Levenscyclusanalyse inblaasstro

Categorie 2 productkaart: Inblaasstro, representatief voor de bedrijven die aangesloten zijn bij Stichting Building Balance

Datum van uitgifte

18-06-2024

Conform

Bepalingsmethode v1.1

Opdrachtgever

Stichting Building Balance

LCA Uitvoerder

Hedgehog Company B.V.
Donauweg 10
1043 AJ Amsterdam

Inhoudsopgave

1 Introductie **2**
1.1 Achtergrond 2
1.2 Doel en doelgroep van de studie 2
1.3 Verificatie statement 2
2 Reikwijdte **3**
2.1 Product omschrijving 3
2.2 Functionele eenheid 4
2.3 Procesboom 4
2.4 Systeemgrenzen 5
2.4.3 Allocatie 6
3 Levenscyclus inventarisatie **7**
3.1 Methode voor gegevensverzameling 7
3.2 Inventarisatie en allocatie 7
3.2.1 Productiefase (A1-A3) 7
3.2.1.1 Winning van grondstoffen(A1) 7
3.2.1.2 Transport (A2) 8
3.2.1.3 Productie (A3) 8
3.2.2 Bouwfase (A4-A5) 9
3.2.2.1 Transport(A4) 9
3.2.2.2 Bouw- en installatieproces, aanleg (A5) 9
3.2.3 Gebruiksfase (B1-B5) 9
3.2.4 Sloop- en verwerkingsfase (C1-C4) 9
3.2.4.1 Sloop (C1) 10
3.2.4.2 Afvalverwerking (C2-4) 10
3.2.5 Baten en lasten buiten de systeemgrenzen (D) 10
4 Gegevensverzameling **11**
4.1 Controle van datakwaliteit, representativiteit en consistentie 11
4.1.1 Representativiteit 11
4.1.2 Compleetheid milieu-ingrepen en economische stromen 11
4.1.3 Consistentie en reproduceerbaarheid 11
4.2 Kwalitatieve en kwantitatieve beschrijving van de processen, scenario's en bronnen 11
5 Levenscycluseffectbeoordeling **14**
5.1 Milieuprofiel 14
5.2 Milieukostenindicator (MKI) 18
5.2.1. Overgang MKI naar set 2 19
6 Interpretatie **20**
6.1 Zwaartepuntanalyse 20
6.2 Gevoeligheidsanalyse 21
6.3 Schaalbaarheid 26
Referenties **27**
Appendix I **28**
Appendix II. Verificatiestatement **29**

1 Introductie

1.1 Achtergrond

Deze LCA studie is uitgevoerd in opdracht van Building Balance en is opgesteld door Rik Wessels. Dit rapport is opgesteld op 18-06-24 en voldoet aan de eisen gesteld in de NEN-EN ISO 14040 [1], NEN-EN ISO 14044 [2], EN 15804+A2:2019 [3] en de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 [4], inclusief wijzigingsblad amendement 4. De studie is opgesteld voor toetsing conform het NMD Toetsingsprotocol [5]. Naast de Bepalingsmethode wordt EN 16783 gebruikt als specifieke Product Category Rules (PCR) [6]. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van Simapro 9.5.0.1 [7]. De studie is na uitgave tot 5 jaar geldig. De resultaten van LCA studies en resulterende 'Environmental Product Declarations' of EPD's zijn enkel vergelijkbaar indien deze aan de in deze LCA studie aangehouden versie Bepalingsmethode voldoen.

Stichting Building Balance versnelt de toepassing van biogrondstoffen in de bouwsector. Ze werken samen met ministeries en provincies aan de Nationale Aanpak Biobased Bouwen en regionale ketenprojecten. De stichting creëert vraag naar biobased materialen, ondersteunt de verwerkende industrie, en verbindt hen met klanten en telers. Ze bevorderen het gebruik van Nederlandse teelten en reststromen voor biobased bouwproducten, en zorgen voor een optimale teelt van vezelgewassen.

1.2 Doel en doelgroep van de studie

Het doel van de studie is om betrouwbare en nauwkeurige kwantitatieve milieugegevens voor Nederlands inblaasstro op te leveren en over te dragen aan de Nationale Milieudatabase (NMD), in de vorm van een categorie 2 productkaart. De milieugegevens worden verstrekt voor het doorgegeven van milieugegevens in de keten, zodat ook volgende schakels in staat zijn een milieuverklaring van hun product of gebouw op te stellen. Daarnaast worden de milieugegevens verstrekt voor toepassing in LCA-berekeningen van bouwwerken. Hiervoor is vooral de methodische vergelijkbaarheid (optelbaarheid) van de milieugegevens van belang.

De doelgroep van deze studie betreffen afnemers van de inblaasstro, waarmee Building Balance de milieugegevens wenst te delen. Daarnaast behoren gebruikers van de NMD tot de doelgroep.

1.3 Verificatie statement

Deze LCA is geverifieerd conform het NMD Toetsingsprotocol. De Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1, inclusief wijzigingsblad amendement 4 is gevolgd als PCR. Het verificatie statement van de verificateur is te vinden in de Appendix.

2 Reikwijdte

In de volgende secties wordt de reikwijdte (scope) van deze studie beschreven. Dit omvat, maar is niet gelimiteerd tot, het identificeren van specifieke productsystemen, de productfunctie(s), rekeneenheid, systeemgrenzen, allocatieprocedures en cut-off criteria van de studie.

2.1 Product omschrijving

Deze studie behandelt het product inblaasstro, wat toegepast kan worden als isolatie in bouwwerken. De inblaasstro wordt geproduceerd vanuit de grove fractie (1-2 cm) van gehakseld tarwestro. Deze studie behandelt inblaasstro, wat afkomstig is van tarwestro wat specifiek geproduceerd is in Nederland. Deze studie behandelt een gewogen gemiddelde van alle input parameters van de vier stroverwerkers (Mussche, Verhoeven, Agrifirm en Agristro) welke werkzaam zijn op Nederlandse bodem.

De technische specificaties zijn als volgt:

- Dichtheid na inblazen: 105 kg/m3
- Warmtegeleiding: λ = 0,052 W/mk
- Warmtecapaciteit: c = 2100 j/kg
- Brandklasse = E
- Dampdiffusiecoëfficiënt = 2,8
- Vochtgehalte = 13%



Figuur 1. Open element met inblaasstro.

2.2 Functionele eenheid

De functie van inblaasstro is om constructie elementen in een gebouw thermisch en akoustisch te isoleren. Het inblaasstro kan worden toegepast als isolatielaag voor:

- Binnenwanden
  - Constructief (B&U 22.2)
  - Niet-constructief (B&U 22.1)
- Buitenwanden
  - Constructief (B&U 21.2)
  - Niet-constructief (B&U 21.1)
- Hellende daken
  - Constructief (B&U 27.2)

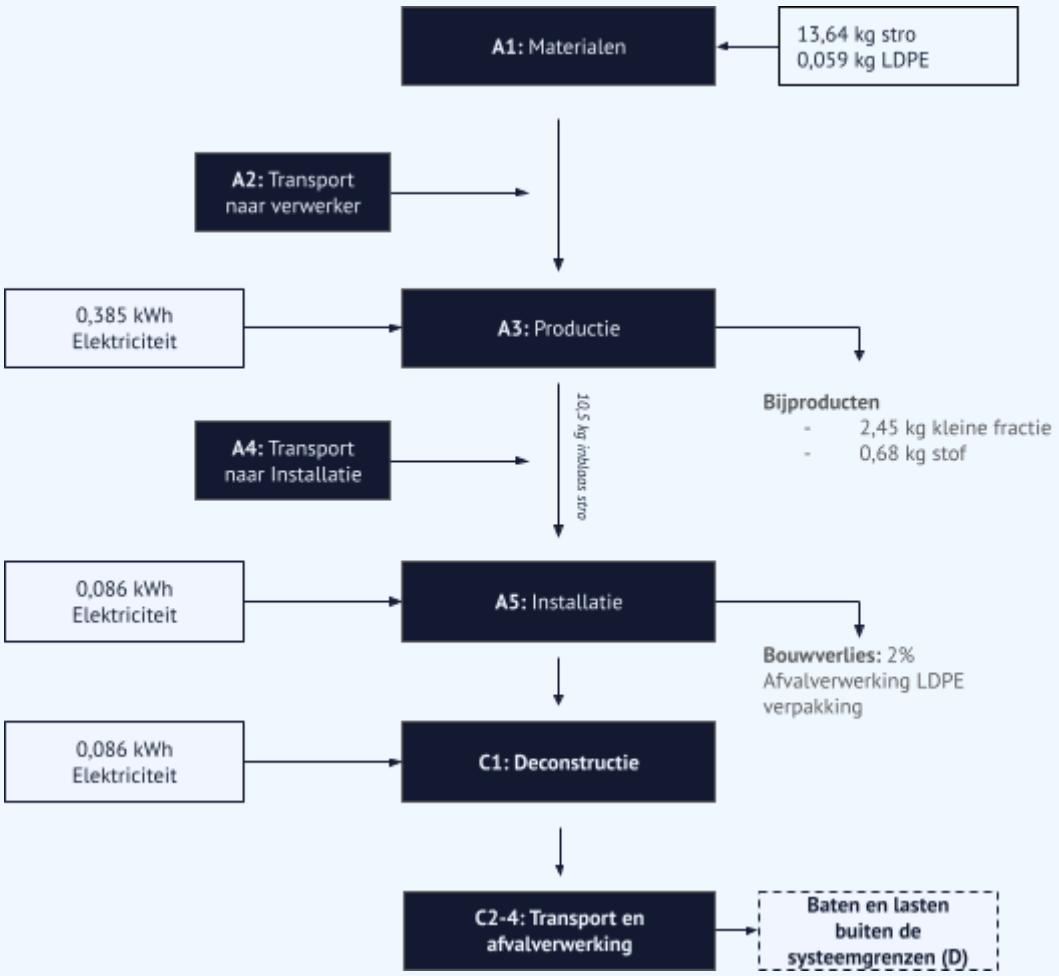
Deze LCA berekent de milieu-impact van één vierkante meter inblaasstro. De inblaasstro kan worden toegepast in diktes tussen de 40-500 mm. Indien stro goed beschermd wordt tegen vocht heeft het een erg lange levensduur. Er zijn in Europa praktijkvoorbeelden van woningen met stro die al meer dan 100 jaar staan[1]. Op basis van deze informatie wordt verwacht dat de levensduur van het inblaasstro ten minste gelijk is aan de levensduur van een gebouw. Daarmee wordt een verwachte levensduur van 75 jaar aangehouden. Deze studie hanteert een standaard dikte van 10 cm, welke schaalbaar is tussen de 4 en 50 cm. De functionele eenheid is gedefinieerd als:

- *de productie, installatie en afvalverwerking van 1 vierkante meter inblaasstro, met een Rd waarde van 1,92 m2K/W en een dikte van 10 cm, toegepast in een gebouw, met een levensduur van 75 jaar.*

2.3 Procesboom

Figuur 2 presenteert een weergave van de procesboom.

[1] Zie https://strawbuilding.eu/ voor verschillende referentieprojecten in Europa



Figuur 2. Procesboom voor de levenscyclus van één vierkante meter inblaasstro.

Deze LCA omvat de gehele levenscyclus van de inblaasstro. De productiefase start bij de winning van grondstoffen waarna transport naar de stroverwerkers plaatsvindt. Op de productielocaties wordt de inblaasstro geproduceerd waarna deze getransporteerd wordt naar, en geïnstalleerd wordt op, de gebruikslocatie. Tijdens de gebruiksfase (Module B1-5) zijn er geen relevante materiaal en energie inputs nodig. Mogelijk ontstane impacts zijn verwaarloosbaar en daarom wordt er binnen deze module 0 impact gedeclareerd. De verdere afvalverwerking vindt plaats volgens de standaard afvalscenario's van de NMD.

2.4 Systeemgrenzen

In deze studie zijn alle inputs en outputs - zoals emissies, energie- en materiaalinvoer - meegenomen in de berekening conform de Bepalingsmethode. Dit houdt in dat er geen rekening is gehouden met de productie, aanvoer/afvoer en onderhoud van kapitaalgoederen op de productielocatie, omdat de bijdrage aan elke effectcategorie van deze kapitaalgoederen naar schatting niet meer bedraagt dan 5%.

Tabel 1 geeft een overzicht van de gehanteerde modules volgens de Bepalingsmethode.

Tabel 1. Overzicht van de LCA-stadia beschreven in deze studie.

Productiefase	A1	X	Levering van grondstoffen
	A2	X	Vervoer
	A3	X	Productie
Bouwfase	A4	X	Vervoer naar locatie
	A5	X	Constructie - installatieproces
Gebruiksfase	B1	X	Gebruik
	B2	X	Onderhoud
	B3	X	Reparatie
	B4	X	Vervanging
	B5	X	Renovatie
Eindelevensfase	C1	X	Deconstructie sloop
	C2	X	Vervoer
	C3	X	Afvalverwerking
	C4	X	Beschikbaarheid
Baten en lasten buiten de systeemgrenzen	D	X	Hergebruik - Terugwinning - Recyclingpotentieel

2.4.3 Allocatie

De afvalverwerkingsprocessen zijn gealloceerd aan de module waarin ze ontstaan. De allocatie van materialen aan deze of aan een volgende levenscyclus (gebruik/hergebruik secundaire grondstoffen) heeft plaatsgevonden op basis van het polluters pays principle. De milieueffecten van processen die kosten veroorzaken voor dit product (zoals afvalverwerking) zijn meegerekend.

De allocatie van de impact van tarwestro naar inblaasstro vindt plaats op basis van economische waarde. De tarwe en stro prijzen van de laatste drie jaar vormen de basis van deze allocatie. De precieze gehanteerde waardes zijn te vinden in sectie 3.2.1.1.

3 Levenscyclus inventarisatie

De levenscyclusinventarisatie omvat de wijze van dataverzameling en de inventarisatie van de relevante in- en uitstromen van het productsysteem. In dit hoofdstuk is voor elke stap in het productieproces een inventarisatie opgenomen van de in- en uitstromen van energie, materiaal en transport. De verzamelde gegevens worden gebruikt om de milieu-impact te berekenen door bijvoorbeeld emissies naar lucht, oppervlaktewater, water en uitputting van hulpbronnen.

3.1 Methode voor gegevensverzameling

Alle stroverwerkers in Nederland die meewerken aan het Building Balance project zijn gevraagd om milieurelevante productinformatie aan te leveren voor deze studie. Alle vier de stroverwerkers welke opereren op de Nederlandse markt (Mussche, Verhoeven, Agrifirm en Agristro) hebben gegevens aangeleverd met betrekking tot het energieverbruik tijdens productie. Tevens hebben zij economische gegevens verstrekt over de verschillende co-producten welke vrijkomen bij de productie van inblaasstro. Gebaseerd op de informatie van de producenten zijn representatieve proceskaarten geselecteerd uit de Nationale Milieudatabase (v3.8) en Ecoinvent (v3.6). De keuzes voor specifieke proceskaarten zijn verder uitgewerkt in paragraaf 4.3.

3.2 Inventarisatie en allocatie

Deze paragraaf beschrijft de kwantiteit en kwaliteit van de gehanteerde materialen, energiestromen en vrijgekomen emissies. Voor deze beschrijving is rekening gehouden met de eisen voor systeemgrenzen zoals vermeld in de Bepalingsmethode.

3.2.1 Productiefase (A1-A3)

3.2.1.1 Winning van grondstoffen(A1)

Allocatie tarwe en stro

Het Nederlandse stro is een bijproduct van de tarweproductie. Een deel van de milieu-impact van deze tarweproductie is gealloceerd naar stro op basis van economische allocatie. Zie Tabel 2 voor de gehanteerde variabelen. De economische waarde van tarwe en stro is gebaseerd op de gemiddelde tarwe en stro prijzen in Emmeloord, van 25 maart 2021 tot 21 maart 2024.

Tabel 2. Allocatie van stro en tarwe impact.

Materiaal	Productie (ton/ha)	Prijs (€/ton)	Opbrengst (€/ha)	Allocatie
Stro	4	112,89	€451,57	15,79%
Tarwe	9	267,66	€2.408,90	84,21%

Uit Tabel 2 valt af te lezen dat 15,79% van de tarweproductie ten laste moet worden gelegd aan stro. De gebruikte Ecoinvent achtergrond referentie voor stro productie '*wheat production, Swiss integrated production, extensive | straw {CH}*' alloceert 8,39% van de impact van de tarweproductie aan het stro. Hiervoor is gecorrigeerd in de modellering door een correctiefactor van 1,88 te hanteren.

Allocatie verschillende fracties stro

Wanneer het stro bij de verwerker aankomt wordt het verwerkt in verschillende fractie groottes. Deze verschillende fracties hebben allemaal een verschillende economische waarde, waardoor ook hierover economische allocatie

plaatsvindt. Zie Tabel 3 voor de uitwerking van deze allocatie. Voor de productie van 1 ton grove fractie stro wordt dus 1.000 / 0,77 * 0,7965 = 1.034,39 kg stro impact gealloceerd aan de grove fractie.

Dit vermenigvuldigt met de correctiefactor van 1,88 maakt dat er in de LCA software een tarwestro input gemodelleerd is van 1944,7 ton, voor de productie van 1 ton inblaasstro.

Voor de productie van één vierkante meter met een standaard dikte van 10 cm, is er 10,5 kg inblaasstro output nodig, aangezien de dichtheid van het inblaasstro 105 kg/m3 is.

Tabel 3. Allocatie van de verschillende stro fracties. Verwerker specifieke waardes zijn te vinden in Appendix A1.

Materiaal	Gemiddelde fractieverhouding	Gemiddelde prijs (€/ton)	Opbrengst per ton stro (€)	Allocatie, gecorrigeerd voor prijsverschil
Grove fractie, voederstro/inblaasstro	77%	263,13	203,26	79,65%
Kleine fractie, kuikenstrooisel	18%	254,78	44,59	17,47%
Stof, pellets	5%	140,00	7,35	2,88%

Tabel 4. Samenstelling eind-product, één vierkante meter inblaasstro (10 cm dik)

Deel	Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid
Inblaasstro	Stro, grove fractie	kg	10,5
Inpak folie	LDPE	kg	0,059

Biogene koolstof

In lijn met de Bepalingsmethode en EN 16449 is het biogene koolstofgehalte van de inblaasstro berekend. Eén kilogram biogene koolstof staat gelijk aan 44/12 kg CO_2. In één kilogram droge stro zit 47,2% koolstof [8]. Het stro heeft een gemiddeld vochtgehalte van 13%. Conform EN 16449 is berekend dat één kilogram inblaasstro 1,53 kg CO_2 vastlegd.

3.2.1.2 Transport (A2)

Deze studie beslaat enkel stro afkomstig uit Nederland. Door de grote variëteit aan leveranciers van stro wordt er in deze studie gerekend met een forfaitaire transport afstand van 150 kilometer voor zowel het stro als de inpakfolie.

Het transport is als volgt gemodelleerd: (10,5 kg / 0,77 * 0,7965 * 150 km + 0,059 kg *150 km) / 1.000 = 1,638 tkm
In lijn met de PCR EN 16783 wordt vol volume transport aangehouden. Dit is gemodelleerd door de emissies van gehanteerde proceskaart te vermenigvuldigen met een factor twee.

3.2.1.3 Productie (A3)

De inblaasstro wordt geproduceerd met behulp van een hakselaar waarin het stro wordt ingebracht. Door middel van de hakselaar kan het stro in drie fractiegroottes worden verwerkt. Na hakselen worden de verschillende fractiegroottes verpakt in balen.

De verwerkers hebben aangegeven dat er gemiddeld 46,06 kWh elektriciteit wordt verbruikt om 1 ton grove fractie stro te produceren. Dit energieverbruik is gecorrigeerd op basis van economische allocatie zoals beschreven in Tabel 3.

Dit maakt dat voor de productie van één vierkante meter (10,5 kg * 0,7965 * 46,06 kWh / 1000 kg) = 0,385 kWh elektriciteit nodig is.

Energieverbruik

Op basis van de verschillende ingekochte elektriciteitsmix van de verwerkers is een gemiddelde energiemix opgesteld (op basis van gegevens uit Appendix A2), deze is gemodelleerd als volgt: Grijze stroom, Nederlandse gemiddelde mix 48,46%. Groene stroom, Nederlandse gemiddelde groene stroom mix 44,50%. PV stroom op basis van eigen opwekking 7,04%.

Drie van de vier verwerkers hebben elektrische heftrucks in gebruik voor intern transport. Het energieverbruik van het interne transport is bij deze verwerkers meegenomen in het totale elektriciteitsverbruik. Eén verwerker heeft een LPG-heftruck en een diesel heftruck. Beide heftrucks verbruiken ongeveer 0,6 L brandstof per ton verwerkt stro. Eén vierde van dit interne transport is meegenomen in deze studie op basis van diesel en propaan verbrandingsreferenties.

Productieverlies

Er wordt aangenomen dat er geen productieverliezen plaatsvinden, omdat ook de kleine fractie en het stof verkocht worden als bijproducten.

3.2.2 Bouwfase (A4-A5)

3.2.2.1 Transport(A4)

Het inblaasstro wordt na productie via een isolatiebedrijf of houtskeletbouwer naar de bouwplaats getransporteerd. In lijn met de Bepalingsmethode wordt de standaardafstand tot de bouwplaats aangehouden, 150 kilometer. De inblaasstro wordt inclusief verpakkingsmateriaal vanaf de verwerker naar de bouwplaats getransporteerd. De transportmodus is per vrachtwagen. In lijn met EN 16783 wordt volume transport aangehouden.

3.2.2.2 Bouw- en installatieproces, aanleg (A5)

Het inblazen van het stro wordt gedaan met behulp van een inblaasmachine. Deze machine heeft een verbruik van 0,086 kWh per vierkante meter inblaasstro van 10 cm dik. De energie is gemodelleerd op basis van de Nederlandse markt mix. Het vervoer van de inblaasmachine naar de bouwplaats is niet meegenomen in de modellering.

Bouwverlies

De PCR EN 16783 schrijft een standaard bouwverlies van 2% voor. In overleg met de verificateur is echter besloten om 0% bouwverlies aan te houden aangezien er bij het inblazen nagenoeg geen verliezen plaatsvinden.

Afvalverwerking van verpakkingsmaterialen

Verder is de afvoer en verwerking van verpakkingsmateriaal dat vrijkomt op de bouwplaats meegenomen. De volgende percentages zijn aangehouden voor de verwerkingsmethoden van de inpakfolie: 10% stort, 85% verbranding en 5% recycling (o.b.v. forfaitair afval scenario polyolefinen (o.a. pe, pp)).

3.2.3 Gebruiksfase (B1-B5)

Tijdens de gebruiksfase zijn geen additionele materiaal-inputs of energie-inputs nodig. De gebruiksfase is daarom gedeclareerd als 0.

3.2.4 Sloop- en verwerkingsfase (C1-C4)

De sloop- en verwerkingsfase omvat de werkzaamheden op de slooplocatie, te beginnen wanneer het gebouw buiten gebruik wordt gesteld. Deze eindigt wanneer het bouwwerk ontmanteld is. De systeemgrens voor de einde-afvalfase is bepaald zoals beschreven in 2.2.3.

3.2.4.1 Sloop (C1)

Er wordt aangenomen dat er tijdens demontage evenveel energie moet worden verbruikt als tijdens de aanlegfase. Dit komt neer op 0,086 kWh per vierkante meter inblaasstro van 10 cm dik. De energie is gemodelleerd op basis van de Nederlandse markt mix.

3.2.4.2 Afvalverwerking (C2-4)

Deze LCA maakt gebruik van de standaard Nederlandse transportwaarden en forfaitaire afvalscenario's uit de Bepalingsmethode. Tabel 5 toont deze waarden per afvalscenario.

Tabel 5. Gehanteerd afvalscenario.

Transportafstand (km)	*50*	*100*	-	-
Materiaal	Stortplaats (%)	Verbranding (%)	Recycling (%)	Hergebruik (%)
Stro (*o.b.v. NMD-afvalscenario organisch, overig; o.a. isolatie*)	5	95	-	-

3.2.5 Baten en lasten buiten de systeemgrenzen (D)

Door de verbranding van stro worden baten gerekend op basis van vermeden hernieuwbare energie productie. Dit is tot stand gekomen door het vermenigvuldigen van de massa met de energiedichtheid van stro (17,18 MJ/kg [12]), gecorrigeerd voor het vochtpercentage van 13%. Er is dus gerekend met een netto LHV van 14,95 MJ/kg.

De baten voor het verbranden van het verpakkingsmateriaal zijn berekend op basis van de LHV van LDPE, 42,47 MJ/kg. Voor recycling van LDPE is PE productie uitgespaard.

4 Gegevensverzameling

4.1 Controle van datakwaliteit, representativiteit en consistentie

De datakwaliteit is gebaseerd op het principe dat de datakwaliteit van de gegevens van de processen die bij de producent van het product plaatsvinden, hoger moet zijn dan die van de overige processen. Voorts wordt het principe gehanteerd dat de economische stromen de werkelijkheid zo goed mogelijk moeten benaderen binnen praktisch haalbare grenzen voor de uitvoerder van de LCA. De datakwaliteit wordt hieronder, in paragraaf 4.1.1, beoordeeld met het datakwaliteitssysteem voor eenheidsprocessen uit bijlage VI van de Bepalingsmethode.

4.1.1 Representativiteit

Gebruikte referenties voor milieu-ingrepen zijn recent (<2 jaar). De Pedigree score voor de doorgerekende eenheidsprocessen is 1 op een schaal van 1-5, waarbij 1 staat voor een hoge en 5 voor een lage kwaliteit.

De processen in het productsysteem die plaatsvinden tijdens de reparatie geven een geografisch representatief beeld. Er is namelijk gebruik gemaakt van werkelijke inventarisatiegegevens van vier verschillende stroverwerkers, met specifieke achtergrondprocessen voor dit gebied. Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van aangeleverde data van leveranciers waarbij er specifieke achtergrondprocessen zijn gehanteerd voor de relevante gebieden waarin de ruwe materialen en grondstoffen worden gewonnen en geproduceerd.

Verder geeft deze studie een technologisch representatief beeld, omdat specifieke bedrijfs-, proces- en productgegevens over 2023 zijn gebruikt voor de studie. De gegevens zijn daarmee actueel en representatief voor de huidige stand van de techniek.

4.1.2 Compleetheid milieu-ingrepen en economische stromen

Alle milieu-ingrepen en economische stromen waarvoor gegevens beschikbaar zijn - zoals grondstoffen, energie, emissies en afval - zijn in milieueffecten gekwantificeerd. Schattingen voor ontbrekende data zijn conservatief ('worst case') gedaan.

Alle geïdentificeerde milieu-ingrepen zijn vertaald naar milieueffecten. Directe emissies uit de inventarisatie zijn alle gekarakteriseerd via de karakterisatiefactoren van de Bepalingsmethode. De gebruikte proceskaarten zijn afkomstig uit geaccepteerde databases zoals Ecoinvent en de NMD, waarmee gewaarborgd is dat alle relevante milieu-ingrepen gekarakteriseerd zijn.

4.1.3 Consistentie en reproduceerbaarheid

De procesbeschrijvingen en hoeveelheden in deze studie zijn volledig kwantitatief reproduceerbaar met behulp van de inventaris in sectie 3.2 en proceskaarten zoals beschreven in sectie 4.2. In het kader van reproduceerbaarheid zijn alle referenties van de bronnen, zowel primaire als publieke bronnen en literatuur, vastgelegd in het hoofdstuk Referenties.

4.2 Kwalitatieve en kwantitatieve beschrijving van de processen, scenario's en bronnen

In deze paragraaf worden alle achtergrondprocessen beschreven die worden gebruikt om deze LCA uit te voeren. Tabel 6 beschrijft welke referenties per emissiebron zijn geselecteerd, uit welke database deze referentie is verzameld en waarom deze referentie is gekozen.

Tabel 6. Inventarisatie en gebruikte referenties van alle materialen en processen in deze LCA.

	Bron	Referentie	Databank	Argumentatie
A1	Stro	Straw {CH}| wheat production, Swiss integrated production, extensive | Cut-off, U	Ecoinvent v3.6 Cut-off	Meest representatieve referentie voor stro productie. Inputs gecorrigeerd o.b.v. economische allocatie.
	Inpakfolie	0012-fab&Polyetheen, LDPE, folie (o.b.v. Packaging film, low density polyethylene {GLO}| market for | Cut-off, U)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor inpakfolie.
A2	Transport, vrachtwagen	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}| market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor transport.
A3	Elektriciteit	0569-pro&Elektriciteit, Nederlandse mix, bij consument, per kWh (73% grijs, 27% hernieuwbaar) (o.b.v. zie toelichting in proces), (01-2028)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor reguliere elektriciteitsmix.
		0496-pro&Elektriciteit, Hernieuwbaar, bij consument, per kWh (o.b.v. zie toelichting in proces), (01-2028)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor gemiddelde hernieuwbare elektriciteitsmix.
		0573-pro&Elektriciteit, hernieuwbaar, uit PV, bij consument, per kWh (o.b.v. zie toelichting in proces), (01-2028)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor elektriciteit uit eigen PV installatie.
	Intern transport	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}| processing | Cut-off, U)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor dieselverbruik heftrucks.
		0434-pro&Propaan, gebruik, per MJ (o.b.v. Propane, burned in building machine {GLO}| market for | Cut-off, U)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor LPG verbruik heftrucks.
A4	Transport, vrachtwagen	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}| market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor transport.
A5	Inblaasmachine, elektriciteit	0569-pro&Elektriciteit, Nederlandse mix, bij consument, per kWh (73% grijs, 27% hernieuwbaar) (o.b.v. zie toelichting in proces), (01-2028)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor reguliere elektriciteitsmix.
	Afvalverwerking inpakfolie	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}| treatment of waste polyethylene, for recycling, unsorted, sorting | Cut-off, U)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor recycling inpakfolie.
		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	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor stort inpakfolie.
		0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW}| treatment of waste polyethylene, municipal incineration | Cut-off, U)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor verbranding inpakfolie.

C1	Inblaasmachine, elektriciteit	0569-pro&Elektriciteit, Nederlandse mix, bij consument, per kWh (73% grijs, 27% hernieuwbaar) (o.b.v. zie toelichting in proces), (01-2028)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor reguliere elektriciteitsmix.
C2	Transport, vrachtwagen	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}| market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor transport.
C3	Verbranding stro	0262-avC&Verbranden hout, 'schoon' (13,99 MJ/kg) (o.b.v. Waste wood, untreated {CH}| treatment of, municipal incineration | Cut-off, U)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor verbranding stro.
C4	Stort stro	0245-sto&Stort hout, 'schoon' (o.b.v. Waste wood, untreated {Europe without Switzerland}| treatment of waste wood, untreated, sanitary landfill | Cut-off, U)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor stort stro.
D	Baten verbranding stro	0268-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. HERNIEUWBARE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor energieterugwinning.
	Baten verwerking verpakkings-matriaal	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)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor uitsparing PE door recycling.
		0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD v3.8	Meest representatieve referentie voor uitsparing fossiele energie.

5 Levenscycluseffectbeoordeling

Dit hoofdstuk toont de resultaten van de LCA-berekening. Dit milieuprofiel wordt in twee sets gepresenteerd. Set 1 is conform EN15804+A1:2013, en is aangevuld met de juiste karakterisatie factoren zoals beschreven in de Bepalingsmethode. Set 2, conform EN15804+A2:2019, is een aanvulling op de eerste set en bevat extra milieu-impact categorieën. Samen vormen set 1 en 2 het volledige milieuprofiel.

5.1 Milieuprofiel

Het milieuprofielen van het inblaasstro is in onderstaande tabellen weergegeven. De waarden van de effectcategorieën zijn als volgt berekend: alle milieu-ingrepen uit de inventarisatie worden per effect categorie vermenigvuldigd met de karakterisatiefactoren uit de Bepalingsmethode. Tot slot zijn de verkregen waarden gesommeerd per effectcategorie.

Tabel 7. Milieuprofiel voor één vierkante meter inblaasstro, met een dikte van 10 cm, volgens NMD set 1.

Set 1 - Impact category	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	B1-5	C1	C2	C3	C4	D	Total
Milieu kosten indicator (MKI)	**Euro**	**€ 0,27**	**€ 0,05**	**€ 0,01**	**€ 0,05**	**€ 0,01**	**€ 0,00**	**€ 0,00**	**€ 0,02**	**€ 0,04**	**€ 0,00**	**-€ 0,23**	**€ 0,23**
Abiotic depletion, non fuel (ADPE)	kg Sb eq	3,42E-05	1,12E-05	1,94E-06	1,08E-05	2,19E-07	0,00E+00	1,83E-07	3,50E-06	5,32E-07	5,95E-08	-9,19E-06	5,34E-05
Abiotic depletion, fuel (ADPF)	kg Sb eq	5,51E-03	3,22E-03	7,46E-04	3,12E-03	3,06E-04	0,00E+00	2,93E-04	1,01E-03	4,87E-04	6,39E-05	-4,36E-03	1,04E-02
Global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,07E+00	4,38E-01	9,36E-02	4,24E-01	1,87E-01	0,00E+00	3,36E-02	1,37E-01	8,63E-02	3,96E-02	-6,91E-01	1,81E+00
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	7,30E-08	7,78E-08	8,89E-09	7,52E-08	3,20E-09	0,00E+00	3,00E-09	2,43E-08	1,02E-08	1,38E-09	-1,87E-07	8,96E-08
Photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	5,19E-04	2,65E-04	3,26E-05	2,56E-04	7,34E-06	0,00E+00	6,18E-06	8,27E-05	4,05E-04	1,24E-05	-2,02E-03	-4,37E-04
Acidification (AP)	kg SO2 eq	1,01E-02	1,93E-03	2,96E-04	1,86E-03	7,30E-05	0,00E+00	5,63E-05	6,02E-04	2,10E-03	3,66E-05	-1,29E-02	4,10E-03
Eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	1,31E-02	3,79E-04	5,68E-05	3,66E-04	1,64E-05	0,00E+00	1,02E-05	1,18E-04	5,49E-04	1,51E-05	-4,28E-03	1,04E-02
Human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	6,07E-01	1,85E-01	2,42E-02	1,78E-01	9,28E-03	0,00E+00	4,11E-03	5,77E-02	2,52E-01	3,43E-03	-1,12E+00	1,99E-01
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	5,90E-02	5,39E-03	4,94E-04	5,21E-03	1,89E-03	0,00E+00	9,41E-05	1,68E-03	1,94E-03	5,58E-05	-2,34E-02	5,23E-02
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	2,60E+01	1,94E+01	1,68E+00	1,87E+01	2,95E+00	0,00E+00	3,45E-01	6,06E+00	4,91E+00	2,29E-01	-3,16E+01	4,86E+01
Ecotoxicity, terrestric (TETP)	kg 1,4-DB eq	6,67E-03	6,52E-04	9,18E-04	6,31E-04	2,05E-04	0,00E+00	1,98E-04	2,04E-04	2,51E-04	1,11E-05	-7,16E-03	2,58E-03

Tabel 8. Milieuprofiel voor één vierkante meter inblaasstro, met een dikte van 10 cm, volgens NMD set 2.

Set 2 - Impact category	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	B1-5	C1	C2	C3	C4	D	Total
Climate change (GWP-total)	kg CO2 eq	-1,49E+01	4,42E-01	1,03E-01	4,28E-01	1,88E-01	0,00E+00	3,38E-02	1,38E-01	1,54E+01	8,28E-01	-7,10E-01	1,87E+00
Climate change - Fossil (GWP-f)	kg CO2 eq	1,14E+00	4,42E-01	9,26E-02	4,27E-01	1,88E-01	0,00E+00	3,38E-02	1,38E-01	8,77E-02	5,67E-03	-7,02E-01	1,85E+00
Climate change - Biogenic (GWP-b)	kg CO2 eq	-1,61E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,53E+01	8,22E-01	0,00E+00	1,78E-02
Climate change - Land use and LU change (GWP-luluc)	kg CO2 eq	7,16E-04	1,62E-04	9,92E-03	1,57E-04	6,09E-06	0,00E+00	5,17E-06	5,06E-05	2,36E-05	2,73E-06	-7,17E-03	3,88E-03

Ozone depletion (ODP)	kg CFC11 eq	8,36E-08	9,75E-08	9,70E-09	9,44E-08	3,42E-09	0,00E+00	3,23E-09	3,05E-08	1,12E-08	1,72E-09	-1,88E-07	1,47E-07
Acidification (AP)	mol H+ eq	1,68E-02	2,56E-03	4,19E-04	2,48E-03	9,91E-05	0,00E+00	7,56E-05	8,01E-04	3,11E-03	4,83E-05	-2,03E-02	6,02E-03
Eutrophication, freshwater (EP-fw)	kg P eq	1,86E-04	4,46E-06	2,32E-06	4,32E-06	7,18E-07	0,00E+00	6,85E-07	1,40E-06	1,79E-06	1,17E-07	-6,40E-05	1,38E-04
Eutrophication, marine (EP-m)	kg N eq	2,48E-02	9,04E-04	8,18E-05	8,74E-04	2,66E-05	0,00E+00	1,61E-05	2,82E-04	1,45E-03	3,13E-05	-5,95E-03	2,25E-02
Eutrophication, terrestrial (EP-t)	mol N eq	6,85E-02	9,96E-03	1,44E-03	9,63E-03	3,49E-04	0,00E+00	2,36E-04	3,11E-03	1,66E-02	1,79E-04	-9,78E-02	1,23E-02
Photochemical ozone formation (POCP)	kg NMVOC eq	4,55E-03	2,84E-03	2,53E-04	2,75E-03	7,86E-05	0,00E+00	5,04E-05	8,89E-04	4,35E-03	6,37E-05	-1,72E-02	-1,33E-03
Resource use, minerals and metals (ADP-mm)	kg Sb eq	3,33E-05	1,12E-05	1,94E-06	1,08E-05	2,19E-07	0,00E+00	1,83E-07	3,50E-06	5,32E-07	5,95E-08	-9,19E-06	5,26E-05
Resource use, fossils (ADP-f)	MJ	1,11E+01	6,67E+00	1,41E+00	6,45E+00	5,77E-01	0,00E+00	5,51E-01	2,08E+00	9,05E-01	1,32E-01	-8,89E+00	2,10E+01
Water use (WDP)	m3 depriv.	4,66E-01	2,39E-02	1,85E-02	2,31E-02	5,64E-03	0,00E+00	5,11E-03	7,45E-03	3,19E-02	5,64E-03	-7,54E-02	5,12E-01
Particulate matter (PM)	disease inc.	1,13E-07	3,97E-08	3,86E-09	3,84E-08	5,15E-10	0,00E+00	3,68E-10	1,24E-08	2,51E-08	9,14E-10	-2,73E-07	-3,86E-08
Ionising radiation (IR)	kBq U-235 eq	2,95E-02	2,79E-02	2,60E-03	2,70E-02	8,88E-04	0,00E+00	8,29E-04	8,73E-03	2,29E-03	5,15E-04	-3,19E-02	6,84E-02
Ecotoxicity, freshwater (ETF)	CTUe	2,91E+01	5,95E+00	1,72E+00	5,75E+00	3,89E-01	0,00E+00	3,41E-01	1,86E+00	2,25E+00	1,32E-01	-1,97E+02	-1,50E+02
Human toxicity, cancer (HTC)	CTUh	1,87E-09	1,93E-10	4,49E-11	1,87E-10	1,39E-11	0,00E+00	7,47E-12	6,03E-11	2,94E-09	3,63E-12	-2,32E-09	3,00E-09
Human toxicity, non-cancer (HTNC)	CTUh	6,55E-08	6,50E-09	1,48E-09	6,29E-09	4,67E-10	0,00E+00	2,40E-10	2,04E-09	9,31E-09	1,42E-10	-8,20E-08	1,00E-08
Land use (SQP)	Pt	1,46E+01	5,78E+00	3,61E+00	5,59E+00	3,68E-01	0,00E+00	3,51E-01	1,81E+00	2,92E-01	3,11E-01	-7,74E+02	-7,41E+02

Tabel 9. Parameters.

Resource use	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	B1-5	C1	C2	C3	C4	D	Total
Energy, primary, renewable, excluding materials (PERE)	MJ	-2,57E+04	4,50E+03	7,95E+00	1,20E+02	7,69E+00	0,00E+00	1,17E+01	1,16E+01	1,42E+04	7,51E+02	2,20E-01	-6,08E+03
Energy, primary, renewable, materials (PERM)	MJ	1,49E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,42E+04	-7,47E+02	0,00E+00	0,00E+00
Energy, primary, renewable (PERT)	MJ	-1,08E+04	4,50E+03	7,95E+00	1,20E+02	7,69E+00	0,00E+00	1,17E+01	1,16E+01	2,48E+00	3,84E+00	2,20E-01	-6,08E+03
Energy, primary, non-renewable, excluding materials (PENRE)	MJ	1,90E+03	1,13E+03	6,74E+02	1,46E+02	6,52E+02	0,00E+00	5,99E+01	5,72E+01	4,14E+02	1,17E+02	1,33E+01	5,16E+03

Energy, primary, non-renewable, materials (PENRM)	MJ	2,39E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-2,03E+02	-2,39E+01	0,00E+00	1,20E+01
Energy, primary, non-renewable (PENRT)	MJ	2,13E+03	1,13E+03	6,74E+02	1,46E+02	6,52E+02	0,00E+00	5,99E+01	5,72E+01	2,11E+02	9,29E+01	1,33E+01	5,17E+03
Secondary material (SM)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Secondary fuel, renewable (RSF)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Secondary fuel, non-renewable (NRSF)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Water, fresh water use (FW)	m3	7,53E+00	6,99E+00	7,73E-02	5,90E-02	7,48E-02	0,00E+00	1,82E-02	1,62E-02	2,42E-02	4,61E-01	1,31E-02	1,53E+01
Waste flows	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	B1-5	C1	C2	C3	C4	D	Total
Waste, hazardous (HWD)	kg	3,22E-03	1,02E-03	1,61E-03	7,41E-04	1,56E-03	0,00E+00	1,12E-04	9,54E-05	5,03E-04	2,43E-04	1,93E-05	2,01E-03
Waste, non hazardous (NHWD)	kg	1,31E+02	8,63E+00	4,03E+01	5,55E-01	3,90E+01	0,00E+00	8,43E-01	9,54E-02	1,26E+01	6,21E+00	5,01E+01	1,05E+02
Waste, radioactive (RWD)	kg	8,84E-03	3,22E-03	4,17E-03	2,65E-04	4,03E-03	0,00E+00	8,33E-05	7,60E-05	1,30E-03	2,61E-04	7,45E-05	4,44E-03
Output flows	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	B1-5	C1	C2	C3	C4	D	Total
Components for re-use (CRU)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Materials for recycling (MFR)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,82E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,82E-01
Materials for energy recovery (MER)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,04E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,04E-04
Exported energy, electric (EEE)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,66E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,56E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,59E+03
Exported energy, thermal (EET)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,30E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,40E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,46E+03

5.2 Milieukostenindicator (MKI)

Het wegen van milieu-impacts is een proces waarbij verschillende milieueffectscores worden omgerekend tot één eenheid, zodat ze kunnen worden opgeteld tot een totaalscore. Gezien het doel van de studie wordt in deze analyse gebruik gemaakt van de Milieu Kosten Indicator (MKI) behorende bij de Bepalingsmethode. De MKI-weegmethode is gebaseerd op de schaduwprijsmethodiek. De schaduwprijs is het voor de overheid hoogste toelaatbare kostenniveau (preventiekosten) per eenheid emissiebestrijding.

De tabel hieronder geeft weer welke weegfactoren gebruikt zijn voor het berekenen van de MKI-waarde. De weegfactoren van de indicatoren zijn alle 0, omdat deze van zichzelf niet bijdragen aan de milieu-impact (bijvoorbeeld: energieverbruik zelf is geen milieu-impact, maar de bijbehorende CO_2-emissie wel). De verantwoording van het gebruik van MKI staat in de rapporten “Handboek schaduwprijzen” van CE Delft (2010) [9] en “Toxiciteit heeft z’n prijs” van TNO (2004) [10].

Tabel 10. De MKI wegingsfactoren en resulterende MKI voor set 1.

Impact categorie	Eenheid	MKI Wegingsfactor (€)	MKI
Uitputting van abiotische grondstoffen	kg Sb-eq.	0,16	€ 0,00
Uitputting van fossiele energiedragers	kg Sb-eq.	0,16	€ 0,00
Klimaatverandering	kg CO_2-eq.	0,05	€ 0,09
Aantasting van de ozonlaag	kg CFK-11-eq.	30	€ 0,00
Fotochemische oxidantvorming	kg etheen-eq.	2	€ 0,00
Verzuring	kg SO_2-eq.	4	€ 0,02
Vermesting	kg PO_4^{3-}-eq.	9	€ 0,09
Humaan-toxicologische effecten	kg 1,4-DB-eq.	0,09	€ 0,02
Ecotoxicologische effecten, zoetwater	kg 1,4-DB-eq.	0,03	€ 0,00
Ecotoxicologische effecten, zeewater	kg 1,4-DB-eq.	0,0001	€ 0,00
Ecotoxicologische effecten, terrestisch	kg 1,4-DB-eq.	0,06	€ 0,00
Totaal			**€ 0,23**

5.2.1. Overgang MKI naar set 2

Vanaf 1 januari 2025 zal worden overgestapt naar een nieuwe weegset voor het bepalen van de MKI op basis van de 19 milieu-impact categorieën volgens EN15804:A2 (set 2). Tabel 11 bevat de nieuwe weegfactoren en geeft weer wat de hieruit volgende MKI wordt, indien deze weegset in werking zal treden.

Tabel 11. De MKI wegingsfactoren en resulterende MKI voor set 2.

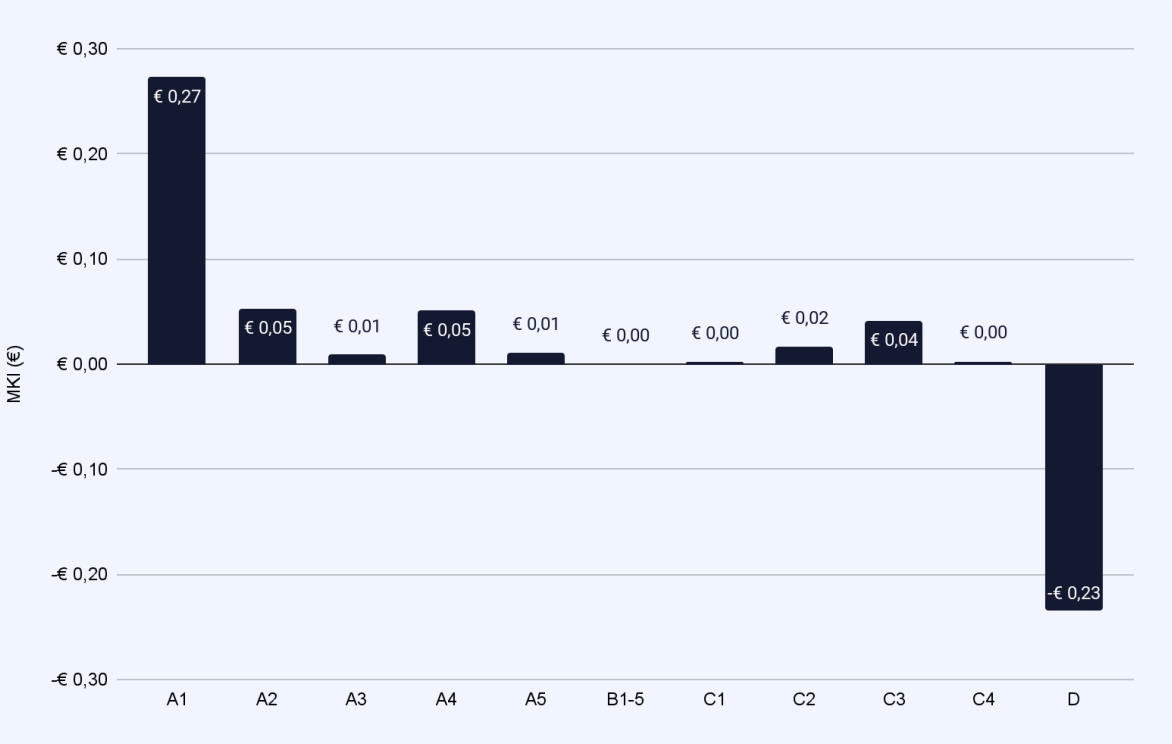
Impact categorie	Eenheid	MKI Wegingsfactor (€)	MKI
Climate change (GWP-total)	kg CO2 eq	-	€ 0,00
Climate change - Fossil (GWP-f)	kg CO2 eq	0,116	€ 0,21
Climate change - Biogenic (GWP-b)	kg CO2 eq	0,116	€ 0,00
Climate change - Land use and LU change (GWP-luluc)	kg CO2 eq	0,116	€ 0,00
Ozone depletion (ODP)	kg CFC11 eq	32	€ 0,00
Acidification (AP)	mol H+ eq	0,39	€ 0,00
Eutrophication, freshwater (EP-fw)	kg P eq	1,96	€ 0,00
Eutrophication, marine (EP-m)	kg N eq	3,28	€ 0,07
Eutrophication, terrestrial (EP-t)	mol N eq	0,36	€ 0,00
Photochemical ozone formation (POCP)	kg NMVOC eq	1,22	€ 0,00
Resource use, minerals and metals (ADP-mm)	kg Sb eq	0,30	€ 0,00
Resource use, fossils (ADP-f)	MJ	0,00033	€ 0,01
Water use (WDP)	m3 depriv.	0,00506	€ 0,00
Particulate matter (PM)	disease inc.	575.838	-€ 0,02
Ionising radiation (IR)	kBq U-235 eq	0,049	€ 0,00
Ecotoxicity, freshwater (ETF)	CTUe	0,00013	-€ 0,02
Human toxicity, cancer (HTC)	CTUh	1.096.368	€ 0,00
Human toxicity, non-cancer (HTNC)	CTUh	147.588	€ 0,00
Land use (SQP)	Pt	0,000178	-€ 0,13
Totaal			**€ 0,14**

6 Interpretatie

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de LCA verder geanalyseerd met een bijdrageanalyse in paragraaf 6.1. Daarnaast wordt in paragraaf 6.2 een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. In paragraaf 6.3 wordt een schaalbaarheidsformule uitgewerkt.

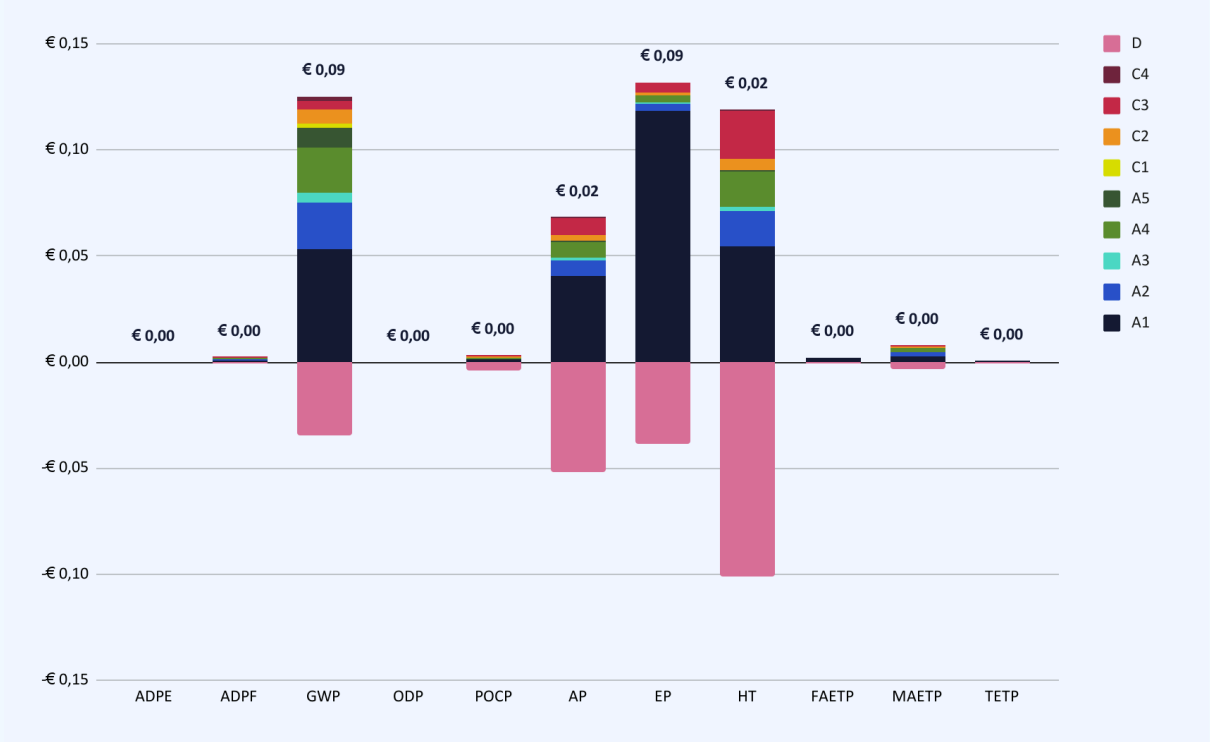
6.1 Zwaartepuntanalyse

Om beter inzicht te krijgen in welke processen de milieu-emissies veroorzaken, wordt een zwaartepuntanalyse uitgevoerd. Door de emissies terug te herleiden tot de emissiebron, kan beter inzicht worden verkregen in de hotspots in de levenscyclus van het productiesysteem.



Figuur 2. Bijdrage van de modules aan de totale MKI.

Uit Figuur 2 blijkt dat module A1 de grootste bijdrage levert aan de MKI. Door de baten uit de verbranding van stro worden de lasten van stro productie echter grotendeels weer teniet gedaan. Om extra inzicht te krijgen in welke impact categorieën de grootste bijdragen leveren aan de MKI is hiervoor ook een analyse uitgevoerd. Uit Figuur 3 blijkt dat klimaatverandering (GWP), vermesting (EP), verzuring (AP) en humane toxiciteit (HT) de grootste invloed hebben op de MKI. De baten van stro verbrandingen lijken het grootste negatieve effect op de MKI zien in de humane toxiciteit (HT) categorie.



Figuur 3. Bijdrage van de verschillende impact categorieën aan de MKI.

6.2 Gevoeligheidsanalyse

In deze paragraaf wordt eerst beschreven hoe groot de onzekerheid is in de inputparameters die volgens paragraaf 6.1 de grootste bijdrage aan de MKI hebben. Vervolgens wordt onderzocht of er andere relevante data gebruikt zijn die een relatief grote onzekerheid hebben. Daarna wordt een keuze gemaakt voor welke inputparameter(s) een gevoeligheidsanalyse het meeste inzicht kan bieden. Voor die inputparameters wordt een nieuwe berekening gemaakt aan de hand van de verwachte minimale en maximale waardes. Zo wordt geanalyseerd in hoeverre de resultaten veranderen wanneer deze inputparameters veranderen. De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd om te identificeren welke gegevens en aannames de grootste invloed op het uiteindelijke resultaat hebben.

Omdat deze studie gemiddelde gegevens hanteert van vier stroverwerkers, wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij de gegevens van de individuele verwerker afgezet worden tegenover het groepsgemiddelde. Voor de profielen wordt ook de allocatie aangepast op basis van de bedrijfsspecifieke informatie. Tabel 12 presenteert de milieuprofielen voor set 1 van de vier verschillende verwerkers.

Uit Tabel 12 blijkt dat de verschillen tussen de verwerker in de meeste impact categorieën binnen de marge van 20% afwijking blijven. Alleen voor HT en TETP zijn hier enkel uitschieters waar te nemen. Deze verschillen zijn voornamelijk te verklaren door het verschil in energieverbruik en de energiemix in module A3. Verwerker A verbruikt ongeveer 2 tot 4 keer zo weinig energie als de andere verwerkers. Daarnaast zit er variatie in de verbruikte elektriciteit. Zo wekken Verwerker A en Verwerker B bijvoorbeeld allebei 20% van hun verbruik zelf op met PV. Verwerker C koopt 100% hernieuwbare stroom in en Verwerker D koopt een gemiddelde mix.

In Tabel 13 is dezelfde analyse uitgewerkt op basis van set 2. Ook in deze set zijn er enkele uitschieters buiten de 20% marge in verschillende impact categorieën. GWP-luluc is hierbij de grootste uitschieter voor verwerker D. Deze heeft grote invloed op de gemiddelde impact in deze categorie. De verklaring hiervoor zit in het relatief hoge energieverbruik van deze verwerker en de inkoop van 100% hernieuwbare stroom. Deze is gemodelleerd met de

NMD referentie voor gemiddelde hernieuwbare elektriciteitsproductie, waarin weer veel elektriciteitopwekking op basis van biomassa toegepast wordt. Dit heeft een grote invloed op de impact in deze categorie, maar de impact van deze categorie op de MKI is minder dan 1% van het totaal. Voor de andere uitschieters geldt ook dat de bijdrage van de impact categorieën laag is op de MKI, waardoor de MKI wel binnen de toegestane marge van 20% blijft.

In lijn met Wijzigingsblad amendement 4 wordt met deze gevoeligheidsanalyse voldaan aan de volgende voorwaarden:

- De data representeert een gewogen gemiddelde van een groep met een hogere spreiding (cat. 2)
- Er is product(ie)-technisch geen onderscheid tussen de producten te maken. De afwijkende spreiding wordt grotendeels veroorzaakt door het energieverbruik binnen A1-A3.
- Er is sprake van een representatief gewogen gemiddelde. De vier partijen binnen deze productkaart vormen de gehele markt.
- De bijdrage van de individuele milieueffecten aan de 1 puntscore die buiten de marge vallen bedragen minder dan 5%.
- De afwijking van de MKI bedraagt minder dan 20% op individuele milieuprofielen.
- De afwijking van de 20% grens staat vermeld in dit rapport en zal tevens inzichtelijk gemaakt worden voor eindgebruikers in de toelichting van de productkaart.

Tabel 12. Gevoeligheidsanalyse op basis van set 1.

Set 1 - Impact category	Unit	Gemiddeld	Verwerker A	Verschil	Verwerker B	Verschil	Verwerker C	Verschil	Verwerker D	Verschil
Milieu kosten indicator (MKI)	**Euro**	**€ 0,23**	**€ 0,21**	**-5,26%**	**€ 0,22**	**-0,38%**	**€ 0,24**	**4,25%**	**€ 0,24**	**5,48%**
Abiotic depletion, non fuel (ADPE)	kg Sb eq	5,34E-05	5,13E-05	-3,97%	5,33E-05	-0,33%	5,37E-05	0,55%	5,75E-05	7,62%
Abiotic depletion, fuel (ADPF)	kg Sb eq	1,04E-02	9,95E-03	-4,24%	1,07E-02	3,26%	1,05E-02	1,46%	1,02E-02	-1,51%
Global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,81E+00	1,74E+00	-3,95%	1,84E+00	1,54%	1,85E+00	1,96%	1,84E+00	1,21%
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	8,96E-08	8,16E-08	-8,95%	9,10E-08	1,53%	9,28E-08	3,63%	9,34E-08	4,21%
Photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	-4,37E-04	-4,72E-04	7,90%	-4,45E-04	1,88%	-4,31E-04	-1,33%	-3,73E-04	-14,58%
Acidification (AP)	kg SO2 eq	4,10E-03	3,65E-03	-11,06%	3,98E-03	-3,11%	4,42E-03	7,59%	4,80E-03	17,00%
Eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	1,04E-02	1,00E-02	-3,35%	1,03E-02	-1,12%	1,09E-02	5,23%	1,07E-02	3,33%
Human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,99E-01	1,67E-01	-16,31%	1,92E-01	-3,96%	2,16E-01	8,36%	2,54E-01	27,14%
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	5,23E-02	5,06E-02	-3,35%	5,18E-02	-0,94%	5,47E-02	4,64%	5,42E-02	3,54%
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	4,86E+01	4,67E+01	-3,92%	4,85E+01	-0,32%	4,95E+01	1,74%	5,14E+01	5,72%
Ecotoxicity, terrestric (TETP)	kg 1,4-DB eq	2,58E-03	1,87E-03	-27,67%	2,54E-03	-1,67%	2,39E-03	-7,22%	3,91E-03	51,56%

Tabel 13. Gevoeligheidsanalyse op basis van set 2.

Set 2 - Impact category	Unit	Gemiddeld	Verwerker A	Verschil	Verwerker B	Verschil	Verwerker C	Verschil	Verwerker D	Verschil
MKI Set 2	Euro	€ 0,14	**€ 0,12**	-13,76%	**€ 0,14**	-1,07%	**€ 0,15**	6,93%	**€ 0,16**	14,91%
Climate change (GWP-total)	kg CO2 eq	1,87E+00	1,77E+00	-5,33%	1,87E+00	0,09%	1,88E+00	0,65%	1,91E+00	2,04%
Climate change - Fossil (GWP-f)	kg CO2 eq	1,85E+00	1,78E+00	-3,89%	1,88E+00	1,59%	1,89E+00	2,16%	1,86E+00	0,87%
Climate change - Biogenic (GWP-b)	kg CO2 eq	1,78E-02	1,78E-02	0,00%	1,78E-02	0,00%	1,78E-02	0,00%	1,78E-02	0,00%
Climate change - Land use and LU change (GWP-luluc)	kg CO2 eq	3,88E-03	-6,05E-03	-256,03%	-6,02E-03	-255,21%	-6,00E-03	-254,85%	4,37E-02	1027,84%
Ozone depletion (ODP)	kg CFC11 eq	1,47E-07	1,35E-07	-8,29%	1,45E-07	-1,24%	1,48E-07	0,85%	1,49E-07	1,40%
Acidification (AP)	mol H+ eq	6,02E-03	5,31E-03	-11,78%	5,80E-03	-3,73%	6,56E-03	8,93%	7,12E-03	18,17%
Eutrophication, freshwater (EP-fw)	kg P eq	1,38E-04	1,33E-04	-3,88%	1,38E-04	-0,49%	1,45E-04	5,11%	1,42E-04	3,03%
Eutrophication, marine (EP-m)	kg N eq	2,25E-02	2,19E-02	-2,84%	2,23E-02	-0,93%	2,36E-02	4,66%	2,31E-02	2,62%
Eutrophication, terrestrial (EP-t)	mol N eq	1,23E-02	9,47E-03	-22,92%	1,12E-02	-8,62%	1,46E-02	19,24%	1,67E-02	36,00%
Photochemical ozone formation (POCP)	kg NMVOC eq	-1,33E-03	-1,65E-03	23,83%	-1,42E-03	6,46%	-1,19E-03	-10,48%	-8,02E-04	-39,94%
Resource use, minerals and metals (ADP-mm)	kg Sb eq	5,26E-05	5,05E-05	-3,98%	5,24E-05	-0,30%	5,29E-05	0,51%	5,67E-05	7,74%
Resource use, fossils (ADP-f)	MJ	2,10E+01	2,01E+01	-4,09%	2,16E+01	2,95%	2,13E+01	1,53%	2,08E+01	-1,16%
Water use (WDP)	m3 depriv.	5,12E-01	4,96E-01	-3,15%	5,17E-01	0,99%	5,20E-01	1,50%	5,24E-01	2,42%
Particulate matter (PM)	disease inc.	-3,86E-08	-4,62E-08	19,48%	-4,28E-08	10,78%	-3,65E-08	-5,60%	-2,64E-08	-31,59%
Ionising radiation (IR)	kBq U-235 eq	6,84E-02	6,60E-02	-3,58%	6,88E-02	0,54%	6,98E-02	2,06%	7,02E-02	2,68%

Ecotoxicity, freshwater (ETF)	CTUe	-1,50E+02	-1,51E+02	1,22%	-1,50E+02	0,24%	-1,49E+02	-0,28%	-1,46E+02	-2,13%
Human toxicity, cancer (HTC)	CTUh	3,00E-09	2,99E-09	-0,51%	3,04E-09	1,33%	3,12E-09	3,90%	3,18E-09	5,74%
Human toxicity, non-cancer (HTNC)	CTUh	1,00E-08	7,22E-09	-27,78%	9,11E-09	-8,86%	1,18E-08	18,49%	1,36E-08	35,70%
Land use (SQP)	Pt	-7,41E+02	-7,44E+02	0,41%	-7,42E+02	0,17%	-7,43E+02	0,27%	-7,32E+02	-1,21%

6.3 Schaalbaarheid

In praktijk kan de dikte, en dus de Rd waarde, van de inblaasstro isolatie variëren, afhankelijk van waar het toegepast wordt. De isolatie wordt in de praktijk toegepast in diktes tussen de 40 en 500 mm. Afhankelijk van deze diktes verschilt de Rd waarde en de hoeveelheid toegepaste inblaasstro.

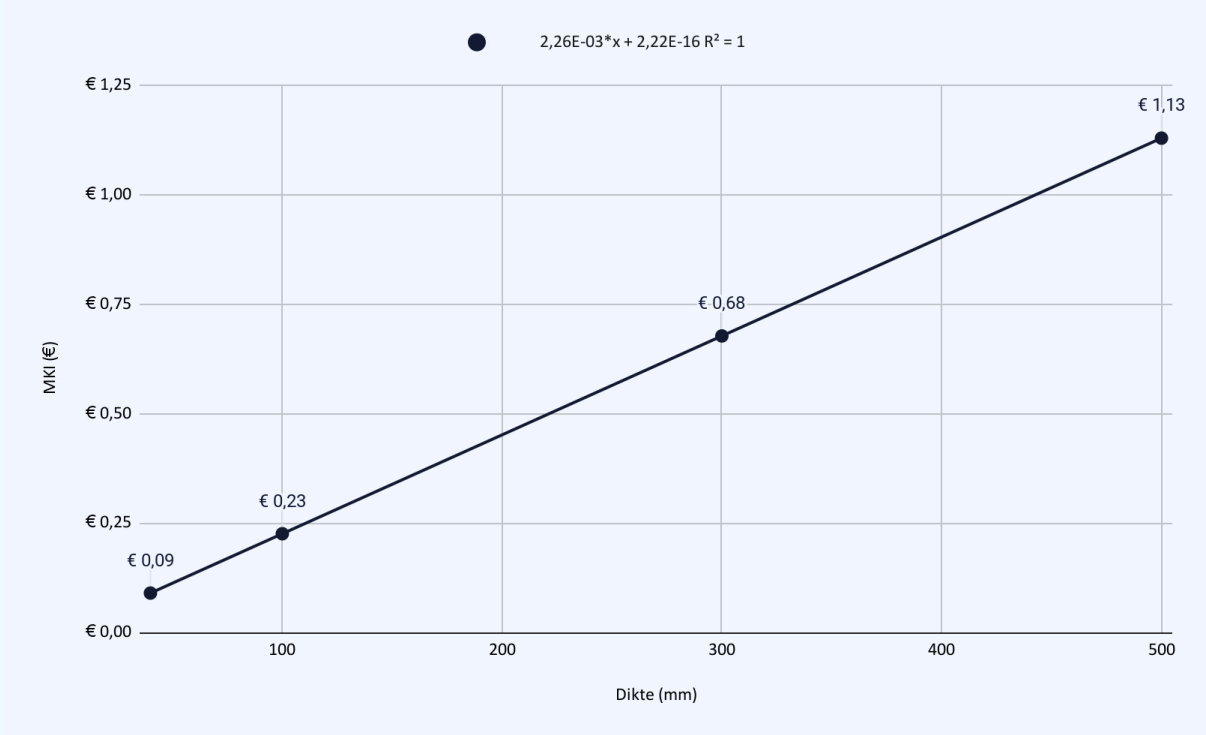
Tabel 14. Verschillende diktes, Rd-waardes, en respectievelijke MKI.

Dikte (mm)	Massa (kg)	Rd-waarde (m2K/W)	MKI (€)
40	4,2	0,77	0,09
100*	**10,5**	**1,92**	**0,23**
300	31,5	5,77	0,68
500	52,5	9,62	1,13

** Het referentieprofiel*

Door een regressieanalyse op de toegepaste dikte zoals beschreven in Tabel 14 is een functie bepaald. Het bereik is 40-500 mm. De MKIs van deze producten zijn uitgezet tegen de dikte, zie Figuur 5. Een lineaire regressie resulteerde in de hoogste R2-waarde, namelijk R2 = 1. Hieronder wordt de functie weergegeven die de trendlijn beschrijft. De milieu-impact van inblaasstro kan worden verkregen door x te vervangen door de dikte in mm.

$$y = 2{,}26E\text{-}03x + 2{,}22E\text{-}16$$



Figuur 4. Regressieanalyse van de uitkomstvariabele MKI (€) en dikte (mm) van 1 m2 inblaasstro.

Referenties

[1] ISO 14040: Environmental management - Life cycle assessment – Principles and Framework', International Organization for Standardization, ISO14040:2006.

[2] ISO 14044: Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines', International Organization for Standardization, ISO14044:2006.

[3] EN 15804+A2: Duurzaamheid van bouwwerken - Milieuverklaringen van producten - Basisregels voor de productgroep bouwproducten, NEN-EN 15804:2012+A2:2019.

[4] Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken', Stichting Nationale Milieudatabase, versie 1.1, maart 2022.

[5] NMD-Toetsingsprotocol opname data in de Nationale Milieudatabase, op basis van de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken', Stichting Nationale Milieudatabase, versie 1.0, juli 2020

[6] EN 16783: Thermische isolatieproducten - Basisregels voor fabrieksmatig vervaardigde en in-situ gevormde producten voor het opstellen van milieuverklaringen van producten, NEN-EN 16783:2017.

[7] SimaPro v9.5.0.1

[8] Van Den Oever, M., Vural Gursel, I. (2024). Bio-based building products in the Dutch Environmental Database (NMD) - Part 1: Proposal for crediting biogenic carbon storage. WFBR. Wageningen University.

[9] De Bruyn, S.M., Korteland, M.H., Markowska, A.Z., Davidson, M.D., De Jong, F.L., Bles, M., Sevenster, M.N. (2010) “Handboek Schaduwprijzen. Waardering en weging van emissies en milieueffecten”, CE Delft.

[10] Van Harmelen, A.K., Korenromp, R.H.J., Ligthart, T.N., Van Leeuwen, S.M.H., Van Gijlswijk, R.N. (2004) “Toxiciteit heeft z’n prijs. Schaduwprijzen voor (eco-)toxiciteit en uitputting van abiotische grondstoffen binnen DuboCalc”, TNO.

[12] Phyllis2. Wheat straw, fresh (#3551). Geraadpleegd via https://phyllis.nl/Browse/Standard/ECN-Phyllis#tarwestro.

Appendix I.

Tabel A1. Verschillende fractiegroottes en verkoop prijzen.

Fractie	Prijs Verwerker B	Verhouding fractie	Prijs Verwerker A	Verhouding fractie	Prijs Verwerker C	Verhouding fractie	Prijs Verwerker D	Verhouding fractie
1-4 cm voederstro/inblasstro	€ 217,50	75%	€ 222,50	95%	€ 312,50	44%	€ 300,00	95%
1-4 mm kuikenstrooisel	€ 217,50	20%	€ 242,50	0%	€ 304,35	50%	-	0%
Pellets van stof	€ 105,00	5%	€ 175,00	5%	-	6%	-	5%

Tabel A2. Energiegegevens verwerkers.

	Verwerker C	Verwerker D	Verwerker A	Verwerker B
Elektriciteitsverbruik (kWh)	37,4	82	15,6	49,25
Energiemix	Gemiddelde mix	100% Groene stroom	20% PV	20% PV
Intern transport	Elektrisch	0,6 L diesel, 0,6 L LPG per ton	Elektrisch	Elektrisch

Appendix II. Verificatiestatement

ONAFHANKELIJK ONDERZOEK
SHR

SHR
Nieuwe Kanaal 9e
6709 PA Wageningen
Website: www.shr.nl
Tel: 0317 – 467 366
KvK nummer: 09190348

Stichting Building Balance
T.a.v. de heer S. Rutten
C Missetstraat 47
7005 AA DOETINCHEM

Ons kenmerk: AK/dh/24.162
Behandeld door: Ir. A.M. Kloppenburg
E-mail: a.kloppenburg@shr.nl
Betreft: review LCA inblaasstro

Datum: 24 juni 2024

Geachte heer Rutten,

Het LCA-dossier "Levenscyclusanalyse inblaasstro Categorie 2 productkaart: Inblaasstro, representatief voor de bedrijven die aangesloten zijn bij Stichting Building Balance" opgesteld door Rik Wessels van Hedgehog Company B.V. op 18-06-2024 is door mij gereviewd en goed bevonden. Op basis van bovengenoemd LCA dossier zal een definitief rapport gemaakt worden.

Gebaseerd op het totale dossier is de conclusie dat de laatste versie (wordt voldaan aan de eisen van de NMD Bepalingsmethode versie 1.1 (inclusief amendement 4)). Daarmee is ook voldaan aan de EN 15804:2012+A2:2019 en de onderliggende ISO14025, ISO14040 en ISO14044 normen.

De toetsingstabellen zijn afzonderlijk toegestuurd.

Met vriendelijke groet,



Ir. A.M. Kloppenburg