

Fontys Paramedische Hogeschool

Opleiding Orthopedische Technologie

“Wat is de carbon footprint van de productie en distributie van orthopedische schoenen ?”

Rogier Vane

Studentnummer: 2194107

Begeleider: Siete Sirag

Opdrachtgever: Dhr. Olav Toornend van Nimco Made4You

- 20 September 2016 -

Voorwoord

Voor u ligt het onderzoekverslag met de titel 'Wat is de carbon footprint bij de productie en distributie van orthopedische schoenen'. Deze scriptie is geschreven ter afsluiting van mijn Bachelor opleiding Orthopedische Technologie aan de Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven. Het onderzoek is uitgevoerd om voor het eerste een concreet beeld te krijgen van de CO₂ uitstoot bij de productie van orthopedische schoenen binnen onze beroepsbranche.

Graag wil ik mijn afstudeer begeleider werkzaam aan de Fontys Paramedische Hogeschool, Siete Sirag bedanken voor de begeleiding en kritische opmerkingen tijdens het schrijven van mijn afstudeeronderzoek.

Daarnaast wil ik de opdrachtgever Olav Toornend bedanken voor het mogelijk maken van dit afstudeeronderzoek. Ook wil ik Jeroen Dohmen van Ortho-Vision bedankt voor het uitvoeren van de tweede weeg procedure.

Tot slot wil ik mijn ouders, mijn zus en mijn vriendin in het bijzonder bedanken voor de steun tijdens mijn studie en het schrijven van mijn afstudeerscriptie.

Ik wens u veel lees plezier!

Rogier Vane

Eindhoven, September 2016

Samenvatting

Inleiding

Tot op heden zijn er nog geen onderzoeken en/of resultaten bekend over de CO₂ uitstoot binnen de orthopedische schoenenbranche. Als gevolg van de toenemende vraag naar orthopedische schoenen, kiezen steeds meer Nederlandse orthopedische schoen technische bedrijven ervoor om de productie van te laten plaatsvinden in het buitenland. De onderzoeksvraag van dit onderzoek luidt: *“Wat is de carbon footprint van één paar orthopedische schoenen?”*

Methode

Aan de hand van de handleiding PAS 2050 is de totale CO₂ uitstoot van één paar volledig opmaat gemaakte orthopedische schoenen van de opdrachtgever berekend. De CO₂ uitstoot voor de volgende onderdelen werd berekend: productie benodigde materialen, distributie materialen, distributie leesten inclusief supplementen, de productie en distributie orthopedische schoenen. Alle benodigde informatie voor het berekenen van de totale CO₂ uitstoot werd verkregen doormiddel van een literatuurstudie.

Resultaten

Met behulp van de literatuurstudie werden drie artikelen geïnccludeerd. De informatie uit de literatuurstudie werd aangevuld met informatie uit de Ecoinvent database 2.2. De berekening van de totale CO₂ uitstoot van één paar volledig opmaat gemaakte orthopedische schoenen van de opdrachtgever bedroeg 13,31 kg CO₂ (range 11,61 – 15,01). De resultaten van dit onderzoek kwamen overeen met de resultaten van een pilotstudie over de totale CO₂ uitstoot van één paar confectieschoenen. De productie van alle materialen en de distributie van de orthopedische schoenen zorgen voor de grootste bijdrage aan de totale CO₂ uitstoot.

Conclusie

Naar aanleiding van dit onderzoek wordt aanbevolen om meer onderzoek te doen naar de totale CO₂ uitstoot binnen verschillende bedrijven binnen de orthopedische schoenbranche. Wanneer er meer onderzoek naar de CO₂ uitstoot binnen de Nederlandse orthopedische schoenenbranche wordt gedaan zal de branche bewust(er) worden van de carbon footprint. Hopelijk kunnen orthopedische schoen technische bedrijven op basis van deze onderzoeken zichzelf doelstellingen stellen en maatregelen nemen die de CO₂ uitstoot in de toekomst kunnen verminderen.

Abstract

Introduction

No prior studies determined the carbon footprint in the orthopaedic shoe-branch yet. As a result of an increase in the production of orthopaedic shoes, more and more orthopaedic shoe companies decide to outsource their production to foreign companies. This study questions *“What is the carbon footprint of one pair of orthopaedic shoes?”*

Methods

The carbon footprint of one pair of bespoke orthopaedic shoes is analysed according to the guideline PAS 2050. The carbon footprint is calculated for the following components: production of the materials, distribution of the materials, distribution of the lasts including the supplements, production of the bespoke orthopaedic shoe and the distribution of one pair of bespoke orthopaedic shoe. All required information for the calculation of the total carbon footprint was obtained with a literature study.

Results

In total three articles were included after the literature study. Additional information was obtained from the Ecoinvent database 2.2. The total carbon footprint of one pair of bespoke orthopaedic shoes was 13,31 kg CO₂ (range 11,61 – 15,01). Results of this study are in line with the results of the pilot study, which determined the carbon footprint of one pair of convection shoes. The production of all needed materials and the distribution of the bespoke orthopaedic shoes are the largest contribution to the total carbon footprint.

Conclusion

It is recommended that more research is needed in terms of the carbon footprint in the orthopaedic shoe-branch. For future research it is recommended that the carbon footprint will be analysed for different orthopaedic shoe companies. The expectation is that more and more orthopaedic shoe companies will be aware of the carbon footprint of the product. Hopefully, orthopaedic shoe companies will set their goals on the reduction of carbon footprint in the future.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	6
2. Methode	7
2.1. Uitgangspunt	7
2.2. Onderzoeksplan	7
2.3. Literatuurstudie	8
2.4. Business naar consument principe	8
2.5. Opdrachtgever	9
2.6. Ethiek en privacy	9
2.7. Berkening totale CO ₂ uitstoot	9
3. Resultaten	10
3.1. Search	10
3.2. Overzicht materialen	10
3.3. Het koppelen van de materialen aan de leveranciers	12
3.4. Berkenen CO ₂ uitstoot productie materialen	12
3.5. Berkenen CO ₂ uitstoot distributie per materiaal	13
3.6. Distributie leesten en supplementen	15
3.7. CO ₂ uitstoot productie OSA	15
3.8. Distributie OSA	16
3.9. Berekening totale CO ₂ uitstoot	16
4. Discussie	18
4.1. Aanbevelingen	20
4.2. Stap naar de praktijk	20
5. Conclusie	21
6. Literatuur	22
7. Bijlagen	23
7.1. Bijlage I – E-mail leveranciers	23
7.2. Bijlage II – Informed consent	24
7.3. Bijlage III – Formules CO ₂ uitstoot	25
7.4. Bijlage IV – Flowchart	26
7.5. Bijlage V – berkening leder van m ² naar kg	27
7.6. Bijlage VI – koppeling materiaal en leverancier	28

1. Inleiding

De productie van orthopedische schoenen (OS) is de afgelopen jaren toegenomen als gevolg van de vergrijzing en stijging van welvaartsziekten (1). OS worden voorgeschreven voor cliënten met onder andere ernstige voet of enkel problemen (2). Het produceren van een volledig op maat gemaakte orthopedische schoen (OSA) is een arbeidsintensief proces. Het produceren van OSA bestaat uit het tekenen van het patroon, bovenleer uitsnijden, schalmen, stikken, het supplement vervaardigen, het plaatsen van de neus, verstevigen van de hak, oppennen van de schacht, plaatsen van de cambreur, het onderwerk plaatsen en het afwerken van de schoen.

Tijdens het productieproces van OSA komen verschillende schadelijke stoffen vrij, waaronder koolstofdioxide (CO_2). CO_2 is een broeikasgas en heeft de eigenschap dat het infrarode straling kan absorberen. Hierdoor vindt er een verminderde uitstraling van zonnewarmte richting de ruimte plaats, met klimaat verandering op aarde als gevolg, ook wel global warming genoemd (3). Om de uitstoot van CO_2 uit te drukken wordt de term CO_2 uitstoot of carbon footprint gebruikt (4). Carbon footprint is een kwantitatieve maat die zowel alle directe als indirecte emissies van de broeikasgassen tijdens het productieproces weergeeft. Carbon footprint wordt uitgedrukt in kilogram (kg) CO_2 (5).

Tot op heden is er geen concreet onderzoek gedaan naar de uitstoot van CO_2 binnen de orthopedische schoenenbranche. Er zijn echter steeds meer bedrijven in andere branches die wel hun carbon footprint onderzoeken en daarover cijfers publiceren (6). Naast bedrijven worden consumenten ook steeds bewuster van de CO_2 uitstoot van de desbetreffende gekochte producten. Uit het onderzoek van Market Response is gebleken dat 85% van de consumenten van mening is dat bedrijven actief bezig moeten zijn met de CO_2 uitstoot (6). Het belangrijkste argument is dat de consumenten de bedrijven zien als de grootste veroorzakers van de CO_2 uitstoot. De helft van de consumenten heeft aangegeven dat ze graag op de hoogte worden gebracht van de hoeveelheid carbon footprint tijdens het productieproces van het gekochte product (6).

Als gevolg van de toenemende vraag naar orthopedische schoenen, kiezen steeds meer Nederlandse orthopedische schoen technische bedrijven ervoor om de productie van de OSA in het buitenland te laten plaatsvinden. Het belangrijkste argument hiervoor is dat het arbeidsloon lager is dan in Nederland. Een nadelig gevolg is dat alle materialen voor de productie van één paar OSA over een langere afstand moeten worden getransporteerd. Dit leidt tot een verhoogde CO_2 uitstoot van één paar OS (7). Gezien de continuerende toename van welvaartsziekten en de daarbij behorende uitbesteding van de productie aan het buitenland, het feit dat er tot op heden nog geen concreet onderzoek is gedaan naar de carbon footprint van één paar OSA, en de consument dit steeds belangrijker vindt bij de aankoop van een product, is het belangrijk dat de carbon footprint voor één paar OSA in kaart wordt gebracht. De onderzoeksvraag van deze studie is:

“Wat is de carbon footprint van één paar orthopedische schoenen?”

2. Methode

Het doel van dit onderzoek was het in kaart brengen van de carbon footprint van één paar OSA. Zoals beschreven in het projectplan bestond het onderzoek uit een descriptief/beschrijvend onderdeel, aangevuld met een literatuur studie. Het descriptief onderzoek bestond uit de volgende stappen: (1) het ontwikkelen van een business naar consument principe, (2) weergave van alle benodigde materialen, (3) het koppelen van de materialen aan de leverancier van de vertegenwoordiger, (4) het werven van leveranciers voor deelname aan de studie, (5) het ontwikkelen van een flowdiagram, (6) dataverzameling leveranciers en (7) het berekenen van de totale CO₂ uitstoot. In het kader van het onderzoek werden de leveranciers van de opdrachtgever benaderd om informatie te verschaffen met betrekking tot de benodigde materialen van een paar OSA en de bijbehorende CO₂ uitstoot (2.2 Onderzoeksplan). Gezien het ondanks herhaald verzoek (ook van de zijde van de opdrachtgever) uitblijven van de respons van de leveranciers werd uiteindelijk besloten om de informatie met betrekking tot de benodigde materialen en bijbehorende CO₂ uitstoot te verkrijgen/berekenen via een literatuurstudie (2.3 literatuurstudies). Alle onderdelen van het onderzoek worden achtereenvolgens besproken.

2.1 Uitgangspunt

Als uitgangspunt voor dit onderzoek is gekozen voor één paar volledig op maat gemaakte half hoge orthopedische schoenen met een aangepast voetbed in de vorm van een supplement. Een belangrijk argument hiervoor is dat er tot nu toe weinig tot niets bekend is over de CO₂ uitstoot tijdens het productieproces van één paar OSA. Er is voor OSA gekozen, omdat deze OS veel wordt voorgeschreven voor ernstige enkel en/of voet problematiek, onder andere voor reumatoïde artritis en pes planovalgus (8).

2.2 Onderzoeksplan

De onderzoeker heeft namens de opdrachtgever alle leveranciers per e-mail benaderd om deel te nemen aan het onderzoek (Bijlage I). Per e-mail werden alle leveranciers (N=18) gevraagd om voor het onderzoek aan te geven hoeveel CO₂ uitstoot (kg CO₂) er wordt verbruikt voor de productie van hun geleverde product. Geen van de 18 aangeschreven leveranciers hebben gereageerd op de eerste uitnodiging per e-mail om deel te nemen aan het onderzoek. De onderzoeker heeft na één week een herinnering per e-mail verstuurd. Ook op de tweede e-mail heeft geen van de leveranciers gereageerd. De onderzoeker heeft vervolgens na opnieuw uitblijven van reacties een tweede herinnering per e-mail verstuurd. In tevens de tweede en laatste herinnering werd nadrukkelijk het belang van het onderzoek uitgelegd. Als laatste stap heeft de onderzoeker contact opgenomen met de opdrachtgever om informatie van de leveranciers te verkrijgen. Vanwege het uitblijven van informatie van de leveranciers heeft de onderzoeker uiteindelijk besloten om de lijst van benodigde materialen en de bijbehorende CO₂ uitstoot van één paar OSA te verkrijgen doormiddel van een literatuurstudie.

2.3 Literatuurstudie

Voor de literatuurstudie naar de CO₂ uitstoot van OSA is gebruik gemaakt van de zoekmachine Biep.nu. Biep.nu zoekt onder andere in de volgende databases: 'Medline', 'Pubmed', 'Springerlink' en 'EBSCOhost'.

Voor de zoekopdracht zijn de volgende zoektermen gebruikt:

1. Carbon footprint OR CO₂ footprint AND
2. Footwear OR Orthopedic shoes AND
3. Manufacturing OR Producing.

De laatste uitgevoerde zoekopdracht is uitgevoerd op 4 september 2016. De artikelen uit de search werden allereerst geselecteerd op basis van de titel, vervolgens het abstract en als laatste werd het gehele artikel gelezen. De volgende inclusiecriteria en exclusiecriteria zijn gebruikt voor het beoordelen van de artikelen:

Inclusiecriteria:

- Het artikel moet informatie verschaffen over de CO₂-footprint en;
- Het artikel moet betrekking hebben tot productie schoeisel of;
- Het artikel moet informatie verschaffen over het berekenen van CO₂-footprint.

Exclusiecriteria:

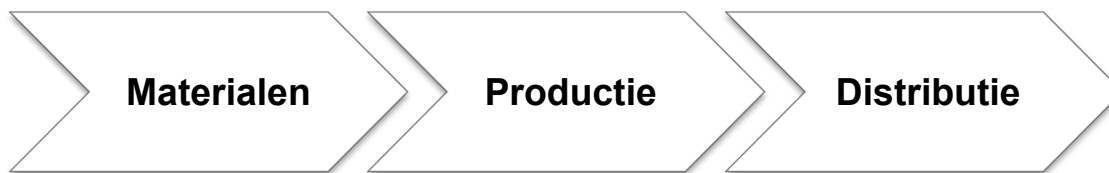
- Artikelen die niet in het Engels of Nederlands zijn geschreven;
- En artikelen die ouder zijn dan 10 jaar (gezien de productie van meer dan 10 jaar geleden niet vergelijkbaar is met de huidige productie).

Relevante artikelen uit de referentielijsten van de geselecteerde artikelen werden eveneens beoordeeld. Indien deze artikelen aan de bovengenoemde in- en exclusie criteria voldeden, werden ze geïnccludeerd.

2.4 Business naar consument principe

De carbon footprint van één paar OSA werd in kaart gebracht op basis van het business naar consument (B2C) principe van de Publicly Available Specification 2050 (PAS 2050) (9). Het B2C bestaat uit een stappenplan van alle materialen tot aan het gebruik van het product door de consument, tot aan de recycling. De proces map van het B2C principe bestaat uit de volgende vijf processen: (1) materialen; (2) productie; (3) distributie/retail; (4) productgebruik door consument en (5) afval/recycling (9).

Aangezien dit onderzoek zich voornamelijk richt op het productieproces van één paar OSA en niet op het gebruik en/of recycling van de OSA, zijn alleen de eerste drie processen: (1) materialen, (2) productie en (3) distributie/retail voor dit onderzoek in kaart gebracht (Zie Figuur 1).



Figuur 1. Proces map van één paar OS

2.5 Opdrachtgever

NIMCO Made4You (hierna te noemen als opdrachtgever) is een Nederlandse producent van orthopedische schoenen en tevens opdrachtgever van dit onderzoek. Naast de hoofdvestiging in Nederland heeft opdrachtgever ook een vestiging in Portugal waar de productie van onder andere OSA wordt uitgevoerd. Aangezien de productie van OSA in Portugal plaats vindt, heeft de opdrachtgever voornamelijk Portugese toeleveranciers voor de benodigde materialen.

De opdrachtgever heeft voor dit onderzoek een overzichtslijst van de benodigde materialen en bijbehorende leveranciers ter beschikking gesteld. Daarnaast heeft de opdrachtgever informatie verschaft over het totale energieverbruik van de productielocatie in Portugal.

2.6 Ethiek en privacy

In verband met de privacy van de opdrachtgever en de leveranciers werd er voor deelname aan dit onderzoek van de leveranciers een “informed consent formulier” gemaakt (Bijlage II). Indien leveranciers goedkeuring zouden geven voor deelname aan het onderzoek, moest er allereerst een informed consent formulier getekend worden door beide partijen.

Door middel van het tekenen van het informed consent formulier gaven de leverancier toestemming om de gegevens met betrekking tot CO₂ uitstoot anoniem te rapporteren.

Gezien de privacy van de leveranciers zullen de leveranciers in dit onderzoek worden aangeduid als leverancier A - Q. Indien nodig kunnen deze gegevens met toestemming van de leveranciers worden opgevraagd bij de onderzoeker.

2.7 Berekening totale CO₂ uitstoot

De berekening van de totale CO₂ uitstoot bestaat uit de optelsom van de (1) CO₂ uitstoot van de productie alle benodigde materialen; (2) de CO₂ uitstoot van de daadwerkelijke productie van één paar OSA; (3) en de CO₂ uitstoot van de distributie van en naar de opdrachtgever. Voor de specifieke berekeningen van de CO₂ uitstoot (Bijlage III) (10). Alle berekende waarden werden afgerond op maximaal in vijf decimalen gezien de zeer kleine waarden.

$$\text{Totale CO}_2 \text{ uitstoot (kg CO}_2\text{/per paar OSA)}^* = \text{CO}_2 \text{ uitstoot per materiaal (kg CO}_2\text{)} + \text{CO}_2 \text{ uitstoot van het productie proces (kg CO}_2\text{/paar)} + \text{CO}_2 \text{ uitstoot distributie (kg CO}_2\text{/km)}$$

3. Resultaten

3.1 Search

De volgende zoektermen werden in de zoekmachine Biep.nu gebruikt: (1) Carbon footprint OR CO₂ footprint AND (2) Footwear OR Orthopedic shoes AND (3) Manufacturing OR Producing. De search leverde in totaal 70 artikelen op. Na beoordeling op basis van de titel bleven er zes artikelen, na het abstract twee en na het gehele artikel bleef er één artikel (9-11). De search is weergegeven met behulp van een flowchart (Bijlage IV).

Het artikel van Cheah et al. beschrijft de berekening van de totale CO₂ uitstoot van de productie één paar hardloopschoenen. Er werden geen relevante artikelen gevonden met betrekking tot de berekening van de totale CO₂ uitstoot van OSA. Daarom werd het artikel van Cheah et al. gebruikt als voorbeeld voor de berekening van de totale CO₂ uitstoot. De PAS2050 is een algemene richtlijn voor het berekenen van de CO₂ uitstoot van een product. De International Organization for Standardization (ISO 14067) is een gestandiseerde richtlijn voor het opstellen van doelstelling en formules voor de CO₂ uitstoot.

3.2 Overzicht materialen

De opdrachtgever heeft een overzicht van de benodigde materialen voor één paar OSA beschikbaar gesteld aan de onderzoeker (Tabel 1). Als uitgangspunt werkt één paar OSA uit de praktijk gebruikt, van dit paar werden alle benodigde materialen per stuk gewogen. Hierbij moet worden vermeldt dat iedere OSA verschillend is in gewicht, dit is afhankelijk van de voetmaat, dwijking en de benodigde voorzieningen in de OSA. Voor het bepalen van het gewicht is een weegschaal van het merk Soehnle type Optica gebruikt. Een tweede onderzoeker heeft onafhankelijk dezelfde benodigde materialen gewogen (Tabel 1). De benodigde hoeveelheid leer werd empirisch omgerekend van m² naar kg (Bijlage V). De uitkomsten per materiaal werden vervolgens gemiddeld. Het gemiddelde gewicht van de beide metingen is uiteindelijk gebruikt voor de berekening.

Tabel 1. Overzicht benodigde materialen voor één paar OSA

Onderdeel	Materiaal	Gewicht meting 1 (kg)	Gewicht meting 2 (kg)	Gemiddeld gewicht (kg)
Bovenleder	Leer	0,325 m ²	0,375 m ²	0,420
Voerings leder	Leer	0,325 m ²	0,375 m ²	0,175
Supplement	Kurk	0,110	0,130	0,120
Tussenzool	EVA	0,144	0,140	0,142
Loopzool	Rubber	0,220	0,200	0,210
Neus versteviging	Rhenoflex (PE)	0,030	0,026	0,028
Contrefort	Rhenoflex (PE)	0,060	0,080	0,070
Veters	Nylon	0,006	0,010	0,008
Polstering	Polyurethaan schuim	0,012	0,008	0,010
Cambreur	Staal	0,026	0,026	0,026

Voor het vervaardigen van een OSA werd ook het materiaal lijm gebruikt, echter is dit materiaal buiten beschouwing gelaten omdat er geen CO₂ emissie factor beschikbaar is. Het materiaal stikgaren is buiten beschouwing gelaten gezien dit niet kon worden gewogen door de minimale hoeveelheid massa.

Totale gewicht één paar OSA = **1,209** kg/paar OSA
(inclusief gewicht supplement)

3.3 Het koppelen van de materialen aan de leveranciers

De vertegenwoordiger heeft een leverancierslijst van de benodigde materialen ter beschikking gesteld (bijlage VI). Voor de volgende materialen: bovenleder, voeringleder, tussenzolen en loopzolen worden verschillende leveranciers gebruikt. Voor deze materialen zijn de leveranciers geselecteerd met zowel de kortste als de langste afstand in km. In tabel 2 wordt de afstand in km van de leverancier naar de productiebedrijf weergegeven.

Tabel 2. Overzicht koppeling materialen en leveranciers één paar OSA in kg

Materialen	Leverancier	Afstand (km)
Leer	A	200
Leer	B	15
Kurk	P	2075
EVA	O	60
EVA	N	963
Rubber	K	144
Rubber	L	3
Rhenoflex	Q	2003
Nylon	Q	2003
Polyurethaan schuim	Q	2003
Staal	Q	2003

3.4 Berekenen CO₂ uitstoot productie materialen

Voor het berekenen van de CO₂ uitstoot van de productie per materiaal werd voor elk materiaal de CO₂ emissie factor opgezocht. De CO₂ emissie factoren van kurk, EVA, rubber, rhenoflex, nylon, polyurethaan schuim en staal werden verkregen uit de Ecoinvent database 2.2 (12). De meest recente Ecoinvent database is versie 3.3, echter was deze voor de onderzoeker niet toegankelijk vandaar dat de onderzoeker versie 2.2 heeft gebruikt. De emissie factor voor leer was niet beschikbaar in de Ecoinvent database, vandaar dat de CO₂ emissie factor van leer werd verkregen uit het artikel van Brugnoli et al. (13). Per onderdeel is de totale CO₂ uitstoot van de productie berekend door de hoeveelheid materiaal in kg te vermenigvuldigen met de bijbehorende CO₂ emissie factor (Tabel 3).

Tabel 3. Berekening CO₂ uitstoot productie van het materiaal/onderdeel

Onderdeel (materiaal)	Hoeveelheid materiaal (kg)	CO ₂ -emissie factor materiaal (kg CO ₂ /kg)	Totale CO ₂ uitstoot (kg CO ₂)
Bovenleder (leer)	0,350 m ²	6,51 kg CO ₂ /m ²	2,28
Voeringleder (leer)	0,350 m ²	6,51 kg CO ₂ /m ²	2,28
Supplement (kurk)	0,120	0,13	0,02
Tussenzool (EVA)	0,142	2,11	0,30
Loopzool (rubber)	0,210	2,85	0,60
Neusversteving (Rhenoflex) (PE)	0,028	2,40	0,07
Contrefort (Rhenoflex) (PE)	0,070	2,40	0,17
Veters (Nylon)	0,008	7,90	0,06
Polsterschuim (Polyurethaan schuim)	0,010	4,84	0,05
Cambreur (Staal)	0,026	1,66	0,04

Totale CO₂ uitstoot productie materialen één paar OSA = **5,87** kg CO₂

3.5 Berekenen CO₂ uitstoot distributie per materiaal

De totale CO₂ uitstoot van de distributie van alle materialen is berekend door de af te leggen afstand in km te vermenigvuldigen met de CO₂ emissie factor van een vrachtwagen (Tabel 4). Voor het transport van de materialen is alleen de distributie per vrachtwagen berekend, aangezien de meeste materialen van lokale leveranciers kwamen. De materialen Rhenoflex, nylon, polyesterschuim en cambreur zijn afkomstig vanuit Nederland, maar worden in de praktijk ook alleen per vrachtwagen vervoerd aangezien de levering niet tijdsgebonden is. De CO₂ emissie factor voor het transport per vrachtwagen is verkregen uit lijst van CO₂ emissie factoren (14). De CO₂ emissie factor van een vrachtwagen bedroeg 0.21 per kg CO₂/ton-km. De CO₂ emissie factor werd omgerekend van kg CO₂/ton-km naar CO₂/kg-km door de CO₂ emissie factor te delen door 1000. Voor de onderdelen bovenleer, voeringleder, tussenzool en loopzool is de CO₂ uitstoot voor zowel de langste als kortste transport afstand berekend.

Tabel 4. Berekening CO₂ uitstoot transport materialen per vrachtwagen

Onderdeel (materiaal)	Afstand transport materiaal (km)	CO ₂ emissie factor vrachtwagen (per kg CO ₂ /kg-km)	Massa materiaal (kg)	Totale CO ₂ -emissie (kg CO ₂)*
Bovenleder (leer) Langste afstand	200	0.00021	0,420	0,01764
Bovenleder (leer) Kortste afstand	15	0.00021	0,420	0,00132
Voeringleder (leer) Langste afstand	200	0.00021	0,175	0,00735
Voeringleder (leer) Kortste afstand	15	0.00021	0,175	0,00055
Tussenzool (EVA) Langste afstand	963	0.00021	0,142	0,02871
Tussenzool (EVA) Kortste afstand	60	0.00021	0,142	0,00179
Loopzool (rubber) Langste afstand	144	0.00021	0,210	0,00635
Loopzool (rubber) Kortste afstand	3	0.00021	0,210	0,00013
Neusversteveging (Rhenoflex) (PE)	2003	0.00021	0,028	0,01178
Contrefort (Rhenoflex) (PE)	2003	0.00021	0,070	0,02944
Veters (Nylon)	2003	0.00021	0,008	0,00336
Polsterschuim (Polyurethaan schuim)	2003	0.00021	0,010	0,00421
Cambreur (Staal)	2003	0.00021	0,026	0,01094

* alle waarden zijn afgerond op vijf decimalen achter de komma

CO₂ uitstoot distributie materialen

Kortste transport afstand = **0,06353** kg CO₂

Langste transport afstand = **0,11979** kg CO₂

3.6 Distributie leesten en supplementen

Zodra de OSA kunnen worden geproduceerd, worden allereerst de leesten en de bijbehorende supplementen van de cliënt naar het productiebedrijf opgestuurd. Het gewicht van een leest kan zeer verschillende zijn. Dit is onder andere afhankelijk van de cliënt en zijn/haar voetafwijking. De onderzoeker is uitgegaan van een gewicht voor één paar leesten van 1,8 kg en het gewicht van de bijbehorende supplementen bedraagt 0,12 kg. De transport van de leesten en bijbehorende supplementen vindt zowel via een vrachtwagen als per vliegtuig plaats. Vandaar dat voor beiden de CO₂ uitstoot werd berekend. De CO₂ emissie factor van het transport per vliegtuig werd verkregen uit de ecoinvent database 2.2 (12). De CO₂ emissie factor van een vliegtuig bedraagt 0,50 per kg CO₂/ton-km en werd omgerekend naar 0.0005 per kg CO₂/kg-km.

CO₂ uitstoot distributie leesten

CO₂ emissie transport leesten (kg CO₂) = afstand (km) * CO₂-emissie factor van transport (kg CO₂/kg-km) * gewicht leesten (kg) + gewicht supplementen (kg)

Vrachtwagen = 2043 * 0.00021 * 1,92 = **0,82** kg CO₂

Vliegtuig = 2043 * 0.0005 * 1,92 = **1,96** kg CO₂

3.7 CO₂ uitstoot productie OSA

De totale verbruikte elektriciteit van de productielocatie van de opdrachtgever bedroeg in 2015 350.423 kWh/jaar. De totale productie van onder andere OS en leesten van de opdrachtgever bedroeg in 2015 43.131 stuks. De gebruikte CO₂-emissie factor van elektriciteit bedroeg 0,401 CO₂/kWh (15). Aan de hand van deze gegevens werd met de onderstaande formule de CO₂ uitstoot van de productie van één paar OSA berekend.

CO₂ uitstoot productie

Elektriciteit voor één paar OSA = totale elektriciteit (kWh) / totale productie (stuks)
= 350.423 / 43.131 = 8,125 (kWh/paar)

Totale CO₂ productie = elektriciteit (kWh/paar) * CO₂-emissie factor (kg CO₂/kWh)
= 8,125 * 0,401 = **3,258** (kg CO₂/paar)

3.8 Distributie OSA

De CO₂ uitstoot van de distributie van één paar OSA werd berekend aan de hand van de onderstaande formule. Het gebruikte gewicht van één paar OSA is de optelsom van het gewicht van het gemiddelde van alle benodigde materialen 1,92 kg (inclusief supplement). Het gewicht van één paar leesten (exclusief supplementen) bedraagt 1,8 kg. Het totale gewicht van één paar OSA bedraagt **3,72 kg**. Zoals eerder beschreven bedraagt de afstand tussen het productiebedrijf en de orthopedisch schoentechnicus 2.043 km. Voor de distributie één paar OSA werd zowel de CO₂ uitstoot van het transport per vliegtuig als per vrachtwagen berekend. De CO₂ uitstoot van de distributie per vrachtschip werd buiten beschouwing gelaten gezien deze manier van transporteren te tijdrovend is (ongeveer 2-6 weken) en derhalve ongeschikt is als transportmiddel.

CO₂ uitstoot distributie OSA

CO₂ emissie transport (kg CO₂) = afstand (km) * CO₂-emissie factor van transport (kg CO₂/kg-km) * totale gewicht OSA (kg)

Vrachtwagen = 2043 * 0.00021 * 3,729 = **1,59985** kg CO₂/paar OSA

Vliegtuig = 2043 * 0.0005 * 3,729 = **3,80917** kg CO₂/ paar OSA

3.9 Berekening totale CO₂ uitstoot

De totale CO₂ emissie uitstoot werd berekend door de opstelsom van de CO₂ uitstoot van de productie van alle benodigde materialen + totale CO₂ uitstoot distributie materialen + totale CO₂ uitstoot distributie leesten (inclusief supplementen) + CO₂ uitstoot productie OSA + totale CO₂ uitstoot distributie OSA.

Om tot een gemiddelde totale CO₂ uitstoot te komen van één paar OSA heeft de onderzoeker alle (acht) verschillende combinaties van de onderdelen berekend (Tabel 5). De CO₂ uitstoot van de productie van alle materialen en van de OSA had een constante waarde. De CO₂ uitstoot van de distributie van de materialen had twee variabelen, namelijk de CO₂ uitstoot voor de kortste en langste afstand van leverancier tot productiebedrijf. De CO₂ van de distributie van de leesten inclusief supplementen en de distributie van de OSA bestond uit twee variabelen, namelijk de CO₂ uitstoot van het transport per vliegtuig of het transport per vrachtwagen. Van alle acht mogelijke combinaties zijn de onderdelen bij elkaar opgeteld, vervolgens is hiervan het gemiddelde en de range berekend (Tabel 5).

Tabel 5. Mogelijke combinaties CO₂ uitstoot

CO ₂ productie materialen	CO ₂ productie OSA	CO ₂ distributie materialen (kort/lang)	CO ₂ distributie leesten (vrachtwagen /vliegtuig)	CO ₂ distributie OSA(vrachtwagen /vliegtuig)	Totale CO ₂ OSA
5,87	3,258	0,06353	0,82	1,59985	11,61138
5,87	3,258	0,06353	0,82	3,80917	13,82070
5,87	3,258	0,06353	1,96	1,59985	12,75138
5,87	3,258	0,06353	1,96	3,80917	14,96074
5,87	3,258	0,11978	0,82	1,59985	11,66763
5,87	3,258	0,11978	0,82	3,80917	13,87695
5,87	3,258	0,11978	1,96	1,59985	12,80763

Totale CO₂ uitstoot

Gemiddelde totale CO₂ uitstoot = **13,31** (11,61 – 15,01) kg CO₂

4. Discussie

Het doel van dit onderzoek is het bepalen van de totale CO₂ uitstoot van de productie en distributie van één paar orthopedische schoenen. Dit onderzoek laat zien dat CO₂ uitstoot van één paar OSA 13,31 (11,61 – 15,01) kg CO₂ bedraagt.

Zoals beschreven in de introductie is er tot op heden nog geen onderzoek gedaan naar de totale CO₂ uitstoot van orthopedische schoenen. Recent werden de eerste resultaten van een Europese pilot studie van één paar confectieschoenen gepresenteerd (16). In deze pilot studie is de totale CO₂ uitstoot van één paar confectieschoenen berekend door het gemiddelde te bepalen van 16 deelnemende schoenproducenten en 36 verschillende schoenmodellen. De gemiddelde totale CO₂ uitstoot was 10 kg CO₂ per paar. Uit de resultaten van de pilot studie bleek dat er een grote variatie (1.3 kg – 25.3 kg) bestond in de totale CO₂ uitstoot van één paar confectieschoenen tussen de verschillende schoenmodellen en schoenproducenten. De gemiddelde CO₂ uitstoot van één paar OSA in dit onderzoek is meer dan 3kg meer dan de gemiddelde CO₂ uitstoot van één paar confectieschoenen in de pilot studie.

In dit onderzoek is net als in de pilot studie onderscheidt gemaakt in de verschillende fasen/onderdelen die bijdragen aan de CO₂ uitstoot. De onderdelen van de productie van één paar OSA bestonden achtereenvolgens uit de productie van materialen, distributie van materialen, distributie van de leesten inclusief supplementen, productie van de OSA en distributie van de OSA. De CO₂ uitstoot van de productie van alle benodigde materialen voor één paar OSA bedroeg in dit onderzoek 44.1% (5,87 kg CO₂). In de pilot studie bedroeg dit voor de confectieschoen 58%. De productie van alle materialen is zowel in dit onderzoek (OSA) als de pilot studie (confectieschoen) de grootste veroorzaker van de totale CO₂ uitstoot.

De op één na grootste veroorzaker van de totale CO₂ uitstoot was in dit onderzoek de productie van de OSA met 3,258 kg CO₂ (24.5%). Dit percentage komt nagenoeg overeen met het resultaat van de pilot studie (27%). Het verschil in de CO₂ uitstoot van dit onderzoek en van de pilot studie is de hoeveelheid CO₂ uitstoot die veroorzaakt wordt door de distributie. In dit onderzoek bedroeg de CO₂ uitstoot van de distributie 31.0% (4,128 kg CO₂), in de pilot studie was dit slechts 6%. De CO₂ uitstoot van de distributie is in dit onderzoek meer dan vijf keer zo hoog als in de pilot studie. Hierbij moet worden vermeld dat de distributie in de pilot studie alleen bestond uit de transport van de confectieschoenen naar de consument. In dit onderzoek is onderscheid gemaakt tussen de distributie van de materialen naar het productiebedrijf, de distributie van de leesten richting het productiebedrijf en als laatste de distributie van de OSA naar de consument in Nederland. Opvallend uit dit onderzoek is dat de distributie van de materialen naar het productiebedrijf nauwelijks bijdragen aan de totale CO₂ uitstoot (0.7%). De grootste bijdrage aan de CO₂ uitstoot voor de distributie wordt veroorzaakt door het transport van de OSA (inclusief de leesten en supplementen) van het productiebedrijf naar de orthopedisch schoentechnicus (20.3%).

Naar het oordeel van de onderzoeker is dit het eerste onderzoek dat de totale CO₂ uitstoot van één paar OSA in kaart heeft gebracht. Dit onderzoek haakt aan op de toenemende vraag naar en productie van OSA door toename van welvaartsziekten, en de uitbesteding van de productie aan het buitenland.

Dit onderzoek heeft aangetoond dat een groot deel van de totale CO₂ uitstoot wordt veroorzaakt door de distributie van en naar het buitenland. In dit onderzoek is alleen de CO₂ uitstoot van de opdrachtgever en het bijbehorende productiebedrijf in het buitenland berekend. Er is geen totale CO₂ uitstoot berekend van een orthopedisch schoenbedrijf dat de productie van de OSA aan een Nederlands productiebedrijf heeft uitbesteed. Hierdoor kan de totale CO₂ uitstoot van de productie en distributie in het buitenland niet worden vergeleken met de totale CO₂ uitstoot in Nederland. Voor de hand ligt dat de CO₂ uitstoot voor het transport van het buitenlandse productiebedrijf hoger is dan het productiebedrijf in Nederland. Daarnaast is in dit onderzoek niet onderzocht of de CO₂ uitstoot van de productie van OSA in een productiebedrijf in Nederland gelijkwaardig is aan de CO₂ uitstoot van het productiebedrijf in Portugal.

Een sterk punt van dit onderzoek is dat het rekening heeft gehouden met de variatie in leveranciers van de opdrachtgever. Dit is gedaan door de kortste en langste afstand van de leveranciers naar het productiebedrijf te bepalen en mee te nemen in de analyses. Daarnaast werd er ook rekening gehouden met de variatie in transport, door zowel de CO₂ uitstoot te berekenen voor het transport via vrachtwagen als per vliegtuig. Door alle variaties met elkaar te combineren is zowel de meest gunstige als de minst gunstige totale CO₂ uitstoot voor één paar OSA berekend.

Het laatste sterke punt van deze studie is het feit dat er onderscheidt is gemaakt in de verschillende onderdelen van de distributie, zowel van de materialen, leesten, supplementen als de OSA. Door dit onderscheidt, heeft de onderzoeker in kaart gebracht dat de distributie van het productiebedrijf naar de orthopedisch schoentechnicus voor de meeste CO₂ uitstoot zorgt.

Een limitatie van deze studie is dat het onderzoek alleen gebaseerd is op de gegevens van één orthopedisch schoentechnologisch producent (de opdrachtgever). De berekening van de totale CO₂ uitstoot voor één paar OSA is berekend met als uitgangspunt de opdrachtgever. De resultaten van dit onderzoek kunnen daarom niet direct worden toegepast op alle andere orthopedisch schoen technologische bedrijven in Nederland.

Een tweede limitatie van de studie is dat de leveranciers van de opdrachtgever geen informatie hebben aangeleverd met betrekking tot de CO₂ uitstoot van de materialen. Hierdoor was er geen directe informatie over de CO₂ uitstoot beschikbaar.

Een ander nadeel van dit onderzoek was dat de onderzoeker geen beschikking had over een compleet overzicht van alle materialen en de bijbehorende CO₂ emissiefactoren. De onderzoeker heeft de ontbrekende informatie aangevuld met behulp van een literatuurstudie.

Een derde en tevens laatste limitatie van de studie is dat de literatuurstudie is gebaseerd op slechts drie artikelen. Daardoor was er een beperkte hoeveelheid informatie beschikbaar die relevant was om de onderzoeksvraag te beantwoorden. Het gevolg was dat de onderzoeker de resultaten van het onderzoek alleen heeft kunnen vergelijken met resultaten over de CO₂ uitstoot van één paar confectieschoenen.

4.1 Aanbevelingen

Zoals eerder benoemd was er tot op heden nog geen onderzoek gedaan naar de totale CO₂ uitstoot van één paar OSA. Er wordt daarom aanbevolen om meer onderzoek te doen naar de totale CO₂ uitstoot binnen de orthopedische schoenenbranche. Aangezien de resultaten van dit onderzoek alleen gebaseerd zijn op één productiebedrijf, wordt er voor een vervolgonderzoek aangeraden om het onderzoek uit te voeren onder verschillende Nederlandse/Europese orthopedisch schoentechnisch bedrijven. Hierbij moeten zowel bedrijven die de productie uitbesteden aan het buitenland, als bedrijven waarvan de productie in Nederland plaatsvindt worden meegenomen.

4.2 Stap naar de praktijk

Dit onderzoek is een goede start naar het in kaart brengen van de totale CO₂ uitstoot binnen de orthopedische schoenenbranche. Indien er meer onderzoek wordt gedaan en er meer aandacht wordt besteed aan de totale CO₂ uitstoot van de productie en distributie van orthopedische schoenen zullen steeds meer orthopedische bedrijven zich bewust(er) worden van de carbon footprint binnen de Nederlandse orthopedische schoenenbranche. Hopelijk kunnen orthopedische schoen technische bedrijven op basis van het onderzoek zichzelf doelstellingen stellen en maatregelen nemen die de CO₂ uitstoot in de toekomst kunnen verminderen.

5. Conclusie

Dit onderzoek toont aan dat de totale CO₂ uitstoot, ook wel carbon footprint genoemd, van één paar OSA 13,31 kg CO₂ (range 11,61 – 15,01) bedraagt. De totale CO₂ productie in dit onderzoek is vergelijkbaar met de totale CO₂ uitstoot van één paar confectieschoenen. Uit de resultaten van dit onderzoek kan worden geconcludeerd dat productie van alle materialen zorgt voor de grootste bijdrage aan de totale CO₂ uitstoot. Daarnaast heeft dit onderzoek aangetoond dat de distributie van één paar OSA terug naar Nederland ook voor een grote bijdrage aan de totale CO₂ uitstoot zorgt.

6. Literatuur

1. Kenniscentrum S. 2011 [Available from: <http://www.svgb.nl/trends-en-cijfers/orthopedische-schoentechniek-3/trends-en-ontwikkelingen-11>].
2. Netten van JJ, Geertzen JH. Use and usability of custom-made orthopedic shoes. *Journal of rehabilitation research and development*. 2010;47(1):73.
3. Moore TG. Global warming. The good, the bad, the ugly and the efficient. 2008;9(1S):S41-S5.
4. Weidema BP, Thrane M, Christensen P, Schmidt J, Løkke S. Carbon Footprint. *Journal of Industrial Ecology*. 2008;12(1):3-6.
5. Wright LA, Kemp S, Williams I. 'Carbon footprinting': towards a universally accepted definition. *Carbon management*. 2011;2(1):61-72.
6. Response M. CO2 footprint en klimaatsverandering Juni 2010 [Available from: <http://www.duurzaamheidkompas.nl/downloads/rapduurzaamheidkompasjuni2010.2.pdf>].
7. Eelco den Boer MO, Huib van Essen STREAM International Freight 2011: Comparison of various transport modes on a EU scale with the STREAM database. 2011:103.
8. Vansteenwegen K. Over voeten en schoenen: orthopedische schoentechnologie, een praktische handleiding: Campinia Media CVBA-VSO; 2014.
9. The British Standards Institution B. PAS 2050:2011 Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services. Londen: Carbon Trust; 2008. p. 58.
10. The International Organization for Standardization I. ISO/TS 14067: Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication. Zwitserland: The British Standards Institution 2013. p. 64.
11. Cheah L, Ciceri ND, Olivetti E, Matsumura S, Forterre D, Roth R, et al. Manufacturing-focused emissions reductions in footwear production. *Journal of Cleaner Production*. 2013;44:18-29.
12. Frischknecht R. JN, Althaus H.-J., Doka G., Dones R., Heck T., Hellweg S., Hischer R., Nemecek T., Rebitzer G. and Spielmann M. The ecoinvent database: Overview and methodological framework, *International Journal of Life Cycle Assessment* 2005.
13. Brugnoli F KI. Life Cycle Assessment, Carbon Footprint in Leather Processing 2012.
14. Milieu Centraal SS, Connekt, SKAO, Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Lijst emissiefactoren 2016 [Available from: <http://co2emissiefactoren.nl/wp-content/uploads/2015/01/2015-01-Goederenvervoer.pdf>].
15. Brander M, Sood A, Wylie C, Haughton A, Lovell J. Technical Paper| Electricity-specific emission factors for grid electricity. Ecometrica, Emissionfactors.com. 2011.
16. Inescop. FOOTWEAR CARBON FOOTPRINT CALCULATION. CO2 Shoe newsletter 2016.
17. MCB online. Soortelijke massa van metalen en andere stoffen (in kg/dm³) [Available from: http://mcbboek.nl/MCB_h14/Soortelijke_massa_van_metalen_en_andere_stoffen_in_kg_dm3.htm].

7. Bijlagen

7.1 Bijlage I – E-mail leveranciers

Betreft: Onderzoek CO2-uitstoot orthopedische schoenen.

In het kader van mijn afstudeerproject aan de HBO opleiding Orthopedische Schoentechnologie van de Fontys Hogeschool Eindhoven doe ik momenteel onderzoek naar de “CO2-uitstoot bij de productie van orthopedische schoenen”.

Om een goed en volledig inzicht te krijgen in de gehele CO2-uitstoot van de productie van orthopedische schoenen, heb ik u als bedrijf nodig. Ook de CO2 uitstoot van de materialen, leveranciers, transport en diensten bij de productie van orthopedische schoenen zijn hierbij betrokken. Het spreekt voor zich dat een betrouwbaar inzicht in voornoemde CO2-uitstoot alleen verkregen kan worden als alle (toe)leveranciers in het productieproces hun medewerking aan dit onderzoek verlenen.

Ik heb begrepen dat uw bedrijf in het kader van voornoemde productie materialen, producten, transport en/of diensten aan Nimco (toe)levert. In verband hiermee verzoek ik u mij, namens Nimco, een compleet “CO2-uitstoot”-overzicht te verstrekken met betrekking tot de door u aan Nimco te leveren materialen, producten, transport en/of diensten.

Te behoeve van het onderzoek vraag ik u: i) de bij deze brief bijgesloten Bijlage 1 (Tabel) zo volledig en getrouw mogelijk in te vullen en ii) de als Bijlage 2 (Informed consent) bij deze brief bijgesloten verklaring in te vullen, ondertekenen en deze documenten graag vóór 8 juni 2016 aan mij te retourneren via aan rogier.vane@student.fontys.nl

Voor de goede orde wijs ik u erop dat ik de, in het kader van mijn onderzoek, verkregen informatie uiteraard vertrouwelijk en anoniem zal behandelen.

Indien u nog vragen heeft of nadere toelichting wenst n.a.v. het onderzoek verzoek ik u contact met mij op te nemen via onderstaande contactgegevens.

Nimco en ondergetekende vertrouwen op u medewerking voor dit onderzoek

Alvast dank voor medewerking.

Met vriendelijke groet,

Rogier Vane

4^e jaars student Orthopedische SchoenTechnologie

Fontys Hogescholen

E: rogier.vane@student.fontys.nl

M: +31644786347

7.2 Bijlage II - Informed consent formulier

Titel onderzoek: "CO₂-uitstoot bij de productie van orthopedische schoenen"

Verantwoordelijke onderzoeker: R.V.A. Vane

School: Fontys Hogeschool Eindhoven

Ik verklaar op een voor mij duidelijke wijze te zijn ingelicht over de aard, methode en doel van het onderzoek. Ik weet dat de gegevens en resultaten van het onderzoek alleen anoniem en vertrouwelijk (aan derden) bekend gemaakt zullen worden. Mijn eventuele vragen zijn naar tevredenheid beantwoord.

Ik begrijp dat de aangeleverde informatie over de CO₂ uitstoot van het geleverde materiaal, transport en/of diensten uitsluitend voor analyse en/of wetenschappelijke presentaties zal worden gebruikt.

Ik stem in met deelname aan dit onderzoek. Ik behoud me daarbij het recht voor om op elk moment zonder opgave van redenen mijn deelname aan dit onderzoek te beëindigen.

Naam leverancier :

Datum:mei 2016

Handtekening leverancier:

In te vullen door de uitvoerende onderzoeker

Ik heb een mondelinge en schriftelijke toelichting gegeven op het onderzoek. Ik zal resterende vragen over het onderzoek naar vermogen beantwoorden. De leverancier zal van een eventuele voortijdige beëindiging van deelname aan dit onderzoek geen nadelige gevolgen ondervinden.

Naam onderzoeker: Rogier Vane

Datum: ...mei 2016

Handtekening onderzoeker:

7.3 Bijlage III - Formules CO₂ uitstoot

Zoals eerder benoemd bestaat de totale CO₂ uitstoot uit de optelsom van de (1) CO₂ uitstoot van de productie alle benodigde materialen; (2) de CO₂ uitstoot van de daadwerkelijke productie van één paar OSA; (3) en de CO₂ uitstoot van de distributie van en naar de opdrachtgever. Hieronder een weergave van alle gebruikte formules.

1. Berekening CO₂ uitstoot van de materialen*

CO₂ uitstoot per materiaal (kg CO₂) = hoeveelheid materiaal (kg of m²) * CO₂-emissie factor van het materiaal (kg CO₂/kg of m²)

2. Berekening CO₂ uitstoot van het productie proces*

CO₂ emissie productieproces (kg CO₂/jaar) = gebruik aan energie (kWh/jaar) * CO₂-emissie factor van energie (kg CO₂/kWh)

CO₂ emissie productieproces (kg CO₂/paar) = CO₂ emissie productieproces (kg CO₂/jaar) / totaal aantal geproduceerde OSA

3. Berekening CO₂ uitstoot distributie

CO₂ emissie transport (kg CO₂) = afstand (km) * CO₂-emissie factor van transport (kg CO₂/km)

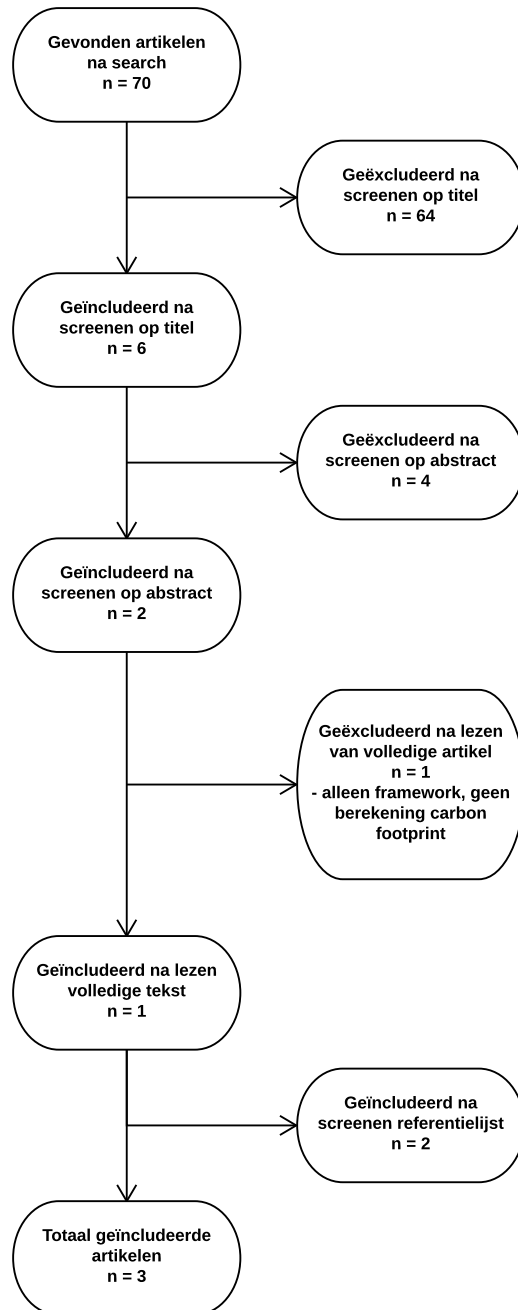
Totale CO₂ uitstoot (kg CO₂/per paar OSA) = CO₂ uitstoot per materiaal (kg CO₂) + CO₂ uitstoot van het productie proces (kg CO₂/paar) + CO₂ uitstoot distributie (kg CO₂/km)

* (10)

m²= één vierkante meter

kWh= Kilo Watt per uur

7.4 Bijlage IV – Flowchart Search



7.5 Bijlage V - Berekening leder van m² naar kg leer

Berekening gewicht overleder

Gewicht van het overleder (kg) = Oppervlakte leer (m²) * Dikte van het leer (mm) * Het soortelijke gewicht van leer (kg/ dm³)

Oppervlakte leer = 0.350 m² = 35 dm²

Dikte leer = 1.2 mm = 0.012 dm

Soortelijke gewicht leer* = 1.0

Gewicht van het overleder = 35 * 0.012 * 1 = **0.420 kg** overleder/paar OSA

*(17)

Berekening gewicht voeringleder

Gewicht van het voeringleder (kg) = Oppervlakte leer (m²) * Dikte van het leer (mm) * Het soortelijke gewicht van leer (kg/ dm³)

Oppervlakte leer = 0.350 m² = 35 dm²

Dikte leer = 0.5 mm = 0.005 dm

Soortelijke gewicht leer* = 1.0

Gewicht van het overleder = 35 * 0.005 * 1 = **0.175 kg** voeringleder/paar OSA

*(17)

Berekening totaal gewicht leder

Totaal gewicht leder (kg) = gewicht overleder (kg) + gewicht voeringleder (kg)

Totaal gewicht leder = 0.420 + 0.175 = **0.595 kg** leder/ paar OSA

7.6 Bijlage VI - Koppeling materiaal en leveranciers

Leverancier anoniem	Materiaal	Afstand
A	Leer	20 km
B	Leer	15 km
C	Leer	200 km
D	Leer	36 km
E	Leer	200 km
F	Leer	200 km
G	Leer	15 km
H	Leer	200 km
I	Leer	94 km
J	Leer	40 km
K	Zolen	144 km
L	Zolen	3 km
M	Zolen	7,5 km
N	EVA	963 km
O	EVA	60 km
P	Kurk/Leesten	2075 km
Q	Rhenoflex, Nylon, Polyurethaan schuim, Staal	2003 km