

LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase

Element 56.24 – Warmteopwekking; bijzonder- warmtepompen

Datum rapportage:	23 januari 2024
Versie rapportage:	1.1
Opdrachtgever:	Stichting Nationale Milieudatabase
Opdrachtnemer(s):	LBP SIGHT
Auteur(s):	Benthe Vermaas LBP SIGHT Hilko van der Leij LBP SIGHT Jeannette Levels-Vermeer LBP SIGHT
Peer reviewer(s):	Gert-Jan Vroege, Eco Intelligence



(Deel)producten / Productkaarten onderdeel LCA-rapportage
Lucht-water warmtepomp, split unit, R-134a, stuks (3-162 kW _t)
Lucht-water warmtepomp, monoblock, R-134a, stuks (3-162 kW _t)
Lucht-water warmtepomp, monoblock, propaan, stuks (3-162 kW _t)
Bodem-water warmtepomp, stuks (3-162 kW _t)
Water-water warmtepomp, stuks (3-162 kW _t)

Wijzigingenregister

Versie rapport	Datum	Opsteller	Peer Reviewer	Gewijzigde productkaarten	Toelichting
1.1	23-1-2024	<i>hvl</i>	-	-	Tekstuele wijzigingen nav TIC opmerkingen

Toelichting: Wanneer er verschillende versies zijn gehanteerd voor de (deel)producten / productkaarten in het rapport (bijv. als er (deel)producten / productkaarten op een later moment zijn toegevoegd), dient dit hier duidelijk te zijn aangegeven welke (deel)producten / productkaarten zijn opgesteld met de desbetreffende versie van het rapport

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	4
1. Inleiding	5
Doelstelling en doelgroep	6
Verantwoording	6
Leeswijzer	6
Methode	7
Aanpak	7
Scope	7
Productbeschrijving	7
Systeemgrenzen	8
Levenscyclusinventarisatie (LCI)	9
Dataverzameling	9
Specificatie en decompositie deelproducten in materialen en processen	9
3.2.1 Deelproduct warmtepomp, stuks, lucht-water/bodem-water/water-water	10
Informatie productkaarten	10
Omschrijving productvarianten	12
Toelichting levensfasen.....	14
Nieuwe verwerking-scenario's einde leven.....	17
Decompositietabellen.....	22
Resultaten	46
Berekening milieuprofiel	46
Gekarakteriseerde resultaten en gewogen resultaat	46
Duiding van de resultaten (Zwaartepuntanalyse)	48
Lucht-water warmtepomp, split unit, koelvloeistof R-134a, 10 kW _t , levensduur 15 jaar.....	48
Lucht-water warmtepomp, monoblock, koelvloeistof R-134a, 10 kW _t , levensduur 15 jaar	50
Lucht-water warmtepomp, monoblock, koelvloeistof propaan, 10 kW _t , levensduur 15 jaar	51
Bodem-water warmtepomp, 10 kW _t , levensduur 50 jaar	52
Water-water warmtepomp, 10 kW _t , levensduur 50 jaar	54
Vergelijking productvarianten, 10 kW _t	56
Gevoeligheidsanalyse	57
Referenties	58
Bijlagen	60
Bijlage I: Gekarakteriseerde resultaten en gewogen resultaat per module per deelproduct	60
Bijlage II: Schalingformules	67
Bijlage III: Nieuw verwerking-scenario einde leven van elektronica	68
Bijlage IV: Lijst – Processen die moeten worden toegevoegd aan de Nationale MilieuDatabase.....	73

1. Inleiding

Deze LCA¹-rapportage beschrijft de uitgangspunten en resultaten voor de categorie 3 data in B&U Element 56.24 – Warmte opwekking; bijzonder, specifiek voor warmtepompen in de Nationale Milieudatabase².

De B&U-data in de Nationale Milieudatabase (NMD) wordt gebruikt voor het berekenen van de materiaal gebonden milieuprestatie van bouwwerken (MPG-berekening). De milieuprestatie wordt berekend door middel van de bepalingen in de ‘Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken’³. Met rekeninstrumenten zoals GPR Materiaal⁴ kan met behulp van de Nationale Milieudatabase de MPG-berekening voor een bouwwerk berekend worden.

De milieuprestatieberekening is een objectief hulpmiddel in het ontwerpproces. Daarnaast kan de berekening gebruikt worden in een Programma van Eisen om het resultaat van een ontwerpproces vast te leggen.

Stichting NMD wil regelmatig de categorie 3 data in de Nationale Milieudatabase actualiseren en verbeteren. Hierop kan iedereen inspraak geven. In de paragraaf “Verantwoording” wordt toegelicht hoe verbeterpunten voor de categorie 3 data bij Stichting NMD kunnen worden aangedragen.

Categorie 3 data wordt automatisch geactualiseerd als Stichting NMD de NMD-basisprocessendatabase actualiseert, bijvoorbeeld als gevolg van een update van de Ecoinvent database of wijzigingen in verwerking-scenario’s einde leven. Dit kan betekenen dat de waarden die in deze rapportage zijn beschreven, zullen verouderen. In dit rapport staat beschreven welke versies van de NMD-Basisprocessendatabase en van de Bepalingsmethode zijn gebruikt voor het opstellen van de data en deze rapportage. De meest actuele categorie 3 data kan altijd ingezien worden in de gevalideerde rekeninstrumenten, zoals GPR Materiaal.

¹ LCA = Levenscyclusanalyse. Meer informatie, zie bijvoorbeeld <https://www.rivm.nl/life-cycle-assessment-lca/wat-is-lca>

² Meer informatie over de Nationale Milieudatabase: <https://milieudatabase.nl/>

³ Meer informatie over de Bepalingsmethode: <https://milieudatabase.nl/milieuprestatie/bepalingsmethode/>

⁴ Meer informatie over DuboCalc: <https://www.dubocalc.nl/>

Doelstelling en doelgroep

In deze studie zijn milieuprofielen opgesteld van warmtepompen in element NL SfB 56.24 van de functionele beschrijvingen B&U. Het doel van de studie is het aanvullen en verbeteren van de categorie 3 productkaarten in de Nationale Milieudatabase (NMD).

De onderhavige rapportage heeft tot doel om de gemaakte keuzes in materialen en milieudata te documenteren als verantwoording. De rapportage zal met de ingevoerde productkaarten worden aangeboden aan de NMD. Tevens zullen de resultaten via de rekeninstrumenten en de website beschikbaar worden gemaakt voor de sector.

De studie is opgesteld voor de volgende doelgroepen:

- Stichting NMD als beheerder van de NMD.
- Opdrachtgevers in de B&U-sector als basis voor referentieontwerpen, verkennende (ontwerp)studies en voor gebruik in aanbestedingen.
- Marktpartijen zoals ingenieurs- en adviesbureaus en aannemers actief in de B&U-sector als informatiebron voor het gebruik van de NMD-data via rekeninstrumenten.
- Opstellers van LCA's om inzicht te krijgen in de uitgangspunten van de categorie 3 data.

Verantwoording

De LCA is uitgevoerd conform de eisen en richtlijnen uit het "Protocol Opstellen en Peer Reviewen categorie 3 productkaarten GWW", aangezien er nog geen Protocol Opstellen en Peer reviewen beschikbaar is voor de B&U. Dit protocol is in lijn met de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken. De Bepalingsmethode is gebaseerd op de laatste versies van de *ISO 14040 - ISO14044* en de *NEN-EN 15804-A2*⁵. Bij het uitvoeren is gebruik gemaakt van de databronnen conform Tabel 1.

De LCA is, in opdracht van Stichting Nationale Milieudatabase, uitgevoerd door LBP|SIGHT. De gegevensverzameling heeft plaatsgevonden in de periode november 2022 tot februari 2023, waarna aansluitende de berekeningen zijn uitgevoerd en het LCA-dossier is opgesteld.

Het LCA-dossier dat in het kader van deze studie is opgesteld, is niet volledig getoetst conform het toetsingsprotocol door een erkend LCA deskundige. Echter de studie is wel intern getoetst door Eco Intelligence met behulp van de "peer review" conform "Protocol Opstellen en Peer Reviewen categorie 3 productkaarten GWW", aangezien er nog geen Protocol Opstellen en Peer reviewen beschikbaar is voor de B&U. In deze crosscheck is gekeken naar o.a. de uitgangspunten van productsamenstelling en materiaalgebruik op basis van ontwerp- en praktijkkennis. Ook is de rekenwijze gecontroleerd.

De productkaarten, zoals deze op basis van deze studie zijn ingevoerd, zijn in beheer bij Stichting NMD. De studie is zorgvuldig uitgevoerd. Indien echter een derde van mening is dat de ingevoerde productkaarten en/of de onderhavige rapportage fouten bevatten, dan kan er een verzoek tot rectificatie worden ingediend bij Stichting NMD. Deze zal een dergelijk verzoek conform haar procedures afwikkelen. Hiervoor kan een e-mail gestuurd worden aan info@milieudatabase.nl.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de methode voor de LCA beschreven. Hierin zijn onder andere de scope, systeemgrenzen en de functionele eenheid vastgelegd.

In hoofdstuk 3 staat de levenscyclusinventarisatie. De productbeschrijving, productsamenstelling en de inventarisatie van de levenscyclusanalyse komen hierin aan bod.

In hoofdstuk 4 zijn de resultaten en de zwaartepuntanalyse beschreven.

⁵ Alleen het optellen van milieu-impactscores tot een totaalscore (de MKI, zie hoofdstuk 4.6) valt buiten de ISO14044.

2. Methode

Aanpak

Dit rapport beschrijft specifiek de warmtepompen, als (deel)producten binnen dit B&U-hoofdstuk, welke als een productkaart in de NMD staan.

Voor alle deelproducten geldt dat de voorgrond- en achtergronddata is geïnventariseerd conform eisen en richtlijnen uit het "Protocol Opstellen en Peer Reviewen categorie 3 productkaarten B&U", waarbij alle componenten en bijbehorende onderbouwingen beschreven zijn.

Scope

De studie is gericht op hoofdstuk 56.24, warmteopwekking; bijzonder van de functionele beschrijvingen B&U, waarbij de volgende onderdelen zijn meegenomen in de productkaarten:

- Bijzondere opwekkingsinstallaties;
- Regelorganen in het te regelen medium (meelifter);
- Geïntegreerde regelingen (meelifter);
- Ophangconstructies (meelifter).

Productbeschrijving

56.24, warmteopwekking, bijzonder;

Functionele eenheid van de warmteopwekking, bijzonder; Bijzonder of alternatief opwekken en omzetten van warmte, in kW.

De warmtepompen in deze studie zijn schaalbaar, zie ook de toelichting in bijlage II. De referentiewaarde is 10kW(thermisch).

In de onderstaande tabel zijn de verschillende deelproducten opgenomen met daarbij de gebruikte versie van de Bepalingsmethode, NMD en Ecoinvent.

Tabel 1: Deelproducten.

56.24, warmteopwekking, bijzonder						
Deelproducten	Eenheid	Versie Bepalingsmethode	NMD versie	Ecoinvent versie	Rekenmethode	Software incl. versie
Lucht-water warmtepomp, split unit, R-134a, stuks (3-162 kW _t)	stuks van (3-162 kW _t)	1.1	3.6	3.6	3.4 – september 2021	SimaPro 9.3.0.3
Lucht-water warmtepomp, monoblock, R-134a, stuks (3-162 kW _t)	stuks van (3-162 kW _t)	1.1	3.6	3.6	3.4 – september 2021	SimaPro 9.3.0.3
Lucht-water warmtepomp, monoblock, propaan, stuks (3-162 kW _t)	stuks van (3-162 kW _t)	1.1	3.6	3.6	3.4 – september 2021	SimaPro 9.3.0.3
Bodem-water warmtepomp, stuks (3-162 kW _t)	stuks van (3-162 kW _t)	1.1	3.6	3.6	3.4 – september 2021	SimaPro 9.3.0.3

Water-water warmtepomp, stuks (3-162 kW _i)	stuks van (3-162 kW _i)	1.1	3.6	3.6	3.4 – september 2021	SimaPro 9.3.0.3
--	------------------------------------	-----	-----	-----	----------------------	-----------------

Systemegrenzen

De processen die binnen de LCA worden bekeken zijn afgebakend met zogenaamde systeemgrenzen. De systeemgrenzen bepalen welke fasen en processen van de levenscyclus worden meegenomen in de LCA. In Tabel 2, volgend uit de *EN 15804* en de *Bepalingsmethode*, staat vastgelegd welke informatie er per levenscyclusfase beschouwd moet worden. In deze LCA is de milieu-impact over de gehele levenscyclus meegenomen, waarbij in Tabel 2 tevens de productkaarten zijn opgenomen die afwijkende systeemgrenzen hebben.

Tabel 2: Systeemgrenzen (X: Module meegenomen in LCA-studie, ND: niet gedeclareerd)

	Productiefase			Bouwfase		Gebruiksfase					Sloop- en verwerkingsfase				Volgende productiesysteem
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
	Winning	Transport	Productie	Transport	Bouw- en installatie	Gebruik	Onderhoud	Reparatie	Vervangen	Verbouwen	Sloop	Transport	Afvalverwerking	Finale afvalverwerk	Mogelijkheden voor hergebruik, terugwin
Lucht-water warmtepomp split unit R-134a	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lucht-water warmtepomp monoblock R-134a	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lucht-water warmtepomp monoblock propaan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Water-water warmtepomp	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Bodem-water warmtepomp	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

In de gebruikte achtergrondprocessen zijn ten minste de volgende ingrepen meegenomen in de analyse:

- emissies naar de lucht bij het gebruik van thermische energie van CO₂, CO, NO_x (N₂), SO₂, C_xH_x en fijnstof (PM10 deeltjes < 10µm);
- emissies naar water van CVZ, BZV, P-totaal, N-totaal en vaste stoffen (PM10: deeltjes < 10µm);
- emissies naar bodem van PAK en zware metalen.

3. Levenscyclusinventarisatie (LCI)

In dit hoofdstuk worden de productbeschrijving, productsamenstelling en de decompositie besproken van de onderdelen, zoals beschreven in de scope van hoofdstuk 2.

Dataverzameling

Voor het bepalen van de productsamenstelling, het materiaalgebruik en de bijbehorende processen, is gebruik gemaakt van generieke / gemiddelde producten en processen, welke representatief zijn voor het (deel)product inclusief onderbouwing. Per (deel)product zijn per module de uitgangspunten en bronnen beschreven en gebaseerd op:

- Forfaitaire achtergrondprocessen, transportafstanden en scenario's conform de NMD Bepalingsmethode;
- Deskresearch, minimaal 2 verschillende gedocumenteerde en vastgelegde bronnen, indien beschikbaar;
- Expert judgement: praktijkinformatie (B&U-kennis) vanuit een ingenieursbureau, aannemer, opdrachtgever en/of producent met daarbij een korte onderbouwing van de achtergrond van de expert. Minimaal 2 verschillende bronnen indien beschikbaar;
- Vergelijkbare categorie 3 productkaarten in vergelijkbare toepassingen.

Voor het berekenen van de levenscyclusanalyse zijn gegevens verzameld van de verschillende productieprocessen die binnen de systeemgrenzen van deze LCA-studie vallen. Hierbij is in de uitwerking aandacht besteed aan de *precisie, compleetheid, representativiteit, consistentie en reproduceerbaarheid* van de gegevens conform eisen en richtlijnen uit het "Protocol Opstellen en Peer Reviewen categorie 3 productkaarten GWW" (momenteel ook voor B&U).

Vanuit de NMD processendatabase geeft de Bepalingsmethode ook forfaitaire waarden voor de meest belangrijke achtergrondprocessen waarmee gerekend moet worden.

Specificatie en decompositie deelproducten in materialen en processen

Voor de beschouwde deelproducten zijn de input- en output stromen per levensfase/module geïventariseerd. De gehanteerde decompositie is opgenomen aan het einde van dit hoofdstuk, waarbij is beschreven welke uitgangspunten hiertoe zijn gehanteerd. In Tabel 7 t/m Tabel 11 wordt per deelproduct aangegeven welke materialen, processen en referenties gehanteerd zijn. De schaling die is toegepast op de deelproducten, is in Bijlage II opgenomen en onderbouwd.

Er wordt ook voorgesteld om een aantal nieuwe processen aan de NMD-basisprocessendatabase toe te voegen, deze zijn weergegeven in bijlage IV.

Deelproduct warmtepomp, stuks, lucht-water/bodem-water/water-water

In dit deelhoofdstuk zijn de deelproducten *lucht-water (3 varianten)*, *bodem-water* en *water-water warmtepompen* toegelicht. Allereerst worden de productkaarten en productvarianten omschreven. Daarna volgt een toelichting van de uitgangspunten en referenties per levensfase. Vervolgens zijn nieuwe verwerking-scenario's einde leven uitgewerkt. Ten slotte is een compleet overzicht van de processen en hoeveelheden weergegeven in de decompositietabellen (Tabel 7 t/m Tabel 11).

Informatie productkaarten

Lucht-water warmtepomp, split unit, R-134a, stuks (3-162 kW_t)

- Korte omschrijving: Warmtepomp, 3-162 kW_t, split unit lucht-water warmtepomp met koelvloeistof R-134a, inclusief aansluiting warmtebron (buiten-unit), alleen voor ruimteverwarming. De warmtepomp heeft een gemiddelde COP van 3,5; bij deze COP ligt het opgenomen elektrisch vermogen in het bereik 0,9-46,3 kW_e.
- Toepassing in het bouwwerk: Bijzonder of alternatief opwekken en omzetten van warmte.
- (Functionele) Eenheid: Stuks, schaalbaar in kW_t.
- Levensduur (jaar): 15 jaar.
- Schaling:
 - Het deelproduct wordt als een schaalbaar product ingevoerd, met als variabele het thermisch vermogen (kW_t).
 - De minimum- en maximumwaarde zijn respectievelijk 3 kW en 162 kW, de standaardwaarde is 10 kW.
 - De schaling is van toepassing op het gehele product, behalve de elektronische componenten.
- Gewicht van product bij referentievermogen: 242 kg bij een vermogen van 10 kW_t, inclusief koelmiddel.
- Dichtheden (kg/m³): n.v.t.
- Lengte (m): n.v.t.
- Breedte (m): n.v.t.
- Hoogte (m): n.v.t.
- Diameter (m): n.v.t.
- Wanddikte (m): n.v.t.

Lucht-water warmtepomp, monoblock, R-134a, stuks (3-162 kW_t)

- Korte omschrijving: Warmtepomp, 3-162 kW_t, monoblock lucht-water warmtepomp met koelvloeistof R-134a, inclusief aansluiting warmtebron, alleen voor ruimteverwarming. De warmtepomp heeft een gemiddelde COP van 3,5; bij deze COP ligt het opgenomen elektrisch vermogen in het bereik 0,9-46,3 kW_e.
- Toepassing in het bouwwerk: Bijzonder of alternatief opwekken en omzetten van warmte.
- (Functionele) Eenheid: Stuks, schaalbaar in kW_t.
- Levensduur (jaar): 15 jaar.
- Schaling:
 - Het deelproduct wordt als een schaalbaar product ingevoerd, met als variabele het thermisch vermogen (kW_t).
 - De minimum- en maximumwaarde zijn respectievelijk 3 kW en 162 kW, de standaardwaarde is 10 kW.
 - De schaling is van toepassing op het gehele product, behalve de elektronische componenten.
- Gewicht van product bij referentievermogen: 242 kg bij een vermogen van 10 kW_t, inclusief koelmiddel.
- Dichtheden (kg/m³): n.v.t.

- Lengte (m) : n.v.t.
- Breedte (m) : n.v.t.
- Hoogte (m) : n.v.t.
- Diameter (m): n.v.t.
- Wanddikte (m): n.v.t.

Lucht-water warmtepomp, monoblock, propaan, stuks (3-162 kWt)

- Korte omschrijving: Warmtepomp, 3-162 kW_t, monoblock lucht-water warmtepomp met koelvloeistof propaan, inclusief aansluiting warmtebron, alleen voor ruimteverwarming. De warmtepomp heeft een gemiddelde COP van 3,5; bij deze COP ligt het opgenomen elektrisch vermogen in het bereik 0,9-46,3 kW_e.
- Toepassing in het bouwwerk: Bijzonder of alternatief opwekken en omzetten van warmte.
- (Functionele) Eenheid: Stuks, schaalbaar in kW_t.
- Levensduur (jaar): 15 jaar.
- Schaling:
 - Het deelproduct wordt als een schaalbaar product ingevoerd, met als variabele het thermisch vermogen (kW_t).
 - De minimum- en maximumwaarde zijn respectievelijk 3 kW en 162 kW, de standaardwaarde is 10 kW.
 - De schaling is van toepassing op het gehele product, behalve de elektronische componenten.
- Gewicht van product bij referentievermogen: 242 kg bij een vermogen van 10 kW_t, inclusief koelmiddel.
- Dichtheden (kg/m³) : n.v.t.
- Lengte (m) : n.v.t.
- Breedte (m) : n.v.t.
- Hoogte (m) : n.v.t.
- Diameter (m): n.v.t.
- Wanddikte (m): n.v.t.

Bodem-water warmtepomp, stuks (3-162 kWt)

- Korte omschrijving: Warmtepomp, 3-162 kW_t, bodem-water warmtepomp, inclusief aansluiting warmtebron, voor ruimteverwarming en met mogelijkheid voor passieve koeling. De warmtepomp heeft een gemiddelde COP van 4,2; bij deze COP ligt het opgenomen elektrisch vermogen in het bereik 0,7-38,6 kW_e.
- Toepassing in het bouwwerk: Bijzonder of alternatief opwekken en omzetten van warmte.
- (Functionele) Eenheid: Stuks, schaalbaar in kW_t.
- Levensduur (jaar): 15 jaar voor warmtepompunit en 50 jaar voor de warmtebron. De productkaart heeft een levensduur van 50 jaar.
- Schaling:
 - Het deelproduct wordt als een schaalbaar product ingevoerd, met als variabele het thermisch vermogen (kW_t).
 - De minimum- en maximumwaarde zijn respectievelijk 3 kW en 162 kW, de standaardwaarde is 10 kW.
 - De schaling is van toepassing op het gehele product, behalve de elektronische componenten.
- Gewicht van product bij referentievermogen: Bij een vermogen van 10 kW_t bedraagt het gewicht van de warmtepompunit 168 kg en de warmtebron 432 kg, inclusief koelmiddelen.
- Dichtheden (kg/m³) : n.v.t.
- Lengte (m) : n.v.t.

- Breedte (m) : n.v.t.
- Hoogte (m) : n.v.t.
- Diameter (m): n.v.t.
- Wanddikte (m): n.v.t.

Water-water warmtepomp, stuks (3-162 kW_t)

- Korte omschrijving: Warmtepomp, 3-162 kW_t water-water warmtepomp, inclusief aansluiting warmtebron, voor ruimteverwarming en met mogelijkheid voor passieve koeling. De warmtepomp heeft een gemiddelde COP van 5,4; bij deze COP ligt het opgenomen elektrisch vermogen in het bereik 0,6-30,0 kW_e.
- Toepassing in het bouwwerk: Bijzonder of alternatief opwekken en omzetten van warmte.
- (Functionele) Eenheid: Stuks, schaalbaar in kW_t.
- Levensduur (jaar): 15 jaar voor warmtepompunit en 50 jaar voor de warmtebron. De productkaart heeft een levensduur van 50 jaar.
- Schaling:
 - Het deelproduct wordt als een schaalbaar product ingevoerd, met als variabele het thermisch vermogen (kW_t).
 - De minimum- en maximumwaarde zijn respectievelijk 3 kW en 162 kW, de standaardwaarde is 10 kW.
 - De schaling is van toepassing op het gehele product, behalve de elektronische componenten.
- Gewicht van product bij referentievermogen: Bij een vermogen van 10 kW_t bedraagt het gewicht van de warmtepompunit 144 kg en de warmtebron 448 kg, inclusief koelmiddelen.
- Dichtheden (kg/m³) : n.v.t.
- Lengte (m) : n.v.t.
- Breedte (m) : n.v.t.
- Hoogte (m) : n.v.t.
- Diameter (m): n.v.t.
- Wanddikte (m): n.v.t.

Omschrijving productvarianten

In dit rapport wordt onderscheid gemaakt tussen een lucht-water (LW), een bodem-water (BW) en een water-water (WW) warmtepomp. Een schematische weergave van een LW warmtepomp is weergegeven in Figuur 1, en van de WW en BW warmtepomp in Figuur 2. In deze figuren is te zien dat de warmtepompsystemen bestaan uit:

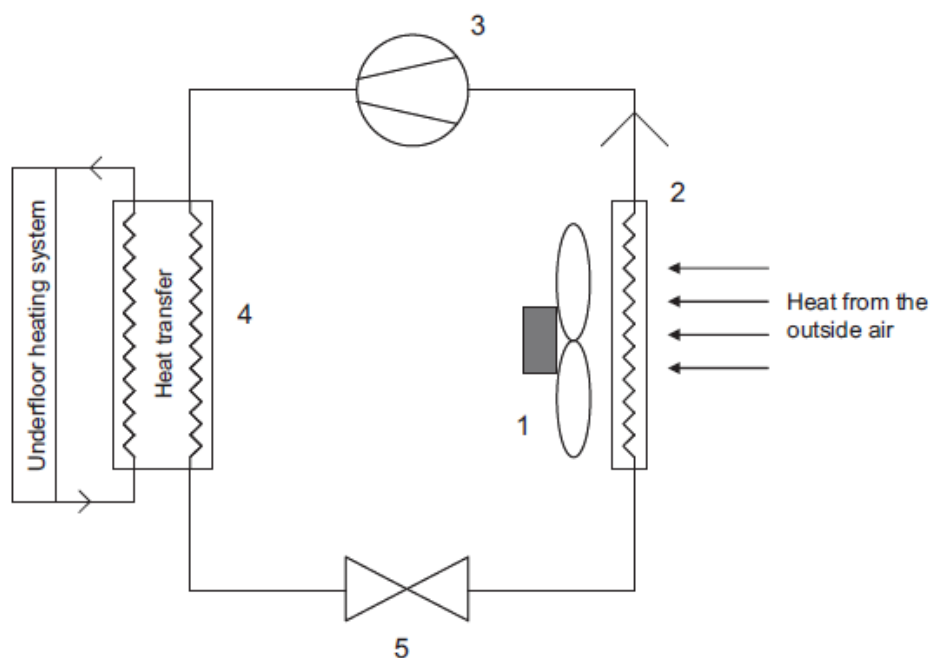
- een warmtepompunit, welke bestaat uit een compressor, verdampers en condensator;
- een axiaal ventilator (LW) of een warmtebron met warmtewisselaar (WW en BW).

De LW warmtepomp kan bestaan uit 1 unit (monoblock), of meerdere units (split unit). Omdat de LW monoblock warmtepompen een lagere kans hebben op lekkage van de koelvloeistof en dit een grote invloed op het milieuprofiel heeft, zijn er aparte productkaarten opgesteld voor deze typen warmtepompen. Daarnaast is er een aparte productkaart gemaakt voor de monoblock LW warmtepomp met propaan als koelvloeistof in plaats van R-134a, wat ook een grote invloed op het resultaat heeft.

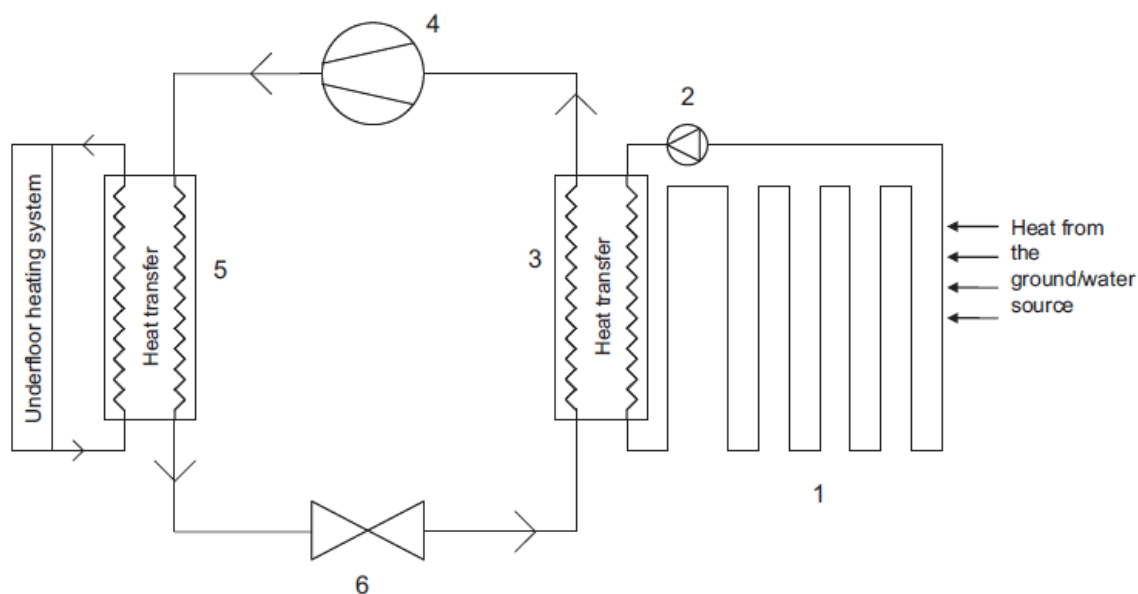
Het split unit type warmtepomp bestaat uit een outdoor en indoor unit(s). Op basis van de voor de materialisatie gebruikte artikelen van Greening en Azapagic (2012) en Caduff et al. (2014), is niet te achterhalen welk deel van de materialisatie toebehoort aan een eventuele outdoor en indoor unit(s). De materialisatie en resultaten in dit rapport van de LW warmtepomp worden daarom weergegeven

als enkel één warmtepompunit. De axiaal ventilator is daarmee onderdeel van de warmtepompunit, terwijl de WW en BW warmtepompen weergegeven worden als de combinatie van een warmtepompunit en warmtebron.

Het vloerverwarming-systeem (underfloor heating system) in Figuur 2 is geen onderdeel van het warmtepompsysteem, en is daarom niet meegenomen in de productkaart.



Figuur 1: Schematische weergave van een lucht-water warmtepompsysteem. Onderdelen: 1. Axiaal ventilator; 2. Verdamper; 3. Compressor; 4. Condensor; 5. Expansieklep [Afbeelding van Greening, B. en Azapagic, A. (2012)].



Figuur 2: Schematische weergave van een water-water en bodem-water warmtepompsysteem.
Onderdelen: 1. Warmtebron; 2. Circulatiepomp; 3. Verdampfer; 4. Compressor; 5. Condensor; 6. Expansieklep [Afbelding van Greening, B. en Azapagic, A. (2012)].

Toelichting levensfasen

Productiefase (A1-3)

In deze productkaarten zijn de geïntegreerde regelingen, regelorganen in het medium en ophangconstructies niet expliciet gespecificeerd, omdat de materialisatie uit de gebruikte bronnen hiertoe niet toereikend is. Deze onderdelen zijn verwerkt in de *warmtepompunit* en de *warmtebron*. Onderdeel van de regelingen is de elektronica, welke wel apart gespecificeerd is als *elektronica* in de verschillende onderdelen.

Warmtepompunit

De hoofdelementen van een warmtepomp zijn de behuizing, verdampfer, compressor, condensor en koelvloeistof. De compressor, behuizing, verdampfer en condensor zijn gemaakt van staal. De buizen, elektrische kabels en expansieklep zijn gemaakt van koper. De kabels zijn geïsoleerd met polyvinylchloride (PVC). Er wordt aangenomen dat de helft van het staal gevormd wordt tot platen, en de andere helft tot buizen (Caduff et al., 2014). Tevens nemen wij voor koper aan dat de helft gevormd wordt tot buizen, en de andere helft tot draden. Aanvullend heeft de LW warmtepomp een axiaal ventilator bestaande uit high density polyethyleen (HDPE) en koper.

In dit rapport wordt als uitgangspunt genomen dat er geen verschil is in materialisatie van de monoblock en split unit type LW warmtepompen. In de praktijk is dit wel zo, maar van het type monoblock zijn op dit moment niet voldoende gegevens beschikbaar om een afwijkende materialisatie op te stellen. In een vervolgstudie kan dit worden onderzocht (zie ook gevoeligheidsanalyse).

De gebruikte koelvloeistof is R-134a voor alle warmtepompen, behalve voor de monoblock LW warmtepomp met specifiek propaan als koelvloeistof. De koelsystemen van de monoblocks worden in

de fabriek gevuld (A1-A3), bij de split units vindt dit proces pas plaats bij de installatie (A5). Tijdens de fabricage van de warmtepompunit vindt een verlies plaats van 3% van de koelvloeistof. Aangenomen wordt dat de assemblage van de warmtepomp een verbruik vereist van 337 MJ elektriciteit en 875 MJ aardgas. De benodigde hoeveelheden van de processen en materialen zijn overgenomen uit de warmtepomp LCA van Greening en Azapagic (2012).

Voor het verlies van 3% van de koelvloeistof (tijdens de fabricage), wordt aangenomen dat deze hoeveelheid verdampt. Om de verdamping te modelleren, is het Ecoinvent (3.6) proces *Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, venting | Cut-off, U* gebruikt voor koelvloeistof R-134a, welke de emissie naar lucht bevat van 1 kg *Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a*. Voor de verdamping van 1 kg propaan is een nieuw proces gemaakt (in SimaPro, database Ecoinvent 3.6), welke enkel de emissie naar lucht bevat van 1 kg propaan (C₃H₈).

Elektronica

Wij nemen aan dat de elektronische componenten in een warmtepomp vergelijkbaar zijn met die van een split-type airconditioningunit. Bij gebrek aan gegevens over elektronica bij grotere vermogens, nemen wij aan dat de elektronica voor de besturing van de warmtepomp onafhankelijk is van de grootte van het apparaat, binnen het vermogensbereik dat hier onderzocht is. De massa en de typen elektronische componenten nemen wij daarom over van de Midea split-type airconditioner, type MSAGBU-12HRFN8-QRD0GW (Midea, 2022).

In de EPD van Midea (2022) is onderscheid gemaakt tussen de elektronica voor de indoor en outdoor unit. In deze studie is, voor alle warmtepomptypen, de elektronica voor zowel de indoor als de outdoor unit opgenomen in de materialisatie van de 'warmtepompunit'. De beschreven elektronische componenten zijn: *elektrolytische condensator, spoel en anders*. De elektrolytische condensator en de spoel modelleren wij met het NMD proces *0303-fab&Elektronica, passieve componenten (o.b.v. Electronic component, passive, unspecified {GLO} market for | Cut-off, U)* en de categorie *anders* is gemodelleerd met het proces *0405-fab&Elektronica, printplaat, inclusief elektronische componenten (o.b.v. Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO} market for | Cut-off, U)*.

Vanwege de grote invloed op het resultaat is ook de hoeveelheid elektronica voorgelegd aan experts en fabrikanten verbonden aan de Vereniging Warmtepompen (branchevereniging). Er bleken over dit onderwerp slechts beperkt gegevens beschikbaar te zijn, maar de weinige gegevens die konden worden verstrekt over de hoeveelheid elektronica gaven een vergelijkbare hoeveelheid aan. Ook is aangegeven dat de hoeveelheid elektronica vrijwel gelijk blijft bij grotere vermogens en dat enkel de spoelen/transformatoren iets groter kunnen worden. Dit valt onder passieve componenten, die relatief beperkte invloed hebben op het resultaat. Op basis van deze expertopinie worden de gehanteerde uitgangspunten en hoeveelheden representatief geacht.

Warmtebron

De warmtewisselaar bestaat uit met low density polyethyleen (LDPE) geïsoleerde HDPE-buizen en di-ethyleenglycol koelvloeistof. De benodigde werkzaamheden en materialen voor de aanleg van de warmtebron zijn tevens inbegrepen in het model. In het onderzoek van Greening en Azapagic (2012), is er onderscheid gemaakt tussen een horizontaal- en verticaalwarmte-extractiesysteem (HHC/VHC). Omdat beide systemen voorkomen in Nederland, is het gemiddelde genomen van de materialisatie/processen van de twee systemen. De vereiste hoeveelheden van de processen en materialen zijn tevens overgenomen uit de warmtepomp LCA van Greening en Azapagic (2012).

Er geldt ook schaling voor de warmtebron, afhankelijk van het vermogen. Dit is ook toegelicht in Bijlage II.

Transportfase (A4, C2)

Forfaitaire transportafstanden volgens de bepalingsmethode zijn toegepast:

- 50 km bulktransport naar werk (A4); toegepast voor bentoniet en cement
- 150 km overig transport naar werk (A4); toegepast voor overige materialen
- 50 km transport voor einde-leven naar sorteerlocatie/recycling (C2)
- 100 km transport totaal voor einde-leven naar stort (C2)
- 150 km transport totaal voor einde-leven naar afvalverbrandingsinstallatie (AVI) (C2)

Constructiefase (A5)

Warmtepompunit

Het installeren van een monoblock warmtepompunit, zonder warmte-extractiesysteem, vereist minimaal werk. Het gaat met name om manueel werk en elektriciteitsgebruik voor monteren (bijvoorbeeld met een boormachine) en testen. Deze impact is daarom verwaarloosbaar en niet meegenomen in dit model.

Voor de split units moet het koelvloeistofcircuit door de installateur geassembleerd worden. De koelvloeistof wordt daarom tijdens de installatie toegevoegd aan het systeem. Tijdens het vullen gaat, net als bij de fabricage (A1-A3) van de monoblocks, 3% van de koelvloeistof verloren.

Warmtebron

De water- en bodemwarmtebronnen moeten middels de warmtewisselaar verbonden worden met de warmtepompunit. Hiervoor is een diesel gedreven graafmachine en een boorgat boormachine (voor de bodem-waterwarmtebron) vereist. De benodigde hoeveelheden zijn afhankelijk van het type warmte-extractiesysteem (horizontaal of verticaal) (Greening & Azapagic, 2012). Hierbij zijn wederom de gemiddelde waarden gebruikt van de twee systeemtypen.

Gebruiksfase (B1-B5)

Gebruik (B1) en Vervangingen (B4)

Tijdens de gebruiksfase vindt er verdamping plaats van lekkende koelvloeistof uit het circuit van de warmtepompunit. Het gemiddelde verlies is gesteld op 3% per jaar voor de split unit LW warmtepompen en 2% per jaar voor de monoblock LW en BW/WW warmtepompen. In feite zijn de BW en WW ook een soort monoblock warmtepompen, in de zin dat het koelvloeistofcircuit van de warmtepompunit zich binnen het toestel bevindt. De split unit heeft een hoger percentage, omdat daar het koelvloeistofcircuit door een installateur wordt geassembleerd. Bij de monoblocks gebeurt dit in de fabriek, onder meer gecontroleerde omstandigheden.

Dit lekpercentage was in het verleden een stuk hoger, er wordt bijvoorbeeld in de gehanteerde literatuur Caduff et al. (2014) en Greening & Azapagic (2012) een percentage van 6% aangehouden.

Vanwege de grote invloed op het milieuprofiel van deze lekkage is over dit percentage tevens navraag gedaan bij experts en fabrikanten verbonden aan de Vereniging Warmtepompen. Daarbij werd aangehaald dat hier circa 10 jaar geleden onderzoek naar is gedaan waarbij destijds bleek dat per jaar gemiddeld 7% van de koelvloeistof weglekt. Het bleek dat als er een lekkage ontstaat in kleine systemen veelal de volledige inhoud verdwijnt tegenover gemiddeld 25% van de inhoud bij grotere, op

maat gemaakte installaties. Dit zijn incidentele lekkages, 10% van de installaties zorgen daarbij voor het volledige verlies.

Sindsdien is de regelgeving aangescherpt en schrijft de EN378 (2016) o.a. voor dat bij de productie van apparatuur tot 5 kg koudemiddelvulling een lekttest verplicht is, met een maximaal lekverlies van 3 of 5 gram/jaar. Daarom wordt een gemiddeld lekpercentage van 3% per jaar voor de split unit LW warmtepompen, en 2% voor de monoblock warmtepompen (LW, BW, WW) aannemelijk geacht voor de huidige generatie warmtepompen. Er wordt aangenomen dat de verloren koelvloeistof door lekkage jaarlijks wordt bijgevuld, waardoor het lekverlies constant is.

De BW en WW warmtepompunits hebben een levensduur van 15 jaar, ten opzichte van de levensduur van de productkaart van 50 jaar. De gehele warmtepompunit moet daarom $(50/15-1) = 2,33$ keer vervangen worden. Deze vervangingen worden gedeclareerd in fase B4.

Onderhoud (B2), Reparaties (B3) en Hernieuwing (B5)

Onder normale omstandigheden zijn geen onderhoudsprocessen, reparaties en hernieuwingen voorzien tijdens de levensduur van de warmtepompen. De impact van deze fasen is daarom nul.

Sloopfase (C1)

Er wordt aangenomen dat de sloopfase vergelijkbare processen vereist als de installatiefase. Daarnaast wordt er aangenomen dat de koelvloeistoffen (R-134a, propaan en di-ethyleenglycol) in deze fase uit de koelsystemen opgenomen worden (zie nieuwe verwerking-scenario's einde leven die onderstaand worden beschreven).

Einde levensduur, afvalscenario en baten en lasten buiten systeemgrenzen (C3, C4 en D)

Voor het modelleren van deze fasen wordt gebruik gemaakt van de forfaitaire waarden voor verwerking-scenario's einde leven van de Bepalingsmethode (versie mei 2022). Voor koelvloeistof R-134a/propaan, di-ethyleenglycol en de elektronische componenten, zijn nieuwe verwerking-scenario's einde leven gemaakt. De nieuwe scenario's worden in de volgende sectie toegelicht.

Nieuwe verwerking-scenario's einde leven

Voor de **koelvloeistof R-134a** en **propaan** is, bij gebrek aan een passend forfaitair scenario, een nieuw verwerking-scenario einde leven gemaakt. De NEN EN 378 schrijft voor dat koelvloeistoffen niet vermengd mogen worden, en gescheiden moeten worden bewaard (Rath, 2017). Daarom wordt aangenomen dat de koelvloeistof in de sloopfase (C1) opgenomen worden uit de koelsystemen. Om de koelvloeistof uit het koelsysteem te krijgen, is speciale apparatuur nodig. Deze apparatuur verbruikt elektriciteit. Het duurt ongeveer 20 minuten om 10 kg aan koelvloeistof op te nemen uit het koelsysteem met de *Robinair 34988NI-230 Premium A/C Machine* met een verbruik van 1380 W (Robinair, z.d.). Hierbij kan 98,5% van de koelvloeistof teruggewonnen worden. Andere apparaten met dezelfde functie van Robinair hebben vergelijkbare vermogens, vultijden en efficiëntie.

In overeenstemming met het Ecoinvent (3.6) proces *Used refrigerant R134a {GLO} | market for | Cut-off, U*, wordt uitgegaan dat, na opname uit de koelsystemen, 40% van de koelvloeistof verbrand wordt en 60% geregenereerd wordt. Koelvloeistof R-134a kan geregenereerd worden bij gespecialiseerde locaties. De koelvloeistof heeft na de regeneratiebewerkingen dezelfde kwaliteit als het originele product (Jaramillo, 2022; Ecoinvent, z.d.). Hiervoor is een regeneratiemachine nodig, welke elektriciteit verbruikt. Tijdens dit proces verdampt 0,1% van de vloeistof, en 10% moet als restafval verband worden in een Afvalverbrandingsinstallatie (AVI) (Ecoinvent, z.d.). Om dit proces te modelleren, gebruiken wij het Ecoinvent (3.6) proces *Used refrigerant R134a {GLO} | treatment of used*

refrigerant R134a, reclamation | Cut-off, U. Wanneer de koelvloeistof te sterk vervuild is, kan deze niet meer geregenereerd worden en zal deze vernietigd moeten worden door middel van verbranding (Atlantic, 2018). Hiervoor gebruiken wij het Ecoinvent (3.6) proces *Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, final disposal | Cut-off, U*.

De opbouw van het verwerking-scenario einde leven van R-134a is weergegeven in Tabel 3.

Er is aangenomen dat de processen van het verwerking-scenario einde leven van R-134a tevens representatief is voor propaan als koelvloeistof, met processen die representatief zijn voor propaan. Er bestaat in Ecoinvent geen market-proces voor 'used propane'. De opbouw van het gebruikte verwerking-scenario einde leven van propaan is weergegeven in Tabel 4.

Tabel 3: Verwerking-scenario einde leven van R-134a.

Verwerking-scenario einde leven R-134a – 1 kg					
Fase	Proces	Milieuprofiel	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
C1	Opnemen koelvloeistof uit koelsysteem	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	0,046	kWh	Het opnemen van de koelvloeistof uit het koelsysteem duurt ongeveer 20 minuten voor 10 kg koelvloeistof, en gebeurt met behulp van een machine met een vermogen van 1380 W.
C1	Verlies tijdens opnemen koelvloeistof	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U	0,015	kg	De opname van de koelvloeistof heeft een efficiëntie van 98,5%, d.w.z. dat 1,5% verdampt.
C4	AVI	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, final disposal Cut-off, U	0,394	kg	40% van de van de opgenomen koelvloeistof (0,985 kg) gaat naar de AVI. Dit proces bevat verdamping tijdens afvalverwerking (0,1%) en verbranding van gevaarlijk afval
D	Regeneratie processen	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, reclamation Cut-off, U	0,591	kg	60% van de opgenomen koelvloeistof (0,985 kg) kan geregenereerd worden. Dit proces bevat het elektriciteitsverbruik, 0,1% verdamping tijdens regeneratie en 10% verbranding van gevaarlijk afval.
D	Uitgespaard product	0489-fab&Koudemiddel-R134a (o.b.v. "Refrigerant R134a {GLO} market for Cut-off, U")	-0,553	kg	Het geregenereerde product heeft dezelfde kwaliteit als het originele product. 10,1% is verloren tijdens regeneratie.

Tabel 4: Verwerking-scenario einde leven van propaan.

Verwerking-scenario einde leven Propaan – 1 kg					
Fase	Proces	Milieuprofiel	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
C1	Opnemen koelvloeistof uit koelsysteem	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	0,046	kWh	Het opnemen van de koelvloeistof uit het koelsysteem duurt ongeveer 20 minuten voor 10

					kg koelvloeistof, en gebeurt met behulp van een machine met een vermogen van 1380 W.
C1	Verlies tijdens opname	Verdampen propaan	0,015	kg	De opname van de koelvloeistof heeft een efficiëntie van 98,5%, d.w.z. dat 1,5% verdampt.
C4	AVI	Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland} market for hazardous waste, for incineration Cut-off, U	0,394	kg	40% van de van de opgenomen koelvloeistof (0,985 kg) gaat naar de AVI. Dit proces bevat verdamping tijdens afvalverwerking (0,1%) en verbranding van gevaarlijk afval (bij gebrek aan een proces voor de verbranding van R-134a)
C4	Verdamping tijdens AVI	Verdampen propaan	0,0004	kg	0,1% verdamping tijdens AVI
D	Regeneratie, elektriciteit	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	0,0276	kWh	60% van de opgenomen koelvloeistof (0,985 kg) kan geregenereerd worden. Dit proces vereist elektriciteit, 0,1% verdampt en 10% verbranding van gevaarlijk afval. Elektraverbruik afgeleid van andere treatment processen.
D	Regeneratie, verdamping	Verdampen propaan	0,0006	kg	
D	Regeneratie, AVI	Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland} market for hazardous waste, for incineration Cut-off, U	0,0591	kg	
D	Uitgespaard product	0130-pro&Propaan, productie, per kg (o.b.v. Liquefied petroleum gas {RoW}) market for Cut-off, U)	- 0,5313	kg	Het geregenereerde product heeft dezelfde kwaliteit als het originele product. 10,1% is verloren tijdens regeneratie.

Voor de **koelvloeistof di-ethyleenglycol** die bij de water-water en bodem-wateris, bij gebrek aan een passend forfaitair scenario, ook een nieuw verwerking-scenario einde leven gemaakt. Voor het opstellen van dit scenario, is het nieuwe scenario voor R-134a gebruikt als basis. Di-ethyleenglycol moet, volgens de NEN EN 378, ook gescheiden bewaard worden (Rath, 2017). Daarom wordt aangenomen dat di-ethyleenglycol ook in de sloopfase (C1) opgenomen worden uit de koelsystemen. Wij gaan er vanuit dat het elektriciteitsverbruik gelijk is aan dat van de opname van R-134a. Di-ethyleenglycol is biologisch afbreekbaar en verdampt niet onder normale omstandigheden (kookpunt van 245 graden Celsius) (EHS Support, 2021). Daarom wordt enkel het verliespercentage van 1,5% (gelijk aan dat van R-134a) in deze stap toegekend, waarvan aangenomen wordt dat deze hoeveelheid achterblijft in het koelsysteem. Er wordt conservatief aangenomen dat dit bij de recycling- en verwerkingsprocessen vrijkomt en wordt verbrand.

Na de opname uit de koelsystemen kan di-ethyleenglycol, net als R-134a, geregenereerd worden in vergelijkbare stappen als R-134a (Letcher, 2011). In tegenstelling tot R-134a zijn er in Ecoinvent geen specifieke achtergrondprocessen aanwezig voor verwerking van di-ethyleenglycol. Volgens de indicatie van een fabrikant zou door middel van regeneratie kan 90% puur product teruggewonnen worden van de ingezamelde afvalstroom (MEGA, z.d.). Conservatief wordt aangenomen dat er, net als bij R-134a, in totaal 60% wordt teruggewonnen. Wij nemen aan dat de overige 40% verbrand wordt, dat is inclusief de 1,5% die in het systeem achter is gebleven. De opbouw van het verwerking-scenario einde leven van di-ethyleenglycol is weergegeven in Tabel 5⁶.

⁶ In de originele versie van deze rapportage is nog een eindelevensscenario aangehouden met 90% recycling (regeneratie) van di-ethyleenglycol. Er is gekozen om het standaard eindelevensscenario voor dit soort koelmiddelen conservatief op 60% recycling te zetten. Dit is aangepast in tabel 5, niet in de decompositietabellen en de resultaten. Deze aanpassing verhoogt de MKI van de water- en bodem-systemen, het effect op het totale milieuprofiel en de MKI van de betreffende warmtepompen is echter gering (<5%).

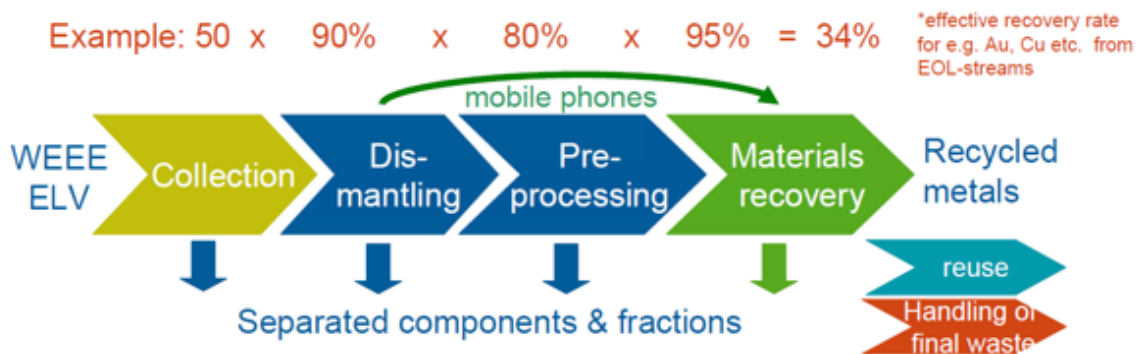
Tabel 5: Verwerking-scenario einde leven van di-ethyleenglycol.

Verwerking-scenario einde leven di-ethyleenglycol – 1 kg					
Fase	Proces	Milieuprofiel	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
C1	Opnemen koelvloeistof uit koelsysteem	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	0,046	kWh	Het opnemen van de koelvloeistof uit het koelsysteem duurt ongeveer 20 minuten voor 10 kg koelvloeistof, en gebeurt met behulp van een machine met een vermogen van 1380 W. Tijdens deze stap blijft 1,5% achter.
C4	AVI	Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland} market for hazardous waste, for incineration Cut-off, U	0,40	kg	Totaal 40% (inclusief 1,5% achtergebleven bij verwijdering) van overige afvalstroom kan niet geregenereerd worden en moet verbrand worden als gevaarlijk afval.
D	Regeneratieprocessen	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	0,028	kWh	Energieverbruik van regeneratie R-134a overgenomen van 0,0467 kWh per kilo.
D	Uitgespaard product	0488-fab&Koelmiddel, glycol (o.b.v. "Diethylene glycol {RER} ethylene glycol production Cut-off, U")	-0,60	kg	Het geregenereerde product heeft dezelfde kwaliteit als het originele product. 60% van de totale afvalstroom kan teruggewonnen worden.

Voor de **elektronische componenten** (*Printed wiring board (PWB)* en *passieve componenten*) is, bij gebrek aan een passend forfaitair scenario, een nieuw verwerking-scenario einde leven gemaakt.

De representativiteit van het forfaitaire afvalscenario *metalen, overig/gemengd* (5% stort, 5% AVI, 90% recycling), is beoordeeld binnen de context van elektronische apparatuur. Hiertoe zijn de verwerkingscijfers uit het onderzoek "De Nederlandse AEEA-stromen 2020" (Baldé et al., 2020) toegepast. Uit de cijfers blijkt, op product niveau, voor 'grote apparatuur (excl. PV) en 'kleine apparatuur', dat de gezamenlijke fractie die is ingezameld en wordt geëxporteerd voor hergebruik, uitkomt op $\approx 85\%$. Van het overige deel stromen is onbekend hoe deze is verwerkt, of worden afgedankt in afvalbakken. Op materiaal niveau beschouwd zijn de forfaitaire percentages voor recycling van 90% aannemelijk en voor de huidige toepassing in categorie 3 productkaarten acceptabel.

Tijdens de recyclingprocessen vinden verliezen plaats, waardoor het effectieve recyclingpercentage van bruikbare materialen, zoals koper en goud, in feite lager ligt dan 90%. In Figuur 3 is een voorbeeld te zien van de recycling van mobiele telefoons, zoals onderzocht door Hagelüken en Umicore Precious Metals Refining (2007). Hierin is te zien dat een verzamelingspercentage van 50% voor recycling, resulteert in een effectief recyclingpercentage van 34%. Voor grote apparaten die o.a. via installateurs worden ingezameld, zoals warmtepompen, ligt dit veel hoger (85%). Wij gaan uit van vergelijkbare verliezen tijdens de verdere recyclingprocessen. Als resultaat verkrijgen wij, bij een verzamelingspercentage van 85% voor recycling, een effectief recyclingpercentage van 58,1%, welke wij afronden naar 60%. De verliezen die plaatsvinden tijdens recycling, tellen wij op bij het percentage AVI. Het resultaat is 5% stort, 35% AVI en 60% recycling.



Figuur 3: Voorbeeld van berekening effectief recyclingpercentage. Bron: Hagelüken, C. & Umicore Precious Metals Refining. (2007). *Metals Recovery from e-scrap in a global environment: Technical capabilities, challenges & experience gained* [Presentatieslides]. <https://docplayer.net/7250504-Metals-recovery-from-e-scrap-in-a-global-environment-technical-capabilities-challenges-experience-gained.html>

Om baten en lasten te kunnen declareren in module D, is voor de processen *0405-fab&Elektronica, printplaat, inclusief elektronische componenten (o.b.v. Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO} market for | Cut-off, U)* en *0303-fab&Elektronica, passieve componenten (o.b.v. Electronic component, passive, unspecified {GLO} market for | Cut-off, U)* het massa-aandeel van koper, goud, lood, nikkel, zilver, tin, zink en ruwijzer bepaald (zie Bijlage III). Vervolgens is er per materiaal berekend wat het aandeel is van de MKI. Voor het PWB proces hebben koper en goud samen een aandeel van 99% van de MKI, en voor het proces van passieve componenten een aandeel van 86%. Daarom worden enkel koper en goud meegenomen voor het modelleren van module D. Het massa-aandeel van koper is 67,5% van het PWB proces en 3% van het passieve componenten proces. Het massa-aandeel van goud is 0,2% van het PWB proces en 0,01% van het passieve componenten proces.

In Tabel 6 is de opbouw van het verwerking-scenario einde leven van elektronica weergegeven. Hierbij is een onderscheid gemaakt voor de *Printed wiring board* en *Passieve componenten* processen.

Tabel 6: Verwerking-scenario einde leven van elektronica.

Verwerking-scenario einde leven elektronica (<i>Printed wiring board</i> en <i>passieve componenten</i>) – 1 kg						
Fase	Proces	Milieuprofiel	Hoeveelheid voor <i>Printed Wiring Board (PWS)</i>	Hoeveelheid voor <i>Passieve componenten</i>	Eenheid	Uitgangspunten
C3	Behandeling voor recycling	Waste electric and electronic equipment {GLO} treatment of, shredding Cut-off, U	0,90	0,90	kg	90% van de elektronica wordt ingezameld voor recycling. Bevat afvalverwerkingsfabriek, elektriciteitsverbruik en emissies naar lucht van recyclingprocessen
C4	AVI	Residue from mechanical treatment, industrial device {RoW} treatment of, municipal waste	0,35	0,35	kg	5% van de elektronica gaat rechtstreeks naar de AVI. Daarbovenop komt 30% afkomstig van de recyclingprocessen. Bevat energieverbruik, emissies naar lucht en

		incineration Cut-off, U				afval van verbranding van industriële apparaten
C4	Stort	Waste plastic, consumer electronics {GLO} treatment of waste plastic, consumer electronics, sanitary landfill, wet infiltration class (500mm) Cut-off, U	0,05	0,05	kg	5% van de elektronica belandt op een stortplaats. Bevat o.a. stortplaats, energieverbruik en emissies naar lucht en water van consumentenelektronica
D	Uitgespaarde producten	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER} production, primary Cut-off, U)	0,209374	0,009337	kg	o.b.v. 29% secundaire content en 67,5% massa-aandeel van PWB en 3,0% van passieve componenten
		Gold, unrefined {RoW} gold mine operation and gold production, unrefined Cut-off, U	-0,001217	-0,000041	kg	o.b.v. 0% secundaire content en 0,2% massa-aandeel van PWB en 0,01% van passieve componenten

Decompositietabellen

De decompositietabellen van de lucht-water (varianten split unit R-134a, monoblock R-134a en monoblock propaan), bodem-water en water-water warmtepompen zijn weergegeven in respectievelijk Tabel 7 t/m Tabel 11.

Tabel 7: Decompositietabel van split unit lucht-water warmtepomp, koelvloeistof R-134a, bij standaard thermisch vermogen van 10 kW.

De rode rijen verwijzen naar processen met betrekking tot de warmtepompunit en de groene rijen naar elektronische componenten. *RF* staat voor koelvloeistof in kg, *M* voor massa in kg, *P* voor thermisch vermogen in kW en *a* en *b* zijn schalingsfactoren (zie Bijlage II).

Fase	Product (onderdeel)	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Hoeveelheid	Eenheid	Toelichting	Schalings formule
Warmtepompunit							
A1-A3	Evaporator and condenser	Sheet rolling, steel	0317-fab&Staal, warmgewalst, plaat- en bandstaal {GLO} (82,7% primair, 17,3% secundair)	17,9	kg	50% platen, 50% buizen	$M = a * P^b$
A1-A3		Drawing of pipes, steel	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (86,6% primair, 13,4% secundair)	17,9	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Housing and compressor	Sheet rolling, steel	0317-fab&Staal, warmgewalst, plaat- en bandstaal {GLO} (82,7% primair, 17,3% secundair)	67,2	kg	50% platen, 50% buizen	$M = a * P^b$
A1-A3		Drawing of pipes, steel	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (86,6% primair, 13,4% secundair)	67,2	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Wiring, piping and expansion valve	Copper, for wire	0059-fab&Koper, kathode, voor draad (European mix for cathodes o.b.v. 49% Copper {RER} production, primary, 9% Copper {RER} treatment of scrap by electrolytic refining & 42% Copper {GLO} market for; 79% primair, 21% secundair)	19,7	kg	50% platen en 50% draad	$M = a * P^b$
A1-A3		Copper, for tubes	0287-fab&Koper, semis, voor plaat en buis (o.b.v. 33% 0059-fab&koper, kathode, 67% Copper {RER} treatment of scrap by electrolytic refining; 26% primair, 74% secundair)	19,7	kg		$M = a * P^b$

A1-A3		Sheet rolling, copper	0147-pro&Draad trekken, koper (o.b.v. Wire drawing, copper {GLO}) market for Cut-off, U)	19,7	kg		$M = a * P^b$
A1-A3		Wire drawing, copper	0147-pro&Draad trekken, koper (o.b.v. Wire drawing, copper {GLO}) market for Cut-off, U)	19,7	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Pipework insulation	Elastomere	0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR (o.b.v. Synthetic rubber {GLO}) market for Cut-off, U)	17,9	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Wiring insulation	Polyvinylchloride	0200-fab&PVC, folie (o.b.v. Polyvinylchloride, suspension polymerised {GLO}) market for Cut-off, U + Extrusion, plastic film {GLO}) market for Cut-off, U)	1,8	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Lubricating oil	Polyester oil	0456-fab&Smeerolie (o.b.v. Lubricating oil {RER}) market for lubricating oil Cut-off, U)	3,0	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Assembly of pump units	Electricity (NL)	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	156,7	kWh		schaalt verhouding sgewijs mee met massa; $M = a * P^b$
A1-A3		Natural gas	0111-pro&Aardgas, verbrand, bij consument, per m3	49,4	m3	obv 31,7 MJ/m3	schaalt verhouding sgewijs mee met massa; $M = a * P^b$
A1-A3	Air fan	HDPE	0185-fab&Polyetheen, HDPE, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO}) market for Cut-off, U & Extrusion, plastic pipes {GLO}) market for Cut-off, U)	0,6	kg		$M = a * P^b$
A1-A3		Copper, for wire	0059-fab&Koper, kathode, voor draad (European mix for cathodes o.b.v. 49% Copper {RER}) production, primary, 9% Copper {RER}) treatment of scrap by electrolytic refining & 42% Copper {GLO}) market for; 79% primair, 21% secundair)	1,6	kg		$M = a * P^b$
A1-A3		Wire drawing, copper	0147-pro&Draad trekken, koper (o.b.v. Wire drawing, copper {GLO}) market for Cut-off, U)	1,6	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Electronics	Electrolytic capacitor	0303-fab&Elektronica, passieve componenten (o.b.v. Electronic component, passive, unspecified {GLO}) market for Cut-off, U)	2,8	kg		Geen schaling, massa elektronica onafhankelijk van vermogen warmtepomp
A1-A3		Other	0405-fab&Elektronica, printplaat, inclusief elektronische componenten (o.b.v. Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO}) market for Cut-off, U)	1,1	kg		
A4	Transport, warmtepompunit	Transport naar bouwplaats	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	36,4	tkm	forfaitair: 50km voor bulk, 150 km voor overig	Geen, volgt uit al geschaalde data
A5	Installation	Refrigerant	0489-fab&Koudemiddel-R134a (o.b.v. "Refrigerant R134a {GLO}) market for Cut-off, U")	4,0	kg		$RF = a * P^b$
		Manufacturing losses	Used refrigerant R134a {GLO}) treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U)	0,12	kg	3% verlies bij vullen	Geen, volgt uit al geschaalde data
B1	Refrigerant	Operational losses	Used refrigerant R134a {GLO}) treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U)	1,7	kg	3% verlies per jaar met levensduur van 15 jaar voor split-type, 2% voor monoblock	Geen, volgt uit al geschaalde data

B2						Geen voorzien onderhoud bij normale omstandigheden	
B3						Geen voorziene reparaties bij normale omstandigheden	
B4	Refrigerant	Refill of refrigerant	0489-fab&Koudemiddel-R134a (o.b.v. "Refrigerant R134a {GLO} market for Cut-off, U")	1,7	kg	3% verlies per jaar met levensduur van 15 jaar voor split-type, 2% voor monoblock	<i>Geen, volgt uit al geschaalde data</i>
B5						Geen voorziene hernieuwingen bij normale omstandigheden	
C1	Deinstallation, refrigerant recovery	R-134a, recovery	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	0,2	kWh	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	
		R-134a, venting during recovery	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U	0,1	kg		
C2	Transport naar afvalverwerker	Warmtepompunit	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	15,3	tkm	Forfaitaire waarde	
C3	Recycling	Copper	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	34,8	kg	op basis van #42 koper, gemengd, zou ook #41 koper kunnen zijn	
C3		Steel	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	161,7	kg	o.b.v. #75 staal, zink / verzinkt staal	
C3		Elastomere	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland} market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	0,9	kg	o.b.v. #2 elastomeren	
C3		Polyvinylchloride (PVC)	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland} market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	1,3	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen	
C3		Electronics, warmtepompunit	Waste electric and electronic equipment {GLO} treatment of, shredding Cut-off, U	3,5	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	
C3		HDPE + LDPE	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland} market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	0,0	kg	o.b.v. #45 kunststoffen, overig	

C3	AVI	Elastomere	0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg) (o.b.v. Waste rubber, unspecified {Europe without Switzerland}) treatment of waste rubber, unspecified, municipal incineration Cut-off, U)	15,2	kg	o.b.v. #2 elastomeren.
C3		Polyvinylchloride (PVC)	0265-avC&Verbranden PVC (21,51 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyvinylchloride {CH}) treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	0,4	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen
C4		Copper	0307-avC&Verbranden koperschroot (o.b.v. Scrap copper {RoW}) treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	2,0	kg	op basis van #42 koper, gemengd, zou ook #41 koper kunnen zijn
C4		Polyester oil	0106-pro&Verbranden, overig (o.b.v. Municipal solid waste {NL}) treatment of, incineration Cut-off, U)	2,6	kg	o.b.v. #51 organisch, via restmateriaal
C4		R-134a	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, final disposal Cut-off, U)	1,5	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C4		Electronics, warmtepompunit	Residue from mechanical treatment, industrial device {RoW} treatment of, municipal waste incineration Cut-off, U)	1,4	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C3		HDPE + LDPE	0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW}) treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U)	0,5	kg	o.b.v. #45 kunststoffen, overig
C4		Stort	Copper	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}) treatment of, sanitary landfill Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	4,1	kg
C4	Steel		0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	8,5	kg	o.b.v. #75 staal, zink / verzinkt staal
C4	Elastomere		0251-sto&Stort PE (o.b.v. Waste polyethylene {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, sanitary landfill Cut-off, U), ook elastomeren als epdm	1,8	kg	o.b.v. #2 elastomeren
C4	Polyvinylchloride (PVC)		0252-sto&Stort PVC (o.b.v. Waste polyvinylchloride {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyvinylchloride, sanitary landfill Cut-off, U)	0,2	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen
C4	Polyester oil		0254-sto&Stort huishoudelijk afval (o.b.v. Municipal solid waste {RoW}) treatment of, sanitary landfill Cut-off, U)	0,5	kg	o.b.v. #51 organisch, via restmateriaal
C4	Electronics, warmtepompunit		Waste plastic, consumer electronics {GLO} treatment of waste plastic, consumer electronics, sanitary landfill, wet infiltration class (500mm) Cut-off, U)	0,2	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
D	Recycling		Copper	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER}) production, primary Cut-off, U)	15,8	kg
D		Steel	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot	135,5	kg	
D		elastomeer	0444-reD&Module D, EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styreen butadieen rubber - SBR, per kg NETTO geleverd rubber (o.b.v. vermeden Synthetic rubber {RER}) production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0,6	kg	

D		PVC	0279-reD&Module D, PVC, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyvinylchloride, suspension polymerised {RER} polyvinylchloride production, suspension polymerisation Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0,8	kg	
D		R-134a, saved product	0489-fab&Koudemiddel-R134a (o.b.v. "Refrigerant R134a {GLO} market for Cut-off, U")	-2,1	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
D		R-134a, regeneration processes	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, reclamation Cut-off, U	2,3	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
D		Electronics, warmtepompunit	Gold, unrefined {RoW} gold mine operation and gold production, unrefined Cut-off, U	-0,0015	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
D			0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER} production, primary Cut-off, U)	0,2619	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
D		HDPE + LDPE	0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyethylene, high density, granulate {RER} production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0,0	kg	
D	AVI		0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	421,8	MJ	
D			0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	22,6	MJ	

Tabel 8: Decompositietabel van monoblock lucht-water warmtepomp, koelvloeistof R-134a, bij standaard thermisch vermogen van 10 kW. De rode rijen verwijzen naar processen met betrekking tot de warmtepompunit en de groene rijen naar elektronische componenten. *RF* staat voor koelvloeistof in kg, *M* voor massa in kg, *P* voor thermisch vermogen in kW en *a* en *b* zijn schalingsfactoren (zie Bijlage II).

Fase	Product (onderdeel)	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Hoeveelheid	Eenheid	Toelichting	Schalings formule
Warmtepompunit							
A1-A3	Evaporator and condenser	Sheet rolling, steel	0317-fab&Staal, warmgewalst, plaat- en bandstaal {GLO} (82,7% primair, 17,3% secundair)	17,9	kg	50% platen, 50% buizen	$M = a * P^b$
A1-A3		Drawing of pipes, steel	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (86,6% primair, 13,4% secundair)	17,9	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Housing and compressor	Sheet rolling, steel	0317-fab&Staal, warmgewalst, plaat- en bandstaal {GLO} (82,7% primair, 17,3% secundair)	67,2	kg	50% platen, 50% buizen	$M = a * P^b$
A1-A3		Drawing of pipes, steel	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (86,6% primair, 13,4% secundair)	67,2	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Wiring, piping and expansion valve	Copper, for wire	0059-fab&Koper, kathode, voor draad (European mix for cathodes o.b.v. 49% Copper {RER} production, primary, 9% Copper {RER} treatment of scrap by electrolytic refining & 42% Copper {GLO} market for; 79% primair, 21% secundair)	19,7	kg	50% platen en 50% draad	$M = a * P^b$
A1-A3		Copper, for tubes	0287-fab&Koper, semis, voor plaat en buis (o.b.v. 33% 0059-fab&koper, kathode, 67% Copper {RER} treatment of scrap by electrolytic refining; 26% primair, 74% secundair)	19,7	kg		$M = a * P^b$
A1-A3		Sheet rolling, copper	0147-pro&Draad trekken, koper (o.b.v. Wire drawing, copper {GLO} market for Cut-off, U)	19,7	kg		$M = a * P^b$

A1-A3		Wire drawing, copper	0147-pro&Draad trekken, koper (o.b.v. Wire drawing, copper {GLO} market for Cut-off, U)	19,7	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Pipework insulation	Elastomere	0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR (o.b.v. Synthetic rubber {GLO} market for Cut-off, U)	17,9	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Wiring insulation	Polyvinylchloride	0200-fab&PVC, folie (o.b.v. Polyvinylchloride, suspension polymerised {GLO} market for Cut-off, U + Extrusion, plastic film {GLO} market for Cut-off, U)	1,8	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Lubricating oil	Polyester oil	0456-fab&Smeerolie (o.b.v. Lubricating oil {RER} market for lubricating oil Cut-off, U)	3,0	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Refrigerant	Refrigerant	0489-fab&Koudemiddel-R134a (o.b.v. "Refrigerant R134a {GLO} market for Cut-off, U")	4,0	kg		$RF = a * P^b$
A1-A3		Manufacturing losses	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U	0,12	kg	3% productieverlies	Geen, volgt uit al geschaalde data
A1-A3	Assembly of pump units	Electricity (NL)	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	156,7	kWh		schaalt verhouding sgewijs mee met massa; $M = a * P^b$
A1-A3		Natural gas	0111-pro&Aardgas, verbrand, bij consument, per m3	49,4	m3	obv 31,7 MJ/m3	schaalt verhouding sgewijs mee met massa; $M = a * P^b$
A1-A3	Air fan	HDPE	0185-fab&Polyethleen, HDPE, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Cut-off, U & Extrusion, plastic pipes {GLO} market for Cut-off, U)	0,6	kg		$M = a * P^b$
A1-A3		Copper, for wire	0059-fab&Koper, kathode, voor draad (European mix for cathodes o.b.v. 49% Copper {RER} production, primary, 9% Copper {RER} treatment of scrap by electrolytic refining & 42% Copper {GLO} market for; 79% primair, 21% secundair)	1,6	kg		$M = a * P^b$
A1-A3		Wire drawing, copper	0147-pro&Draad trekken, koper (o.b.v. Wire drawing, copper {GLO} market for Cut-off, U)	1,6	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Electronics	Electrolytic capacitor	0303-fab&Elektronica, passieve componenten (o.b.v. Electronic component, passive, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	2,8	kg		Geen schaling, massa elektronica onafhankelijk van vermogen warmtepomp
A1-A3		Other	0405-fab&Elektronica, printplaat, inclusief elektronische componenten (o.b.v. Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO} market for Cut-off, U)	1,1	kg		
A4	Transport, warmtepompunit	Transport naar bouwplaats	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	36,4	tkm	forfaitair: 50km voor bulk, 150 km voor overig	Geen, volgt uit al geschaalde data
A5						Impact van installatie is verwaarloosbaar	
B1	Refrigerant	Operational losses	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U	1,2	kg	3% verlies per jaar met levensduur van 15 jaar voor split-	Geen, volgt uit al geschaalde data

						type, 2% voor monoblock	
B2						Geen voorzien onderhoud bij normale omstandigheden	
B3						Geen voorziene reparaties bij normale omstandigheden	
B4	Refrigerant	Refill of refrigerant	0489-fab&Koudemiddel-R134a (o.b.v. "Refrigerant R134a {GLO} market for Cut-off, U")	1,2	kg	3% verlies per jaar met levensduur van 15 jaar voor split-type, 2% voor monoblock	Geen, volgt uit al geschaalde data
B5						Geen voorziene hernieuwingen bij normale omstandigheden	
C1	Deinstallation, refrigerant recovery	R-134a, recovery	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	0,2	kWh	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	
C1		R-134a, venting during recovery	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U	0,1	kg		
C2	Transport naar afvalverwerker	Warmtepompunit	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	15,3	tkm	Forfaitaire waarde	
C3	Recycling	Copper	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	34,8	kg	op basis van #42 koper, gemengd, zou ook #41 koper kunnen zijn	Geen, volgt uit al geschaalde data
C3		Steel	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	161,7	kg	o.b.v. #75 staal, zink / verzinkt staal	
C3		Elastomere	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland} market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	0,9	kg	o.b.v. #2 elastomeren	
C3		Polyvinylchloride (PVC)	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland} market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	1,3	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen	
C3		Electronics, warmtepompunit	Waste electric and electronic equipment {GLO} treatment of, shredding Cut-off, U	3,5	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	

C3		HDPE + LDPE	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	0,0	kg	o.b.v. #45 kunststoffen, overig
C3	AVI	Elastomere	0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg) (o.b.v. Waste rubber, unspecified {Europe without Switzerland}) treatment of waste rubber, unspecified, municipal incineration Cut-off, U)	15,2	kg	o.b.v. #2 elastomeren.
C3		Polyvinylchloride (PVC)	0265-avC&Verbranden PVC (21,51 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyvinylchloride {CH}) treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	0,4	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen
C4		Copper	0307-avC&Verbranden koperschroot (o.b.v. Scrap copper {RoW}) treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	2,0	kg	op basis van #42 koper, gemengd, zou ook #41 koper kunnen zijn
C4		Polyester oil	0106-pro&Verbranden, overig (o.b.v. Municipal solid waste {NL}) treatment of, incineration Cut-off, U)	2,6	kg	o.b.v. #51 organisch, via restmateriaal
C4		R-134a	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, final disposal Cut-off, U)	1,5	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C4		Electronics, warmtepompunit	Residue from mechanical treatment, industrial device {RoW} treatment of, municipal waste incineration Cut-off, U)	1,4	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C3		HDPE + LDPE	0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW}) treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U)	0,5	kg	o.b.v. #45 kunststoffen, overig
C4		Stort	Copper	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}) treatment of, sanitary landfill Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	4,1	kg
C4	Steel		0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	8,5	kg	o.b.v. #75 staal, zink / verzinkt staal
C4	Elastomere		0251-sto&Stort PE (o.b.v. Waste polyethylene {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, sanitary landfill Cut-off, U), ook elastomeren als epdm	1,8	kg	o.b.v. #2 elastomeren
C4	Polyvinylchloride (PVC)		0252-sto&Stort PVC (o.b.v. Waste polyvinylchloride {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyvinylchloride, sanitary landfill Cut-off, U)	0,2	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen
C4	Polyester oil		0254-sto&Stort huishoudelijk afval (o.b.v. Municipal solid waste {RoW}) treatment of, sanitary landfill Cut-off, U)	0,5	kg	o.b.v. #51 organisch, via restmateriaal
C4	Electronics, warmtepompunit		Waste plastic, consumer electronics {GLO} treatment of waste plastic, consumer electronics, sanitary landfill, wet infiltration class (500mm) Cut-off, U)	0,2	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
D	Recycling		Copper	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER}) production, primary Cut-off, U)	15,8	kg
D		Steel	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot	135,5	kg	

D		elastomeer	0444-reD&Module D, EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styreen butadien rubber - SBR, per kg NETTO geleverd rubber (o.b.v. vermeden Synthetic rubber {RER}) production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0,6	kg	
D		PVC	0279-reD&Module D, PVC, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyvinylchloride, suspension polymerised {RER}) polyvinylchloride production, suspension polymerisation Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0,8	kg	
D		R-134a, saved product	0489-fab&Koudemiddel-R134a (o.b.v. "Refrigerant R134a {GLO}) market for Cut-off, U")	-2,1	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
D		R-134a, regeneration processes	Used refrigerant R134a {GLO}) treatment of used refrigerant R134a, reclamation Cut-off, U	2,3	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
D		Electronics, warmtepompunit	Gold, unrefined {RoW}) gold mine operation and gold production, unrefined Cut-off, U	-0,0015	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
D			0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER}) production, primary Cut-off, U)	0,2619	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
D		HDPE + LDPE	0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyethylene, high density, granulate {RER}) production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0,0	kg	
D	AVI		0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	421,8	MJ	
D			0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	22,6	MJ	

Tabel 9: Decompositietabel van monoblock lucht-water warmtepomp, koelvloeistof propaan, bij standaard thermisch vermogen van 10 kW. De rode rijen verwijzen naar processen met betrekking tot de warmtepompunit en de groene rijen naar elektronische componenten. *RF* staat voor koelvloeistof in kg, *M* voor massa in kg, *P* voor thermisch vermogen in kW en *a* en *b* zijn schalingsfactoren (zie Bijlage II).

Fase	Product (onderdeel)	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Hoeveelheid	Eenheid	Toelichting	Schalings formule
Warmtepompunit							
A1-A3	Evaporator and condenser	Sheet rolling, steel	0317-fab&Staal, warmgewalst, plaat- en bandstaal {GLO} (82,7% primair, 17,3% secundair)	17,9	kg	50% platen, 50% buizen	$M = a * P^b$
A1-A3		Drawing of pipes, steel	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (86,6% primair, 13,4% secundair)	17,9	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Housing and compressor	Sheet rolling, steel	0317-fab&Staal, warmgewalst, plaat- en bandstaal {GLO} (82,7% primair, 17,3% secundair)	67,2	kg	50% platen, 50% buizen	$M = a * P^b$
A1-A3		Drawing of pipes, steel	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (86,6% primair, 13,4% secundair)	67,2	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Wiring, piping and expansion valve	Copper, for wire	0059-fab&Koper, kathode, voor draad (European mix for cathodes o.b.v. 49% Copper {RER}) production, primary, 9% Copper {RER}) treatment of scrap by electrolytic refining & 42% Copper {GLO}) market for; 79% primair, 21% secundair)	19,7	kg	50% platen en 50% draad	$M = a * P^b$

A1-A3		Copper, for tubes	0287-fab&Koper, semis, voor plaat en buis (o.b.v. 33% 0059-fab&koper, kathode, 67% Copper {RER}) treatment of scrap by electrolytic refining; 26% primair, 74% secundair	19,7	kg		$M = a * P^b$
A1-A3		Sheet rolling, copper	0147-pro&Draad trekken, koper (o.b.v. Wire drawing, copper {GLO}) market for Cut-off, U	19,7	kg		$M = a * P^b$
A1-A3		Wire drawing, copper	0147-pro&Draad trekken, koper (o.b.v. Wire drawing, copper {GLO}) market for Cut-off, U	19,7	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Pipework insulation	Elastomere	0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR (o.b.v. Synthetic rubber {GLO}) market for Cut-off, U	17,9	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Wiring insulation	Polyvinylchloride	0200-fab&PVC, folie (o.b.v. Polyvinylchloride, suspension polymerised {GLO}) market for Cut-off, U + Extrusion, plastic film {GLO}) market for Cut-off, U	1,8	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Lubricating oil	Polyester oil	0456-fab&Smeerolie (o.b.v. Lubricating oil {RER}) market for lubricating oil Cut-off, U	3,0	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Refrigerant	Refrigerant	0130-pro&Propaan, productie, per kg (o.b.v. Liquefied petroleum gas {RoW}) market for Cut-off, U	3,98	kg		$RF = a * P^b$
A1-A3		Manufacturing losses	Verdampen propaan	0,12	kg	3% productieverlies	Geen, volgt uit al geschaalde data
A1-A3	Assembly of pump units	Electricity (NL)	0494-pro&Electriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	156,7	kWh		schaalt verhouding sgewijs mee met massa; $M = a * P^b$
A1-A3		Natural gas	0111-pro&Aardgas, verbrand, bij consument, per m3	49,4	m3	obv 31,7 MJ/m3	schaalt verhouding sgewijs mee met massa; $M = a * P^b$
A1-A3	Air fan	HDPE	0185-fab&Polyetheen, HDPE, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO}) market for Cut-off, U & Extrusion, plastic pipes {GLO}) market for Cut-off, U	0,6	kg		$M = a * P^b$
A1-A3		Copper, for wire	0059-fab&Koper, kathode, voor draad (European mix for cathodes o.b.v. 49% Copper {RER}) production, primary, 9% Copper {RER}) treatment of scrap by electrolytic refining & 42% Copper {GLO}) market for; 79% primair, 21% secundair	1,6	kg		$M = a * P^b$
A1-A3		Wire drawing, copper	0147-pro&Draad trekken, koper (o.b.v. Wire drawing, copper {GLO}) market for Cut-off, U	1,6	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Electronics	Electrolytic capacitor	0303-fab&Elektronica, passieve componenten (o.b.v. Electronic component, passive, unspecified {GLO}) market for Cut-off, U	2,8	kg		Geen schaling, massa elektronica onafhankelijk van vermogen warmtepomp
A1-A3		Other	0405-fab&Elektronica, printplaat, inclusief elektronische componenten (o.b.v. Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO}) market for Cut-off, U	1,1	kg		
A4	Transport, warmtepompunit	Transport naar bouwplaats	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U	36,4	tkm	forfaitair: 50km voor bulk, 150 km voor overig	Geen, volgt uit al geschaalde data

A5						Impact installatie verwaarloosbaar	
B1	Refrigerant	Operational losses	Verdampen propaan	1,2	kg	3% verlies per jaar met levensduur van 15 jaar voor split-type, 2% voor monoblock	Geen, volgt uit al geschaalde data
B2						Geen voorzien onderhoud bij normale omstandigheden	
B3						Geen voorziene reparaties bij normale omstandigheden	
B4	Refrigerant	Refill of refrigerant	0130-pro&Propaan, productie, per kg (o.b.v. Liquefied petroleum gas {RoW} market for Cut-off, U)	1,2	kg	3% verlies per jaar met levensduur van 15 jaar voor split-type, 2% voor monoblock	Geen, volgt uit al geschaalde data
B5						Geen voorziene hernieuwingen bij normale omstandigheden	
C1	Deinstallatie, refrigerant recovery	Propane, recovery	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	0,2	kWh	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	
C1		Propane, venting during recovery	Verdampen propaan	0,1	kg		
C2	Transport naar afvalverwerker	Warmtepompunit	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	15,2	tkm	Forfaitaire waarde	
C3	Recycling	Copper	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	34,8	kg	op basis van #42 koper, gemengd, zou ook #41 koper kunnen zijn	Geen, volgt uit al geschaalde data
C3		Steel	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	161,7	kg	o.b.v. #75 staal, zink / verzinkt staal	
C3		Elastomere	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland} market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	0,9	kg	o.b.v. #2 elastomeren	
C3		Polyvinylchloride (PVC)	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland} market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	1,3	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen	

C3		Electronics, warmtepompunit	Waste electric and electronic equipment {GLO} treatment of, shredding Cut-off, U	3,5	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C3		HDPE + LDPE	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	0,0	kg	o.b.v. #45 kunststoffen, overig
C3	AVI	Elastomere	0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg) (o.b.v. Waste rubber, unspecified {Europe without Switzerland}) treatment of waste rubber, unspecified, municipal incineration Cut-off, U)	15,2	kg	o.b.v. #2 elastomeren.
C3		Polyvinylchloride (PVC)	0265-avC&Verbranden PVC (21,51 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyvinylchloride {CH}) treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	0,4	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen
C4		Copper	0307-avC&Verbranden koperschroot (o.b.v. Scrap copper {RoW}) treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	2,0	kg	op basis van #42 koper, gemengd, zou ook #41 koper kunnen zijn
C4		Polyester oil	0106-pro&Verbranden, overig (o.b.v. Municipal solid waste {NL}) treatment of, incineration Cut-off, U)	2,6	kg	o.b.v. #51 organisch, via restmateriaal
C4		Propane	Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland}) market for hazardous waste, for incineration Cut-off, U	1,5	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C4			Verdampen propaan	0,0	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C4		Electronics, warmtepompunit	Residue from mechanical treatment, industrial device {RoW}) treatment of, municipal waste incineration Cut-off, U	1,4	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C3		HDPE + LDPE	0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW}) treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U)	0,5	kg	o.b.v. #45 kunststoffen, overig
C4		Stort	Copper	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}) treatment of, sanitary landfill Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	4,1	kg
C4	Steel		0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	8,5	kg	o.b.v. #75 staal, zink / verzinkt staal
C4	Elastomere		0251-sto&Stort PE (o.b.v. Waste polyethylene {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, sanitary landfill Cut-off, U), ook elastomeren als epdm	1,8	kg	o.b.v. #2 elastomeren
C4	Polyvinylchloride (PVC)		0252-sto&Stort PVC (o.b.v. Waste polyvinylchloride {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyvinylchloride, sanitary landfill Cut-off, U)	0,2	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen
C4	Polyester oil		0254-sto&Stort huishoudelijk afval (o.b.v. Municipal solid waste {RoW}) treatment of, sanitary landfill Cut-off, U)	0,5	kg	o.b.v. #51 organisch, via restmateriaal
C4	Electronics, warmtepompunit		Waste plastic, consumer electronics {GLO} treatment of waste plastic, consumer electronics, sanitary landfill, wet infiltration class (500mm) Cut-off, U	0,2	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage

D	Recycling	Copper	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER} production, primary Cut-off, U)	15,8	kg		Geen, volgt uit al geschaalde data
D		Steel	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot	135,5	kg		
D		elastomeer	0444-reD&Module D, EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styreen butadien rubber - SBR, per kg NETTO geleverd rubber (o.b.v. vermeden Synthetic rubber {RER} production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0,6	kg		
D		PVC	0279-reD&Module D, PVC, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyvinylchloride, suspension polymerised {RER} polyvinylchloride production, suspension polymerisation Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0,8	kg		
D		Propane, saved product	0130-pro&Propan, productie, per kg (o.b.v. Liquefied petroleum gas {RoW} market for Cut-off, U)	2,1	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	
D		Propane, regeneration processes	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	0,1	kWh	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	
D			Verdampen propan	0,0	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	
D			Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland} market for hazardous waste, for incineration Cut-off, U	0,2	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	
D		Electronics, warmtepompunit	Gold, unrefined {RoW} gold mine operation and gold production, unrefined Cut-off, U	-0,0015	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	
D			0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER} production, primary Cut-off, U)	0,2619	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	
D		HDPE + LDPE	0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyethylene, high density, granulate {RER} production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0,0	kg		
D		AVI	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	421,8	MJ		
D	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)		22,6	MJ			

Tabel 10: Decompositietabel van bodem-water warmtepomp bij standaard thermisch vermogen

van 10 kW. De rode rijen verwijzen naar processen met betrekking tot de warmtepompunit, de blauwe rijen naar de warmtebron en de groene rijen naar elektronische componenten. *RF* staat voor koelvloeistof in kg, *M* voor massa in kg, *P* voor thermisch vermogen in kW en *a* en *b* zijn schalingsfactoren (zie Bijlage II).

Fase	Product (onderdeel)	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Hoeveelheid	Eenheid	Toelichting	Schalings formule
Warmtepompunit							
A1-A3	Evaporator and condenser	Sheet rolling, steel	0317-fab&Staal, warmgewalst, plaat- en bandstaal {GLO} (82,7% primair, 17,3% secundair)	12,80	kg	50% platen, 50% buizen	$M = a * P^b$

A1-A3		Drawing of pipes, steel	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (86,6% primair, 13,4% secundair)	12,80	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Housing and compressor	Sheet rolling, steel	0317-fab&Staal, warmgewalst, plaat- en bandstaal {GLO} (82,7% primair, 17,3% secundair)	47,98	kg	50% platen, 50% buizen	$M = a * P^b$
A1-A3		Drawing of pipes, steel	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (86,6% primair, 13,4% secundair)	47,98	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Wiring, piping and expansion valve	Copper, for wire	0059-fab&Koper, kathode, voor draad (European mix for cathodes o.b.v. 49% Copper {RER} production, primary, 9% Copper {RER} treatment of scrap by electrolytic refining & 42% Copper {GLO} market for; 79% primair, 21% secundair)	14,08	kg	50% platen en 50% draad	$M = a * P^b$
A1-A3		Copper, for tubes	0287-fab&Koper, semis, voor plaat en buis (o.b.v. 33% 0059-fab&koper, kathode, 67% Copper {RER} treatment of scrap by electrolytic refining; 26% primair, 74% secundair)	14,08	kg		$M = a * P^b$
A1-A3		Sheet rolling, copper	0147-pro&Draad trekken, koper (o.b.v. Wire drawing, copper {GLO} market for Cut-off, U)	14,08	kg		$M = a * P^b$
A1-A3		Wire drawing, copper	0147-pro&Draad trekken, koper (o.b.v. Wire drawing, copper {GLO} market for Cut-off, U)	14,08	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Pipework insulation	Elastomere	0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR (o.b.v. Synthetic rubber {GLO} market for Cut-off, U)	12,80	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Wiring insulation	Polyvinylchloride	0200-fab&PVC, folie (o.b.v. Polyvinylchloride, suspension polymerised {GLO} market for Cut-off, U + Extrusion, plastic film {GLO} market for Cut-off, U)	1,28	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Lubricating oil	Polyester oil	0456-fab&Smeerolie (o.b.v. Lubricating oil {RER} market for lubricating oil Cut-off, U)	2,18	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Refrigerant	R-134a	0489-fab&Koudemiddel-R134a (o.b.v. "Refrigerant R134a {GLO} market for Cut-off, U")	2,04	kg		$RF = a * P^b$
A1-A3		Manufacturing losses	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U	0,06	kg	3% productieverlies	Geen, volgt uit al geschaalde data
A1-A3	Assembly of pump units	Electricity (NL)	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	119,78	kWh		schaalt verhoudingsgewijs mee met massa; $M = a * P^b$
A1-A3		Natural gas	0111-pro&Aardgas, verbrand, bij consument, per m3	35,32	m3	obv 31,7 MJ/m3	schaalt verhoudingsgewijs mee met massa; $M = a * P^b$
A1-A3	Electronics	Electrolytic capacitor + Inductor	0303-fab&Elektronica, passieve componenten (o.b.v. Electronic component, passive, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	2,79	kg		Geen schaling, massa elektronica onafhankelijk van vermogen warmtepomp
A1-A3		Other	0405-fab&Elektronica, printplaat, inclusief elektronische componenten (o.b.v. Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO} market for Cut-off, U)	1,13	kg		
Warmtebron							
A1-A3	Heat collector pipework	HDPE (HHC)	0185-fab&Polyethleen, HDPE, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Cut-off, U & Extrusion, plastic pipes {GLO} market for Cut-off, U)	150,60	kg	Gemiddelde genomen van Horizontal Heat Collector (HHC) en Vertical Heat	$M = a * P$
A1-A3		HDPE (VHC)	0185-fab&Polyethleen, HDPE, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate	91,55	kg		

			{GLO} market for Cut-off, U & Extrusion, plastic pipes {GLO} market for Cut-off, U)			Collector (VHC). Daarom referentiewaarden gedeeld door 2.	
A1-A3	Heat collector pipework insulation	LDPE	0012-fab&Polyetheen, LDPE, folie (o.b.v. Packaging film, low density polyethylene {GLO} market for Cut-off, U)	4,70	kg		
A1-A3	Heat carrier liquid	Diethylene glycol (HHC)	0488-fab&Koelmiddel, glycol (o.b.v. "Diethylene glycol {RER} ethylene glycol production Cut-off, U")	83,50	kg	Gemiddelde genomen van HHC en VHC. Daarom referentiewaarden gedeeld door 2.	
A1-A3		Diethylene glycol (VHC)	0488-fab&Koelmiddel, glycol (o.b.v. "Diethylene glycol {RER} ethylene glycol production Cut-off, U")	50,10	kg		
A1-A3	Manifold	Brass	0056-fab&Messing (o.b.v. Brass {RoW} production Cut-off, U)	6,60	kg		
A1-A3	Back-fill	Cement (VHC only)	0172-fab&Cement, CEM I (o.b.v. CEM I 52.5 R)	9,55	kg	Gemiddelde genomen van HHC en VHC. Daarom referentiewaarden gedeeld door 2.	
A1-A3		Bentonite (VHC only)	0188-fab&Klei (o.b.v. Clay {RoW} market for clay Cut-off, U)	1,90	kg		
A1-A3	Scaffolding, rods, supports	Reinforcing steel	0167-fab&Staal, wapening, ongelegeerd (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. 21,5% Steel, unalloyed, 78,5% Steel, low-alloyed & Hot rolling, steel {GLO} market for Cut-off, U; 17,8% primair, 82,2% secundair)	33,00	kg		Constante waarde
A4	Transport, warmtepomp unit	Transport naar bouwplaats	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	25,78	tkm	forfaitair: 50km voor bulk, 150 km voor overig	Geen, volgt uit al geschaalde data
A4	Transport, warmtebron	Transport naar bouwplaats	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	63,58	tkm		
A5	Installation	Diesel (VHC)	0340-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IV, alle vermogens, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)	0,01	m3	Gemiddelde genomen van HHC en VHC. Daarom referentiewaarden gedeeld door 2.	$M = a * P$
A5		Diesel (HHC)	0340-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IV, alle vermogens, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)	0,14	m3		
B1	Refrigerant	Operational losses	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U	0,59	kg	3% verlies per jaar met levensduur van 15 jaar voor split unit, 2% voor monoblock	Geen, volgt uit al geschaalde data
B1	B1 vervangen warmtepomp unit		Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U	1,39	kg	Levensduur warmtepomp unit = 15 jaar, warmtebron = 50 jaar. Aantal vervangingen = 2,33	
B2						Geen voorzien onderhoud bij normale omstandigheden	

B3						Geen voorzien reparaties bij normale omstandighe den	
B4	Refrigerant	Refill of refrigerant	0489-fab&Koudemiddel-R134a (o.b.v. "Refrigerant R134a {GLO} market for Cut- off, U")	0,59	kg	3% verlies per jaar met levensduur van 15 jaar voor split unit, 2% voor monoblock	<i>Geen, volgt uit al geschaalde data</i>
B4	Vervanging warmtepomp unit		Alle processen in A & C en B4	2,33	aantal vervangin gen	Levensduur warmtepomp unit = 15 jaar, warmtebron = 50 jaar	
B5						Geen voorzien hernieuwinge n bij normale omstandighe den	
C1	Deinstallation	Diesel (VHC)	0340-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IV, alle vermogens, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)	0,01	m3	Aanname: zelfde als installatie	Geen, volgt uit al geschaalde data
C1		Diesel (HHC)	0340-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IV, alle vermogens, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)	0,14	m3		
C1	Deinstallation refrigerant recovery	R-134a, recovery	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	0,09	kWh	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	
C1		R-134a, venting during recovery	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U	0,03	kg		
C1		Diethylene glycol, recovery	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	6,15	kWh		
C2	Transport naar afvalverwerke r	Warmtepo mpunit	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	10,85	tkm	Forfaitaire waarde	
C2		Warmtebro n	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	15,22	tkm	Forfaitaire waarde	
C3	Recycling	Copper	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	23,93	kg	op basis van #42 koper, gemengd, zou ook #41 koper kunnen zijn	
C3		Steel	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	115,48	kg	o.b.v. #75 staal, zink / verzinkt staal	
C3		Elastomere	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	0,64	kg	o.b.v. #2 elastomeren	

C3		Polyvinylchloride (PVC)	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	0,90	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen
C3		Electronics	Waste electric and electronic equipment {GLO} treatment of, shredding Cut-off, U	3,53	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C3		Steel	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	37,62	kg	o.b.v. #75 staal, zink / verzinkt staal
C3		Bentonite + cement	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)	11,34	kg	o.b.v. #11 beton, heipalen, vrijruimte
C3	AVI	Elastomere	0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg) (o.b.v. Waste rubber, unspecified {Europe without Switzerland}) treatment of waste rubber, unspecified, municipal incineration Cut-off, U)	10,88	kg	o.b.v. #2 elastomeren.
C3		Polyvinylchloride (PVC)	0265-avC&Verbranden PVC (21,51 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyvinylchloride {CH}) treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	0,26	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen
C4		Copper	0307-avC&Verbranden koperschroot (o.b.v. Scrap copper {RoW}) treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	1,41	kg	op basis van #42 koper, gemengd, zou ook #41 koper kunnen zijn
C4		Polyester oil	0106-pro&Verbranden, overig (o.b.v. Municipal solid waste {NL}) treatment of, incineration Cut-off, U)	1,85	kg	o.b.v. #51 organisch, via restmateriaal
C4		R-134a	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, final disposal Cut-off, U	0,78	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C4		Electronics	Residue from mechanical treatment, industrial device {RoW} treatment of, municipal waste incineration Cut-off, U	1,37	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C4		Diethylene glycol	Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland}) market for hazardous waste, for incineration Cut-off, U	15,16	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C3		HDPE + LDPE	0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW}) treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U)	27,11	kg	o.b.v. 18 drainage buizen horizontale drainbuizen
C4	Stort	Copper	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}) treatment of, sanitary landfill Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	2,82	kg	op basis van #42 koper, gemengd, zou ook #41 koper kunnen zijn
C4		Steel	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	6,08	kg	o.b.v. #75 staal, zink / verzinkt staal
C4		Elastomere	0251-sto&Stort PE (o.b.v. Waste polyethylene {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, sanitary landfill Cut-off, U), ook elastomeren als epdm	1,28	kg	o.b.v. #2 elastomeren

C4		Polyvinylchloride (PVC)	0252-sto&Stort PVC (o.b.v. Waste polyvinylchloride {Europe without Switzerland} treatment of waste polyvinylchloride, sanitary landfill Cut-off, U)	0,13	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen
C4		Polyester oil	0254-sto&Stort huishoudelijk afval (o.b.v. Municipal solid waste {RoW} treatment of, sanitary landfill Cut-off, U)	0,33	kg	o.b.v. #51 organisch, via restmateriaal
C4		Electronics	Waste plastic, consumer electronics {GLO} treatment of waste plastic, consumer electronics, sanitary landfill, wet infiltration class (500mm) Cut-off, U	0,20	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C4		Steel	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	1,98	kg	o.b.v. #75 staal, zink / verzinkt staal
C4		Cement	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland} treatment of waste concrete, inert material landfill Cut-off, U)	0,10	kg	o.b.v. #11beton, heipalen, vrije ruimte
C4		Bentonite	0247-sto&Stort inert afval (o.b.v. Inert waste, for final disposal {RoW} treatment of inert waste, inert material landfill Cut-off, U) fijn-/grofkeramisch, grind, kalkzandsteen, schelpen, zand	0,02	kg	o.b.v. #11beton, heipalen, vrije ruimte
C4		HDPE + LDPE	0251-sto&Stort PE (o.b.v. Waste polyethylene {Europe without Switzerland} treatment of waste polyethylene, sanitary landfill Cut-off, U), ook elastomeren als epdm	3,01	kg	o.b.v. 18 drainage buizen horizontale drainbuizen
C4	Laten zitten	HDPE + LDPE	0313-sto&Stort PE, ongecontroleerd ('laten zitten') (o.b.v. Waste polyethylene {GLO} treatment of waste polyethylene, unsanitary landfill, moist infiltration class (300mm) Cut-off, U)	96,25	kg	o.b.v. #19 drainage buizen verticale drains
C4		HDPE + LDPE	0313-sto&Stort PE, ongecontroleerd ('laten zitten') (o.b.v. Waste polyethylene {GLO} treatment of waste polyethylene, unsanitary landfill, moist infiltration class (300mm) Cut-off, U)	120,48	kg	o.b.v. 18 drainage buizen horizontale drainbuizen
D	Recycling	Copper	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER} production, primary Cut-off, U)	10,57	kg	Geen, volgt uit al geschaalde data
D		Steel	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot	96,82	kg	
D		elastomeer	0444-reD&Module D, EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styreen butadien rubber - SBR, per kg NETTO geleverd rubber (o.b.v. vermeden Synthetic rubber {RER} production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0,43	kg	
D		PVC	0279-reD&Module D, PVC, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyvinylchloride, suspension polymerised {RER} polyvinylchloride production, suspension polymerisation Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0,60	kg	
D		R-134a, saved product	0489-fab&Koudemiddel-R134a (o.b.v. "Refrigerant R134a {GLO} market for Cut-off, U")	-1,05	kg	
D		R-134a, regeneration processes	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, reclamation Cut-off, U	1,17	kg	
D		Electronics	Gold, unrefined {RoW} gold mine operation and gold production, unrefined Cut-off, U	-0,001	kg	
D						

D		0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER}) production, primary Cut-off, U)	0,26	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
D	Diethylene glycol, regeneratie processen	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	5,53	kWh	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
D	Diethylene glycol, saved product	0488-fab&Koelmiddel, glycol (o.b.v. "Diethylene glycol {RER}) ethylene glycol production Cut-off, U")	-118,44	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
D	Steel	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot	10,49	kg	
D	Bentonite	0384-reD&Module D, Klei, per kg NETTO geleverd klei (o.b.v. Clay {CH}) clay pit operation Cut-off, U)	1,88	kg	
D	cement	0271-reD&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW}) gravel and sand quarry operation Cut-off, U)	9,45	kg	
D	AVI	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	301,34	MJ	
D		0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	1151,28	MJ	
D	Vervanging warmtepomp punit	Alle processen in module D	2,33	aantal vervangingen	Levensduur warmtepomp unit = 15 jaar, warmtebron = 50 jaar

Tabel 11: Decompositietabel van water-water warmtepomp bij standaard thermisch vermogen van 10 kW. De rode rijen verwijzen naar processen met betrekking tot de warmtepompunit, de blauwe rijen naar de warmtebron en de groene rijen naar elektronische componenten. *RF* staat voor koelvloeistof in kg, *M* voor massa in kg, *P* voor thermisch vermogen in kW en *a* en *b* zijn schalingsfactoren (zie Bijlage II).

Fase	Product (onderdeel)	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Hoeveelheid	Eenheid	Toelichting	Schalings formule
Warmtepompunit							
A1-A3	Evaporator and condenser	Sheet rolling, steel	0317-fab&Staal, warmgewalst, plaat- en bandstaal {GLO} (82,7% primair, 17,3% secundair)	10,89	kg	50% platen, 50% buizen	$M = a * P^b$
A1-A3		Drawing of pipes, steel	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (86,6% primair, 13,4% secundair)	10,89	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Housing and compressor	Sheet rolling, steel	0317-fab&Staal, warmgewalst, plaat- en bandstaal {GLO} (82,7% primair, 17,3% secundair)	40,84	kg	50% platen, 50% buizen	$M = a * P^b$
A1-A3		Drawing of pipes, steel	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (86,6% primair, 13,4% secundair)	40,84	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Wiring, piping and expansion valve	Copper, for wire	0059-fab&Koper, kathode, voor draad (European mix for cathodes o.b.v. 49% Copper {RER}) production, primary, 9% Copper {RER}) treatment of scrap by electrolytic refining & 42% Copper {GLO}) market for; 79% primair, 21% secundair)	11,98	kg	50% platen en 50% draad	$M = a * P^b$
A1-A3		Copper, for tubes	0287-fab&Koper, semis, voor plaat en buis (o.b.v. 33% 0059-fab&koper, kathode, 67% Copper {RER}) treatment of scrap by electrolytic refining; 26% primair, 74% secundair)	11,98	kg		$M = a * P^b$

A1-A3		Sheet rolling, copper	0147-pro&Draad trekken, koper (o.b.v. Wire drawing, copper {GLO}) market for Cut-off, U)	11,98	kg		$M = a * P^b$
A1-A3		Wire drawing, copper	0147-pro&Draad trekken, koper (o.b.v. Wire drawing, copper {GLO}) market for Cut-off, U)	11,98	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Pipework insulation	Elastomere	0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR (o.b.v. Synthetic rubber {GLO}) market for Cut-off, U)	10,89	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Wiring insulation	Polyvinylchloride	0200-fab&PVC, folie (o.b.v. Polyvinylchloride, suspension polymerised {GLO}) market for Cut-off, U + Extrusion, plastic film {GLO}) market for Cut-off, U)	1,09	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Lubricating oil	Polyester oil	0456-fab&Smeerolie (o.b.v. Lubricating oil {RER}) market for lubricating oil Cut-off, U)	1,85	kg		$M = a * P^b$
A1-A3	Refrigerant	R-134a	0489-fab&Koudemiddel-R134a (o.b.v. "Refrigerant R134a {GLO}) market for Cut-off, U")	2,51	kg		$RF = a * P^b$
A1-A3		Manufacturing losses	Used refrigerant R134a {GLO}) treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U)	0,08	kg	3% productieverlies	Geen, volgt uit al geschaalde data
A1-A3	Assembly of pump units	Electricity (NL)	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	101,95	kWh		schaalt verhoudingsgewijs mee met massa; $M = a * P^b$
A1-A3		Natural gas	0111-pro&Aardgas, verbrand, bij consument, per m3	30,06	m3	obv 31,7 MJ/m3	schaalt verhoudingsgewijs mee met massa; $M = a * P^b$
A1-A3	Electronics	Electrolytic capacitor + Inductor	0303-fab&Elektronica, passieve componenten (o.b.v. Electronic component, passive, unspecified {GLO}) market for Cut-off, U)	2,79	kg		Geen schaling, massa elektronica onafhankelijk van vermogen warmtepomp
A1-A3		Other	0405-fab&Elektronica, printplaat, inclusief elektronische componenten (o.b.v. Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO}) market for Cut-off, U)	1,13	kg		
Warmtebron							
A1-A3	Heat collector pipework	HDPE (HHC)	0185-fab&Polyetheen, HDPE, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO}) market for Cut-off, U & Extrusion, plastic pipes {GLO}) market for Cut-off, U)	150,60	kg	Gemiddelde genomen van Horizontaal Heat Collector (HHC) en Verticaal Heat Collector (VHC). Daarom referentiewaarden gedeeld door 2.	$M = a * P$
A1-A3		HDPE (VHC)	0185-fab&Polyetheen, HDPE, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO}) market for Cut-off, U & Extrusion, plastic pipes {GLO}) market for Cut-off, U)	97,45	kg		
A1-A3	Heat collector pipework insulation	LDPE	0012-fab&Polyetheen, LDPE, folie (o.b.v. Packaging film, low density polyethylene {GLO}) market for Cut-off, U)	4,70	kg		
A1-A3	Heat carrier liquid	Diethylene glycol (HHC)	0488-fab&Koelmiddel, glycol (o.b.v. "Diethylene glycol {RER}) ethylene glycol production Cut-off, U")	83,50	kg	Gemiddelde genomen van HHC en VHC. Daarom referentiewaarden gedeeld door 2.	
A1-A3		Diethylene glycol (VHC)	0488-fab&Koelmiddel, glycol (o.b.v. "Diethylene glycol {RER}) ethylene glycol production Cut-off, U")	50,10	kg		
A1-A3	Weights	Cast iron (HHC)	0220-fab&Gietijzer (o.b.v. Cast iron {GLO}) market for Cut-off, U; 61,3% primair, 38,7% secundair)	17,00	kg		

A1-A3		Cast iron (VHC)	0220-fab&Gietijzer (o.b.v. Cast iron {GLO}) market for Cut-off, U; 61,3% primair, 38,7% secundair)	4,25	kg		
A1-A3	Manifold	Brass	0056-fab&Messing (o.b.v. Brass {RoW}) production Cut-off, U)	6,60	kg		
A1-A3	Back-fill	Cement (VHC only)	0172-fab&Cement, CEM I (o.b.v. CEM I 52.5 R)	0,65	kg	Gemiddelde genomen van HHC en VHC. Daarom referentiewaarden gedeeld door 2.	
A1-A3		Bentonite (VHC only)	0188-fab&Klei (o.b.v. Clay {RoW}) market for clay Cut-off, U)	0,15	kg		
A1-A3	Scaffolding, rods, supports	Reinforcing steel	0167-fab&Staal, wapening, ongelegeerd (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. 21,5% Steel, unalloyed, 78,5% Steel, low-alloyed & Hot rolling, steel {GLO}) market for Cut-off, U; 17,8% primair, 82,2% secundair)	33,00	kg		Constante waarde
A4	Transport, warmtepomp unit	Transport naar bouwplaats	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	22,14	tkm	forfaitair: 50km voor bulk, 150 km voor overig	Geen, volgt uit al geschaalde data
A4	Transport, warmtebron	Transport naar bouwplaats	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	67,12	tkm		
A5	Installation	Diesel (VHC)	0340-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IV, alle vermogens, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)	0,01	m3	Gemiddelde genomen van HHC en VHC. Daarom referentiewaarden gedeeld door 2.	$M = a * P$
B1	Refrigerant	Operational losses	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U	0,73	kg	3% verlies per jaar met levensduur van 15 jaar voor split unit, 2% voor monoblock	Geen, volgt uit al geschaalde data
B1	B1 vervangen warmtepomp unit		Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U	1,71	kg	Levensduur warmtepomp unit = 15 jaar, warmtebron = 50 jaar. Aantal vervangingen = 2,33	
B2						Geen voorzien onderhoud bij normale omstandigheden	
B3						Geen voorziene reparaties bij normale omstandigheden	
B4	Refrigerant	Refill of refrigerant	0489-fab&Koudemiddel-R134a (o.b.v. "Refrigerant R134a {GLO}) market for Cut-off, U")	0,73	kg	3% verlies per jaar met levensduur van 15 jaar voor split unit, 2% voor monoblock	Geen, volgt uit al geschaalde data

B4	Vervanging warmtepomp unit		Alle processen in A & C en B4	2,33	aantal vervangingen	Levensduur warmtepomp unit = 15 jaar, warmtebron = 50 jaar	
B5						Geen voorziene hernieuwingen bij normale omstandigheden	
C1	Deinstallatie	Diesel (VHC)	0340-pro&Dieselverbruik, bouwmachine cat. IV, alle vermogens, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)	0,01	m3	Aanname: zelfde als installatie	
C1	Deinstallatie refrigerant recovery	R-134a, recovery	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	0,11	kWh	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	
C1		R-134a, venting during recovery	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U	0,04	kg		
C1		Diethylene glycol, recovery	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	6,15	kWh	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	
C2	Transport naar afvalverwerker	Warmtepompunit	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	9,36	tkm	Forfaitaire waarde	Geen, volgt uit al geschaalde data
C2		Warmtebron	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	15,80	tkm	Forfaitaire waarde	
C3	Recycling	Copper	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	20,37	kg	op basis van #42 koper, gemengd, zou ook #41 koper kunnen zijn	
C3		Steel	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	98,29	kg	o.b.v. #75 staal, zink / verzinkt staal	
C3		Elastomere	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	0,54	kg	o.b.v. #2 elastomeren	
C3		Polyvinylchloride (PVC)	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	0,76	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen	
C3		Electronics	Waste electric and electronic equipment {GLO} treatment of, shredding Cut-off, U	3,53	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage	
C3		HDPE + LDPE	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) market for waste polyethylene, for recycling, sorted Cut-off, U)	0,00	kg	o.b.v. #45 kunststoffen, overig	

C3		Steel	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	57,81	kg	o.b.v. #75 staal, zink / verzinkt staal
C3		Bentonite + cement	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)	0,79	kg	o.b.v. #11beton, heipalen, vrijruimte
C3	AVI	Elastomere	0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg) (o.b.v. Waste rubber, unspecified {Europe without Switzerland} treatment of waste rubber, unspecified, municipal incineration Cut-off, U)	9,26	kg	o.b.v. #2 elastomeren.
C3		Polyvinylchloride (PVC)	0265-avC&Verbranden PVC (21,51 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyvinylchloride {CH} treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	0,22	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen
C4		Copper	0307-avC&Verbranden koperschroot (o.b.v. Scrap copper {RoW} treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	1,20	kg	op basis van #42 koper, gemengd, zou ook #41 koper kunnen zijn
C4		Polyester oil	0106-pro&Verbranden, overig (o.b.v. Municipal solid waste {NL} treatment of, incineration Cut-off, U)	1,57	kg	o.b.v. #51 organisch, via restmateriaal
C4		R-134a	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, final disposal Cut-off, U	0,96	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C4		Electronics	Residue from mechanical treatment, industrial device {RoW} treatment of, municipal waste incineration Cut-off, U	1,37	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C4		Diethylene glycol	Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland} market for hazardous waste, for incineration Cut-off, U	15,16	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
C3		HDPE + LDPE	0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW} treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U)	27,11	kg	o.b.v. 18 drainage buizen horizontale drainbuizen
C4	Stort	Copper	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH} treatment of, sanitary landfill Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	2,40	kg	op basis van #42 koper, gemengd, zou ook #41 koper kunnen zijn
C4		Steel	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	5,17	kg	o.b.v. #75 staal, zink / verzinkt staal
C4		Elastomere	0251-sto&Stort PE (o.b.v. Waste polyethylene {Europe without Switzerland} treatment of waste polyethylene, sanitary landfill Cut-off, U), ook elastomeren als epdm	1,09	kg	o.b.v. #2 elastomeren
C4		Polyvinylchloride (PVC)	0252-sto&Stort PVC (o.b.v. Waste polyvinylchloride {Europe without Switzerland} treatment of waste polyvinylchloride, sanitary landfill Cut-off, U)	0,11	kg	o.b.v. #64 pvc, leidingen
C4		Polyester oil	0254-sto&Stort huishoudelijk afval (o.b.v. Municipal solid waste {RoW} treatment of, sanitary landfill Cut-off, U)	0,28	kg	o.b.v. #51 organisch, via restmateriaal
C4		Electronics	Waste plastic, consumer electronics {GLO} treatment of waste plastic, consumer electronics, sanitary landfill, wet infiltration class (500mm) Cut-off, U	0,20	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage

C4		Steel	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	3,04	kg	o.b.v. #75 staal, zink / verzinkt staal	
C4		Cement	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}) treatment of waste concrete, inert material landfill Cut-off, U)	0,01	kg	o.b.v. #11beton, heipalen, vrijruimte	
C4		Bentonite	0247-sto&Stort inert afval (o.b.v. Inert waste, for final disposal {RoW}) treatment of inert waste, inert material landfill Cut-off, U) fijn-/grofkeramisch, grind, kalkzandsteen, schelpen, zand	0,002	kg	o.b.v. #11beton, heipalen, vrijruimte	
C4		HDPE + LDPE	0251-sto&Stort PE (o.b.v. Waste polyethylene {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, sanitary landfill Cut-off, U), ook elastomeren als epdm	3,01	kg	o.b.v. 18 drainage buizen horizontale drainbuizen	
C4	Laten zitten	HDPE + LDPE	0313-sto&Stort PE, ongecontroleerd ('laten zitten') (o.b.v. Waste polyethylene {GLO}) treatment of waste polyethylene, unsanitary landfill, moist infiltration class (300mm) Cut-off, U)	102,15	kg	o.b.v. #19 drainage buizen verticale drains	
C4		HDPE + LDPE	0313-sto&Stort PE, ongecontroleerd ('laten zitten') (o.b.v. Waste polyethylene {GLO}) treatment of waste polyethylene, unsanitary landfill, moist infiltration class (300mm) Cut-off, U)	120,48	kg	o.b.v. 18 drainage buizen horizontale drainbuizen	
D	Recycling	Copper	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER}) production, primary Cut-off, U)	8,99	kg	Geen, volgt uit al geschaalde data	
D		Steel	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot	82,41	kg		
D		elastomeer	0444-reD&Module D, EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styreen butadien rubber - SBR, per kg NETTO geleverd rubber (o.b.v. vermeden Synthetic rubber {RER}) production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0,36	kg		
D		PVC	0279-reD&Module D, PVC, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyvinylchloride, suspension polymerised {RER}) polyvinylchloride production, suspension polymerisation Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	0,51	kg		
D		R-134a, saved product	0489-fab&Koudemiddel-R134a (o.b.v. "Refrigerant R134a {GLO}) market for Cut-off, U")	-1,29	kg		
D		R-134a, regeneration processes	Used refrigerant R134a {GLO}) treatment of used refrigerant R134a, reclamation Cut-off, U)	1,44	kg		
D		Electronics	Gold, unrefined {RoW}) gold mine operation and gold production, unrefined Cut-off, U)	0,00	kg		
D			0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER}) production, primary Cut-off, U)	0,26	kg		
D		Diethylene glycol, regeneration processes	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	5,53	kWh		Nieuw einde leven scenario, zie rapportage

D		Diethylene glycol, saved product	0488-fab&Koelmiddel, glycol (o.b.v. "Diethylene glycol {RER}] ethylene glycol production Cut-off, U")	-118,44	kg	Nieuw einde leven scenario, zie rapportage
D		Steel	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot	22,46	kg	
D		Bentonite	0384-reD&Module D, Klei, per kg NETTO geleverd klei (o.b.v. Clay {CH}] clay pit operation Cut-off, U)	0,15	kg	
D		cement	0271-reD&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW}] gravel and sand quarry operation Cut-off, U)	0,64	kg	
D	AVI		0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	256,48	MJ	
D			0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	1151,28	MJ	
D	Vervanging warmtepompunit		Alle processen in module D	2,33	aantal vervangingen	Levensduur warmtepompunit = 15 jaar, warmtebron = 50 jaar

4. Resultaten

Berekening milieuprofiel

In deze LCA zijn de volgende rekenprocedures toegepast:

- De berekeningen in deze LCA zijn gemaakt volgens de eisen en richtlijnen van NEN-EN 15804+A2 (set 1 en set 2) en het "Protocol Opstellen en Peer Reviewen categorie 3 productkaarten GWW".
- De milieu-ingrepen zijn berekend met de methoden die zijn omschreven in NEN-EN 15804+A2, aangevuld met karakterisatiefactoren uit de CML-VLCA-rekenmethode. De gebruikte methode en Software versie per (deel)product zijn vastgelegd in Tabel 1.
- Indien van toepassing zijn de regels voor allocatie bij multi-input, -output, recycling- en hergebruikprocessen uit NEN-EN 15804 gevolgd, overeenkomstig de NEN-EN-ISO 14044.
- De LCA-berekeningen zijn uitgevoerd met SimaPro:
 - Ecoinvent processen zijn doorgerekend inclusief infrastructuurprocessen en kapitaalgoederen.
 - Ecoinvent processen zijn doorgerekend exclusief lange termijn (>100 jaar) emissies.
- Conform paragraaf 3.5 van de Bepalingsmethode zijn deze effectcategorieën omgerekend naar een milieukosten indicator (MKI) in euro's.

Gekarakteriseerde resultaten en gewogen resultaat

Gekarakteriseerde resultaten en het gewogen resultaat zijn in Tabel 12 en Tabel 13 weergegeven, per deelproduct en per functionele eenheid (stuks) voor het referentievermogen van 10 kW_t, voor zowel Set 1 als Set 2. De uitgebreide resultaten per module zijn opgenomen in Bijlage I. De levensduur van LW warmtepompen betreft 15 jaar, de levensduur van de BW en WW warmtepompen (als gehele productkaart) betreft 50 jaar, met vervanging van de warmtepompunit na 15 jaar.

Het wegen van resultaten is een proces waarbij de resultaten van verschillende milieueffectcategorieën worden omgezet naar een 1 punt' score, zodat ze integraal beschouwd kunnen worden. In deze studie wordt, conform de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken, gebruikgemaakt van de Milieu Kosten Indicator (MKI) om de verschillende effectcategorieën van set 1 te wegen tot één eindpunt.

Tabel 12: Resultaten deelproducten per functionele eenheid Set 1, bij referentievermogen van 10 kW_t.

Effectcategorie	Eenheid	LW, split unit, R-134a	LW, monoblock, R-134a	LW, monoblock, propaan	BW	WW
Abiotic depletion, non-fuel (AD)	kg Sb eq.	3,58E-01	3,57E-01	3,55E-01	1,30E+00	1,27E+00
Abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	8,64E+00	8,61E+00	8,64E+00	4,04E+01	3,26E+01
Global warming (GWP)	kg CO ₂ eq.	3,71E+03	2,94E+03	1,16E+03	8,14E+03	7,69E+03
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq.	3,68E-03	3,12E-03	1,21E-04	5,65E-03	6,65E-03
Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄	1,18E+00	1,17E+00	1,38E+00	4,18E+00	3,70E+00
Acidification (AP)	kg SO ₂ eq.	1,24E+01	1,24E+01	1,23E+01	4,01E+01	3,53E+01
Eutrophication (EP)	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq.	1,28E+00	1,28E+00	1,27E+00	4,48E+00	3,89E+00
Human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq.	1,64E+03	1,64E+03	1,63E+03	4,98E+03	4,28E+03
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq.	6,38E+01	6,38E+01	6,38E+01	2,06E+02	1,89E+02
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq.	2,16E+05	2,16E+05	2,15E+05	6,67E+05	6,06E+05
Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq.	1,79E+01	1,79E+01	1,78E+01	5,25E+01	4,67E+01
MKI	€	422,31	383,90	294,12	1.147,41	1.027,89

Tabel 13: Resultaten deelproducten per functionele eenheid Set 2, bij referentievermogen van 10 kW_t.

Effectcategorie	Eenheid	LW, split unit, R-134a	LW, monoblock, R-134a	LW, monoblock, propaan	BW	WW
Climate change	kg CO ₂ eq.	4,22E+03	3,31E+03	1,19E+03	8,82E+03	8,50E+03
Climate change - Fossil	kg CO ₂ eq.	4,21E+03	3,31E+03	1,18E+03	8,82E+03	8,50E+03
Climate change - Biogenic	kg CO ₂ eq.	2,94E+00	2,94E+00	2,96E+00	2,13E+00	4,31E+00
Climate change - Land use and LU ch	kg CO ₂ eq.	2,15E+00	2,14E+00	2,13E+00	6,62E+00	6,09E+00
Ozone depletion	kg CFC11 eq.	3,00E-03	2,54E-03	1,28E-04	4,72E-03	5,43E-03
Acidification	mol H ⁺ eq.	1,46E+01	1,46E+01	1,45E+01	4,76E+01	4,17E+01
Eutrophication, freshwater	kg P eq.	2,04E-01	2,04E-01	2,04E-01	6,38E-01	6,02E-01
Eutrophication, marine	kg N eq.	1,54E+00	1,54E+00	1,52E+00	5,88E+00	4,92E+00
Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	1,89E+01	1,89E+01	1,87E+01	7,05E+01	5,93E+01
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	5,84E+00	5,82E+00	6,13E+00	2,20E+01	1,86E+01
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	3,58E-01	3,57E-01	3,55E-01	1,30E+00	1,27E+00
Resource use, fossils	MJ	1,61E+04	1,60E+04	1,61E+04	7,85E+04	6,22E+04
Water use	m ³ depriv.	3,85E+02	3,81E+02	3,65E+02	1,48E+03	1,37E+03
Particulate matter	disease inc.	7,59E-05	7,56E-05	7,42E-05	2,60E-04	2,33E-04
Ionising radiation	kBq U-235 eq.	4,92E+01	4,91E+01	5,02E+01	2,27E+02	1,60E+02
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,45E+05	1,45E+05	1,44E+05	4,37E+05	4,00E+05
Human toxicity, cancer	CTUh	3,53E-06	3,51E-06	3,45E-06	1,14E-05	9,10E-06
Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,68E-04	1,68E-04	1,67E-04	4,78E-04	4,27E-04
Land use	Pt	5,82E+03	5,81E+03	5,81E+03	2,19E+04	1,92E+04
111. Energy, primary, renewable, exclusi	MJ	7,19E+00	7,19E+00	7,20E+00	1,97E+01	1,56E+01
113. Energy, primary, renewable, materia	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,29E+03	1,28E+03	1,27E+03	4,60E+03	4,29E+03

112. Energy, primary, non-renewable, exc	MJ	3,96E+03	3,96E+03	3,96E+03	9,80E+03	8,35E+03
114. Energy, primary, non-renewable, mat	MJ	1,45E-01	1,45E-01	1,45E-01	3,79E-01	3,24E-01
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,73E+04	1,72E+04	1,73E+04	8,40E+04	6,66E+04
108. Secondary material (kg)	kg	1,34E-01	1,34E-01	1,34E-01	3,26E-01	2,78E-01
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,46E+00	1,68E-01
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,57E+00	3,79E-01
104. Water, fresh water use (m ³)	m ³	1,21E+01	1,20E+01	1,16E+01	4,49E+01	4,16E+01
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,81E-01	6,81E-01	6,81E-01	1,65E+00	1,39E+00
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,71E+02	1,71E+02	1,69E+02	5,85E+02	5,20E+02
107. Waste, radioactive (kg)	kg	4,29E-02	4,28E-02	4,51E-02	2,49E-01	1,39E-01
120. Components for re-use (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

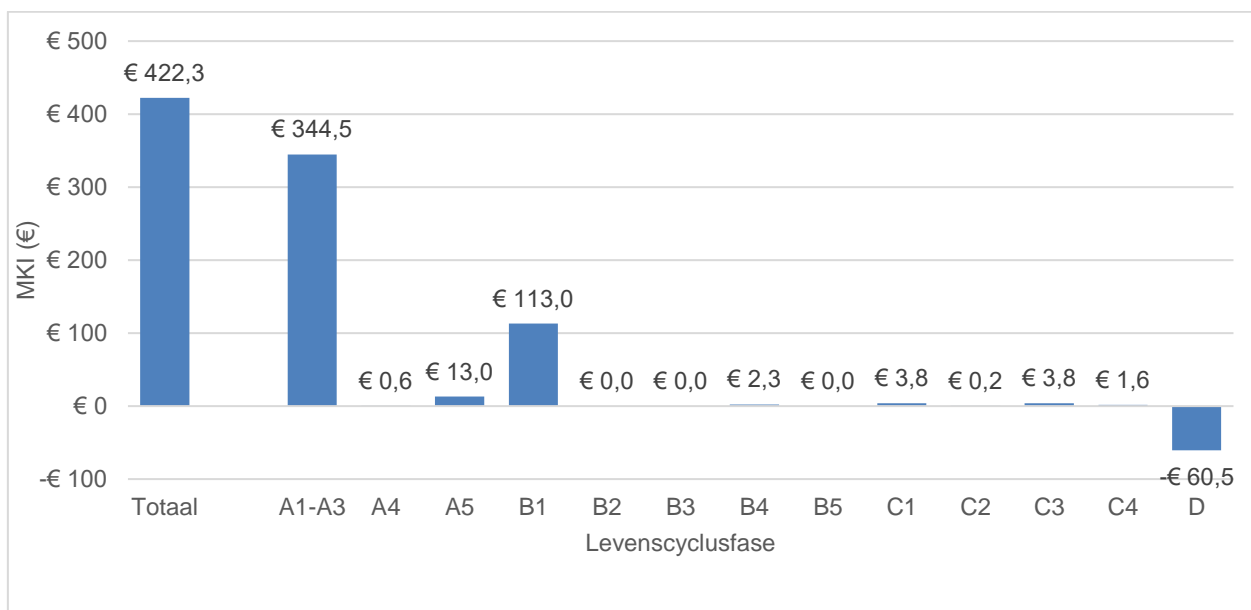
Duiding van de resultaten (Zwaartepuntanalyse)

In de navolgende paragrafen is per producteenheid de zwaartepunt analyse weergegeven. De zwaartepunt analyse laat respectievelijk zien;

- welke levensfase het met meeste bijdraagt aan de gewogen rekenresultaten
- welke processen het meest bijdragen aan de gewogen rekenresultaten

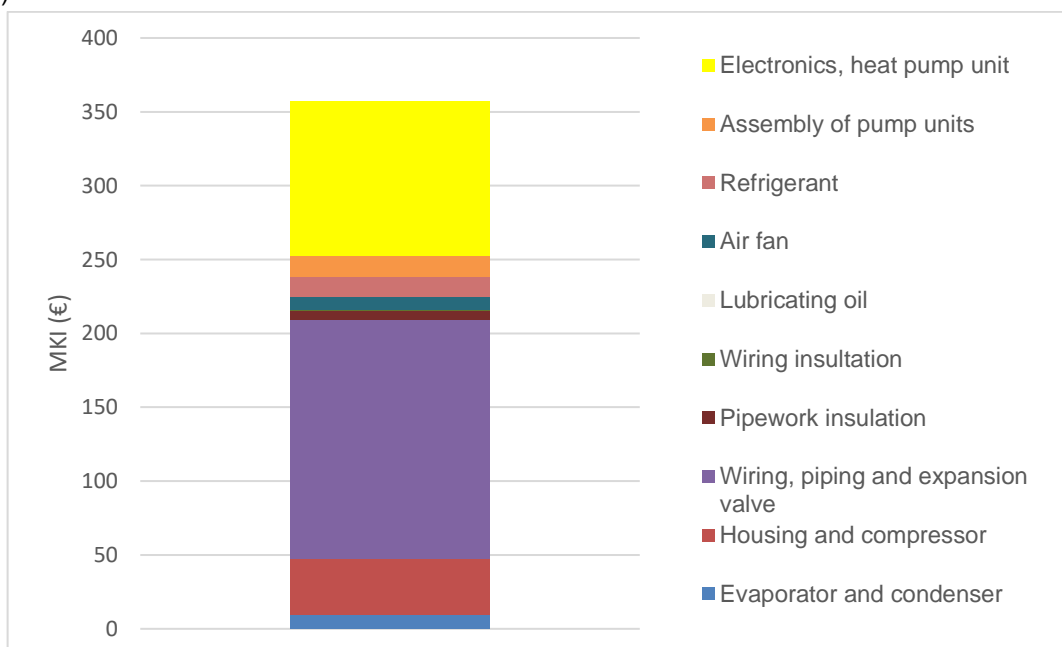
Lucht-water warmtepomp, split unit, koelvloeistof R-134a, 10 kW_t, levensduur 15 jaar

In Figuur 4 is de MKI van de LW warmtepomp (split unit, koelvloeistof R-134a) weergegeven per levensfase. In dit figuur is te zien dat de productiefase (A1-A3; 82%) en de gebruiksfase (B1; 27%) de grootste bijdrage leveren aan de totale MKI. De impact van de gebruiksfase is volledig afkomstig van de verdamping van R-134a. Een deel van de milieu-impact wordt in module D gecompenseerd (-14%), omdat een groot deel van de materialen gerecycled of verbrand wordt.



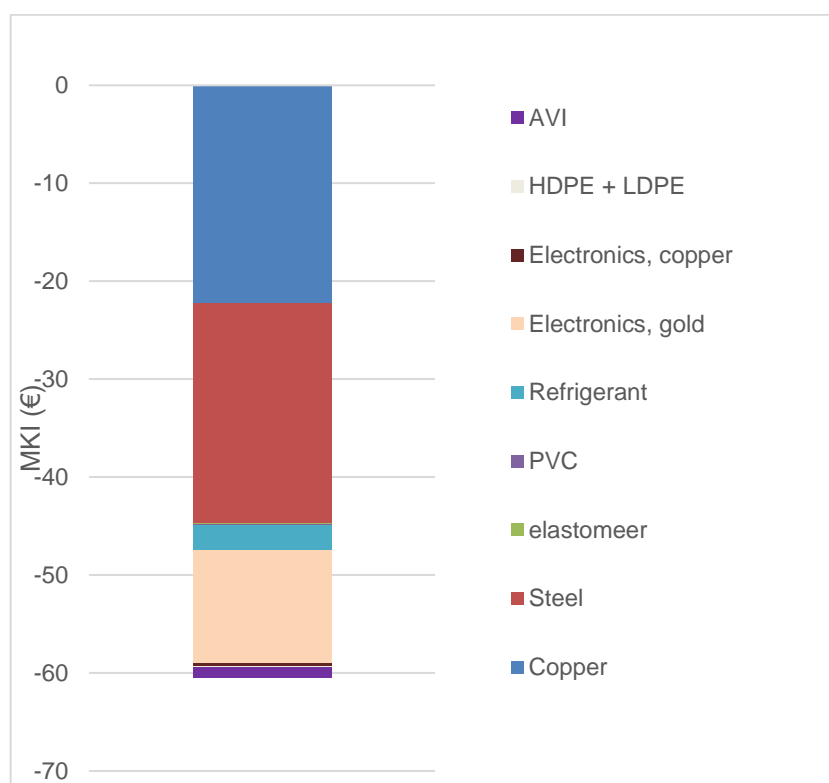
Figuur 4: Zwaartepuntanalyse lucht-water warmtepomp, split unit, koelvloeistof R-134a (10 kW_t), MKI opgesplitst per levensfase.

In Figuur 5 is de MKI van de productiefase (A1-A3) opgesplitst per proces. Hierin is te zien dat de grootste bijdrage aan de MKI afkomstig is van de koperen onderdelen (wiring, piping and expansion valve; 47%), gevolgd door de elektronische componenten (30%), en stalen behuizing en compressor (11%).



Figuur 5: Zwaartepuntanalyse lucht-water warmtepomp, split unit, koelvloeistof R-134a (10 kW_t), MKI van productiefase (A1-A3) opgesplitst per proces.

In Figuur 6 is de MKI van module D opgesplitst per proces. In dit figuur is te zien dat de hoogste baten behaald worden door het uitsparen van staal (37%), koper (37%) en goud (19%).

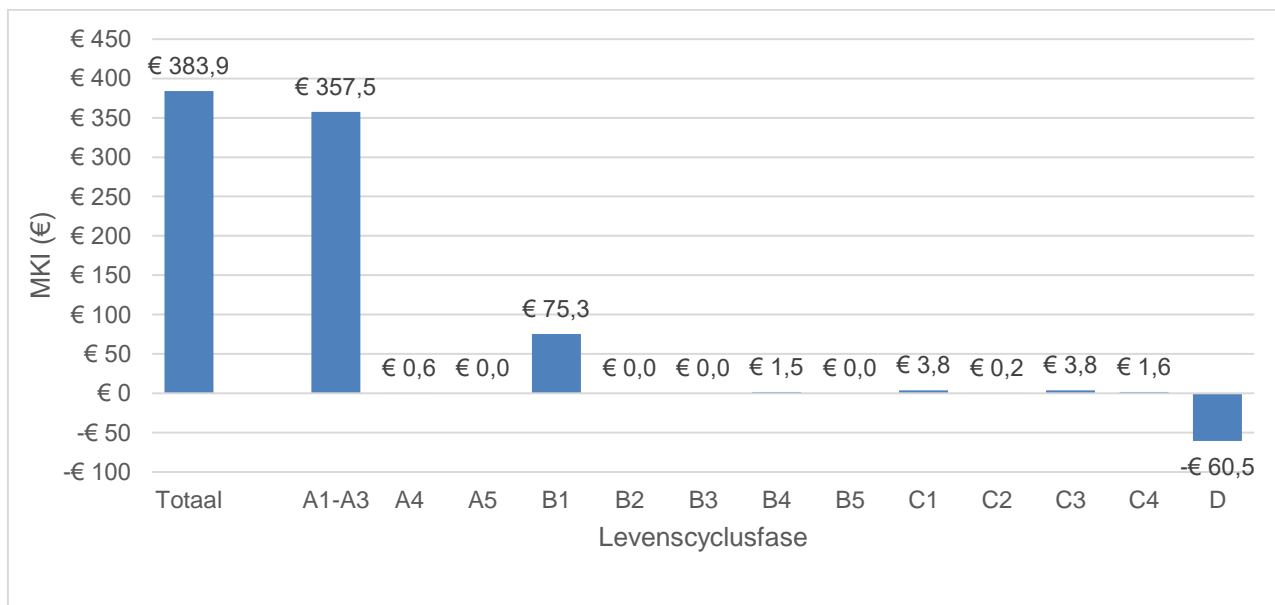


Figuur 6: Zwaartepuntanalyse lucht-water warmtepomp, split unit, koelvloeistof R-134a (10 kW_t), MKI van module D opgesplitst per proces.

Lucht-water warmtepomp, monoblock, koelvloeistof R-134a, 10 kW_t, levensduur 15 jaar

In Figuur 4 is de MKI van de LW warmtepomp (monoblock, koelvloeistof R-134a) weergegeven per levensfase. In dit figuur is te zien dat de productiefase (A1-A3; 93%) en de gebruiksfase (B1; 20%) de grootste bijdrage leveren aan de totale MKI. De impact van de gebruiksfase is volledig afkomstig van de verdamping van R-134a. Een deel van de milieu-impact wordt in module D gecompenseerd (-16%), omdat een groot deel van de materialen gerecycled of verbrand wordt.

De monoblock warmtepomp, met koelvloeistof R-134a, heeft alleen een lager lekpercentage van de koelvloeistof dan de split unit warmtepomp. Alle overige processen en materialen zijn gelijk. Daarom varieert enkel de milieu-impact in fase B1 en B4. De zwaartepuntanalyse voor de productiefase en module D zijn daarom gelijk aan die van de split unit LW warmtepomp, zoals omschreven in bovenstaande sectie.

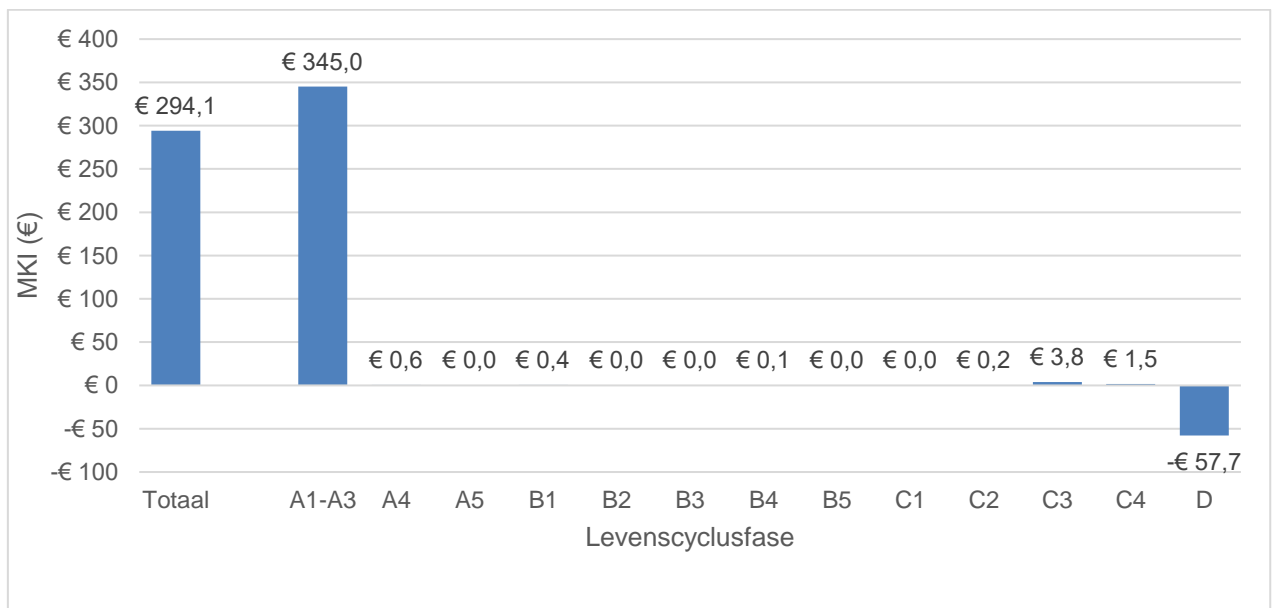


Figuur 7: Zwaartepuntanalyse lucht-water warmtepomp, monoblock, koelvloeistof R-134a (10 kWt), MKI opgesplitst per levensfase.

Lucht-water warmtepomp, monoblock, koelvloeistof propaan, 10 kWt, levensduur 15 jaar

In Figuur 4 is de MKI van de LW warmtepomp (monoblock, koelvloeistof propaan) weergegeven per levensfase. In dit figuur is te zien dat nagenoeg de volledige MKI afkomstig is van de productiefase (A1-A3). Een deel van de milieu-impact wordt in module D gecompenseerd (-16%), omdat een groot deel van de materialen gerecycled of verbrand wordt.

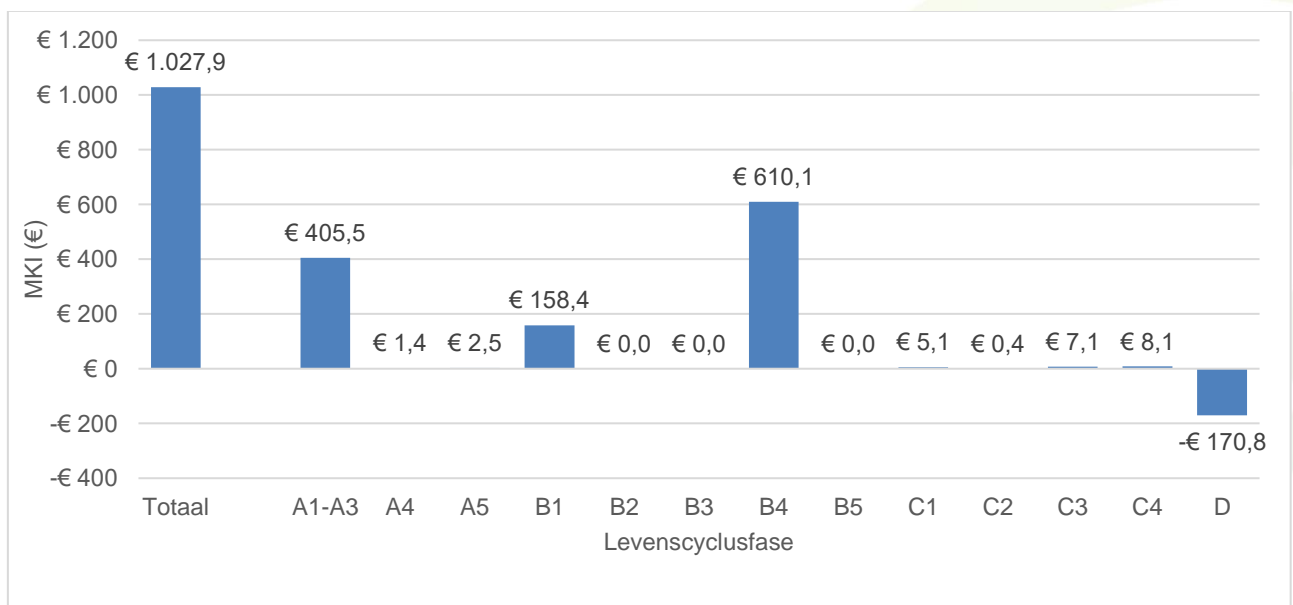
De monoblock warmtepomp, met koelvloeistof propaan, heeft alleen een ander type koelvloeistof en een lager lekpercentage van de koelvloeistof dan de split unit warmtepomp. Alle overige processen en materialen zijn gelijk. Dit zorgt voor een kleine afname van de milieu-impact in de productiefase (€-12) en de baten in module D (€3 minder baten). Tevens varieert de milieu-impact in fase B1 en B4. Deze afname is significant, omdat de milieulast van het verdampen van propaan vele malen lager is dan de milieulast van R-134a en het verliespercentage 2% per jaar is in plaats van 3% per jaar.



Figuur 8: Zwaartepuntanalyse lucht-water warmtepomp, monoblock, koelvloeistof propaan (10 kWt), MKI opgesplitst per levensfase.

Bodem-water warmtepomp, 10 kW_t, levensduur 50 jaar

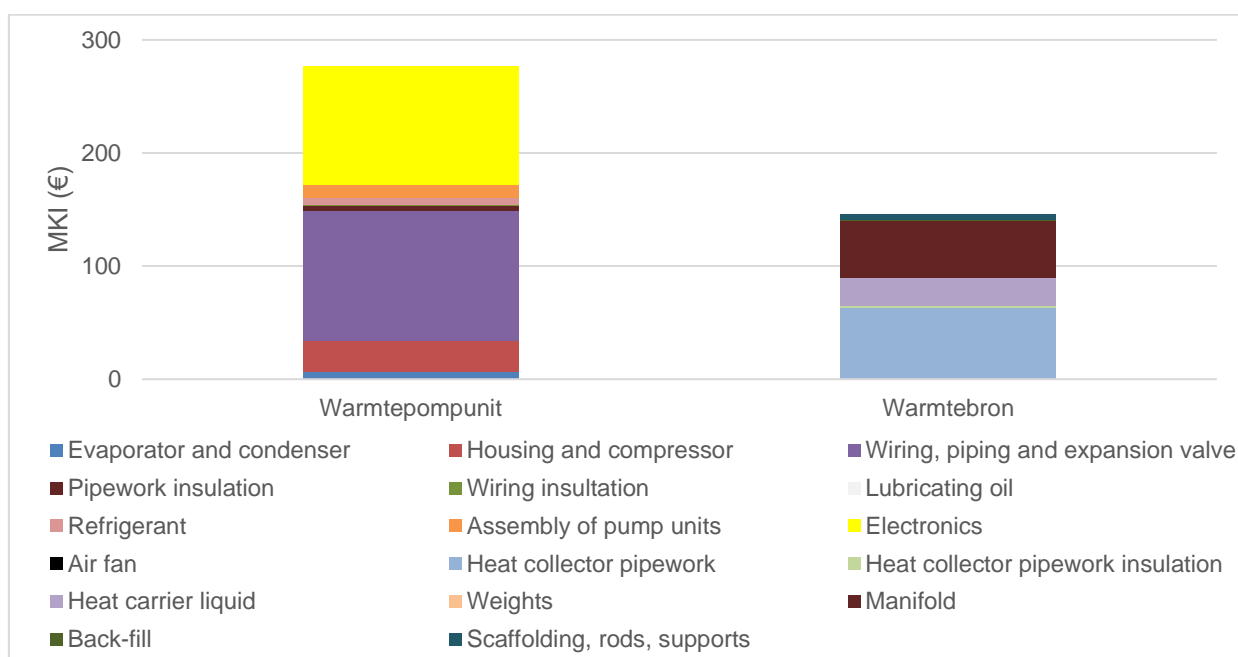
In Figuur 9 is de MKI van de BW warmtepomp weergegeven per levensfase. In dit figuur is te zien dat de grootste impact afkomstig is van fase B4 (59%), gevolgd door A1-A3 (39%), module D (-17%), en fase B1 (15%). De significante bijdrage van fase B4 is afkomstig van de vereiste vervanging (2,3 keer) van de warmtepompunit. De warmtepompunit heeft namelijk een levensduur van 15 jaar, ten opzichte van de levensduur van de warmtebron, en tevens de productkaart, van 50 jaar. De impact van de gebruiksfase is volledig afkomstig van de verdamping van R-134a. Een deel van de milieu-impact wordt in module D gecompenseerd, omdat een groot deel van de materialen gerecycled of verbrand wordt.



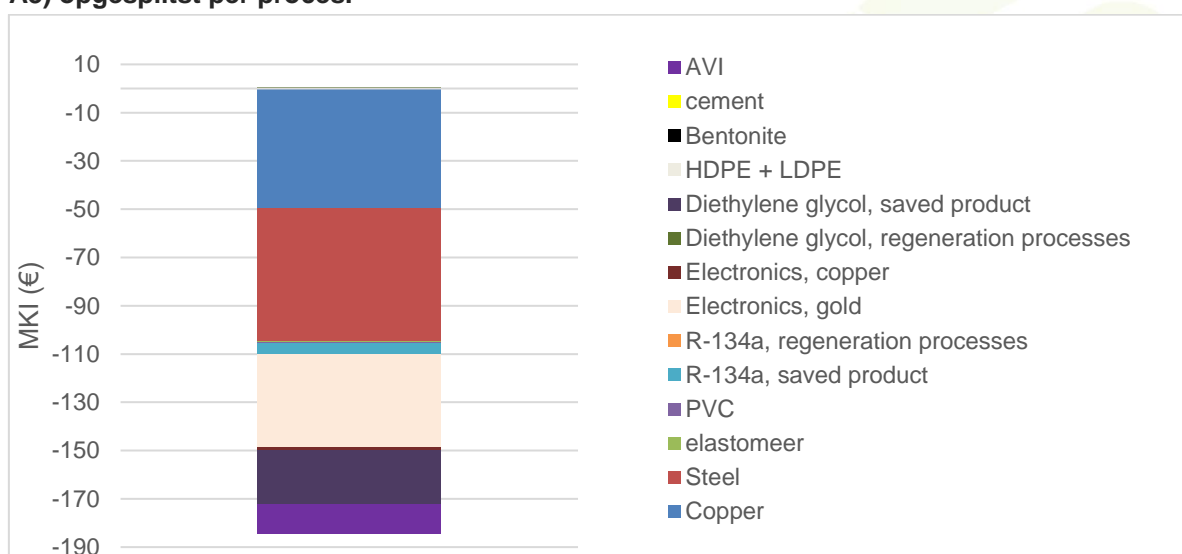
Figuur 9: Zwaartepuntanalyse bodem-water warmtepomp (10 kWt), MKI opgesplitst per levensfase.

In Figuur 10 is de MKI van de productiefase (A1-A3) onderverdeeld in de warmtepompunit en warmtebron en opgesplitst per proces. In dit figuur is te zien dat de grootste bijdrage aan de MKI van de warmtepompunit afkomstig is van de koperen onderdelen (wiring, piping and expansion valve; 27% van A1-A3), gevolgd door de elektronische componenten (25% van A1-A3), en stalen behuizing en compressor (6% van A1-A3). De grootste impact van de warmtebron is afkomstig van het leidingwerk (15% van A1-A3) en het verdeelstuk (manifold; 12% van A1-A3).

In Figuur 11 is de MKI van module D opgesplitst per proces. De grootste baten worden behaald door de uitsparing van staal (30%) en koper (27%), gevolgd door de uitsparing van goud (21%), diethyleenglycol (12%), en de vermeden energieproductie m.b.v. de AVI (7%).



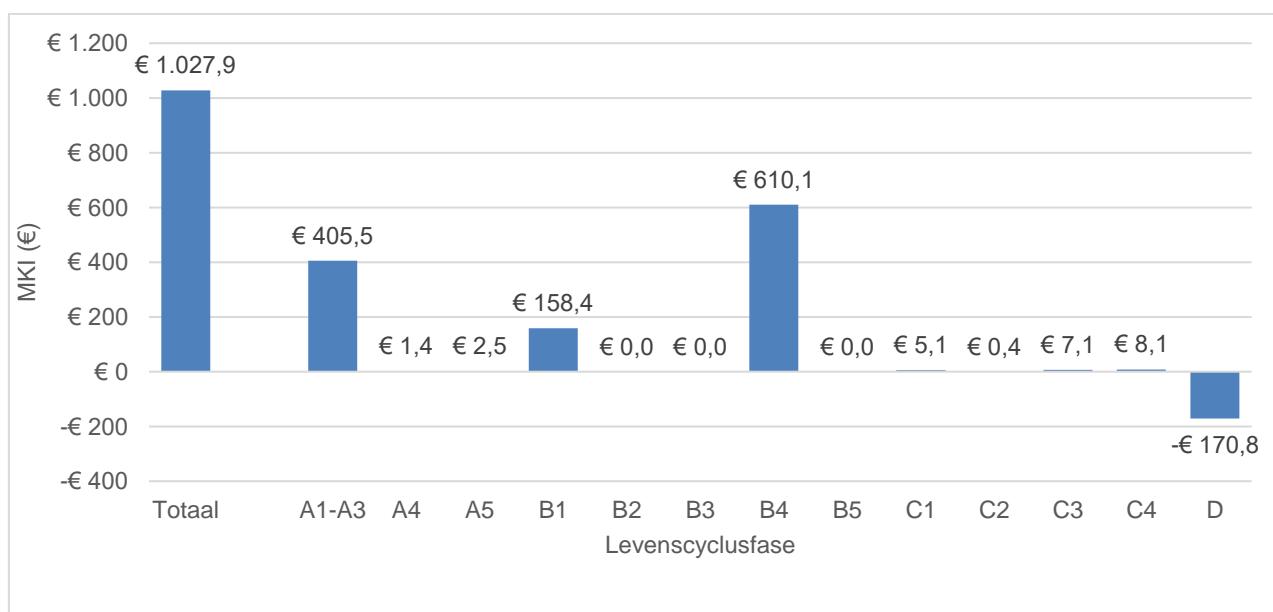
Figuur 10: Zwaartepuntanalyse bodem-water warmtepomp (10 kWt), MKI van productiefase (A1-A3) opgesplitst per proces.



Figuur 11: Zwaartepuntanalyse bodem-water warmtepomp (10 kWt), MKI van module D opgesplitst per proces.

Water-water warmtepomp, 10 kW_t, levensduur 50 jaar

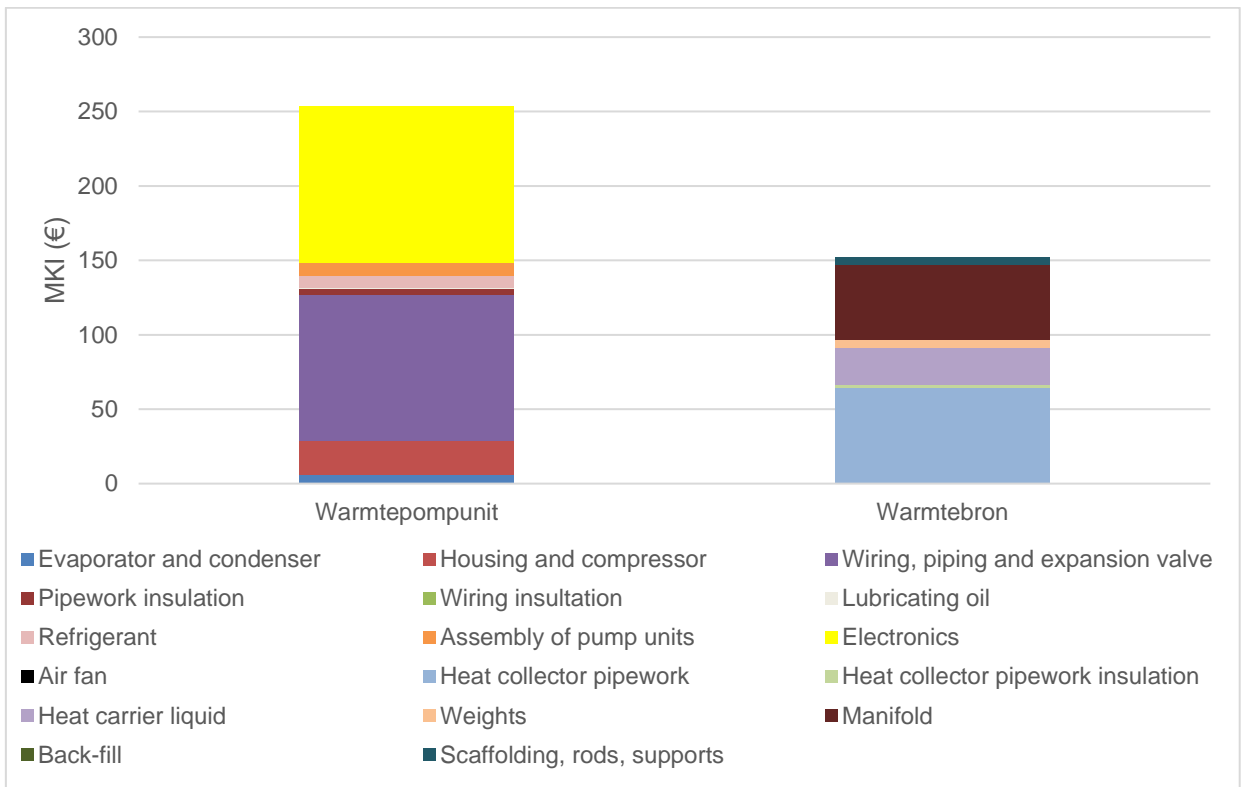
In Figuur 12 is de MKI van de WW warmtepomp weergegeven per levensfase. In dit figuur is te zien dat de grootste impact afkomstig is van fase B4 (59%), gevolgd door A1-A3 (39%), module D (-17%), en fase B1 (15%). De significante bijdrage van fase B4 is afkomstig van de vereiste vervanging (2,3 keer) van de warmtepompunit. De warmtepompunit heeft namelijk een levensduur van 15 jaar, ten opzichte van de levensduur van de warmtebron, en tevens de productkaart, van 50 jaar. De impact van de gebruiksfase is volledig afkomstig van de verdamping van R-134a. Een deel van de milieupact wordt in module D gecompenseerd, omdat een groot deel van de materialen gerecycled of verbrand wordt.



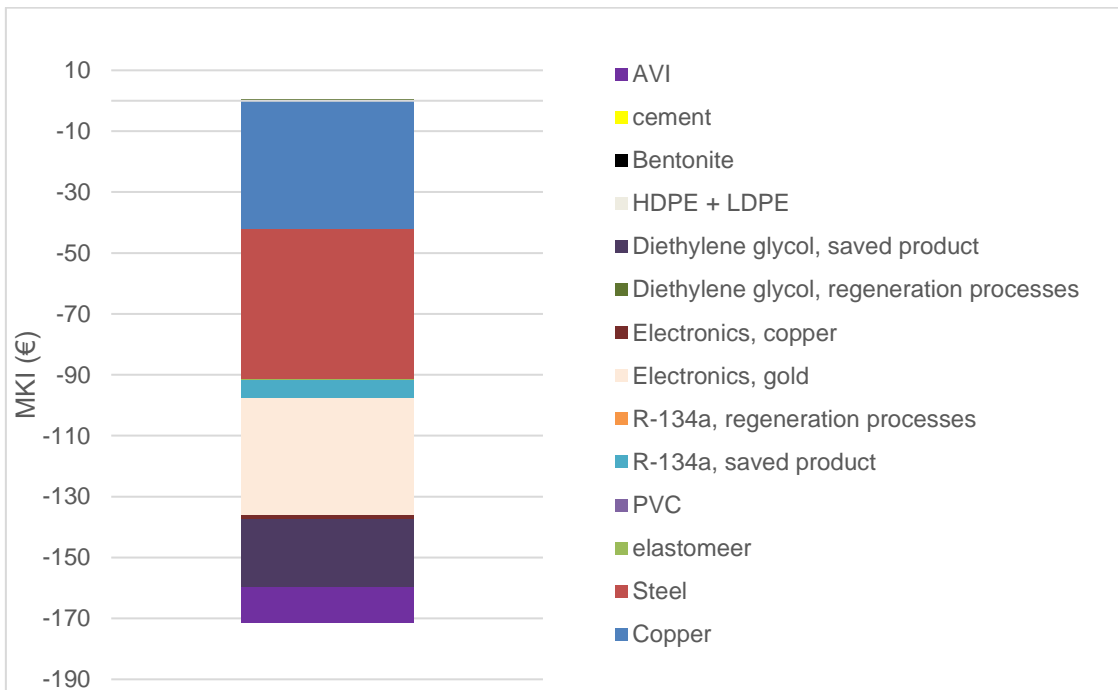
Figuur 12: Zwaartepuntanalyse water-water warmtepomp (10 kW_t), MKI opgesplitst per levensfase.

In Figuur 13 is de MKI van de productiefase (A1-A3) onderverdeeld in de warmtepompunit en warmtebron en opgesplitst per proces. In dit figuur is te zien dat de grootste bijdrage aan de MKI van de warmtepompunit afkomstig is van de koperen onderdelen (wiring, piping and expansion valve; 24% van A1-A3), gevolgd door de elektronische componenten (26% van A1-A3) en stalen behuizing en compressor (6% van A1-A3). De grootste impact van de warmtebron is afkomstig van het leidingwerk (16% van A1-A3) en het verdeelstuk (manifold; 12% van A1-A3).

In Figuur 14 is de MKI van module D opgesplitst per proces. De grootste baten worden behaald door de uitsparing van staal (29%) en koper (25%), gevolgd door de uitsparing van goud (23%), diethyleenglycol (13%) en de vermeden energieproductie m.b.v. de AVI (7%).



Figuur 13: Zwaartepuntanalyse water-water warmtepomp (10 kWt), MKI van productiefase (A1-A3) opgesplitst per proces.

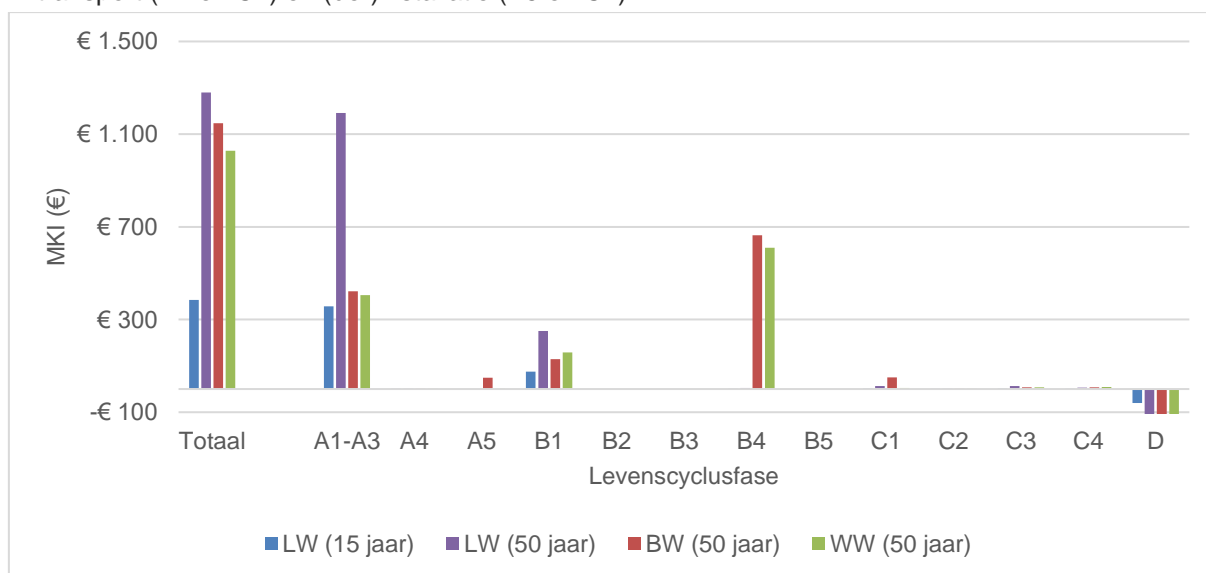


Figuur 14: Zwaartepuntanalyse water-water warmtepomp (10 kWt), MKI van module D opgesplitst per proces.

Vergelijking productvarianten, 10 kW:

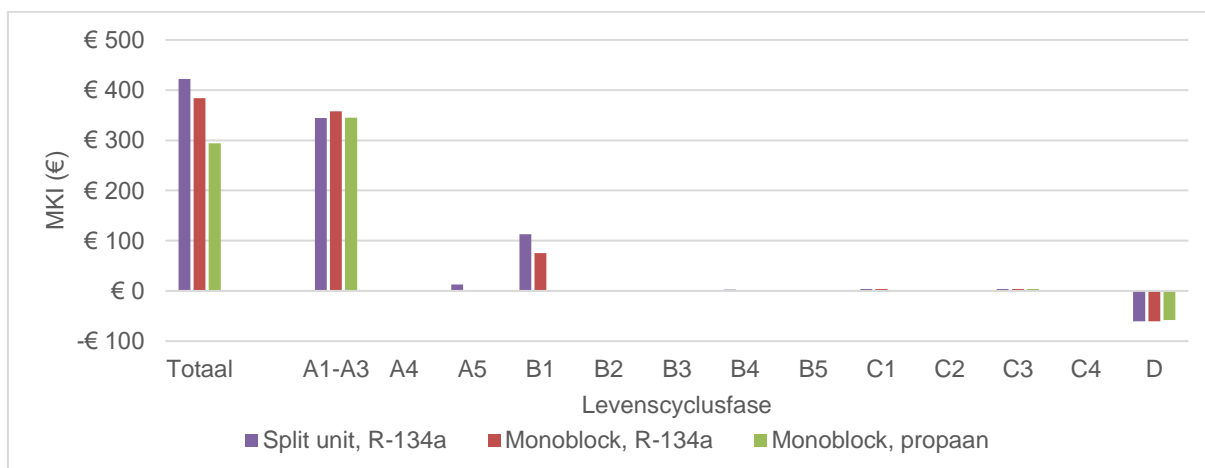
In Figuur 15 is de MKI over de gehele levenscyclus van LW, BW en WW warmtepompen weergegeven. De LW warmtepomp is van het type monoblock met koelvloeistof R-134a. Ter vergelijking is de LW warmtepomp weergegeven voor de levensduur van dit type warmtepomp (15 jaar) en voor de levensduur van de andere warmtepomptypen (50 jaar). Het grootste verschil tussen de LW en de BW/WW warmtepompen is afkomstig van het verschil in levensduur. De BW en WW warmtepompen hebben een hoge impact in fase B4, afkomstig van de vervangingen van de warmtepompunit. Door de grotere hoeveelheid koelvloeistof heeft de LW warmtepomp een hogere impact in fase B1 dan de BW/WW warmtepompen. Door het lagere materiaalgebruik zijn de impact in A1-A3 en de baten in module D daarentegen lager.

De verschillen tussen de milieu-impact van de WW en BW warmtepompen zijn voornamelijk afkomstig van de verschillen in materiaalgebruik voor de warmtebron (A1-A3 en D) en de bijkomstige verschillen in transport (A4 en C2) en (de-)installatie (A5 en C1).



Figuur 15: Vergelijking MKI over gehele levenscyclus van lucht-water (LW), bodem-water (BW) en water-water (WW) warmtepompen. De LW warmtepomp is van het type monoblock met koelvloeistof R-134a.

In Figuur 16 is de MKI over de gehele levenscyclus weergegeven voor de drie typen LW warmtepompen. In dit figuur is te zien dat er een significant verschil zit tussen de milieulast afkomstig van fase B1 van de drie typen. Dit verschil is afkomstig van de variatie in het lekpercentage (3% split unit en 2% monoblock) en het type koelvloeistof (R-134a tegen propaan). De overige fasen hebben een relatief lage gevoeligheid voor variatie in het koelvloeistof type en lekpercentage.



Figuur 16: Vergelijking MKI over gehele levenscyclus van lucht-water (LW), bodem-water (BW) en water-water (WW) warmtepompen.

Gevoeligheidsanalyse en aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Er is geen kwantitatieve gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Onderstaand zijn de belangrijkste gevoeligheden besproken, die bij vervolgonderzoek moeten worden meegenomen.

De belangrijkste gevoeligheden met een grote invloed op het resultaat voor alle typen warmtepompen liggen bij de keuze voor het type koelvloeistof en het lekpercentage in de gebruiksfase. Om deze gevoeligheid af te vangen, is overlegd met experts om de uitgangspunten te verifiëren en zijn een aantal productvarianten (verschil in lekpercentage en type koudemiddel voor de LW warmtepompen) opgesteld. De spreiding als gevolg van deze variatie is in de bovenstaande sectie omschreven. In de toekomst zullen wellicht meer varianten worden opgesteld, dit hangt af van de toekomstige productkaarten die bij de NMD worden aangemeld en/of van welke producten gangbaar worden op de markt.

Hierboven is ook te zien dat de hoeveelheid elektronica een relatief hoge invloed heeft. Ook hier is overlegd met experts om de uitgangspunten te verifiëren. Op basis van de verstrekte informatie worden de gehanteerde uitgangspunten en hoeveelheden representatief en weinig gevoelig geacht. Er is op dit moment geen bereik van type en/of hoeveelheid elektronica in beeld. Mogelijk komt er in de toekomst meer informatie beschikbaar, waarmee de uitgangspunten kunnen worden aangescherpt en er ook een bereik in beeld komt (onzekerheidsmarges). Daarmee zou een volwaardige gevoeligheidsanalyse kunnen worden uitgevoerd.

Voor de materialisatie van de LW warmtepompen is aangenomen dat deze gelijk is voor de monoblock en split unit variant. Dit is een conservatief uitgangspunt, het is waarschijnlijk dat deze materialisatie verschilt. Een monoblock bevat waarschijnlijk gemiddeld genomen minder buizen en omkasting. Hierover is nog te beperkt informatie in beeld, dit kan in vervolgonderzoek uitgebreid worden, wat mogelijk ook leidt tot meer productkaarten.

Voor de overige materialen en processen is bij twijfel een worst-case benadering gekozen. Er zijn een aantal nieuwe processen en eindelevensscenario's toegevoegd. Hiervoor bestonden echter nog geen goede alternatieven in respectievelijk de NMD-basisprocessendatabase en bij de forfaitaire eindelevensscenario's, waardoor er ook geen waardevolle gevoeligheidsanalyse kan worden uitgevoerd.

Referenties

- Antifreeze recycling – HVAC and coolant ecological disposal | MEGA.* (z.d.). Geraadpleegd op 14 februari 2023, van <https://www.mega.cz/antifreeze-recycling/>
- Atlantic, K. N. (2018, 11 mei). *Safe Refrigerant Disposal*. Keyes North Atlantic, Inc. - Electrical and Mechanical Contractors. Geraadpleegd op 14 februari 2023, van <https://www.keyesweb.com/safe-refrigerant-disposal/>
- Baldé, C. P., Van den Brink, S., Forti, V., Van der Schalk, A., & Hopstaken, F. (2020). The Dutch WEEE Flows 2020. In *NVMP*. Geraadpleegd op 14 februari 2023, van https://www.nvmp.nl/uploads/pdf/research/2020%2010%2016%20Dutch_WEEE_flows_ENG+NL.pdf
- Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken. (2022). In *Nationale MilieuDatabase* (versie 1.1). https://milieudatabase.nl/wp-content/uploads/2022/04/Bepalingsmethode_Milieuprestatie_Bouwwerken_maart_2022.pdf
- Caduff, M., Huijbregts, M. A. J., Koehler, A., Althaus, H., & Hellweg, S. (2014). Scaling Relationships in Life Cycle Assessment. *Journal of Industrial Ecology*, 18(3), 393–406. <https://doi.org/10.1111/jiec.12122>
- Ecoinvent. (z.d.). Ecoinvent 3.6 dataset documentation: treatment of used refrigerant R134a, reclamation - GLO. In *Ecoinvent 3.6*.
- Ecoinvent Database* (3.6). (z.d.). [Dataset].
- EHS Support. (2021). Diethylene glycol. In *Santos*. Geraadpleegd op 14 februari 2023, van <https://www.santos.com/wp-content/uploads/2021/08/Diethylene-glycol-July-2021.pdf>
- Greening, B., & Azapagic, A. (2012). Domestic heat pumps: Life cycle environmental impacts and potential implications for the UK. *Energy*, 39(1), 205–217. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.01.028>
- Grosser Unterschied zwischen EN 14511 und EN 255 [Large differences between EN 14511 and EN 255]. (2009). In *WPZ (Wärmepumpen-Testzentrum)*. WPZ-bulletin no. 1. Buchs, Switzerland: Wärmepumpen-Testzentrum Buchs.
- Hagelüken, C. & Umicore Precious Metals Refining. (z.d.). *Metals Recovery from e-scrap in a global environment: Technical capabilities, challenges & experience gained* [Presentatieslides]. <https://docplayer.net/7250504-Metals-recovery-from-e-scrap-in-a-global-environment-technical-capabilities-challenges-experience-gained.html>
- Jaramillo, M. (2022, 26 april). *Recovery, Recycling and Regeneration of Refrigerant Gas | ACR Latinoamérica*. Geraadpleegd op 14 februari 2023, van

<https://www.acrlatinoamerica.com/en/2010120418129/news/from-the-source/recovery-recycling-and-regeneration-of-refrigerant-gas.html>

Letcher, D. L. (2011). *United States Patent*. Geraadpleegd op 14 februari 2023, van

<https://patentimages.storage.googleapis.com/24/cc/26/2f2dbb88204344/US8029650.pdf>

Midea. (2022). Environmental Product Declaration : In accordance with ISO 14025 for Split-type Room Air Conditioner. In *Environdec*. Geraadpleegd op 14 februari 2023, van

<https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/3178f9fe-1ea9-40ed-6f20-08daa1df3a2c/Data>

NEN-EN 15804+A1:2013 Duurzaamheid van bouwwerken –Milieuverklaringen van producten –Basisregels voor de productgroep bouwproducten, november 2013

NEN-EN-ISO 14040 Environmental management -Life cycle assessment -Principles and framework (ISO 14040:2006,IDT), juli 2006

NEN-EN-ISO 14044 Environmental management -Life cycle assessment -Requirements and guidelines (ISO 14044:2006,IDT), juli 2006

Premium R134a Refrigerant Recover, Recycle, Recharge Machine, 230V | Robinair. (z.d.). Geraadpleegd op 14

februari 2023, van <https://www.robinair.com/products/premium-r134a-refrigerant-recover-recycle-recharge-machine-230v>

Processendatabase (Nationale Milieu Database) (3.6). (z.d.). [Dataset]. NMD.

Rath, S. (2017). Introduction to Refrigeration Standard EN 378. In *AREA*. Geraadpleegd op 14 februari 2023, van

<https://www.nvkl.nl/wp-content/uploads/2021/01/AREA-Introduction-to-EN-378-for-Publication.pdf>

T1 Wärmepumpenheizungsanlage mit Erdwärmesonden Technische Merkblätter AWP. [Heating systems with ground source heat pumps.]. (2009). In *AWP (Arbeitsgemeinschaft Wärmepumpen) [Working group heat pumps.]*. Geraadpleegd op 23 februari 2023, van [https://www.dimplex-](https://www.dimplex-partner.de/fileadmin/dimplex/downloads/projektierungshandbuecher/de/18-phb_heizen_de_072009.pdf)

[partner.de/fileadmin/dimplex/downloads/projektierungshandbuecher/de/18-phb_heizen_de_072009.pdf](https://www.dimplex-partner.de/fileadmin/dimplex/downloads/projektierungshandbuecher/de/18-phb_heizen_de_072009.pdf)

Bijlagen

Bijlage I: Gekarakteriseerde resultaten en gewogen resultaat per module per deelproduct

Tabel 14: Gekarakteriseerde resultaten set 1 & 2 van lucht-water warmtepomp, split unit, koelvloeistof R-134a, 10 kW thermisch vermogen.

Effectcategorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D	MKI
Indicatoren Set 1																
abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	3,6E-01	4,6E-01	1,2E-04	2,6E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-03	0,0E+00	1,2E-07	5,2E-05	3,0E-04	2,2E-05	-1,1E-01	€ 0,06
abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	8,6E+00	1,0E+01	3,6E-02	2,0E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	8,8E-02	0,0E+00	8,1E-04	1,5E-02	4,2E-02	1,2E-02	2,2E+00	€ 1,38
global warming (GWP)	kg CO2 eq.	3,7E+03	1,4E+03	4,9E+00	2,2E+02	2,3E+03	0,0E+00	0,0E+00	2,6E+01	0,0E+00	7,5E+01	2,0E+00	5,6E+01	1,1E+01	3,5E+02	185,28
ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq.	3,7E-03	1,3E-04	8,6E-07	3,9E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,7E-03	0,0E+00	8,1E-09	3,6E-07	8,9E-07	3,5E-07	-2,0E-03	€ 0,11
photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4 eq.	1,2E+00	1,6E+00	2,9E-03	4,6E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,0E-02	0,0E+00	1,3E-05	1,2E-03	5,0E-03	2,8E-03	-5,1E-01	€ 2,36
acidification (AP)	kg SO2 eq.	1,2E+01	1,4E+01	2,1E-02	1,9E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	8,1E-02	0,0E+00	1,1E-04	9,0E-03	5,6E-02	1,0E-02	2,2E+00	€ 49,66
eutrophication (EP)	kg PO4-- eq.	1,3E+00	1,5E+00	4,2E-03	1,3E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,8E-03	0,0E+00	1,9E-05	1,8E-03	8,3E-03	1,9E-03	-2,9E-01	€ 11,50
human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq.	1,6E+03	1,9E+03	2,0E+00	1,1E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,8E+00	0,0E+00	7,4E-03	8,6E-01	7,1E+00	9,7E+00	3,0E+02	147,39
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq.	6,4E+01	7,1E+01	6,0E-02	2,2E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,5E-02	0,0E+00	1,9E-04	2,5E-02	1,5E-01	7,5E-01	8,2E+00	€ 1,91
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq.	2,2E+05	2,4E+05	2,2E+02	1,1E+03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,7E+02	0,0E+00	7,4E-01	9,0E+01	5,7E+02	1,2E+03	3,3E+04	€ 21,59
Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq.	1,8E+01	9,4E+00	7,2E-03	8,7E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,8E-02	0,0E+00	4,0E-04	3,0E-03	2,5E-02	5,1E-03	8,3E+00	€ 1,07
Indicatoren Set 2																
Climate change	kg CO2 eq.	4,2E+03	1,4E+03	4,9E+00	2,5E+02	2,7E+03	0,0E+00	0,0E+00	2,9E+01	0,0E+00	9,0E+01	2,1E+00	5,6E+01	1,4E+01	3,6E+02	-
Climate change - Fossil	kg CO2 eq.	4,2E+03	1,4E+03	4,9E+00	2,5E+02	2,7E+03	0,0E+00	0,0E+00	2,9E+01	0,0E+00	9,0E+01	2,1E+00	5,6E+01	1,2E+01	3,7E+02	-
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq.	2,9E+00	-8,0E-01	2,3E-03	1,2E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,1E-03	0,0E+00	-9,1E-05	9,5E-04	-2,8E-01	2,4E+00	1,6E+00	-
Climate change - Land use and LU ch	kg CO2 eq.	2,1E+00	2,2E+00	1,8E-03	2,2E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,6E-03	0,0E+00	4,6E-06	7,6E-04	6,8E-03	8,7E-04	-7,3E-02	-
Ozone depletion	kg CFC11 eq.	3,0E-03	1,3E-04	1,1E-06	3,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,4E-03	0,0E+00	8,8E-09	4,6E-07	1,0E-06	3,7E-07	-1,6E-03	-
Acidification	mol H+ eq.	1,5E+01	1,7E+01	2,8E-02	2,2E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,5E-02	0,0E+00	1,4E-04	1,2E-02	7,1E-02	1,3E-02	2,7E+00	-
Eutrophication, freshwater	kg P eq.	2,0E-01	2,4E-01	5,0E-05	8,6E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,7E-04	0,0E+00	1,7E-06	2,1E-05	3,8E-04	1,3E-04	-3,9E-02	-
Eutrophication, marine	kg N eq.	1,5E+00	1,9E+00	1,0E-02	3,0E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-02	0,0E+00	3,7E-05	4,2E-03	1,7E-02	3,2E-03	-4,0E-01	-
Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	1,9E+01	2,3E+01	1,1E-01	3,3E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,4E-01	0,0E+00	4,1E-04	4,6E-02	1,9E-01	2,8E-02	5,2E+00	-
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	5,8E+00	7,5E+00	3,2E-02	1,5E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,5E-02	0,0E+00	1,2E-04	1,3E-02	5,2E-02	1,1E-02	2,0E+00	-
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	3,6E-01	4,6E-01	1,2E-04	2,6E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-03	0,0E+00	1,2E-07	5,2E-05	3,0E-04	2,2E-05	-1,1E-01	-
Resource use, fossils	MJ m3	1,6E+04	1,9E+04	7,4E+01	3,9E+02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,7E+02	0,0E+00	1,5E+00	3,1E+01	8,7E+01	2,1E+01	3,5E+03	-
Water use	depr. disease	3,8E+02	4,5E+02	2,6E-01	2,1E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,2E+00	0,0E+00	1,3E-02	1,1E-01	1,6E+00	8,1E-01	1,0E+02	-
Particulate matter	inc. kBq U-235 eq.	7,6E-05	9,3E-05	4,4E-07	2,1E-06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,3E-07	0,0E+00	4,0E-10	1,9E-07	8,3E-07	1,5E-07	-2,1E-05	-
Ionising radiation	eq.	4,9E+01	5,2E+01	3,1E-01	8,0E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,5E-01	0,0E+00	2,2E-03	1,3E-01	4,0E-01	5,7E-02	4,6E+00	-
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,4E+05	1,8E+05	6,6E+01	8,9E+02	8,6E-01	0,0E+00	0,0E+00	3,9E+02	0,0E+00	6,8E-01	2,8E+01	4,4E+02	1,4E+02	4,2E+04	-
Human toxicity, cancer	CTUh	3,5E-06	4,0E-06	2,1E-09	6,5E-08	2,1E-08	0,0E+00	0,0E+00	2,8E-08	0,0E+00	7,2E-10	9,0E-10	8,8E-09	3,6E-09	-5,6E-07	-
Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,7E-04	1,7E-04	7,2E-08	9,2E-07	9,0E-10	0,0E+00	0,0E+00	4,0E-07	0,0E+00	4,2E-10	3,0E-08	4,0E-07	2,1E-07	4,4E-07	-
Land use	Pt	5,8E+03	6,9E+03	6,4E+01	6,5E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,8E+01	0,0E+00	6,4E-02	2,7E+01	1,5E+02	1,5E+01	1,5E+03	-
Informatie over grondstofgebruik																
111. Energy, primary, renewable, excludi	MJ	7,2E+00	7,2E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-
113. Energy, primary, renewable, materia	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,3E+03	1,5E+03	9,3E-01	2,2E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,7E+00	0,0E+00	5,0E-03	3,9E-01	1,2E+01	1,2E+00	2,2E+02	-
112. Energy, primary, non-renewable, exc	MJ	4,0E+03	4,0E+03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,7E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-
114. Energy, primary, non-renewable, mat	MJ	1,4E-01	1,4E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,7E+04	2,0E+04	7,9E+01	4,2E+02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,8E+02	0,0E+00	1,7E+00	3,3E+01	9,3E+01	2,2E+01	3,7E+03	-

108. Secondary material (kg)	kg	1,3E-01	1,3E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,0E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,2E+01	1,4E+01	9,0E-03	5,4E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,3E-01	0,0E+00	4,2E-04	3,8E-03	1,1E-01	2,1E-02	2,6E+00	
Informatie over afval																
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,8E-01	7,0E-01	1,9E-04	5,8E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,5E-04	0,0E+00	1,5E-06	7,9E-05	2,6E-04	5,1E-05	-2,5E-02	
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,7E+02	1,9E+02	4,7E+00	2,5E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E+00	0,0E+00	1,6E-03	2,0E+00	3,6E+00	1,6E+01	4,7E+01	
107. Waste, radioactive (kg)	kg	4,3E-02	4,6E-02	4,9E-04	6,6E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,9E-04	0,0E+00	2,1E-06	2,0E-04	4,7E-04	6,8E-05	-5,0E-03	
Informatie over outputstromen																
120. Components for re-use (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	
121. Materials for recycling (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	
Weging (1-punt score)																
MKI	€	€ 422,31	€ 344,50	€ 0,59	€ 12,98	€ 112,95	€ 0,00	€ 0,00	€ 2,28	€ 0,00	€ 3,77	€ 0,25	€ 3,83	€ 1,64	-€ 60,48	

Tabel 15: Gekarakteriseerde resultaten set 1 & 2 van lucht-water warmtepomp, monoblock, koelvloeistof R-134a, 10 kW thermisch vermogen.

Effectcategorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D	MKI
Indicatoren Set 1																
abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	3,6E-01	4,7E-01	1,2E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	7,6E-04	0,0E+00	1,2E-07	5,2E-05	3,0E-04	2,2E-05	-1,1E-01	3,6E-01
abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	8,6E+00	1,1E+01	3,6E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,9E-02	0,0E+00	8,1E-04	1,5E-02	4,2E-02	1,2E-02	2,2E+00	8,6E+00
global warming (GWP)	kg CO2 eq.	2,9E+03	1,6E+03	4,9E+00	0,0E+00	1,5E+03	0,0E+00	0,0E+00	1,7E+01	0,0E+00	7,5E+01	2,0E+00	5,6E+01	1,1E+01	3,5E+02	2,9E+03
ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq.	3,1E-03	4,0E-03	8,6E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-03	0,0E+00	8,1E-09	3,6E-07	8,9E-07	3,5E-07	-2,0E-03	3,1E-03
photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4 eq.	1,2E+00	1,7E+00	2,9E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-02	0,0E+00	1,3E-05	1,2E-03	5,0E-03	2,8E-03	-5,1E-01	1,2E+00
acidification (AP)	kg SO2 eq.	1,2E+01	1,4E+01	2,1E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,4E-02	0,0E+00	1,1E-04	9,0E-03	5,6E-02	1,0E-02	2,2E+00	1,2E+01
eutrophication (EP)	kg PO4-- eq.	1,3E+00	1,5E+00	4,2E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,9E-03	0,0E+00	1,9E-05	1,8E-03	8,3E-03	1,9E-03	-2,9E-01	1,3E+00
human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq.	1,6E+03	1,9E+03	2,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,2E+00	0,0E+00	7,4E-03	8,6E-01	7,1E+00	9,7E+00	3,0E+02	1,6E+03
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq.	6,4E+01	7,1E+01	6,0E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,3E-02	0,0E+00	1,9E-04	2,5E-02	1,5E-01	7,5E-01	8,2E+00	6,4E+01
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq.	2,2E+05	2,5E+05	2,2E+02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,1E+02	0,0E+00	7,4E-01	9,0E+01	5,7E+02	1,2E+03	3,3E+04	2,2E+05
Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq.	1,8E+01	9,5E+00	7,2E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,5E-02	0,0E+00	4,0E-04	3,0E-03	2,5E-02	5,1E-03	8,3E+00	1,8E+01
Indicatoren Set 2																
Climate change	kg CO2 eq.	3,3E+03	1,7E+03	4,9E+00	0,0E+00	1,8E+03	0,0E+00	0,0E+00	1,9E+01	0,0E+00	9,0E+01	2,1E+00	5,6E+01	1,4E+01	3,6E+02	3,3E+03
Climate change - Fossil	kg CO2 eq.	3,3E+03	1,7E+03	4,9E+00	0,0E+00	1,8E+03	0,0E+00	0,0E+00	1,9E+01	0,0E+00	9,0E+01	2,1E+00	5,6E+01	1,2E+01	3,7E+02	3,3E+03
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq.	2,9E+00	-7,8E-01	2,3E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,4E-03	0,0E+00	-9,1E-05	9,5E-04	-2,8E-01	2,4E+00	1,6E+00	2,9E+00
Climate change - Land use and LU ch	kg CO2 eq.	2,1E+00	2,2E+00	1,8E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,4E-03	0,0E+00	4,6E-06	7,6E-04	6,8E-03	8,7E-04	-7,3E-02	2,1E+00
Ozone depletion	kg CFC11 eq.	2,5E-03	3,3E-03	1,1E-06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,1E-04	0,0E+00	8,8E-09	4,6E-07	1,0E-06	3,7E-07	-1,6E-03	2,5E-03
Acidification	mol H+ eq.	1,5E+01	1,7E+01	2,8E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,4E-02	0,0E+00	1,4E-04	1,2E-02	7,1E-02	1,3E-02	2,7E+00	1,5E+01
Eutrophication, freshwater	kg P eq.	2,0E-01	2,4E-01	5,0E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,5E-04	0,0E+00	1,7E-06	2,1E-05	3,8E-04	1,3E-04	-3,9E-02	2,0E-01
Eutrophication, marine	kg N eq.	1,5E+00	1,9E+00	1,0E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	8,6E-03	0,0E+00	3,7E-05	4,2E-03	1,7E-02	3,2E-03	-4,0E-01	1,5E+00
Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	1,9E+01	2,4E+01	1,1E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,6E-02	0,0E+00	4,1E-04	4,6E-02	1,9E-01	2,8E-02	5,2E+00	1,9E+01
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	5,8E+00	7,6E+00	3,2E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,3E-02	0,0E+00	1,2E-04	1,3E-02	5,2E-02	1,1E-02	2,0E+00	5,8E+00
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	3,6E-01	4,7E-01	1,2E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	7,6E-04	0,0E+00	1,2E-07	5,2E-05	3,0E-04	2,2E-05	-1,1E-01	3,6E-01
Resource use, fossils	MJ	1,6E+04	1,9E+04	7,4E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E+02	0,0E+00	1,5E+00	3,1E+01	8,7E+01	2,1E+01	3,5E+03	1,6E+04
Water use	m3 depriv. disease inc.	3,8E+02	4,7E+02	2,6E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,2E+00	0,0E+00	1,3E-02	1,1E-01	1,6E+00	8,1E-01	1,0E+02	3,8E+02
Particulate matter	kg U-235 eq.	7,6E-05	9,5E-05	4,4E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,2E-07	0,0E+00	4,0E-10	1,9E-07	8,3E-07	1,5E-07	-2,1E-05	7,6E-05
Ionising radiation	kg U-235 eq.	4,9E+01	5,3E+01	3,1E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,3E-01	0,0E+00	2,2E-03	1,3E-01	4,0E-01	5,7E-02	4,6E+00	4,9E+01

Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,4E+05	1,9E+05	6,6E+01	0,0E+00	5,7E-01	0,0E+00	0,0E+00	2,6E+02	0,0E+00	6,8E-01	2,8E+01	4,4E+02	1,4E+02	4,2E+04	1,4E+05
Human toxicity, cancer	CTUh	3,5E-06	4,0E-06	2,1E-09	0,0E+00	1,4E-08	0,0E+00	0,0E+00	1,8E-08	0,0E+00	7,2E-10	9,0E-10	8,8E-09	3,6E-09	-5,6E-07	3,5E-06
Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,7E-04	1,7E-04	7,2E-08	0,0E+00	6,0E-10	0,0E+00	0,0E+00	2,7E-07	0,0E+00	4,2E-10	3,0E-08	4,0E-07	2,1E-07	4,4E-07	1,7E-04
Land use	Pt	5,8E+03	7,0E+03	6,4E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,9E+01	0,0E+00	6,4E-02	2,7E+01	1,5E+02	1,5E+01	1,5E+03	5,8E+03
Informatie over grondstofgebruik																
111. Energy, primary, renewable, excludi	MJ	7,2E+00	7,2E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	7,2E+00
113. Energy, primary, renewable, materia	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,3E+03	1,5E+03	9,3E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,4E+00	0,0E+00	5,0E-03	3,9E-01	1,2E+01	1,2E+00	2,2E+02	1,3E+03
112. Energy, primary, non-renewable, exc	MJ	4,0E+03	4,0E+03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,7E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,0E+03
114. Energy, primary, non-renewable, mat	MJ	1,4E-01	1,4E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,4E-01
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,7E+04	2,1E+04	7,9E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,2E+02	0,0E+00	1,7E+00	3,3E+01	9,3E+01	2,2E+01	3,7E+03	1,7E+04
108. Secondary material (kg)	kg	1,3E-01	1,3E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,0E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-01
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,2E+01	1,4E+01	9,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-01	0,0E+00	4,2E-04	3,8E-03	1,1E-01	2,1E-02	2,6E+00	1,2E+01
Informatie over afval																
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,8E-01	7,0E-01	1,9E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,7E-04	0,0E+00	1,5E-06	7,9E-05	2,6E-04	5,1E-05	-2,5E-02	6,8E-01
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,7E+02	1,9E+02	4,7E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	7,3E-01	0,0E+00	1,6E-03	2,0E+00	3,6E+00	1,6E+01	4,7E+01	1,7E+02
107. Waste, radioactive (kg)	kg	4,3E-02	4,6E-02	4,9E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,9E-04	0,0E+00	2,1E-06	2,0E-04	4,7E-04	6,8E-05	-5,0E-03	4,3E-02
Informatie over outputstromen																
120. Components for re-use (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Weging (1-punt score)																
MKI	€	€ 383,90	€ 357,49	€ 0,59	€ 0,00	€ 75,30	€ 0,00	€ 0,00	€ 1,52	€ 0,00	€ 3,77	€ 0,25	€ 3,83	€ 1,64	-€ 60,48	€ 383,90

Tabel 16: Gekarakteriseerde resultaten set 1 & 2 van lucht-water warmtepomp, monoblock, koelvloeistof propaan, 10 kW thermisch vermogen.

Effectcategorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D	MKI
Indicatoren Set 1																
abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	3,6E-01	4,7E-01	1,2E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	7,6E-04	0,0E+00	1,2E-07	5,2E-05	3,0E-04	2,2E-05	-1,1E-01	3,6E-01
abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	8,6E+00	1,1E+01	3,6E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,9E-02	0,0E+00	8,1E-04	1,5E-02	4,2E-02	1,2E-02	2,2E+00	8,6E+00
global warming (GWP)	kg CO2 eq.	2,9E+03	1,6E+03	4,9E+00	0,0E+00	1,5E+03	0,0E+00	0,0E+00	1,7E+01	0,0E+00	7,5E+01	2,0E+00	5,6E+01	1,1E+01	3,5E+02	2,9E+03
ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq.	3,1E-03	4,0E-03	8,6E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-03	0,0E+00	8,1E-09	3,6E-07	8,9E-07	3,5E-07	-2,0E-03	3,1E-03
photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4 eq.	1,2E+00	1,7E+00	2,9E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-02	0,0E+00	1,3E-05	1,2E-03	5,0E-03	2,8E-03	-5,1E-01	1,2E+00
acidification (AP)	kg SO2 eq.	1,2E+01	1,4E+01	2,1E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,4E-02	0,0E+00	1,1E-04	9,0E-03	5,6E-02	1,0E-02	2,2E+00	1,2E+01
eutrophication (EP)	kg PO4-- eq.	1,3E+00	1,5E+00	4,2E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,9E-03	0,0E+00	1,9E-05	1,8E-03	8,3E-03	1,9E-03	-2,9E-01	1,3E+00
human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq.	1,6E+03	1,9E+03	2,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,2E+00	0,0E+00	7,4E-03	8,6E-01	7,1E+00	9,7E+00	3,0E+02	1,6E+03
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq.	6,4E+01	7,1E+01	6,0E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,3E-02	0,0E+00	1,9E-04	2,5E-02	1,5E-01	7,5E-01	8,2E+00	6,4E+01
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq.	2,2E+05	2,5E+05	2,2E+02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,1E+02	0,0E+00	7,4E-01	9,0E+01	5,7E+02	1,2E+03	3,3E+04	2,2E+05
Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq.	1,8E+01	9,5E+00	7,2E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,5E-02	0,0E+00	4,0E-04	3,0E-03	2,5E-02	5,1E-03	8,3E+00	1,8E+01
Indicatoren Set 2																
Climate change	kg CO2 eq.	3,3E+03	1,7E+03	4,9E+00	0,0E+00	1,8E+03	0,0E+00	0,0E+00	1,9E+01	0,0E+00	9,0E+01	2,1E+00	5,6E+01	1,4E+01	3,6E+02	3,3E+03
Climate change - Fossil	kg CO2 eq.	3,3E+03	1,7E+03	4,9E+00	0,0E+00	1,8E+03	0,0E+00	0,0E+00	1,9E+01	0,0E+00	9,0E+01	2,1E+00	5,6E+01	1,2E+01	3,7E+02	3,3E+03
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq.	2,9E+00	-7,8E-01	2,3E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,4E-03	0,0E+00	-9,1E-05	9,5E-04	-2,8E-01	2,4E+00	1,6E+00	2,9E+00
Climate change - Land use and LU ch	kg CO2 eq.	2,1E+00	2,2E+00	1,8E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,4E-03	0,0E+00	4,6E-06	7,6E-04	6,8E-03	8,7E-04	-7,3E-02	2,1E+00
Ozone depletion	kg CFC11 eq.	2,5E-03	3,3E-03	1,1E-06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,1E-04	0,0E+00	8,8E-09	4,6E-07	1,0E-06	3,7E-07	-1,6E-03	2,5E-03
Acidification	mol H+ eq.	1,5E+01	1,7E+01	2,8E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,4E-02	0,0E+00	1,4E-04	1,2E-02	7,1E-02	1,3E-02	2,7E+00	1,5E+01

Eutrophication, freshwater	kg P eq	2,0E-01	2,4E-01	5,0E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,5E-04	0,0E+00	1,7E-06	2,1E-05	3,8E-04	1,3E-04	-3,9E-02	2,0E-01
Eutrophication, marine	kg N eq	1,5E+00	1,9E+00	1,0E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	8,6E-03	0,0E+00	3,7E-05	4,2E-03	1,7E-02	3,2E-03	-4,0E-01	1,5E+00
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	1,9E+01	2,4E+01	1,1E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,6E-02	0,0E+00	4,1E-04	4,6E-02	1,9E-01	2,8E-02	5,2E+00	1,9E+01
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	5,8E+00	7,6E+00	3,2E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,3E-02	0,0E+00	1,2E-04	1,3E-02	5,2E-02	1,1E-02	2,0E+00	5,8E+00
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	3,6E-01	4,7E-01	1,2E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	7,6E-04	0,0E+00	1,2E-07	5,2E-05	3,0E-04	2,2E-05	-1,1E-01	3,6E-01
Resource use, fossils	MJ m3	1,6E+04	1,9E+04	7,4E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E+02	0,0E+00	1,5E+00	3,1E+01	8,7E+01	2,1E+01	3,5E+03	1,6E+04
Water use	depriv. disease inc.	3,8E+02	4,7E+02	2,6E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,2E+00	0,0E+00	1,3E-02	1,1E-01	1,6E+00	8,1E-01	1,0E+02	3,8E+02
Particulate matter	kgBq U-235 eq	7,6E-05	9,5E-05	4,4E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,2E-07	0,0E+00	4,0E-10	1,9E-07	8,3E-07	1,5E-07	-2,1E-05	7,6E-05
Ionising radiation	CTUe	4,9E+01	5,3E+01	3,1E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,3E-01	0,0E+00	2,2E-03	1,3E-01	4,0E-01	5,7E-02	4,6E+00	4,9E+01
Ecotoxicity, freshwater	CTUh	1,4E+05	1,9E+05	6,6E+01	0,0E+00	5,7E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,6E+02	0,0E+00	6,8E-01	2,8E+01	4,4E+02	1,4E+02	4,2E+04	1,4E+05
Human toxicity, cancer	CTUh	3,5E-06	4,0E-06	2,1E-09	0,0E+00	1,4E-08	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,8E-08	0,0E+00	7,2E-10	9,0E-10	8,8E-09	3,6E-09	-5,6E-07	3,5E-06
Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,7E-04	1,7E-04	7,2E-08	0,0E+00	6,0E-10	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,7E-07	0,0E+00	4,2E-10	3,0E-08	4,0E-07	2,1E-07	4,4E-07	1,7E-04
Land use	Pt	5,8E+03	7,0E+03	6,4E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,9E+01	0,0E+00	6,4E-02	2,7E+01	1,5E+02	1,5E+01	1,5E+03	5,8E+03
Informatie over grondstofgebruik																	
111. Energy, primary, renewable, excludi	MJ	7,2E+00	7,2E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	7,2E+00
113. Energy, primary, renewable, materia	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,3E+03	1,5E+03	9,3E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,4E+00	0,0E+00	5,0E-03	3,9E-01	1,2E+01	1,2E+00	2,2E+02	1,3E+03
112. Energy, primary, non-renewable, exc	MJ	4,0E+03	4,0E+03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,7E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,0E+03
114. Energy, primary, non-renewable, mat	MJ	1,4E-01	1,4E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,4E-01
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,7E+04	2,1E+04	7,9E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,2E+02	0,0E+00	1,7E+00	3,3E+01	9,3E+01	2,2E+01	3,7E+03	1,7E+04
108. Secondary material (kg)	kg	1,3E-01	1,3E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,0E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-01
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,2E+01	1,4E+01	9,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-01	0,0E+00	4,2E-04	3,8E-03	1,1E-01	2,1E-02	2,6E+00	1,2E+01
Informatie over afval																	
106. Waste, hazardous (kg)	kg	6,8E-01	7,0E-01	1,9E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,7E-04	0,0E+00	1,5E-06	7,9E-05	2,6E-04	5,1E-05	-2,5E-02	6,8E-01
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	1,7E+02	1,9E+02	4,7E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	7,3E-01	0,0E+00	1,6E-03	2,0E+00	3,6E+00	1,6E+01	4,7E+01	1,7E+02
107. Waste, radioactive (kg)	kg	4,3E-02	4,6E-02	4,9E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,9E-04	0,0E+00	2,1E-06	2,0E-04	4,7E-04	6,8E-05	-5,0E-03	4,3E-02
Informatie over outputstromen																	
120. Components for re-use (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Weging (1-punt score)																	
MKI	€	€ 383,90	€ 357,49	€ 0,59	€ 0,00	€ 75,30	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 1,52	€ 0,00	€ 3,77	€ 0,25	€ 3,83	€ 1,64	€ -60,48	€ 383,90

Tabel 17: Gekarakteriseerde resultaten set 1 & 2 van bodem-water warmtepomp, 10 kW thermisch vermogen.

Effectcategorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D	MKI	
Indicatoren Set 1																	
abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	1,3E+00	6,2E-01	3,1E-04	1,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,0E+00	0,0E+00	1,1E-03	8,9E-05	2,8E-04	1,4E-04	-3,5E-01	€ 0,21	
abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	4,0E+01	2,2E+01	8,8E-02	3,5E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,1E+01	0,0E+00	3,5E+00	2,6E-02	4,0E-02	1,1E-01	1,0E+01	€ 6,47	
global warming (GWP)	kg CO2 eq.	8,1E+03	2,3E+03	1,2E+01	5,1E+02	2,6E+03	0,0E+00	0,0E+00	3,3E+03	0,0E+00	5,5E+02	3,5E+00	1,2E+02	8,9E+01	1,3E+03	407,03	
ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq.	5,7E-03	2,1E-03	2,1E-06	9,0E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,8E-03	0,0E+00	9,0E-05	6,2E-07	8,1E-07	3,4E-06	-3,5E-03	€ 0,17	
photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4 eq.	4,2E+00	2,2E+00	7,2E-03	1,6E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,1E+00	0,0E+00	1,6E-01	2,1E-03	4,6E-03	3,2E-02	1,4E+00	€ 8,37	
acidification (AP)	kg SO2 eq.	4,0E+01	1,7E+01	5,3E-02	1,2E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,7E+01	0,0E+00	1,2E+00	1,5E-02	5,7E-02	9,5E-02	6,3E+00	160,55	
eutrophication (EP)	kg PO4-- eq.	4,5E+00	1,8E+00	1,0E-02	2,1E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,1E+00	0,0E+00	2,1E-01	3,0E-03	1,0E-02	1,5E-02	-8,8E-01	€ 40,30	
human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq.	5,0E+03	2,1E+03	5,0E+00	1,6E+02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,4E+03	0,0E+00	1,6E+02	1,5E+00	8,3E+00	1,6E+01	8,2E+02	448,32	

Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq.	2,1E+02	7,2E+01	1,5E-01	3,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,4E+02	0,0E+00	3,0E+00	4,3E-02	1,0E+00	1,1E+01	2,3E+01	-	€ 6,17
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq.	6,7E+05	2,5E+05	5,3E+02	1,0E+04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,7E+05	0,0E+00	1,0E+04	1,5E+02	1,8E+03	1,2E+04	8,7E+04	-	€ 66,68
Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq.	5,2E+01	1,1E+01	1,8E-02	1,5E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,8E+01	0,0E+00	1,5E+00	5,2E-03	2,3E-02	2,8E-02	2,0E+01	-	€ 3,15
Indicatoren Set 2																	
Climate change	kg CO2 eq	8,8E+03	2,4E+03	1,2E+01	5,2E+02	3,1E+03	0,0E+00	0,0E+00	3,4E+03	0,0E+00	5,7E+02	3,5E+00	1,2E+02	1,0E+02	1,3E+03	-	-
Climate change - Fossil	kg CO2 eq	8,8E+03	2,4E+03	1,2E+01	5,2E+02	3,1E+03	0,0E+00	0,0E+00	3,4E+03	0,0E+00	5,6E+02	3,5E+00	1,2E+02	9,9E+01	1,3E+03	-	-
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	2,1E+00	1,0E+01	5,6E-03	5,1E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,8E+00	0,0E+00	5,1E-01	1,6E-03	-2,5E-01	2,5E+00	1,9E+00	-	-
Climate change - Land use and LU ch	kg CO2 eq	6,6E+00	2,5E+00	4,4E-03	7,7E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,4E+00	0,0E+00	7,8E-02	1,3E-03	6,1E-03	8,3E-03	-4,8E-01	-	-
Ozone depletion	kg CFC11 eq	4,7E-03	1,7E-03	2,7E-06	1,1E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,6E-03	0,0E+00	1,1E-04	7,8E-07	9,2E-07	3,5E-06	-2,8E-03	-	-
Acidification	mol H+ eq	4,8E+01	2,0E+01	7,0E-02	1,6E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,2E+01	0,0E+00	1,6E+00	2,0E-02	7,2E-02	1,2E-01	7,9E+00	-	-
Eutrophication, freshwater	kg P eq	6,4E-01	2,6E-01	1,2E-04	3,4E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,9E-01	0,0E+00	3,4E-03	3,5E-05	3,4E-04	1,2E-03	-1,2E-01	-	-
Eutrophication, marine	kg N eq	5,9E+00	2,5E+00	2,5E-02	4,0E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,8E+00	0,0E+00	4,0E-01	7,2E-03	1,9E-02	2,3E-02	1,2E+00	-	-
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	7,0E+01	3,0E+01	2,7E-01	4,5E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,7E+01	0,0E+00	4,5E+00	7,9E-02	2,2E-01	2,4E-01	1,6E+01	-	-
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	2,2E+01	1,0E+01	7,8E-02	1,3E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,5E+01	0,0E+00	1,3E+00	2,3E-02	5,8E-02	1,0E-01	5,8E+00	-	-
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	1,3E+00	6,2E-01	3,1E-04	1,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,0E+00	0,0E+00	1,1E-03	8,9E-05	2,8E-04	1,4E-04	-3,5E-01	-	-
Resource use, fossils	MJ m3	7,9E+04	4,4E+04	1,8E+02	7,4E+03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,8E+04	0,0E+00	7,5E+03	5,3E+01	8,3E+01	1,8E+02	1,8E+04	-	-
Water use	m3 depriv. disease	1,5E+03	9,3E+02	6,5E-01	2,4E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	8,9E+02	0,0E+00	2,4E+01	1,9E-01	1,5E+00	5,5E+00	4,0E+02	-	-
Particulate matter	inc. kBq U-235 eq	2,6E-04	1,2E-04	1,1E-06	8,4E-06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,8E-04	0,0E+00	8,5E-06	3,2E-07	7,8E-07	1,2E-06	-6,1E-05	-	-
Ionising radiation	U-235 eq	2,3E+02	7,8E+01	7,6E-01	3,2E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E+02	0,0E+00	3,2E+01	2,2E-01	3,6E-01	5,1E-01	2,8E+01	-	-
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	4,4E+05	1,9E+05	1,6E+02	4,7E+03	9,8E-01	0,0E+00	0,0E+00	3,5E+05	0,0E+00	4,7E+03	4,7E+01	3,9E+02	1,1E+03	1,1E+05	-	-
Human toxicity, cancer	CTUh	1,1E-05	4,0E-06	5,3E-09	8,9E-07	2,4E-08	0,0E+00	0,0E+00	7,0E-06	0,0E+00	8,9E-07	1,5E-09	1,0E-08	2,9E-08	-1,4E-06	-	-
Human toxicity, non-cancer	CTUh	4,8E-04	1,7E-04	1,8E-07	7,6E-06	1,0E-09	0,0E+00	0,0E+00	2,9E-04	0,0E+00	7,6E-06	5,2E-08	4,6E-07	1,1E-06	3,5E-06	-	-
Land use	Pt	2,2E+04	9,6E+03	1,6E+02	1,0E+03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,5E+04	0,0E+00	1,0E+03	4,6E+01	1,3E+02	1,2E+02	4,7E+03	-	-
Informatie over grondstofgebruik																	
111. Energy, primary, renewable, excludi	MJ	2,0E+01	6,8E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,3E+01	0,0E+00	1,8E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-01	-	-
113. Energy, primary, renewable, materia	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-	-
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	4,6E+03	2,3E+03	2,3E+00	8,6E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,0E+03	0,0E+00	8,6E+01	6,6E-01	1,1E+01	9,3E+00	9,0E+02	-	-
112. Energy, primary, non-renewable, exc	MJ	9,8E+03	2,9E+03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,8E+03	0,0E+00	5,8E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,2E+01	-	-
114. Energy, primary, non-renewable, mat	MJ	3,8E-01	1,1E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,6E-01	0,0E+00	5,7E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,1E-03	-	-
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	8,4E+04	4,7E+04	1,9E+02	7,9E+03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,0E+04	0,0E+00	8,0E+03	5,6E+01	8,8E+01	1,9E+02	2,0E+04	-	-
108. Secondary material (kg)	kg	3,3E-01	9,7E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,3E-01	0,0E+00	1,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,2E-04	-	-
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	2,5E+00	2,5E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-	-
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	5,6E+00	5,6E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-	-
104. Water, fresh water use (m3)	m3	4,5E+01	2,6E+01	2,2E-02	7,9E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,8E+01	0,0E+00	8,1E-01	6,5E-03	8,9E-02	1,5E-01	1,1E+01	-	-
Informatie over afval																	
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,7E+00	5,2E-01	4,6E-04	1,9E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,2E+00	0,0E+00	2,0E-02	1,3E-04	3,1E-04	4,8E-04	-6,6E-02	-	-
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	5,9E+02	2,4E+02	1,2E+01	1,8E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,0E+02	0,0E+00	1,8E+01	3,4E+00	3,7E+00	2,4E+01	1,3E+02	-	-
107. Waste, radioactive (kg)	kg	2,5E-01	7,6E-02	1,2E-03	5,0E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,6E-02	0,0E+00	5,0E-02	3,5E-04	4,3E-04	5,8E-04	-2,6E-02	-	-
Informatie over outputstromen																	
120. Components for re-use (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-	-
121. Materials for recycling (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-	-
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-	-
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-	-
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-	-
Weging (1-punt score)																	
MKI	€	1,147,41	€ 422,41	€ 1,44	€ 48,63	€ 128,73	€ 0,00	€ 0,00	€ 663,23	€ 0,00	€ 50,77	€ 0,42	€ 7,40	€ 8,00	183,62	-€	-

Tabel 18: Gekarakteriseerde resultaten set 1 & 2 van water-water warmtepomp, 10 kW thermisch vermogen.

Effectcategorie	Eenheid	Totaal	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D	MKI
Indicatoren Set 1																
abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq.	1,3E+00	6,1E-01	3,1E-04	5,8E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,0E+00	0,0E+00	6,2E-05	8,6E-05	2,7E-04	1,4E-04	-3,4E-01	€ 0,20
abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq.	3,3E+01	2,2E+01	8,8E-02	1,8E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,0E+01	0,0E+00	2,1E-01	2,5E-02	3,9E-02	1,1E-01	9,9E+00	€ 5,22
global warming (GWP)	kg CO2 eq.	7,7E+03	2,3E+03	1,2E+01	2,6E+01	3,2E+03	0,0E+00	0,0E+00	3,1E+03	0,0E+00	7,7E+01	3,4E+00	1,2E+02	9,1E+01	1,2E+03	384,36
ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq.	6,6E-03	2,6E-03	2,1E-06	4,6E-06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	8,3E-03	0,0E+00	4,9E-06	6,0E-07	7,8E-07	3,4E-06	-4,3E-03	€ 0,20
photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4 eq.	3,7E+00	2,1E+00	7,2E-03	8,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,8E+00	0,0E+00	8,6E-03	2,0E-03	4,5E-03	3,3E-02	1,3E+00	€ 7,40
acidification (AP)	kg SO2 eq.	3,5E+01	1,6E+01	5,3E-02	6,4E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,4E+01	0,0E+00	6,8E-02	1,5E-02	5,6E-02	9,6E-02	5,9E+00	141,01
eutrophication (EP)	kg PO4-- eq.	3,9E+00	1,7E+00	1,0E-02	1,1E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,9E+00	0,0E+00	1,2E-02	2,9E-03	9,8E-03	1,5E-02	-8,3E-01	€ 34,99
human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq.	4,3E+03	2,0E+03	5,0E+00	8,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,0E+03	0,0E+00	8,3E+00	1,4E+00	8,2E+00	1,6E+01	7,4E+02	€ 385,39
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq.	1,9E+02	6,9E+01	1,5E-01	1,6E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,3E+02	0,0E+00	1,6E-01	4,1E-02	1,0E+00	1,1E+01	2,1E+01	€ 5,67
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq.	6,1E+05	2,4E+05	5,3E+02	5,2E+02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,3E+05	0,0E+00	5,4E+02	1,5E+02	1,8E+03	1,2E+04	8,0E+04	€ 60,64
Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq.	4,7E+01	1,2E+01	1,8E-02	7,8E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,7E+01	0,0E+00	9,2E-02	5,0E-03	2,3E-02	2,8E-02	1,7E+01	€ 2,80
Indicatoren Set 2																
Climate change	kg CO2 eq.	8,5E+03	2,3E+03	1,2E+01	2,6E+01	3,8E+03	0,0E+00	0,0E+00	3,3E+03	0,0E+00	8,6E+01	3,4E+00	1,2E+02	1,0E+02	1,3E+03	-
Climate change - Fossil	kg CO2 eq.	8,5E+03	2,4E+03	1,2E+01	2,6E+01	3,8E+03	0,0E+00	0,0E+00	3,3E+03	0,0E+00	8,6E+01	3,4E+00	1,2E+02	1,0E+02	1,3E+03	-
Climate change - Biogenic	kg CO2 eq.	4,3E+00	1,0E+01	5,6E-03	2,6E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,6E+00	0,0E+00	2,3E-02	1,6E-03	-2,5E-01	2,2E+00	1,4E+00	-
Climate change - Land use and LU ch	kg CO2 eq.	6,1E+00	2,4E+00	4,4E-03	4,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,1E+00	0,0E+00	4,1E-03	1,2E-03	6,0E-03	8,4E-03	-5,2E-01	-
Ozone depletion	kg CFC11 eq.	5,4E-03	2,1E-03	2,7E-06	5,8E-06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,8E-03	0,0E+00	6,1E-06	7,5E-07	8,9E-07	3,5E-06	-3,4E-03	-
Acidification	mol H+ eq.	4,2E+01	1,9E+01	7,0E-02	8,0E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,9E+01	0,0E+00	8,5E-02	2,0E-02	7,1E-02	1,2E-01	7,3E+00	-
Eutrophication, freshwater	kg P eq.	6,0E-01	2,5E-01	1,2E-04	1,7E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,7E-01	0,0E+00	2,3E-04	3,4E-05	3,4E-04	1,3E-03	-1,2E-01	-
Eutrophication, marine	kg N eq.	4,9E+00	2,4E+00	2,5E-02	2,1E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,6E+00	0,0E+00	2,2E-02	6,9E-03	1,9E-02	2,3E-02	1,2E+00	-
Eutrophication, terrestrial	mol N eq.	5,9E+01	2,9E+01	2,7E-01	2,3E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,4E+01	0,0E+00	2,4E-01	7,6E-02	2,2E-01	2,4E-01	1,5E+01	-
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	1,9E+01	9,8E+00	7,7E-02	6,8E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,4E+01	0,0E+00	7,3E-02	2,2E-02	5,7E-02	1,1E-01	5,4E+00	-
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq.	1,3E+00	6,1E-01	3,1E-04	5,8E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,0E+00	0,0E+00	6,2E-05	8,6E-05	2,7E-04	1,4E-04	-3,4E-01	-
Resource use, fossils	MJ	6,2E+04	4,4E+04	1,8E+02	3,8E+02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,5E+04	0,0E+00	4,4E+02	5,1E+01	8,1E+01	1,8E+02	1,8E+04	-
Water use	m3 depriv. disease	1,4E+03	9,2E+02	6,5E-01	1,2E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	8,3E+02	0,0E+00	1,7E+00	1,8E-01	1,3E+00	5,6E+00	3,8E+02	-
Particulate matter	inc. kBq U-235 eq.	2,3E-04	1,2E-04	1,1E-06	4,3E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,7E-04	0,0E+00	4,5E-07	3,0E-07	7,7E-07	1,3E-06	-5,7E-05	-
Ionising radiation	235 eq.	1,6E+02	7,7E+01	7,6E-01	1,7E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E+02	0,0E+00	1,7E+00	2,1E-01	3,6E-01	5,1E-01	2,8E+01	-
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	4,0E+05	1,8E+05	1,6E+02	2,4E+02	1,2E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,2E+05	0,0E+00	2,6E+02	4,6E+01	3,7E+02	1,1E+03	1,0E+05	-
Human toxicity, cancer	CTUh	9,1E-06	4,0E-06	5,3E-09	4,6E-08	3,0E-08	0,0E+00	0,0E+00	6,2E-06	0,0E+00	4,7E-08	1,5E-09	1,0E-08	2,9E-08	-1,2E-06	-
Human toxicity, non-cancer	CTUh	4,3E-04	1,6E-04	1,8E-07	3,9E-07	1,3E-09	0,0E+00	0,0E+00	2,6E-04	0,0E+00	4,0E-07	5,0E-08	4,6E-07	1,2E-06	4,3E-06	-
Land use	Pt	1,9E+04	9,4E+03	1,6E+02	5,2E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,4E+04	0,0E+00	5,4E+01	4,4E+01	1,3E+02	1,2E+02	4,5E+03	-
Informatie over grondstofgebruik																
111. Energy, primary, renewable, excludi	MJ	1,6E+01	4,7E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E+01	0,0E+00	1,8E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-01	-
113. Energy, primary, renewable, materia	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	4,3E+03	2,3E+03	2,3E+00	4,4E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,9E+03	0,0E+00	4,6E+00	6,4E-01	1,1E+01	9,4E+00	8,8E+02	-
112. Energy, primary, non-renewable, exc	MJ	8,3E+03	2,5E+03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,8E+03	0,0E+00	5,8E+01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,2E+01	-
114. Energy, primary, non-renewable, mat	MJ	3,2E-01	9,4E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,2E-01	0,0E+00	5,8E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,1E-03	-
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,7E+04	4,7E+04	1,9E+02	4,1E+02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,8E+04	0,0E+00	4,6E+02	5,4E+01	8,6E+01	1,9E+02	1,9E+04	-
108. Secondary material (kg)	kg	2,8E-01	8,3E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,9E-01	0,0E+00	1,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,2E-04	-
109. Secondary fuel, renewable (kg)	MJ	1,7E-01	1,7E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-
110. Secondary fuel, non-renewable (kg)	MJ	3,8E-01	3,8E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	-
104. Water, fresh water use (m3)	m3	4,2E+01	2,5E+01	2,2E-02	4,1E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,6E+01	0,0E+00	5,6E-02	6,2E-03	8,1E-02	1,5E-01	1,0E+01	-
Informatie over afval																
106. Waste, hazardous (kg)	kg	1,4E+00	4,6E-01	4,6E-04	1,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,9E-01	0,0E+00	1,1E-03	1,3E-04	3,0E-04	4,8E-04	-5,9E-02	-
105. Waste, non hazardous (kg)	kg	5,2E+02	2,3E+02	1,2E+01	9,4E-01	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,6E+02	0,0E+00	1,0E+00	3,2E+00	3,5E+00	2,3E+01	1,2E+02	-

107. Waste, radioactive (kg)	kg	1,4E-01	6,6E-02	1,2E-03	2,6E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,1E-02	0,0E+00	2,7E-03	3,4E-04	4,2E-04	5,9E-04	-2,6E-02
Informatie over outputstromen															
120. Components for re-use (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
121. Materials for recycling (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
122. Materials for energy recovery (kg)	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
123. Exported energy, electric (MJ)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
124. Exported energy, thermal (MJ)	MJ	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Weging (1-punt score)															
	€														-€
MKI	€	1.027,89	€ 405,52	€ 1,44	€ 2,50	€ 158,37	€ 0,00	€ 0,00	€ 610,10	€ 0,00	€ 5,09	€ 0,41	€ 7,11	€ 8,12	170,77

Bijlage II: Schalingformules

De warmtepompen zijn schaalbaar naar het thermische vermogen (t) tussen de 3 – 162 kW, referentiewaarde is 10 kW. In overeenstemming met Caduff, M. et al., maken wij, waar nodig, gebruik van een COP van 4,2, 3,5 en 5,4 voor respectievelijk de BW, LW en WW warmtepompen om thermisch vermogen om te schrijven naar elektrisch vermogen.

Warmtebron (BW en WW warmtepompen)

Voor de schaling van de warmtebron is onderscheid gemaakt tussen ondersteunend materiaal (zoals steigers) en overige componenten. Het ondersteund materiaal heeft een constante waarde en is daarmee onafhankelijk van het vermogen. De massa van de overige onderdelen is schaalbaar naar het vermogen. De massa van deze onderdelen heeft namelijk een lineair verband met de lengte van de buizen van de warmtebron (Greening & Azapagic, 2012, tabel 1). De benodigde lengte van de buizen is te benaderen met de formule $l = \frac{HCD - \frac{HCD}{COP}}{HEC}$ (Greening & Azapagic, 2012; WPZ, 2009), met l de lengte van de buizen in meter, COP de coefficient of performance, HCD het gevraagde thermische vermogen en HEC het vermogen van de warmt-extractie met aangenomen waarde van 50 W/m (AWP, 2009). Er wordt aangenomen dat HEC gelijk is aan het vermogen van de warmtepomp. Met HEC en COP als constante waarden per warmtepomptype, heeft de massa van de overige onderdelen een recht evenredig verband met het vermogen. De massa van deze onderdelen is daarmee lineair schaalbaar met het vermogen van de warmtepompen (lineair, $A = 1$; $C = 0$).

Warmtepompunit (alle warmtepompen)

De schalingformules om de warmtepompunit te schalen, zijn over genomen van Caduff, M. et al. (2014), welke empirische schalingsformules hebben afgeleid met behulp van data van 265 warmtepompen met een thermisch vermogen tussen de 3 en 162 kW. Er is onderscheid gemaakt tussen de schaling van de koelvloeistof, de elektronische componenten en de schaling van de overige componenten. Er wordt aangenomen dat de massa van de elektronische componenten niet mee schaalbaar is met het vermogen, omdat hier enerzijds geen informatie over is en anderzijds de aansturing van een groter model in principe met dezelfde hoeveelheid componenten zou moeten kunnen plaatsvinden. De gebruikte schalingsformules voor de drie typen warmtepompen zijn weergegeven in Tabel 19 en de resulterende MKI voor de minimum-, maximum-, en referentiewaarde zijn weergegeven in Tabel 20. De totale massa van de warmtepompunit kan berekend worden met $M_{totaal} = M_{schaalbaar} + RF + M_{elektronica}$.

Tabel 19: Schalingsformules voor warmtepompen. BW is bodem/water waterpomp, LW is lucht/water, WW is water/water, a en b de empirisch berekende schalingsfactoren, R^2 de determinatiecoëfficiënt, $M_{schaalbaar}$ de massa van de schaalbare onderdelen van de warmtepomp, exclusief koelvloeistof, in kg, RF de massa van de koelvloeistof in kg, P het thermisch vermogen in kW, CI het betrouwbaarheidsinterval en SE de standaardfout. Bron: Caduff, M. et al. (2014).

Schalingsformule	Warmtepomp type	B (95% CI)	a (95% CI)	R^2	SE
$M_{schaalbaar} = a * P^b$	BW	0,60	41,69	0,77	0,12
	LW	0,67	50,12	0,62	0,13
	WW	0,55	39,81	0,79	0,09
$RF = a * P^b$	BW	0,62	0,49	0,74	0,10
	LW	0,91	0,49	0,61	0,19
	WW	0,81	0,39	0,87	0,06
$M_{elektronica} = C$	Allen	De elektronische componenten hebben een constante massa			

Tabel 20: MKI bij minimum-, maximum- en referentiewaarde van schaling van thermisch vermogen.

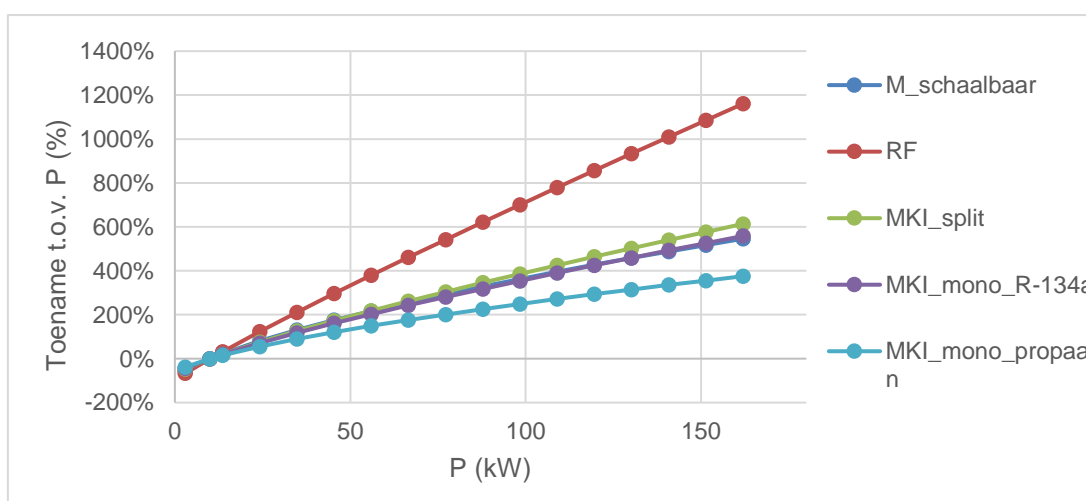
Warmtepomp type	Levensduur	Eenheid	P = 3 kW	P = 10 kW	P = 162 kW
BW	50 jaar	MKI (€)	678	1.147	7.149
WW	50 jaar	MKI (€)	629	1.028	6.056
LW, split unit, R-134a	15 jaar	MKI (€)	226	422	3.015
LW, monoblock, R-134a	15 jaar	MKI (€)	213	384	2.530
LW, monoblock, propaan	15 jaar	MKI (€)	183	294	1.398

Analyse schalingsverloop massa componenten, koelvloeistof en MKI

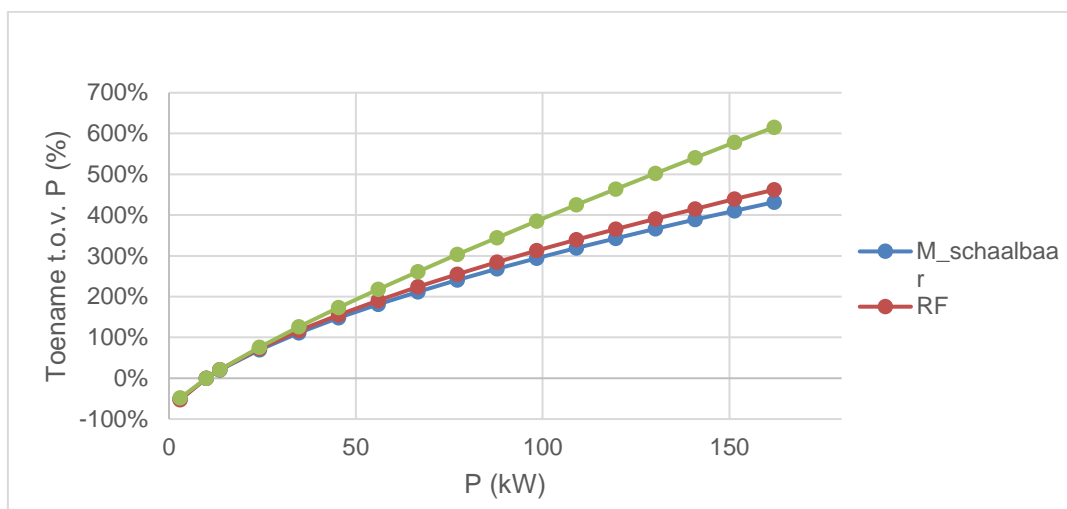
In Figuur 17, Figuur 18 en Figuur 19 is de toename van $M_{\text{schaalbaar}}$, RF en de MKI, van respectievelijk de lucht-water, bodem-water en water-water warmtepompen, ten opzichte van het vermogen weergegeven. Bij de LW en WW warmtepompen zien we dat de toename van RF bij een hoger vermogen sneller gaat dan de afwijking van $M_{\text{schaalbaar}}$. Als gevolg hiervan wordt de relatieve bijdrage van de koelvloeistof aan de MKI aanzienlijk groter bij hogere vermogens.

Bij de BW warmtepompen is de toename van RF en $M_{\text{schaalbaar}}$ nagenoeg gelijk, waardoor de verhouding van de bijdrage van de koelvloeistof en de elementen die schaalbaar zijn met $M_{\text{schaalbaar}}$ vrijwel gelijk is in het gehele bereik van de schaling.

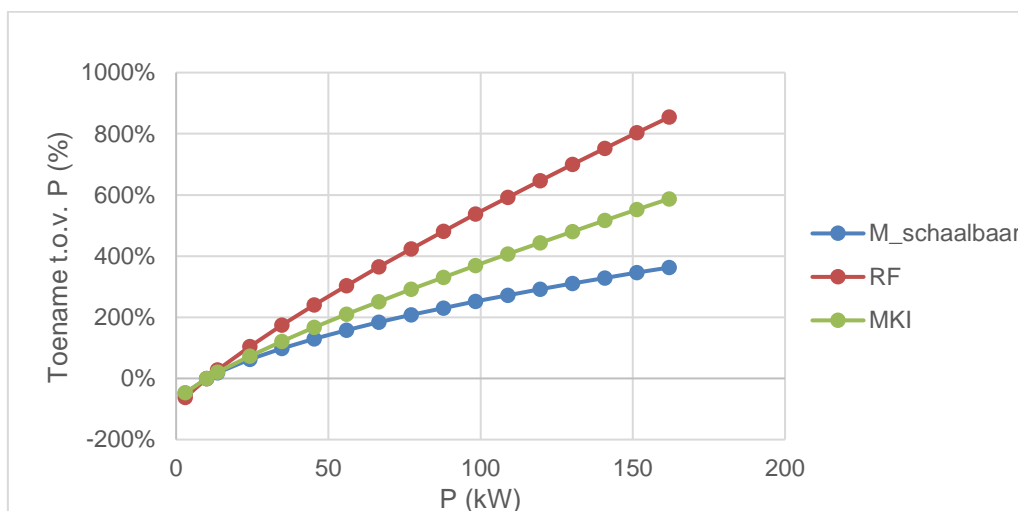
Ondanks het significante verschil in de toename van RF en $M_{\text{schaalbaar}}$ tussen de LW, BW en WW warmtepompen is, bij een vermogen van 162 kW, de toename in MKI rond de 600% voor alle warmtepompen, met uitzondering van de LW monoblock met propaan.



Figuur 17: Toename $M_{\text{schaalbaar}}$ en RF en de MKI van lucht-water warmtepompen (split-type, monoblock R-134a en monoblock propaan).



Figuur 18: Toename $M_{schaalbaar}$ en RF en de MKI van bodem-water warmtepomp.



Figuur 19: Toename $M_{schaalbaar}$ en RF en de MKI van water-water warmtepomp.

Bijlage III: Nieuw verwerking-scenario einde leven van elektronica

Deze bijlage beschrijft hoe het massa-aandeel per grondstof van de processen *0405-fab&Elektronica, printplaat, inclusief elektronische componenten (o.b.v. Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO}) market for | Cut-off, U* en *0303-fab&Elektronica, passieve componenten (o.b.v. Electronic component, passive, unspecified {GLO}) market for | Cut-off, U* bepaald is.

In Tabel 21 is voor het printed wiring board (PWB) proces van de NMD een overzicht gemaakt van de inbegrepen sub-processen. Het gewicht van de input grondstoffen is per functionele eenheid van deze sub-processen weergegeven. Om het gewicht te bepalen van de input grondstoffen in het PWB proces, is het gewicht afkomstig uit de sub-processen gecorrigeerd aan de hand van het afvalverlies in het sub-proces en het aandeel van het PWB proces.

Voorbeeld:

In 1 kg *Capacitor, for surface mounting* wordt 0,014 kg koper gebruikt voor de productie. Per 1 kg output gaat er 0,48 kg input verloren. Daarnaast gaat er 0,033 kg *Capacitor* in 1 kg PWB. Het koper aandeel in 1 kg PWB, afkomstig uit *Capacitor* is daarom $0,014 \cdot 0,033 / 1,48 = 00,00031$ kg koper.

Het massa-aandeel per grondstof (input), per sub-proces, in 1 kg PWB is weergegeven in Tabel 22. De som van de sub-processen geeft de totale massa van de input van de grondstoffen. Voor het massa-aandeel van de grondstoffen van 1 kg PWB output (aandeel PWB %), is de totale input per grondstof gedeeld door de som van de totale input van alle grondstoffen.

Voor het passieve componenten proces van de NMD zijn dezelfde stappen gevolgd als voor de PWB. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 23 en Tabel 24.

Tabel 21: Overzicht massa-aandeel grondstoffen in sub-processen van proces *0405-fab&Elektronica, printplaat, inclusief elektronische componenten*.

Proces	Eenheid	Capacitor, for surface-mounting {GLO} production Cut-off, U	Diode, glass-, for surface-mounting {GLO} production Cut-off, U	Electric connector, peripheral component interconnect buss {GLO} production Cut-off, U	Integrated circuit, logic type {GLO} production Cut-off, U	Light emitting diode {GLO} production Cut-off, U	Printed wiring board, for surface mounting, Pb free surface {GLO} market for Cut-off, U	Resistor, surface-mounted {GLO} production Cut-off, U	Transistor, surface-mounted {GLO} production Cut-off, U
Brass (0,707 copper / 0,303 Zinc)	kg								
Copper {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,01	0,25	0,14	0,08	0,24	2,87	0,00	2,11
Gold {GLO} market for Cut-off, U	kg			0,00	0,01		0,00	0,01	
Lead {GLO} market for Cut-off, U	kg		0,01		0,04	0,02		0,01	0,26
Nickel, 99.5% {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,20			0,00	0,00	0,00	0,02	0,05
Silver {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,04			0,01		0,00	0,01	
Tin {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,02	0,02		0,06	0,05	0,00	0,01	0,44
Zinc {GLO} market for Cut-off, U	kg			0,06	0,01				
Pig iron {GLO} market for Cut-off, U	kg					0,45		0,03	0,06
<i>Som van bovenstaande materialen</i>	kg	0,28	0,27	0,21	0,21	0,75	2,88	0,09	2,91
Materialen + afval in proces	-/-	1,48	1,04	1,00	1,00	1,04	1,00	1,23	5,90
Specifiek gewicht van proces	kg/-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,26	1,00	1,00
Aandeel PWB proces	-/-	0,03	0,00	0,02	0,17	0,00	0,23	0,02	0,01

Tabel 22: Massa-aandeel grondstoffen in 1 kg 0405-fab&Elektronica, printplaat, inclusief elektronische componenten.

Proces	Eenheid	Capacitor, for surface-mounting {GLO} production Cut-off, U	Diode, glass-, for surface-mounting {GLO} production Cut-off, U	Electric connector, peripheral component interconnect buss {GLO} production Cut-off, U	Integrated circuit, logic type {GLO} production Cut-off, U	Light emitting diode {GLO} production Cut-off, U	Printed wiring board, for surface mounting, Pb free surface {GLO} market for Cut-off, U	Resistor, surface-mounted {GLO} production Cut-off, U	Transistor, surface-mounted {GLO} production Cut-off, U	Totaal	Aandeel PWB (%)
Copper {GLO} market for Cut-off, U	kg	3,1E-04	9,8E-04	2,8E-03	1,4E-02	2,3E-04	6,7E-01	8,7E-05	3,6E-03	6,9E-01	67,5%
Gold {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,0E+00	0,0E+00	4,0E-05	1,9E-03	0,0E+00	3,6E-05	1,2E-04	0,0E+00	2,1E-03	0,2%
Lead {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,0E+00	3,2E-05	0,0E+00	6,4E-03	1,6E-05	0,0E+00	1,0E-04	4,4E-04	7,0E-03	0,7%
Nickel, 99.5% {GLO} market for Cut-off, U	kg	4,4E-03	0,0E+00	0,0E+00	5,7E-04	3,8E-06	1,8E-04	3,9E-04	8,0E-05	5,7E-03	0,6%
Silver {GLO} market for Cut-off, U	kg	8,7E-04	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-03	0,0E+00	1,2E-04	2,3E-04	0,0E+00	2,5E-03	0,2%
Tin {GLO} market for Cut-off, U	kg	5,4E-04	6,0E-05	0,0E+00	1,1E-02	4,6E-05	6,5E-04	2,7E-04	7,6E-04	1,3E-02	1,3%
Zinc {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,0E+00	0,0E+00	1,2E-03	1,3E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,5E-03	0,2%
Pig iron {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,4E-04	0,0E+00	5,5E-04	1,0E-04	1,1E-03	0,1%
Totaal	kg	6,1E-03	1,1E-03	4,0E-03	3,7E-02	7,4E-04	6,7E-01	1,8E-03	5,0E-03	7,2E-01	0,0%

Tabel 23: Overzicht massa-aandeel grondstoffen in sub-processen van proces 0303-fab&Elektronica, passieve componenten.

Proces	Eenheid	Capacitor, electrolyte type, < 2cm height {GLO} market for Cut-off, U	Capacitor, film type, for through-hole mounting {GLO} market for Cut-off, U	Capacitor, for surface-mounting {GLO} market for Cut-off, U	Capacitor, tantalum-, for through-hole mounting {GLO} market for Cut-off, U	Electric connector, peripheral component interconnect buss	Electric connector, peripheral type buss {GLO} market for Cut-off, U	Inductor, ring core choke type {GLO} market for Cut-off, U	Potentiometer, unspecified {GLO} market for Cut-off, U	Resistor, metal film type, through-hole mounting {GLO} market for Cut-off, U	Resistor, surface-mounted {GLO} market for Cut-off, U	Resistor, wirewound, through-hole mounting {GLO} market for Cut-off, U
Brass (0,707 copper / 0,303 Zinc)	kg											
Copper {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,02	0,05	0,01	0,02	0,04	0,01	0,07	0,00	0,01	0,00	0,00
Gold {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lead {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Nickel, 99.5% {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Silver {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tin {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Zinc {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pig iron {GLO} market for Cut-off, U	kg	0,12	0,10	0,04	0,09	0,08	0,05	0,25	0,01	0,01	0,02	0,01
<i>Som van bovenstaande materialen</i>		<i>0,15</i>	<i>0,16</i>	<i>0,06</i>	<i>0,11</i>	<i>0,11</i>	<i>0,06</i>	<i>0,35</i>	<i>0,01</i>	<i>0,02</i>	<i>0,03</i>	<i>0,01</i>
Materialen + afval	-/-	1,48	1,48	1,48	1,48	1,00	1,00	1,48	1,23	1,23	1,23	1,23
Specifiek gewicht	kg/-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Aandeel PWB proces	-/-	0,14	0,11	0,04	0,03	0,18	0,10	0,34	0,01	0,01	0,01	0,01

Tabel 24: Massa-aandeel grondstoffen in 1 kg 0303-fab&Elektronica, passieve componenten.

Proces	Eenheid	Capacitor, electrolyte type, < 2cm height {GLO} market for Cut-off, U	Capacitor, film type, for through-hole mounting {GLO} market for Cut-off, U	Capacitor, for surface-mounting {GLO} market for Cut-off, U	Capacitor, tantalum-, for through-hole mounting {GLO} market for Cut-off, U	Electric connector, peripheral component interconnect buss {GLO} market for Cut-off, U	Electric connector, peripheral type buss {GLO} market for Cut-off, U	Inductor, ring core choke type {GLO} market for Cut-off, U	Potentiometer, unspecified {GLO} market for Cut-off, U	Resistor, metal film type, through-hole mounting {GLO} market for Cut-off, U	Resistor, surface-mounted {GLO} market for Cut-off, U	Resistor, wirewound, through-hole mounting {GLO} market for Cut-off, U	Totaal	Aandeel passieve componenten (%)
Copper {GLO} market for Cut-off, U	kg	1,9E-03	3,8E-03	2,1E-04	4,0E-04	6,8E-03	1,3E-03	1,6E-02	2,8E-05	9,3E-05	3,2E-05	2,4E-05	3,0E-02	3,0%
Gold {GLO} market for Cut-off, U	kg	1,4E-08	8,8E-09	1,6E-09	1,3E-09	6,8E-05	1,2E-08	7,7E-08	1,5E-10	1,6E-10	1,0E-06	1,5E-10	6,9E-05	0,0%
Lead {GLO} market for Cut-off, U	kg	2,1E-05	5,8E-05	2,5E-06	3,5E-06	5,7E-05	2,7E-06	5,3E-03	1,7E-07	1,0E-05	1,9E-06	1,7E-07	5,5E-03	0,5%
Nickel, 99.5% {GLO} market for Cut-off, U	kg	9,7E-07	1,0E-04	2,6E-04	5,2E-05	4,1E-06	5,9E-07	4,1E-06	9,3E-07	4,8E-06	3,4E-06	2,2E-06	4,3E-04	0,0%
Silver {GLO} market for Cut-off, U	kg	3,3E-04	3,1E-04	5,1E-05	3,1E-05	1,8E-07	4,6E-08	2,9E-07	5,8E-10	6,0E-10	2,0E-06	5,8E-10	7,2E-04	0,1%
Tin {GLO} market for Cut-off, U	kg	2,8E-05	2,5E-04	3,2E-05	2,8E-05	2,1E-06	5,2E-07	2,9E-03	9,3E-07	1,8E-05	2,4E-06	4,4E-06	3,3E-03	0,3%
Zinc {GLO} market for Cut-off, U	kg	3,3E-14	2,7E-14	7,6E-15	5,7E-15	7,4E-14	8,1E-15	1,8E-13	8,3E-16	1,0E-15	1,7E-15	8,4E-16	3,4E-13	0,0%
Pig iron {GLO} market for Cut-off, U	kg	1,1E-02	7,1E-03	1,1E-03	2,1E-03	1,4E-02	5,2E-03	5,6E-02	1,2E-04	1,5E-04	2,9E-04	1,4E-04	9,8E-02	9,8%
Totaal	kg	1,4E-02	1,2E-02	1,7E-03	2,6E-03	2,1E-02	6,6E-03	8,0E-02	1,5E-04	2,7E-04	3,3E-04	1,7E-04	1,4E-01	0,0%

Bijlage IV: Lijst – Processen die moeten worden toegevoegd aan de Nationale MilieuDatabase

In Tabel 25 is een overzicht weergegeven van de processen die toegevoegd moeten worden aan de Nationale MilieuDatabase.

Tabel 25: Processen die toegevoegd moeten worden aan de Nationale MilieuDatabase.

Proces	Procesnaam	Database
Verdampen koelvloeistof R-134a	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, venting Cut-off, U	Ecoinvent 3.6
Afvalverwerking koelvloeistof R-134a	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, final disposal Cut-off, U	Ecoinvent 3.6
Regeneratieprocessen koelvloeistof R-134a	Used refrigerant R134a {GLO} treatment of used refrigerant R134a, reclamation Cut-off, U	Ecoinvent 3.6
Verbranding gevaarlijk afval, voor AVI di-ethyleenglycol	Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland} market for hazardous waste, for incineration Cut-off, U	Ecoinvent 3.6
Behandeling elektronisch afval voor recycling	Waste electric and electronic equipment {GLO} treatment of, shredding Cut-off, U	Ecoinvent 3.6
AVI elektronisch afval	Residue from mechanical treatment, industrial device {RoW} treatment of, municipal waste incineration Cut-off, U	Ecoinvent 3.6
Stort elektronisch afval	Waste plastic, consumer electronics {GLO} treatment of waste plastic, consumer electronics, sanitary landfill, wet infiltration class (500mm) Cut-off, U	Ecoinvent 3.6
Goud, grondstof, als uitgespaard product voor elektronisch afval	Gold, unrefined {RoW} gold mine operation and gold production, unrefined Cut-off, U	Ecoinvent 3.6
Verdampen propaan (1 kg)	Verdampen propaan: bevat emissie naar lucht bevat van 1 kg propaan (C ₃ H ₈).	Ecoinvent 3.6