met de verschillende levenscyclusmodules (LCA) systematisch in kaart te brengen.

De scope van deze oefening beperkt zich tot het verwarmingstoestel zelf; leidingen, leidingisolatie en andere toebehoren worden niet meegenomen in de analyse.

Voor de kwantificatie van de emissies van het toestel werd samengewerkt met SPIE Belgium Geel, een vaste partner van BAM Interbuild waarmee al meerdere projecten succesvol werden uitgevoerd. SPIE leverde zowel de data als de berekeningsmethodiek aan voor de modules A1–A3 (productiefase), A4 (transport), A5 (installatie), B1–B5 (gebruiksfase) en gaf input voor C1–C4 (end-of-life).

BAM Interbuild vulde deze gegevens aan met projectspecifieke data over het operationele energieverbruik van het toestel en berekende, op basis van de input van SPIE, de emissies gelinkt aan de bouwfase (A4–A5), de verwerkingsfase (C1–C4) en de totale CO_2-uitstoot (scope 1, 2 en 3) binnen het project Deleers.



3 Ketenanalyse Verwarmingsysteem op gas

Hoewel zowel in Vlaanderen als in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest intussen een verbod geldt op het installeren van nieuwe aardgasinstallaties in nieuwbouw en gebouwen die als gelijkwaardig aan nieuwbouw worden beschouwd (met inwerkingtreding vanaf 2025), worden er vandaag de dag nog steeds gebouwen opgeleverd die wel met aardgas zijn uitgerust. Dit heeft te maken met het feit dat de bouwvergunningen voor dergelijke projecten vaak reeds voor de inwerkingtreding van het verbod werden ingediend en goedgekeurd.

Een concreet voorbeeld is het project Deleers, dat in 2025 werd opgeleverd en nog steeds een aardgasaansluiting en een volledig verwarmingssysteem op gas bevat. Dit illustreert dat de transitie naar fossielvrije verwarming in de bouwpraktijk enige tijd nodig heeft, en dat er in de komende jaren nog meerdere projecten met aardgasinstallaties in gebruik zullen worden genomen.

Om die reden is in dit onderzoek een ketenanalyse van een gastoestel uitgevoerd. Deze analyse maakt de milieu-impact van een verwarmingssysteem op gas inzichtelijk en vormt een referentie in de vergelijking met alternatieve, fossielvrije verwarmingsoplossingen.

Een duidelijke verhouding tussen de verschillende verwarmingsbrandstoffen in publieke gebouwen is niet eenvoudig terug te vinden. Publieke gebouwen, zoals scholen, administratieve gebouwen en ziekenhuizen, vormen vaak een aparte categorie die in regionale energieplannen of -balansen meestal niet in detail wordt opgesplitst. Dergelijke gegevens zijn doorgaans enkel beschikbaar via EPC-databases, regionale energie- of klimaatplannen waarin individuele gebouwen of projecten worden geanalyseerd of monitoringrapporten van specifieke gebouwen.

Om die reden wordt in deze analyse de verhouding bij huishoudens gebruikt als referentiepunt. Hoewel deze cijfers niet rechtstreeks toepasbaar zijn op publieke gebouwen, zijn ze wel relevant om het belang van aardgas in onze bebouwde omgeving te onderstrepen. Ze maken duidelijk dat, ondanks de ambitie om fossielvrij te bouwen, aardgas vandaag nog steeds de dominante brandstof is voor de verwarming van woningen en gebouwen.

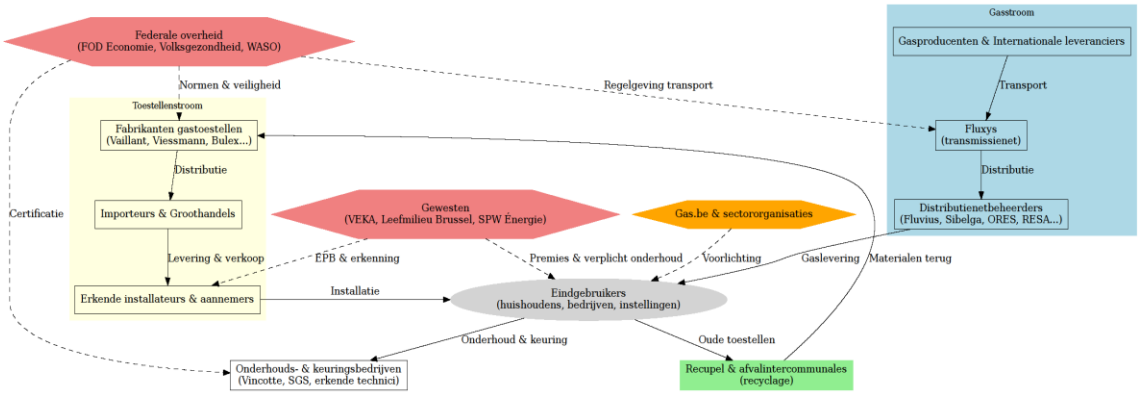
Table 3-2 Distribution of primary heating fuel (in % of households) per region

	Electricity	Natural gas	Heating oil	Other
Flanders	7.5%	71.2%	14.7%	6.6%
Brussels	6%	86%	7.5%	0.5%
Wallonia	6%	42.4%	37.5%	13.8%
Belgium	6.9%	63.7%	21.1%	8.3%

Bron: https://climat.be/doc/be-dlv2-final-report-clean-1.pdf

4 Beschrijving van de ketenpartners

In dit hoofdstuk worden de verschillende schakels in de keten beschreven, met hun rol en invloed op CO_2-emissies en duurzaamheid. Elke schakel in de keten beïnvloedt de CO_2-uitstoot, van productie en transport van gas tot gebruik en einde-levensduur van het toestel. De grootste directe impact ligt bij de brandstof (gasverbruik) en de toestelefficiëntie, maar ook beleidskeuzes, onderhoud en recyclage spelen een belangrijke rol in het verlagen van de totale klimaatimpact.



4.1 Gasproducenten & internationale leveranciers

De winning en verwerking van aardgas veroorzaken reeds upstream-emissies, o.a. door methaanlekken, compressie en transport. Methaan is een krachtig broeikasgas en draagt aanzienlijk bij tot de totale klimaatimpact van aardgas. Keuzes in bronlanden (bv. betere lekdetectie of inzet van hernieuwbare energie) beïnvloeden de uiteindelijke CO_2-voetafdruk van het geleverde gas in België.

4.2 Fluxys (transmissienetbeheerder)

Fluxys transporteert aardgas via pijpleidingen en LNG-terminals. Het gebruik van compressiestations en het onderhoud van het net leiden tot scope 1- en scope 2-emissies. Tegelijk kan Fluxys duurzaamheid stimuleren door lekverliezen te beperken en hernieuwbare gassen (biomethaan, waterstof) in te passen in het bestaande net, wat de CO_2-intensiteit van de brandstof verlaagt.

4.3 Distributienetbeheerders (Fluvius, Sibelga, ORES, RESA…)

De distributienetbeheerders leveren gas tot bij de eindgebruiker. Hun impact op emissies is beperkt maar niet onbelangrijk: netverliezen, onderhoudsverkeer en energiegebruik voor drukregelaars veroorzaken emissies. Ze spelen ook een beleidsrol door investeringen in infrastructuur die de toekomst van aardgas bepalen (afbouw of omschakeling naar groen gas).

4.4 Fabrikanten van gastoestellen

Fabrikanten bepalen met ontwerp en technologie in hoge mate de efficiëntie van het toestel. Een hoogrendementsketel of condensatieketel verbruikt minder gas en veroorzaakt minder CO_2 per geleverde warmte-eenheid dan oudere modellen. Materialenkeuze (staal, koper, elektronica) beïnvloedt de embodied carbon van het toestel. Fabrikanten kunnen daarnaast inzetten op modulariteit en recycleerbaarheid, waardoor de indirecte emissies bij einde levensduur dalen.

4.5 Importeurs & groothandels

Hun directe CO_2-impact is beperkt tot transport en opslag. Hun indirecte invloed is echter groot: zij bepalen welke toestellen en merken beschikbaar zijn op de Belgische markt, en dus of eindgebruikers toegang hebben tot de meest efficiënte, duurzame technologieën.

4.6 Erkende installateurs & aannemers

De manier van installatie beïnvloedt het rendement in de praktijk. Een slecht afgestelde of verkeerd aangesloten ketel verbruikt meer gas en stoot meer CO_2 uit. Installateurs spelen ook een adviesrol: zij kunnen gebruikers richting efficiëntere toestellen of hybride oplossingen sturen.

4.7 Onderhouds- & keuringsbedrijven

Regelmatig onderhoud zorgt ervoor dat het toestel optimaal blijft presteren en dus minder brandstof verbruikt. Slechte verbranding leidt niet alleen tot meer CO_2, maar ook tot extra uitstoot van NOx en CO. Keuringsorganisaties zorgen voor naleving van de wettelijke emissie-eisen, wat de totale uitstoot op sectorniveau verlaagt.

4.8 Eindgebruikers

De eindgebruiker bepaalt het werkelijke verbruik: de ingestelde binnentemperatuur, het gebruik van thermostaten en de mate van isolatie van de woning zijn cruciaal voor de uiteindelijke CO_2-uitstoot. Gedragskeuzes (bv. nachtverlaging, onderhoud plannen, overstappen op hybride oplossingen) hebben vaak meer impact dan de theoretische toestelrendementen.

4.9 Recupel & afvaverwerkingsbedrijven

Bij einde levensduur zorgen Recupel en afvalverwerkingsbedrijven voor inzameling en recyclage. Efficiënte recyclage vermindert de indirecte emissies doordat metalen en kunststoffen opnieuw worden ingezet, waardoor de vraag naar primaire grondstoffen (en hun CO_2-intensieve productie) afneemt.

4.10 Wetgever & sectororganisaties

- Federale overheid (FOD Economie, Volksgezondheid, WASO): bepaalt veiligheidsnormen en toelatingseisen (bv. CE-markering), en kan strengere emissie-eisen opleggen aan toestellen.
- Gewesten (VEKA, Leefmilieu Brussel, SPW Énergie): stellen verplicht onderhoud, EPB-eisen en energiepremies in, die rechtstreeks invloed hebben op de CO_2-uitstoot van gebouwen.
- Gas.be en sectororganisaties: informeren en sensibiliseren gebruikers en installateurs, en kunnen de uitrol van duurzame alternatieven versnellen.

5 LCA berekening

Een Environmental Product Declaration (EPD) geeft op een objectieve en gestandaardiseerde manier inzicht in de milieu-impact van een product. Door de groeiende vraag naar levenscyclusanalyses (LCA's) worden EPD's steeds vaker gebruikt door aannemers en ontwerpers, onder meer via integratie in LCA-software zoals Totem.

Voor veel technische installaties bestaan vandaag echter nog geen EPD's. Dat komt doordat installaties meestal complex zijn (met veel verschillende materialen en componenten), sneller evolueren qua technologie en vaak minder gestandaardiseerd zijn dan klassieke bouwmaterialen. Een verwarmingstoestel bevat bijvoorbeeld talrijke onderdelen en grondstoffen. Het zou te complex en weinig efficiënt zijn om elk element afzonderlijk door te rekenen. Daarom ligt de focus hier op een goed onderbouwde benadering die de milieu-impact zo nauwkeurig mogelijk inschat, zonder te verdwalen in onnodige detailberekeningen.

5.1 Analyse resultaten:

5.1.1 Module A1-A3: Productie

Uitrusting: 2 × Viessmann Vitocrossal 100 CIB, elk met een vermogen van 291 kW en een gewicht van 385 kg, samen goed voor een totaalgewicht van 770 kg.
De indicatieve materiaalverdeling voor beide toestellen samen bedraagt ongeveer:
~70% staal, ~15% roestvast staal, ~10% koper/elektronica en ~5% isolatie/kunststoffen

5.1.1.1 Berekeningsmethode

Spend based method:

De berekening volgens de spend-based approach verloopt als volgt:
CO_2-uitstoot = [kostprijs ketel in EUR] × 0,0137 → kg CO_2e.

CO_2-uitstoot =465.8 kg
De waarde van 0,0137 kg/€ is gebaseerd op de Scope 1–2 emissie-intensiteit van Viessmann (13,7 g/€) voor operationele activiteiten.

Component based approach: De component-based approach is opgebouwd uit de massa's van de afzonderlijke materialen van beide ketels (totaal 770 kg):

- Staal: 539 kg
- Roestvast staal: 115,5 kg
- Koper + elektronica: 77 kg
- Kunststoffen/isolatie: 38,5 kg

De berekening verloopt volgens:
Totale CO_2e = (Staal_kg × EF_staal) + (RVS_kg × EF_RVS) + (Koper_kg × EF_koper) + (Elektronica_kg × EF_elektronica) + (Kunststoffen_kg × EF_kunststoffen)

waarbij EF de emissiefactor is (kg CO_2e/kg), afkomstig uit een EN 15804-databank. De totale massa bedraagt 770 kg.

Materiaal	Typische EF (kg CO_2e / kg)	Toelichting / Bron
Staal (koolstofstaal)	1,9 – 2,1	Primaire staalproductie ≈ 2,0 kg CO_2/kg. Gerecycled staal ≈ 0,5–0,8 kg CO_2/kg, maar ketels bevatten een mix. Gemiddelde waarde: 2,0 kg CO_2/kg.
Roestvast staal	6,0 – 6,5	Meer energie-intensief (nikkel-, chroomlegeringen). Referentiewaarde: 6,15 kg CO_2/kg.
Koper	3,5 – 4,0	Primaire koperproductie ≈ 3,8 kg CO_2/kg.
Elektronica (printplaten, regelunits, sensoren)	20 – 30	Gemiddelde waarde voor elektronische componenten (PCB's, halfgeleiders, assemblage). Aangenomen: 25 kg CO_2/kg.
Kunststoffen / Isolatie (PU, EPS, PVC, …)	2,5 – 3,0	Typische waarde voor thermohardende kunststoffen en isolatiematerialen: 2,7 kg CO_2/kg.

5.1.1.2 Resultaat

De berekening van de CO_2-uitstoot is gebaseerd op de massa van de verschillende materiaalcomponenten van beide Viessmann Vitocrossal 100 CIB-toestellen samen (totaal 770 kg).

Materiaal	Massa (kg)	EF (kg CO_2e/kg)	CO_2-uitstoot (kg CO_2e)
Staal	539	2,0	1.078,0
Roestvast staal	115,5	6,15	710,3
Koper	69,3	3,8	263,3
Elektronica	7,7	25	192,5
Kunststoffen / isolatie	38,5	2,7	103,9
Totaal	**770**		**2.348,1**

De component-based analyse toont een totale uitstoot van circa 2,35 ton CO_2e voor de productie van beide ketels.
Het merendeel van deze impact komt van staal en roestvast staal. De waarde van de component-based approach wordt als meer representatief beschouwd, aangezien deze methode de reële materiaalstromen en hun specifieke emissiefactoren meeneemt. Hierdoor biedt ze een nauwkeuriger beeld van de werkelijke milieu-impact van de ketelproductie dan de generieke spend-based benadering.

5.1.2 Module A4: Transport naar werf

5.1.2.1 Berekeningsmethode

De verwarmingsketels werden geproduceerd in Allendorf, Hessen Duitsland, waar ook de hoofdvestiging van Viessmann gevestigd is. De volledige levering (2 ketels met toebehoren) gebeurde met één vrachtwagen rechtstreeks van Allendorf naar de werf in Anderlecht (Brussel). In de berekening van de transportemissies voor module A4 (Transport) wordt zowel de heenrit (geladen) als de terugrit (leeg) meegenomen. De berekening volgt de standaardmethodiek binnen de LCA-systematiek en is gebaseerd op de volgende aannames:

- Transportmiddel: dieselvrachtwagen, trekker-oplegger
- Afstand: 360 km per rit (snelwegroute Allendorf – Anderlecht)
- Gemiddeld brandstofverbruik: 33 liter/100 km
- Emissiefactor diesel: 3,256 kg CO_2e per liter
- Aantal ritten: 2 (heen en terug)

Totaal aantal gereden kilometers = 2 × 360 km = 720 km
Totaal brandstofverbruik = 720 km × (33 / 100) = 237,6 liter
Totale CO_2-uitstoot = 237,6 liter × 3,256 kg CO_2e/liter = ≈ 773,6 kg CO_2e

5.1.2.2 Resultaat

De transportfase (A4) veroorzaakt een geschatte uitstoot van ongeveer 0,77 ton CO_2-equivalenten voor het vervoer van beide verwarmingsketels van Allendorf (Eder) naar Anderlecht, inclusief de terugrit van de vrachtwagen.

5.1.3 Module A5: Installatie op werf

5.1.3.1 Berekeningsmethode

Module A5 omvat alle emissies die ontstaan tijdens de installatie op de werf. Conform de LCA-systematiek (EN 15978) worden in deze module de emissies berekend die verband houden met:

- het energieverbruik van installatiematerieel, zoals kranen, heftrucks of elektrisch gereedschap;
- het verbruik van elektriciteit voor powertools en montageactiviteiten;

Het transport van de producten naar de werf valt onder module A4, terwijl het vervoer van personeel naar de werf optioneel is en in deze berekening niet werd meegenomen.

Voor de installatie van de twee verwarmingsketels werd gewerkt volgens de standaard SPIE-methodiek, met een ploeg van vier techniekers en gebruik van een elektrische kraan.

De installatie van beide ketels duurde in totaal 2 à 3 dagen, waarbij de kraan gedurende ongeveer 7 uur actief was. Zowel de kraan als de powertools werden gevoed door groene stroom. De berekening is gebaseerd op de volgende aannames:

- Kraanvermogen: 60 kW
- Gebruiksduur kraan: 7 uur
- Verbruik powertools: 48 kWh
- Emissiefactor elektriciteit (groene stroom): 0,007 kg CO_2e/kWh

5.1.3.2 Resultaat

Kraanverbruik = 7 uur × 60 kW = 420 kWh
Kraanemissie = 420 kWh × 0,007 = 2,94 kg CO_2e
Powertools = 48 kWh × 0,007 = 0,34 kg CO_2e
Totale A5-emissie = 2,94 + 0,34 = ≈ 3,28 kg CO_2e

≈ 0,003 ton CO_2e
De installatiefase (A5) veroorzaakt een geschatte uitstoot van ongeveer 3,3 kg CO_2-equivalenten, dankzij het gebruik van een elektrische kraan op groene stroom. Hierdoor is de milieu-impact van de installatiefase verwaarloosbaar klein ten opzichte van de overige levenscyclusfasen.

5.1.4 B1-B5: Gebruiksfase

5.1.4.1 Berekeningsmethode

De gebruiksfase omvat de emissies die optreden tijdens de operationele levensduur van de verwarmingsketels. Binnen deze analyse worden enkel de emissies van de boilers zelf beschouwd; het energieverbruik door gasverbranding behoort tot een afzonderlijke berekening (operationele energie). De berekening volgt de indeling van de levenscyclusmodules B1 tot en met B5 volgens EN 15978.

De aannames zijn gebaseerd op gangbare onderhouds- en vervangingspraktijken doorgegeven door SPIE:

- Jaarlijks onderhoud is wettelijk verplicht.
- Elektronische componenten worden gemiddeld elke 10 à 15 jaar vervangen.
- De levensduur van een ketel bedraagt ongeveer 25 jaar, waardoor gedurende de beschouwde periode van 50 jaar één volledige vervanging plaatsvindt.

De berekening werd uitgevoerd op basis van de volgende parameters:

- Jaarlijkse onderhoudsemissie: 5 kg CO_2e/ketel/jaar
- Massa elektronica: 7,7 kg/ketel, met een emissiefactor van 25 kg CO_2e/kg
- Vervanging van de volledige ketels (2 × 385 kg) na 25 jaar: 2.348 kg CO_2e

5.1.4.2 Resultaat

- B2 (Onderhoud): 500 kg CO_2e
- B3 (Elektronica): 770 kg CO_2e
- B4 (Vervanging): 2.348 kg CO_2e (impact gelijk aan initiële productie ins module A1-A3)
- Totaal (B1–B5): ≈ 3.618 kg CO_2e → ≈ 3,6 ton CO_2e over 50 jaar

Over een periode van 50 jaar veroorzaken de twee verwarmingsketels samen een totale uitstoot van ongeveer 3,6 ton CO_2-equivalenten, exclusief het gasverbruik. Het grootste aandeel van deze emissies is toe te schrijven aan de vervanging van de ketels na 25 jaar, gevolgd door de periodieke vervanging van elektronische componenten en het jaarlijks onderhoud.

5.1.5 Module B6: Operationeel energieverbruik

Het operationeel energieverbruik is gebaseerd op het EPB-rapport van het project. In dit verslag is een overzicht gemaakt van de CO_2-uitstoot die wordt veroorzaakt door de verschillende technische installaties. De berekening omvat de volgende posten: verwarming, koeling, verlichting en hulpenergie. Onder hulpenergie vallen de elektriciteitsverbruik van ondersteunende systemen zoals ventilatie, pompen en andere gebouw gebonden installaties.

Verbruiken volgens gegevens technische installatie voor het project Deleers

Samenvatting	(MJ)	(kWh)	CO_2e (ton)
Primair energieverbruik verwarming (en bevochtiging als EPU/EPN)	1849690.34	513802.9	85,9
Primair energieverbruik koeling	252664.25	70184.51	/
Primair energieverbruik SWW	699404.91	194279.1	Opgenomen bij verwarming
Primair energieverbruik verlichting	2563115.9	711976.6	112,8
Primaire energiebesparing door PV	827838.37	229955.1	36,4
Primair energieverbruik hulpenergie	5590559.05	1552933	246
Primaire energiebesparing door WKK	0	0	/
Karakteristiek primair energieverbruik	10127596.08	2813221	408,2

Het totale primaire energieverbruik bedraagt ca. 10,1 miljoen MJ, tegenover een referentiewaarde van 21,2 miljoen MJ. De verdeling toont dat hulpenergie met 55% van het verbruik en 60% van de CO_2-uitstoot de grootste post is. Dit komt doordat alle ondersteunende systemen, zoals ventilatoren in luchtgroepen, circulatiepompen, liften, noodverlichting en andere technische voorzieningen vrijwel continu elektriciteit vragen. Bij een intensief gebruiksprofiel en beperkte nacht- of weekendverlaging loopt dit aandeel nog verder op.

Verlichting volgt met 25% verbruik en 28% uitstoot, terwijl verwarming (op aardgas) 18% van het verbruik maar 21% van de uitstoot vertegenwoordigt. De PV-installatie zorgt daarnaast voor een reductie van ca. 9%.

Het hogere aandeel van verwarming in de uitstoot wordt verklaard doordat dit grotendeels gebaseerd is op aardgas, dat per MJ een hogere emissiefactor heeft dan elektriciteit uit het Belgische net. Dit maakt verwarming relatief CO_2-intensiever dan de andere posten.

De berekeningen tonen aan dat de verwarming van het gebouw verantwoordelijk is voor ongeveer 86 ton CO_2-uitstoot per jaar, tegenover een totale jaarlijkse uitstoot van ca. 408 ton voor alle installaties samen. Wanneer we dit doortrekken naar een veronderstelde levensduur van 50 jaar in onderwijsfunctie, komt dit neer op een operationele uitstoot van ongeveer 4.300 ton CO_2 enkel door verwarming (Module B6 van de LCA-berekening) en in totaal meer dan 20.000 ton CO_2 voor het volledige energieverbruik van het gebouw.

Hoofdfunctie	Default
Woonfuctie	75 jaar
Kantoorfunctie	50 jaar
Onderwijsfunctie	50 jaar
Gezondheidszorgfunctie	50 jaar
Bijeenkomstfunctie	50 jaar
Celfunctie	50 jaar
Industriefunctie	50 jaar
Logiesfunctie	50 jaar
Sportfunctie	50 jaar
Winkelfunctie	50 jaar
Overige gebruiksfunctie	50 jaar

Figuur 3.1: defaultwaarden voor de gebouwlevensduur per gebruiksfunctie

Bron: https://milieudatabase.nl/media/filer_public/3f/9f/3f9fda15-0e5a-4fce-ac45-e3e1426f3357/we-30015-onderzoekrapport-richtlijn-specifieke-gebouwlevensduur-11-11-2021.pdf

5.1.6 C1-C4 end-of-life

5.1.6.1 Berekeningsmethode

De end-of-life-fase (C1–C4) omvat alle emissies die optreden bij de demontering, verwerking en verwijdering van de verwarmingsketels aan het einde van hun levensduur. De berekening houdt rekening met de hoge recyclagegraad van cv-ketels: volgens (https://recyclejecvketel.nl) kan meer dan 95% van het materiaal gerecycleerd, voornamelijk dankzij het hoge aandeel metalen. De resterende 5% wordt verondersteld te worden gestort.

De berekening volgt de standaard LCA-structuur voor C1–C4 en houdt enkel rekening met de procesemissies van de afvalverwerking (recyclage en storten). Er werden geen materiaalcredits (*avoided burdens*) toegekend voor het terugwinnen van gerecycleerde grondstoffen.

De berekening werd uitgevoerd op basis van de volgende aannames:

- Totaalmassa: 770 kg (2 ketels)
- Recyclagegraad: 95%
- Stortingsaandeel: 5%
- Emissiefactoren (ton CO_2e/ton materiaal) – bron: *U.S. EPA GHG Emission Factors Hub*
  - Staal, roestvast staal, koper: 0,254 (recyclage) / 0,022 (storten)
  - Elektronica: 0,022 (recyclage en storten)
  - Kunststoffen/isolatie: 0,243 (recyclage) / 0,022 (storten)

De totale emissies werden berekend met de formule:

$$CO_2\ (kg) = Massa\ (kg) \times [0{,}95 \times EF_recyclage + 0{,}05 \times EF_storten]$$

.

Materiaal	**Massa (kg)**	**Recyclage EF (ton CO_2e/ton materiaal)**	**Storten EF (ton CO_2e/ton materiaal**	**CO_2-uitstoot (kg CO_2e)**
Staal	539	0.254	0.022	130.7
Roestvast staal	115,5	0.254	0.022	28
Koper	69,3	0.254	0.022	16.8
Elektronica	7,7	0.022	0.022	0.2
Kunststoffen / isolatie	38,5	0.243	0.022	8.9
Totaal	**770**			184.6

5.1.6.2 Resultaat

De end-of-life-fase (C1–C4) veroorzaakt een geschatte uitstoot van ongeveer 185 kg CO_2-equivalenten, of 0,19 ton CO_2e voor beide verwarmingsketels samen. Dankzij de hoge recyclagegraad (>95%) is de milieu-impact van deze fase zeer beperkt in vergelijking met de productie- en gebruiksfase.

kairos
bam interbuild
bam fm

Samenvatting

In onderstaand tabel wordt een overzicht gegeven van de CO_2 uitstoot in de keten. De totale klimaatimpact van het verwarmingssysteem over een periode van 50 jaar bedraagt ongeveer 4.307 ton CO_2-equivalenten, waarvan meer dan 99% toe te schrijven is aan het operationele energieverbruik tijdens de gebruiksfase (B6).

Wanneer het energieverbruik buiten beschouwing wordt gelaten, bedraagt de totale impact van de ketels zelf ongeveer 6,9 ton CO_2e. Binnen deze niet-operationele emissies zijn de productiefase (A1–A3) en de onderhouds- en vervangingsfase (B3–B4) de belangrijkste bijdragers, samen goed voor meer dan 85% van de totale keten gerelateerde emissies.

De transportfase (A4), installatiefase (A5) en end-of-life (C1–C4) hebben slechts een marginale invloed (<15% van de niet-operationele emissies).
Dit bevestigt dat de operationele efficiëntie en energiebron van het verwarmingssysteem de bepalende factor zijn voor de totale milieu-impact, terwijl de materiaal- en installatiefasen slechts een beperkte rol spelen

LCA-module	Fase	Ton Co2 /installatie Deleers	Aandeel (%)	Aandeel (%) - zonder B6
A1	Grondstoffenproductie	2,35	0.055	33.99
A2	Transport grondstoffen			
A3	Productie			
A4	Transport naar werf	0,77	0.018	11.14
A5	Installatie op werf	0,003	0.00007	0.04
B1	Gebruiksfase	3,6	0.084	52.08
B2	Onderhoud			
B3	Herstellingen			
B4	Vervangingen			
B5	Vernieuwingen			
B6	Operationeel energieverbruik	4300	99.84	/
B7	Operationeel waterverbruik	/	/	/
C1	Sloop / Afbraak	0.19	0.0044	2.75
C2	Transport naar verwerker			
C3	Verwerking fracties			
C4	Afvalverwerking			
Totaal			4306.913 ton	6.913 ton

6 Reductie mogelijkheden

De analyse toont duidelijk aan dat de grootste hefboom voor emissiereductie zich bevindt in module B6 (het operationele energieverbruik). De uitstoot die voortkomt uit het gebruik van aardgas tijdens de gebruiksfase overstijgt ruimschoots de impact van alle andere levenscyclusmodules samen. Toch zijn er ook binnen de andere modules diverse mogelijkheden om de milieu-impact van een verwarmingssysteem te verkleinen. De reductie van emissies kan op drie niveaus worden bekeken: materiaalkeuze en productie, installatie en logistiek, en gebruik en einde-levensduur.

1) Materiaal- en productiefase (A1–A3)

- Gebruik van gerecycleerde grondstoffen: het verhogen van het aandeel gerecycleerd staal, koper en aluminium kan de CO_2-voetafdruk van de ketel aanzienlijk verlagen, aangezien deze materialen de grootste bijdrage leveren aan de embodied carbon.
- Optimalisatie van ontwerp en constructie: door overdimensionering van metalen componenten te vermijden en de interne constructie te vereenvoudigen, kan de materiaalbehoefte dalen zonder prestatieverlies.
- Duurzamere productieprocessen: de overstap van producenten naar groene elektriciteit in hun productieprocessen vermindert de indirecte emissies in de keten.
- Innovatieve coatings en isolatiematerialen: de vervanging van fossielgebaseerde kunststoffen en coatings door biogebaseerde alternatieven of materialen met een lagere CO_2-intensiteit draagt verder bij tot emissiereductie.

2) Transport- en installatiefase (A4–A5)

- Fossielvrij transport: leveringen kunnen gebeuren met elektrische vrachtwagens of vrachtwagens op biobrandstof, zeker over korte afstanden.
- Efficiënt transport en logistiek: een optimalisatie van ritten (laden van meerdere toestellen per rit, samenwerking tussen leveranciers) vermindert het aantal transportkilometers.
- Installatie met hernieuwbare energie: het gebruik van elektrisch materieel (kranen, heftrucks) aangedreven door groene stroom, zoals in dit project al is toegepast, kan verder worden opgeschaald als standaardpraktijk.

3) Gebruiks- en einde-levensduurfase (B1–B5, C1–C4)

- Verbeterd onderhoud en afstelling: goed onderhoud zorgt niet alleen voor een langere levensduur van het toestel, maar ook voor een lager gasverbruik en dus minder emissies.
- Monitoring van prestaties: door continue monitoring kunnen inefficiënties sneller worden opgespoord, wat het reëel energieverbruik verlaagt.
- Hoogwaardige recyclage en hergebruik van componenten: het verder verhogen van de terugwinning van metalen, elektronica en kunststoffen voorkomt dat waardevolle materialen verloren gaan en vermindert de vraag naar primaire grondstoffen.
- Ontwerp voor demontage: toekomstige toestellen kunnen zo ontworpen worden dat onderdelen eenvoudig kunnen worden vervangen of hergebruikt, waardoor de impact bij einde levensduur sterk daalt.

Hoewel de impact van deze verbeteringen relatief klein blijft vergeleken met die van het operationele energieverbruik, dragen ze gezamenlijk bij aan een structurele verduurzaming van de volledige waardeketen.

7 Vervolgstudie

Een logische vervolgstap is het uitvoeren van een vergelijkende levenscyclusanalyse tussen de huidige aardgasinstallatie en een alternatief fossielvrij verwarmingssysteem, zoals een lucht-waterwarmtepomp of een hybride warmtepompoplossing.

Zo'n vergelijking kan worden opgezet op twee niveaus:

- Met inbegrip van module B6 (operationeel energieverbruik): om de totale milieu-impact over de volledige levensduur te beoordelen.
- Zonder module B6: om enkel de product- en materiaalgerelateerde emissies van beide systemen te vergelijken (relevant bij projecten met lage gebruiksintensiteit of bij toekomstige elektrificatie).

De resultaten zouden inzicht geven in de verhouding tussen embodied carbon (productie, transport, installatie, onderhoud) en operationele emissies.

8 Bronnen

- Technische fiche Vitocrossal 100, type CIB - 291kW
- Viessman Sustainability report now - 2023
- https://milieudatabase.nl/media/filer_public/3f/9f/3f9fda15-0e5a-4fce-ac45-e3e1426f3357/we-30015-onderzoekrapport-richtlijn-specifieke-gebouwlevensduur-11-11-2021.pdf
- Support to the Preparation of the Social Climate Plan – Deliverable 2 Report
- EN 15804 database
- https://recyclejecvketel.nl