

Milieu-impact van handdroogsystemen

Update levenscyclusanalyse 2026



Milieu-impact van handdroogsystemen

Update levenscyclusanalyse 2026

Dit rapport is geschreven door:
Nicole Imholz, Indy Broekhuizen en Lonneke de Graaff

Delft, CE Delft, juni 2026

Publicatienummer: 26.250507.091

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat en het Ministerie van
Sociale Zaken en Werkgelegenheid

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn
verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de
projectleider Nicole Imholz (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft – Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, ngo's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

	Samenvatting	4
	Resultaat: elektrisch drogen laagste milieu-impact	4
	Aanbevelingen	4
1	Inleiding	5
	1.1 Leeswijzer	5
2	Doel en scope	6
	2.1 Doel	6
	2.2 Scope	6
3	Data-inventarisatie	13
	3.1 Papieren handdoekjes	13
	3.2 Katoenrol	14
	3.3 Elektrische handdroogsystemen	16
	3.4 Transport	17
	3.5 Eindelevensfase	18
4	Life cycle impact assessment: resultaten droogsystemen	20
	4.1 Papieren handdoekjes	20
	4.2 Katoenrol	22
	4.3 Elektrische droger	23
	4.4 Vergelijking van handdroogsystemen	25
5	Interpretatie	27
	5.1 Gevoeligheidsanalyse	27
6	Circulariteit	41
7	Conclusies en aanbevelingen	43
	Conclusies	43
	Aanbevelingen	44
A	LCI-data	45
B	LCIA-resultaten	57
	Literatuur	67

Samenvatting

De Rijksoverheid wil duurzaamheid nadrukkelijker meenemen bij aanbestedingen van sanitaire voorzieningen, zoals handdroogsystemen. Als vervolg op een eerdere studie uit 2019 heeft CE Delft daarom een geactualiseerde levenscyclusanalyse (LCA) uitgevoerd van de belangrijkste handdroogsystemen. De resultaten vormen de basis voor een duurzaamheidsadvies voor Maatschappelijk Verantwoord Inkopen (MVI).

Resultaat: elektrisch drogen laagste milieu-impact

Uit de analyse blijkt dat elektrische handdrogers de laagste milieu-impact hebben, gevolgd door papieren handdoekjes en katoenrollen. Bij elektrische handdrogers wordt de milieu-impact vooral bepaald door het energieverbruik tijdens gebruik. Moderne handdrogers met een laag vermogen, een stand-bymodus en een korte droogtijd scoren het best, vooral wanneer zij gebruikmaken van duurzame energie (wind/zon).

Bij papieren handdoekjes en katoenrollen bepalen zowel gebruikersgedrag als materiaalkeuze de milieu-impact. Minder handdoekjes of pulls per droging verlagen de impact. Daarnaast scoren ongebleekt papier en gerecycled katoen (of alternatieve vezels zoals linnen of hennep) het gunstigst.

Afhankelijk van de uitgangspunten kunnen papieren handdoekjes of katoenrollen de laagste milieu-impact hebben. Bij gebleekte papieren handdoekjes en drie handdoekjes per droging scoren katoenrollen van gerecycled materiaal beter. Bij ongebleekt papier, twee handdoekjes per droging of energierterugwinning bij verbranding scoren papieren handdoekjes juist beter.

Aanbevelingen

- Kies bij de aanschaf van handdrogers voor moderne apparaten met een laag vermogen, een stand-bymodus en een korte droogtijd.
- Stimuleer het gebruik van zo min mogelijk handdoekjes of pulls per droging.
- Kies bij papieren handdoekjes bij voorkeur voor gerecycled papier dat is geproduceerd met duurzame energie, vanwege de lagere impact op biodiversiteit. Ongebleekt papier vormt een goed alternatief.
- Kies voor katoenrollen van gerecycled katoen of alternatieve vezels en verhoog het hergebruik (tot 125 keer).
- Gebruik duurzame energiebronnen voor zowel elektrische handdrogers als het wassen en drogen van katoenrollen.

1 Inleiding

De Rijksoverheid sluit regelmatig contracten met dienstverleners voor sanitaire voorzieningen, zoals handdroogsystemen. Bij deze aanbestedingen wil het Rijk de duurzaamheid van de diensten en producten meenemen. In deze studie voeren we een levenscyclusanalyse (LCA) uit van deze sanitaire voorzieningen om de milieu-impact te bepalen. De resultaten van deze analyse worden gebruikt om een duurzaamheidsadvies op te stellen voor Maatschappelijk Verantwoord Inkopen (MVI).

Deze studie is een vervolg op een eerdere studie: in 2019 is in opdracht van de Uitvoeringsorganisatie Bedrijfsvoering Rijk een LCA-studie uitgevoerd voor het bepalen van de milieu-impact van handdroogsystemen en toebehoren (Pré Sustainability, 2019). Hier gebruiken we dezelfde scope maar updaten we, waar beschikbaar, de achtergrondgegevens met recentere gegevens, zoals de huidige energiemix.

De studie is uitgevoerd volgens ISO 14040-44-standaarden met uitzondering van de regels voor een vergelijkende LCA, waarbij de resultaten bedoeld zijn voor marketing, productclaims of communicatie naar consumenten. Hieronder vallen een review door een expertpanel van minimaal drie personen en een uitgebreide rapportage van datakwaliteit om onzekerheden in data te duiden. Omdat de resultaten van deze studie voor interne besluitvorming worden gebruikt, is het volgen van deze regels niet noodzakelijk. De studie is wel intern gereviewd en onzekerheden zijn afgedekt met gevoeligheidsanalyses.

1.1 Leeswijzer

De indeling van het rapport is volgens de stappen beschreven in ISO 14040. In Hoofdstuk 2 lichten we het doel en de scope van de studie toe. In Hoofdstuk 3 beschrijven we hoe de productsystemen zijn gemodelleerd en welke data hiervoor gebruikt is. De exacte data zijn terug te vinden in Bijlage A. De resultaten van de impact assessment staan in Hoofdstuk 4 en de gevoeligheidsanalyses in Hoofdstuk 5.

| 2 Doel en scope

2.1 Doel

Het doel van de LCA is het bepalen van de milieu-impact van drie handdroogsystemen om daaruit adviezen te vormen voor de inkoop door het Rijk. Deze informatie kan door overheidsinstanties worden gebruikt om de meest duurzame handdroogsystemen aan te besteden. De conclusies en aanbevelingen uit deze studie wil het Rijk gebruiken voor het formuleren van MVI-criteria.

2.2 Scope

De scope van de studie omschrijft wat precies wel en niet wordt onderzocht. Deze wordt in volgende paragrafen toegelicht.

2.2.1 Productsystemen

Tabel 1 geeft weer welke productsystemen zijn onderzocht voor het drogen van handen. Dit zijn papieren handdoekjes, handdoekrollen en elektrische droogsystemen. Voor elk systeem zijn een aantal varianten onderzocht. Deze opties zijn in de studie in 2019 bepaald als relevante mogelijkheden naar aanleiding van marktverkenning, consultaties, en leveranciersbezoeken.

Tabel 1 – Overzicht van de handdroogsystemen, basis en alternatieven, onderzocht in deze LCA

	Papieren handdoekjes	Handdoekrollen	Elektrisch handdroogstelsysteem
Basis	Chemisch ontsloten virgin houtvezel (gebleekt)	Katoen	Nederlandse elektriciteitsmix (jaar)
Alternatief 1	Chemisch ontsloten virgin houtvezel (ongebleet)	Gerecycled katoen	Zonne-energie
Alternatief 2	Gerecycled houtvezel	Hennep (kenaf)	Windenergie
Alternatief 3		Linnen (uit jute)	
Alternatief 4		Vezelmix katoen-linnen	

Voor de handdoekrol is de optie 'linnen' meegenomen. Linnen is textiel dat van vlas wordt gemaakt. Jute heeft echter voor veel toepassingen vlas vervangen (FAO, 2026). Daarom hebben we linnen hier gemodelleerd als gemaakt uit jute. De vezelmix katoen-linnen is daarom ook gemodelleerd als 50% katoen en 50% jute. De milieu-impact van de katoen-linnenmix ligt tussen die van 100% katoen en 100% linnen (jute) in.

Bij het elektrisch droogsysteem is elektriciteit 'de grondstof'. Omdat het Rijk duurzame energie inkoopt (een mix van zon- en windenergie), zijn deze opties meegenomen als alternatieven voor de Nederlandse elektriciteitsmix.

2.2.2 Functie, functionele eenheid en referentiestroom

Voor een eerlijke vergelijking tussen productsystemen gebruiken we voor elk productsysteem dezelfde functie-eenheid. De functie geleverd door de productsystemen is hier: het drogen van handen. In LCA-termen is de basis voor vergelijking de 'functionele eenheid'. In dit geval definiëren we de functionele eenheid als '10.000 handendrogingen'. Aspecten die niet relevant zijn voor de milieu-impact (zoals kosten, hygiëne) nemen we niet mee in de vergelijking. In Tabel 2 is weergegeven hoeveel materialen of energie bij elk productsysteem nodig is om de functie te vervullen zoals gedefinieerd door de functionele eenheid. Deze gegevens zijn zoals aangegeven gebaseerd op literatuur en aannames. Het effect van de aannames op het resultaat wordt onderzocht in gevoeligheidsanalyses. Voor de elektrische handdroger zijn meerdere modellen onderzocht om een gevoeligheidsanalyse uit te kunnen voeren op het elektriciteitsverbruik van de droger.

De hoeveelheid dispenser (in massa) nodig per handdroging hangt af van hoe lang de dispenser meegaat en hoeveel keer die wordt gebruikt in die tijd. Voor de elektrische drogers gebruiken we hiervoor de garantietijd van vijf jaar. Naar schatting worden 1.350 handen gedroogd per week, wat neerkomt op 350 000 keer handen drogen in vijf jaar (Gregory et al., 2013). Op basis van een marktverkenning van Rijkswaterstaat in 2019 schatten we de levensduur van dispensers voor papieren handdoekjes en de katoenrol op tien jaar. Een gebruik van 1.350 keer handen drogen per week, betekent dat een dispenser 700.000 keer wordt gebruikt gedurende een levenscyclus.

Tabel 2 – Referentiestromen voor de drie productsystemen en scenario's

Handdroogstelsysteem	Hoeveelheid per handdroging	Hoeveelheid per functionele eenheid (10.000 handdrogingen)
Papieren handdoekjes	6,87 g per handdroging. Gebaseerd op (ETSA & WIRTEX, 2016): 3 papieren handdoekjes (aanname)¹; 2,26 g per handdoekje (dubbel laags). Dispenser: 1,57 mg per handdroging: - Levensduur van 700.000 handdrogingen.	68,7 kg papieren handdoekjes
	Gevoeligheidsanalyse: 2 of 4 handdoekjes per handdroging.	45,2 kg of 90,4 kg papieren handdoekjes
Katoenen rol	15,5 g per handdroging. Gebaseerd op (ETSA & WIRTEX, 2016): 1,1 pull (aanname)² en 14,1 g katoen per pull; 93 keer hergebruik³ (totaal 94 keer gebruikt voor afdanking). Dispenser: 3,96 mg per handdroging: - Levensduur van 700.000 handdrogingen.	1,65 kg katoenrol
	Gevoeligheidsanalyse: 84 keer hergebruik of 102 keer hergebruik (-10% en +10% respectievelijk).	1,49 kg of 1,82 kg katoenrol
	Gevoeligheidsanalyse: 1 of 2 pulls (i.p.v. 1,1).	1,5 kg of 3 kg katoenrol
Elektrische handdroger	10 seconden met 1.600 W en 439 seconden 0,5 W stand-by voor Dyson Airblade dB (Dyson, 2026a).	45,05 kWh
	12 seconden met 1.000 W en 437 seconden 0,5 W stand-by voor Dyson Airblade V4 (Dyson, 2026b).	33,94 kWh
	8 seconden met 1.450 W, 0,7 seconden spindown-tijd met 1.450 W en 439,3 seconden 0.44 W stand-by voor Xlerator (Excel Dryer, 2023).	35,58 kWh
	30 seconden met 1.800 W voor traditionele handdrogers (Joseph et al., 2015)	150 kWh

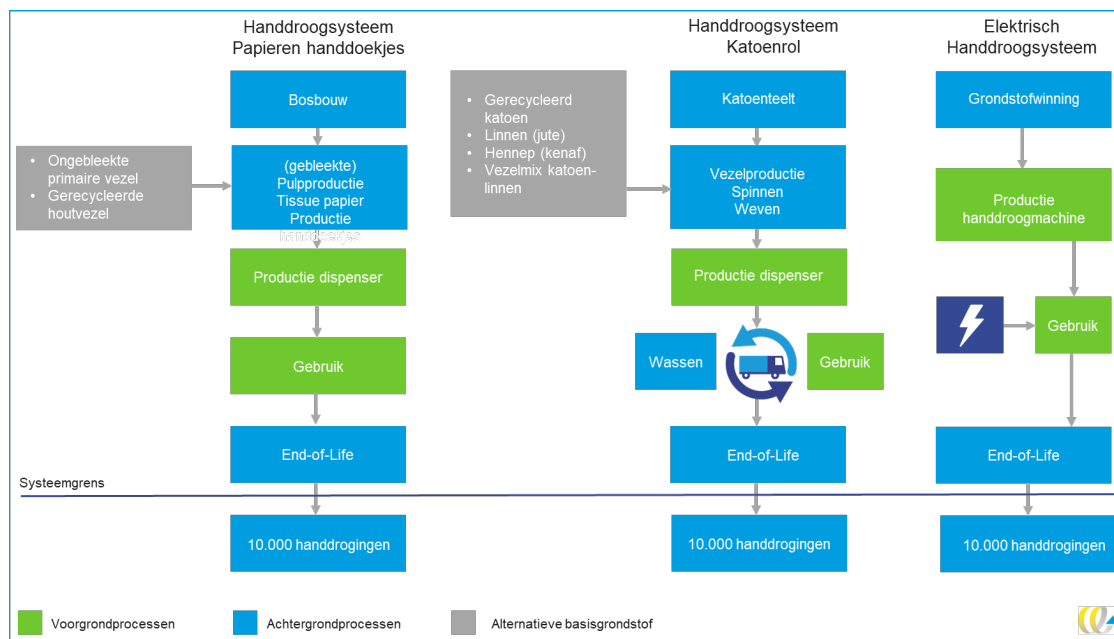
- ¹ De aanname van drie handdoekjes gebruiken voor een handdroging is dezelfde als gedaan in ETSA and WIRTEX (2016).
- ² 1,1 pull per keer handdrogen is gebaseerd op ETSA and WIRTEX (2016). Gemiddeld wordt bij gebruik van een katoenrolsysteem net iets meer dan 1 keer getrokken aan de rol. Daarom gaan zij uit van 1,1 keer trekken aan de rol per handdroging.
- ³ Het aantal keer hergebruik van een katoenrol is een gewogen gemiddelde van industriedata ETSA and WIRTEX (2016).

2.2.3 Systeemgrenzen

De systeemgrenzen geven aan welke onderdelen van de levenscyclus zijn meegenomen in de analyse. Deze zijn hetzelfde voor de verschillende droogsystemen. In deze studie vergelijken we de milieu-impact van de droogsystemen over de hele levenscyclus, oftewel *cradle-to-grave*. Hierbij zijn de winning en verwerking van grondstoffen meegenomen, productie van producten, het gebruik, de afdanking of recycling aan het einde van de levensduur, en al het transport tussen deze stappen.

Figuur 1 geeft de stappen van de levenscyclus voor elk droogstelsysteem weer. De verschillende mogelijke grondstoffen zijn weergegeven in grijs. Ook maken we een onderscheid tussen voor- en achtergronddata. Dit lichten we verder toe in Paragraaf 2.2.5.

Figuur 1 – Systeengrenzen van verschillende handdroogsystemen gehanteerd in de LCA



2.2.4 Niet meegenomen processen

In deze studie zijn infrastructuur en infrastructurele processen, zoals het gebouw van de wasserette voor de katoenrol, buiten beschouwing gelaten, behalve wanneer deze al zijn opgenomen in de achtergrond databases van ecoinvent. Ook de verpakkingen van de handdrogers en de verpakkingen van de vullingen, zoals katoenrollen en papieren handdoekjes, zijn niet meegenomen. Van zowel kapitaalgoederen als verpakkingen verwachten we geen significante bijdrage aan de totale milieu-impact. Dit zal daarom geen effect hebben op de vergelijking van de basis en alternatieve grondstoffen.

Het vervangen van onderdelen van de dispensers is ook niet meegenomen. Er waren geen data beschikbaar over het benodigde onderhoud. Bij elektromotoren in elektrische handdrogers kunnen eventueel koolborstels worden vervangen. Naar verwachting heeft dit geen significante invloed op de resultaten, omdat de impact van de productie van de handdrogers zeer laag is.

2.2.5 Gebruikte data

Het overzicht van alle gebruikte data in de LCA heet de *Life Cycle Inventory*. Deze bevat alle gebruikte inputs, zoals grondstoffen en landgebruik, alle outputs, zoals (bij)producten en afval, en alle emissies, zoals chemische stoffen en broeikasgassen. Hierbij maken we een onderscheid tussen voorgronddata en achtergronddata. Voorgronddata is specifiek voor het onderzochte systeem en wordt per studie apart verzameld, terwijl achtergronddata afkomstig is uit LCA-databanken (zoals ecoinvent). De gebruikte voorgronddata is hier afkomstig van literatuur, zoals LCA-studies, technische specificaties van producten, en wetenschappelijke literatuur. Voor de achtergronddata gebruiken we de internationale databank ecoinvent 3.11 (cut-off).

2.2.6 Multifunctionele processen

In de voorgronddata komen geen multifunctionele processen voor. Voor de achtergronddata is gebruikgemaakt van ecoinvent-datasets, waarbij economische allocatie is toegepast volgens de cut-off per classificatiemethode.

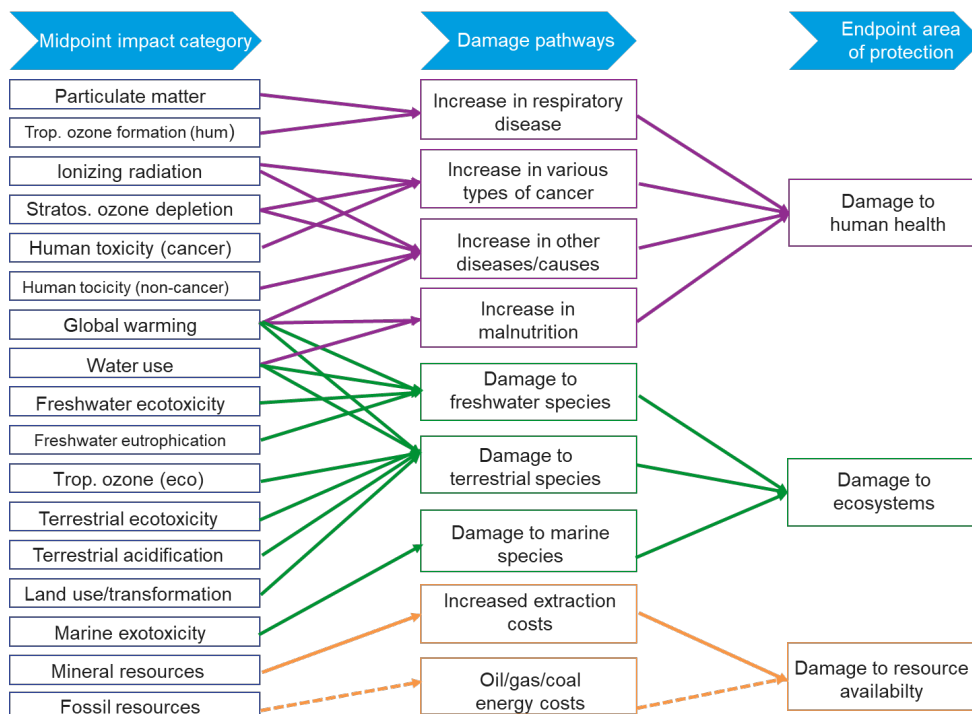
2.2.7 Life Cycle Impact Assessment-methode

Tijdens het modelleren van de handdroogsystemen zijn alle inputs, outputs en emissies uit de verschillende fasen van de levenscyclus van de productsystemen geïnterpreteerd. Deze stromen worden vervolgens omgerekend naar milieuschade. Hiervoor worden impact assessment-methoden toegepast. In deze studie gebruiken we de ReCiPe 2016 impact assessment-methode (Huijbregts et al., 2017), een van de meest complete, recente en veelgebruikte methodes voor het vertalen van de Life Cycle Inventory naar milieu-impact.

Met ReCiPe wordt de milieu-impact berekend voor achttien impactcategorieën (de midpoint-indicatoren). Vervolgens wordt de impact voor deze afzonderlijke impactcategorieën gecombineerd tot drie beschermingsonderwerpen (de endpoint-indicatoren), schematisch weergegeven in Figuur 2. Dit zijn menselijke gezondheid, ecosysteemkwaliteit, en uitputting van grondstoffen. In deze studie rapporteren we zowel de midpoint- als endpoint-indicatoren.

De drie endpoint-indicatoren kunnen worden gecombineerd in een single score. Hiervoor worden de endpoint-resultaten genormaliseerd op basis van de gemiddelde impact van één persoon per jaar. Daarna worden de genormaliseerde resultaten gewogen om tot één single score in punten (Pt.) te komen. De weging van de drie endpoints is als volgt: 400 voor ecosystemen, 400 voor menselijke gezondheid en 200 voor schade aan de beschikbaarheid van grondstoffen (Goedkoop & Spriensma, 2001).

Figuur 2 – Overzicht van de impactindicatoren in ReCiPe 2016 en hoe midpoint-indicatoren bijdragen aan endpoint-indicatoren



Bron: (Huijbregts et al., 2017)

2.2.8 Circulariteit

Naast de LCA-methodiek om milieu-impact te bepalen, is 'circulariteit' een ander middel dat veel wordt ingezet om producten te verduurzamen. Daarom beoordelen we in dit rapport ook kwalitatief hoe circulariteit wordt toegepast in de verschillende product-systemen (Hoofdstuk 6).

2.2.9 Aannames

We rapporteren transparant wanneer aannames zijn gedaan, ook als deze aannames berusten op andere studies. Voor het gedrag van de gebruiker worden bij product-systemen aannames gemaakt over bijvoorbeeld het aantal papieren handdoekjes dat wordt gebruikt en het aantal pulls aan de katoenrol. Deze rapporteren we bij de omschrijving van de productsystemen in Paragraaf 2.2.2. Aannames die gemaakt zijn bij het modelleren van de productsystemen zijn te vinden in Hoofdstuk 3.

Ten slotte nemen we aan dat voor het productsysteem 'papieren handdoekjes' geen extra of grotere afvalbakken nodig zijn dan standaard aanwezig in toiletten (of zoals bij andere handdoogsystemen).

2.2.10 Beperkingen

Deze studie is gebaseerd op eerdere LCA-studies, literatuuronderzoek, productinformatie en openbaar beschikbare bronnen. De onderzochte productsystemen zijn samengesteld op basis van verschillende databronnen. Daardoor gaat het in deze vergelijking om fictieve, maar representatieve producten. Een analyse van een specifiek type handdroger, papieren handdoek of katoenen rol kan daarom tot andere uitkomsten leiden.

Deze beperking is ondervangen door het uitvoeren van gevoeligheidsanalyses. Het blijft echter mogelijk dat bepaalde specifieke producten buiten de bandbreedte van deze analyses vallen.

Informatie over daadwerkelijk gebruikersgedrag is niet beschikbaar. Voor de papieren handdoek en de katoenen rol is daarom een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin variaties in gebruik zijn meegenomen. Voor de elektrische handdroger is de droogtijd gebaseerd op metingen volgens het *National Sanitation Foundation Protocol* (P.335). In dit protocol wordt een hygiënisch schone en droge hand gedefinieerd als een hand die na het drogen minder dan 0,1 gram vocht bevat. Dit leidt bij een conventionele elektrische handdroger tot een relatief lange droogtijd van 30 seconden. De vraag is echter of gebruikers daadwerkelijk 30 seconden hun handen drogen, of dat men in de praktijk genoeg neemt met ongeveer 15 seconden en dus halfdroge handen. Aangezien het onwaarschijnlijk is dat conventionele elektrische handdrogers nog worden toegepast, is voor deze aanname geen aanvullende gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

De LCA voeren we grotendeels uit volgens ISO 14040-44-standaarden, met uitzondering van de regels voor een vergelijkende LCA (review door expertpanel van minimaal drie personen en uitgebreide rapportage van datakwaliteit en de datakwaliteitsscore om onzekerheden in data te duiden). De resultaten van de studie zijn bedoeld voor interne besluitvorming (niet voor marketing, productclaims, of communicatie naar consumenten). Daarom achten wij review door een expertpanel niet noodzakelijk. Er is wel een interne review bij CE Delft gedaan. Het niet strikt volgen van ISO 14040 doet niet af aan de inzichten en aanbevelingen die volgen uit deze studie.

3 Data-inventarisatie

In dit hoofdstuk beschrijven we hoe de verschillende droogsystemen zijn gemodelleerd. In Bijlage A is alle achtergronddata te vinden.

3.1 Papieren handdoekjes

3.1.1 Papiervezels

Papieren handdoekjes worden gemaakt van houtpulp. Hiervoor is de ecoinvent-dataset “*Sulfate pulp, bleached {RER} sulfate pulp production, from softwood, bleached*” gebruikt. Naast gebleekt sulfaatpulp kunnen papieren handdoekjes gemaakt worden uit gerecyclede papiervezels of uit ongebleekt sulfaatpulp op basis van houtvezel. Voor deze alternatieve grondstoffen is de inputdata van de productie van papieren handdoekjes aangepast en vervangen door andere ecoinvent-datasets. Voor gerecyclede houtvezel is gebruikgemaakt van “*Deinked pulp, wet lap {GLO} market for deinked pulp, wet lap*” en voor ongebleekt sulfaatpulp van “*Sulfate pulp, unbleached {RER} sulfate pulp production, from softwood, unbleached*.”

We nemen aan dat de productie van de papieren handdoekjes in Europa plaatsvindt. Volgens de *Confederation of European Paper Industries* (CEPI, 2025) is de Europese consumptie (8.183.000 ton in 2024) van papieren tissues ongeveer gelijk aan de Europese productie (8.237.000 ton in 2024). De tissuesproductie is gebaseerd op WIRTEX and ETSA (2016) weergegeven in Bijlage A.

3.1.2 Papierdispenser

Voor deze studie is de Vendor Vision Alpine gebruikt als referentie (Figuur 3). Deze papierdispenser weegt 1,1 kg en is gemaakt van acrylonitril-butadien-styreen (ABS) (Vendor, 2019). ABS is een veelgebruikte thermoplast die wordt toegepast voor behuizingen van diverse apparaten. Deze dispenser is gekozen voor de basisanalyse, omdat het een simpele en veelvoorkomende dispenser is. Naar verwachting heeft de dispenser een kleine invloed op de milieueffecten van papieren handdoekjes. Uit communicatie met de opdrachtgever, gebaseerd op een marktverkenning, is de levensduur geschat op tien jaar.

Figuur 3 – Vendor Vouwhanddoekhouder



Bron: Vendor (2019).

3.2 Katoenrol

3.2.1 Grondstoffen textielrol

De levenscyclus van de katoenrol start bij de teelt en productie van katoenvezels. Deze vezels worden vervolgens gesponnen tot garen en daarna geweven tot textiel. De productie van katoenrollen is gebaseerd op de ecoinvent dataset “*Textile, woven cotton {GLO}| market for textile, woven cotton*” met een aangenomen 2% textielverlies tijdens de katoenrolproductie.

Als onderdeel van de gevoeligheidsanalyse van de katoenrol zijn verschillende grondstoffen gemodelleerd voor textiel. Zo kan in plaats van virgin katoenvezel ook gerecyclede katoenvezel gebruikt worden voor de handdoekrol. Er is geen ecoinvent-dataset beschikbaar die het recyclingproces van katoen beschrijft. Data voor het recyclingproces van katoen is afkomstig van Miljögiraff (2016) waarin, in opdracht van H&M, de milieu-impact van katoenrecycling in kaart is gebracht. Oud katoen wordt ingezameld bij winkels en verscheept naar India voor sortering. Hierna wordt het gesorteerde katoen naar Pakistan getransporteerd voor mechanische recycling. Deze dataset is overgenomen, de beschreven processen zijn aangepast naar ecoinvent 3.11. (cut-off) en de elektriciteitsmix is aangepast naar medium voltage uit Pakistan.

Verder zijn ook de volgende vezelbronnen voor de katoenrol onderzocht tijdens de gevoeligheidsanalyse:

- hennep (*Textile, kenaf {GLO}| market for textile, kenaf*);
- linnen (*Textile, jute {GLO}| market for textile, jute*);
- mix van katoen en linnen (50% virgin katoen, 50% linnen).

Deze datasets omvatten zowel de emissies als het grondstoffengebruik die samenhangen met de teelt van het gewas, de extractie van de vezels en de daaropvolgende verwerking tot textiel via spinnen en weven. Voor de modellering van de milieueffecten van de alternatieve vezels zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd als voor katoenvezels: levensduur, transport, verlies tijdens productie, emissies voor wassen en afvalverwerking.

3.2.2 Gebruiksphase katoenrol: wassen

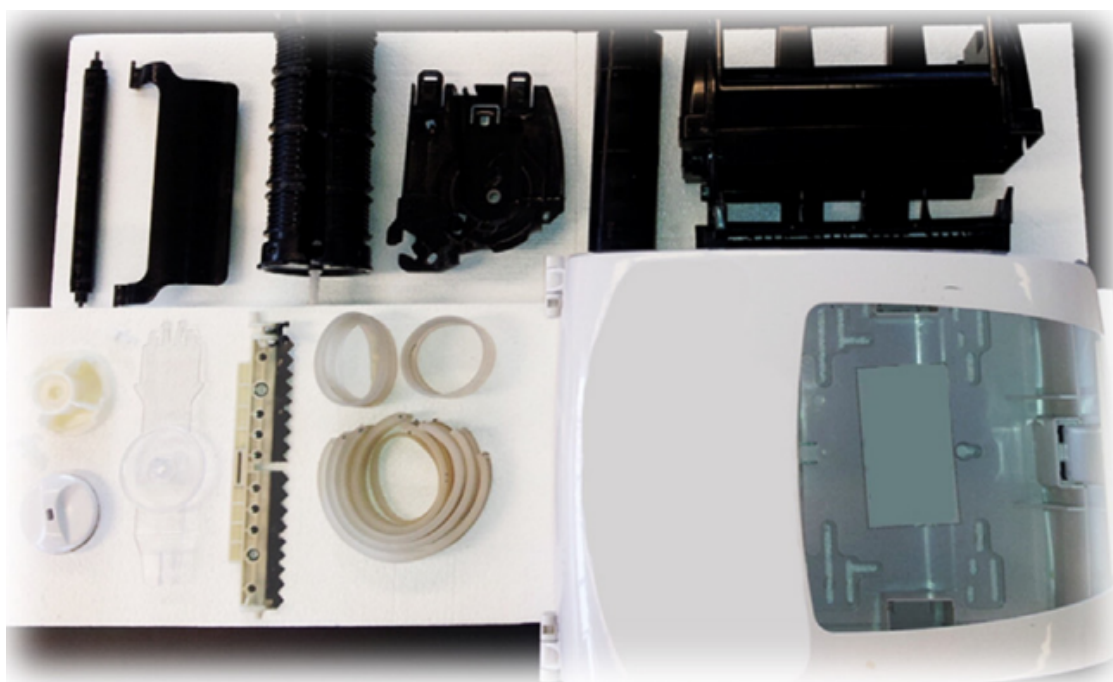
We gaan ervan uit dat tijdens het gebruik van katoenrollen per handdroging gemiddeld 1,1 stuk (pull) katoen gebruikt wordt met een grootte van 32 bij 21 cm. Met een katoengewicht van 210 gram per m² is er dus per handdroging 14,1 gram katoen nodig (WIRTEX & ETSA, 2016).

Katoenrollen zijn herbruikbaar en worden na gebruik gewassen. Volgens de studie van WIRTEX and ETSA (2016) worden katoenrollen gemiddeld 93 keer gewassen. Deze data zijn verzameld via een brancheorganisatie en volumematisch representatief voor 55% van de Europese markt. Het wasproces van de katoenrollen is ook gebaseerd op WIRTEX and ETSA (2016).

3.2.3 Productie van de katoenroldispenser

Een katoenrol moet in een dispenser geplaatst worden om gebruikt te kunnen worden in een toiletruimte. Er is geen goede brondata beschikbaar over de componenten van katoenroldispensers. Wij hebben de materiaalsamenstelling aangenomen zoals gerapporteerd in (Joseph et al., 2015). Het gaat in dit geval om een papierroldispenser die is gebruikt als proxy voor een katoenroldispenser (Figuur 4). De papierrol en katoenrol hebben ongeveer gelijke grootte en gewicht en dienen dezelfde functie. Een katoenroldispenser heeft een kleine impact op de gehele levenscyclus, waardoor het volstaat om deze proxy te hanteren.

Figuur 4 – Gedeconstrueerde dispenser



Bron: (Joseph et al., 2015).

3.3 Elektrische handdroogsystemen

De volgende paragrafen geven een overzicht van de diverse elektrische handdrogers (Figuur 5) gebruikt in deze studie met de volledige inventarisatie in Bijlage A.

Figuur 5 – Overzicht van de elektrische handdrogers opgenomen in deze studie.

1) Dyson Airblade dB, 2) Dyson Airblade V, 3) Xlerator, 4) Conventionele elektrische handdroger



Bronnen: 1. Dyson (2026a), 2. Dyson (2026b), 3. Excel Dryer (2023), 4. HYSICON (2022)

3.3.1 Elektriciteitsgebruik

In tegenstelling tot papieren handdoekjes en katoenrollen vindt er bij elektrische handdrogers geen materiaalverbruik plaats tijdens de gebruiksfase. Wel wordt per handdroging elektriciteit verbruikt. Het energieverbruik per handdroging is gebaseerd op de technische specificaties van de Dyson- en Excel-handdrogers (Dyson, 2026a, 2026b; Excel Dryer, 2026). Voor de conventionele handdroger is aangesloten bij de gegevens uit (Joseph et al., 2015). Het verbruik van elektriciteit tijdens het drogen, de spindownperiode en standbymodus zijn meegenomen. De ecoinvent 3.11-dataset “*Electricity, low voltage {NL} market for electricity, low voltage*” is gehanteerd en is representatief voor de Nederlandse elektriciteitsmix in 2022.

3.3.2 Productie van elektrische handdroger

Primaire productiedata van Dyson zijn gebruikt voor de Dyson Airblade dB (Gregory et al., 2013). Voor de Dyson Airblade V zijn dezelfde productiedata gebruikt als proxy. De Dyson Airblade dB en Airblade V wegen 8,2 en 2,9 kg (Dyson, 2026a, 2026b).

Primaire productiedata van de Xlerator zijn gebruikt, afkomstig uit de EPD van producent (Excel Dryer, 2023). Deze EPD bevat de stuklijst van de Xlerator, maar geen gegevens over verbruiken tijdens de productieprocessen. Daarom is uit Gregory et al. (2013) het energie- en watergebruik van de productie van de Xlerator overgenomen. De Xlerator weegt 8,6 kg (Excel Dryer, 2026).

Voor de productiedata van de conventionele handdroger is gebruikgemaakt van gegevens uit (Joseph et al., 2015). Uit deze studie is de stuklijst van de conventionele handdroger en energieverbruik tijdens productie overgenomen. De conventionele handdroger weegt 2,7 kg.

3.4 Transport

Transport vindt plaats in meerdere fasen van de levenscyclus van de verschillende handdroogsystemen. Zo worden ruwe materialen naar de productielocatie vervoerd en geproduceerde handdroogsystemen naar de gebruikers. Ook worden aan het einde van de levenscyclus de handdroogsystemen getransporteerd naar afvalverwerkingslocaties.

Het transport van ruwe materialen naar de productielocaties van de handdroogsystemen is onbekend. Daarom is ervoor gekozen om dit transport te benaderen met ecoinvent-marktprocessen. Deze datasets omvatten naast het grondstof- en energiegebruik en de bijbehorende emissies van de productie ook gemiddelde transportafstanden voor de desbetreffende materialen.

Een overzicht van de transportafstanden van de elektrische handdrogers van de productielocaties naar Nederlandse gebruikers is weergegeven in Tabel 3. Transportafstanden voor de Dyson-handdrogers zijn afkomstig uit Montalbo et al. (2011) waarin primaire gegevens van Dyson verwerkt zijn. De Dyson-handdrogers worden in China geproduceerd en getransporteerd naar de Nederlandse gebruiker via schip en vrachtwagen. De Xlerator handdroger wordt geproduceerd in Massachusetts en ook naar de Nederlandse gebruiker getransporteerd via schip en vrachtwagen (Excel Dryer, 2023). De conventionele handdroger is gebaseerd op de studie van (Joseph et al., 2015) waarin het gebruik in de Verenigde Staten plaatsvindt. Om consistent te blijven, zijn voor de conventionele handdrogers dezelfde transportafstanden als de Dyson-handdrogers aangenomen.

De transportafstanden voor katoenrol, papierdispenser en katoenroldispenser zijn ook gebaseerd op dezelfde transportafstanden als de Dyson-handdrogers (Montalbo et al., 2011). De katoenrol moet tijdens de gebruiksfase ook gewassen worden. Gebruikte katoenrollen worden naar wasserettes gebracht en schone rollen worden teruggebracht. Deze transportafstand is 127 km (WIRTEX & ETSA, 2016).

Papieren handdoekjes worden in Europa geproduceerd. Om consistent te blijven met de andere handdroogsystemen, zijn de transportafstanden van Dyson-handdrogers gebruikt (Montalbo et al., 2011), maar alleen voor vrachtwagentransport binnen Europa (604 km).

Aan het einde van de levenscyclus worden alle handdroogsystemen afgevoerd voor recycling, verbranding of storting. Voor alle handdroogsystemen is aangenomen dat de afstand tussen de Nederlandse gebruiker en de afvalverwerker 100 km is (Gregory et al., 2013).

Tabel 3 – Overzicht van de transportafstanden van de elektrische handdrogers van productielocatie naar gebruikerslocatie

Handdroger(s)	Transportwijze	Afstand (km)	Transportdetails	Bron
Dyson Airblade dB, Dyson Airblade V, Conventionele handdroger	Schip	19.625	Transport van Chinese haven naar Europese haven	Montalbo et al. (2011)
	Vrachtwagen	30	Transport van Europese haven naar Europees distributiecentrum	Montalbo et al. (2011)
	Vrachtwagen	604	Transport van Europees distributiecentrum naar Nederlandse gebruiker	Montalbo et al. (2011)
Xlerator	Schip	5954	Transport haven van Boston naar haven van Rotterdam	Excel Dryer (2023)
	Vrachtwagen	100	Transport van haven van Rotterdam naar Nederlandse gebruiker	Aanname

3.5 Eindelevensfase

In Nederland werd in 2023 ongeveer 80% van het afval gerecycled, 16% verbrand en 4% gestort (Rijkswaterstaat, 2025). Wij gaan ervan uit dat de handdoekjes en handdoekrollen aan het einde van de levenscyclus niet worden gerecycled, maar verbrand. Voor de overige componenten van de handdroogsystemen verwachten we dat deze een kleine impact zullen hebben over de gehele levenscyclus, waardoor we (conservatief) hebben aangenomen dat deze materialen ook worden verbrand.

Nederlandse afvalverbrandingsinstallaties wekken bij de verbranding van afval elektriciteit en warmte op (Rijkswaterstaat, 2025). Deze opgewekte elektriciteit en warmte zullen in de praktijk reguliere elektriciteit- en warmteproductie substitueren en leiden tot vermeden emissies. In de gevoeligheidsanalyse is opgenomen wat de invloed zou zijn op de levenscyclussen van de handdroogsystemen als rekening wordt gehouden met deze vermeden emissies.

4 Life cycle impact assessment: resultaten droogsystemen

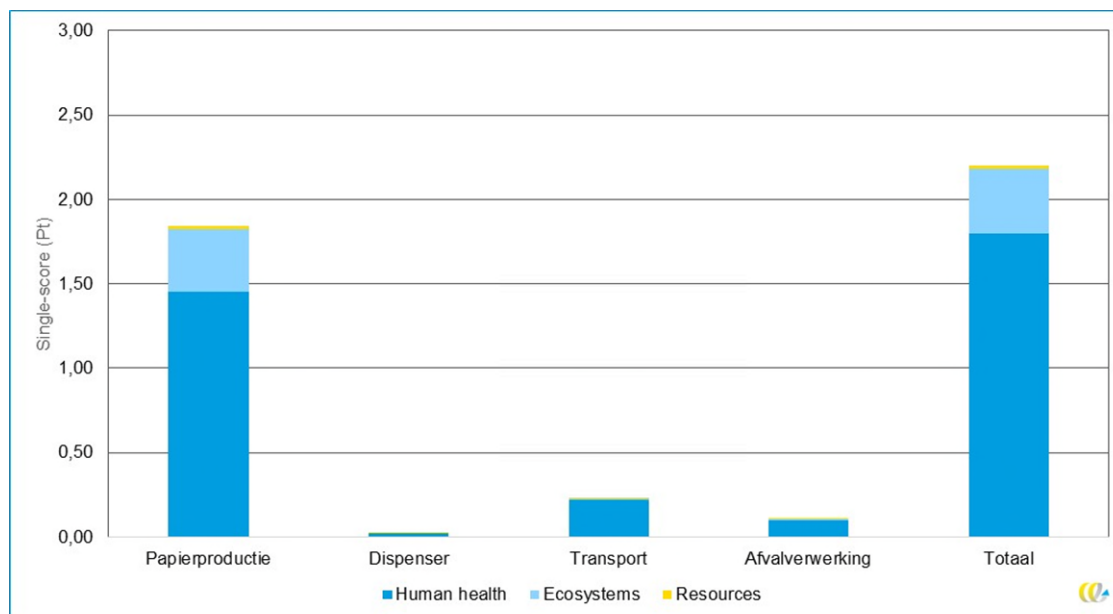
Dit hoofdstuk rapporteert de resultaten van de LCA. Paragrafen 4.1, 4.2 en 4.3 geven de midpoint- en endpoint-indicatorresultaten van respectievelijk de papieren handdoekjes, de katoenrol, en de elektrische droogsystemen. Vervolgens vergelijken we in Paragraaf 4.4 de verschillende handdroogsystemen met elkaar. De volledige resultaten zijn te vinden in Bijlage B. In Hoofdstuk 5 breiden we de vergelijkingen uit aan de hand van gevoeligheidsanalyses.

4.1 Papieren handdoekjes

Figuur 6 geeft voor alle achttien impactcategorieën de contributie weer van de verschillende levensfasen van de papieren handdoekjes op de totale impact per categorie. Papierproductie is voor bijna alle impactcategorieën verantwoordelijk voor het grootste deel van de impact. Afvalverwerking heeft de grootste impact op uitputting van de ozonlaag en transport heeft de grootste impact op ecotoxiciteit op land. De productie van de dispenser heeft op geen enkele impactcategorie een significante impact.

Figuur 7 geeft de *endpoint*-scores weer van de papieren handdoekjes per levensfase en als totaalscore. Wederom heeft de productie van de papieren handdoekjes (84% van het totaal) de grootste impact door de emissies van het produceren van sulfaatpulp. Transport, afvalverwerking en dispenserproductie hebben een kleine impact op de levenscyclus.

Figuur 6 – Gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met papieren handdoekjes (gebleekt) per levenscyclusfase (%)



Figuur 7 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met papieren handdoekjes per levenscyclusfase en als totaal (Pt)

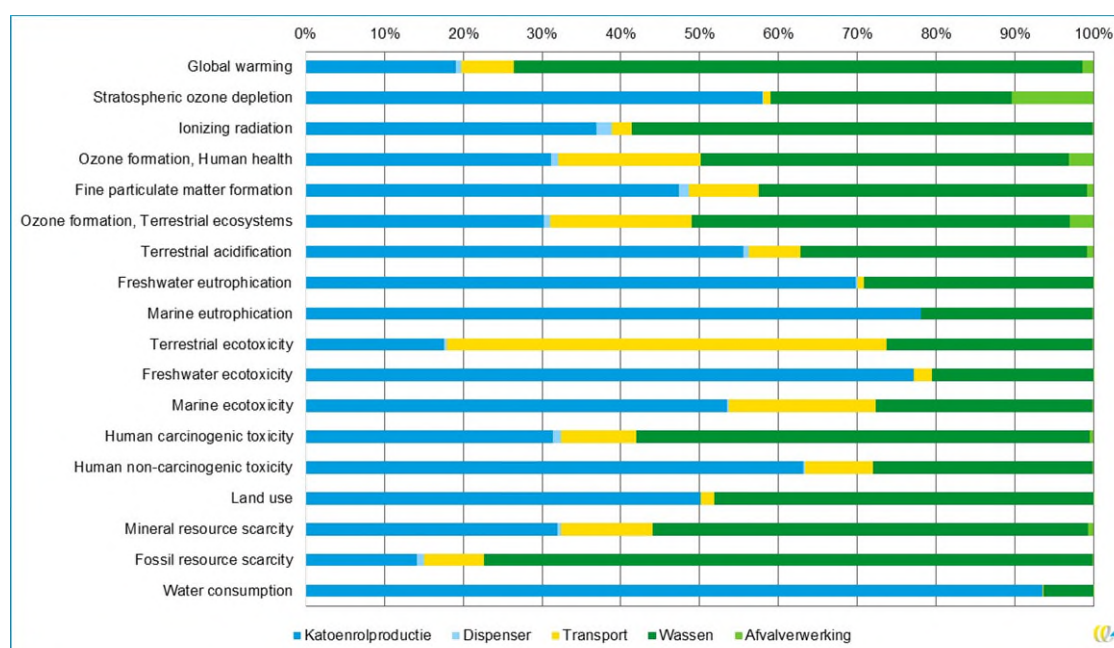


4.2 Katoenrol

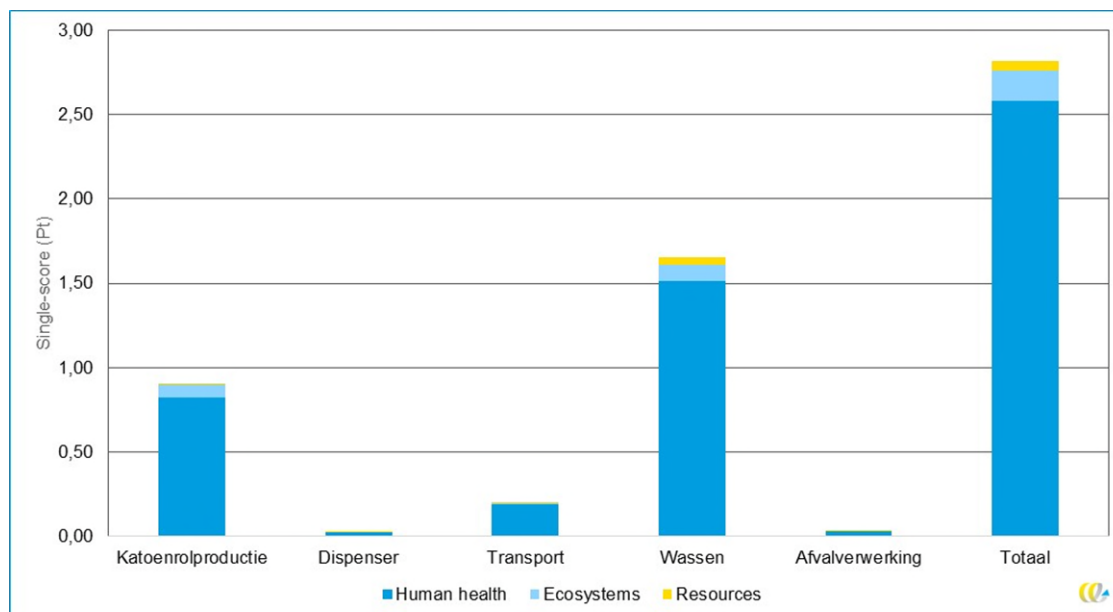
Figuur 8 geeft voor alle achttien impactcategorieën de contributie weer van de verschillende levensfasen van de katoenrol op de totale impact per categorie. De productie van de katoenrol en het wassen tijdens gebruik hebben een grote impact voor alle impactcategorieën. Voor enkele categorieën heeft transport ook een significante impact, die voornamelijk wordt veroorzaakt door de transportbewegingen van de gebruikslocatie naar de wasserette en terug.

Figuur 9 geeft de *endpoint*-scores weer van de katoenrol per levensfase en als totaal-score. Het wassen van de katoenrollen tijdens de gebruiksfase heeft de grootste impact (59% van het totaal) vanwege emissies afkomstig van energieverbruik. Daarnaast heeft de productie van de katoenrollen (32% van het totaal) ook een grote impact door de emissies van katoenteelt en verwerking tot stof. Transport, afvalverwerking en dispenserproductie hebben een kleine milieu-impact.

Figuur 8 – Gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met katoenrollen per levenscyclusfase (%)



Figuur 9 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met katoenrollen per levenscyclusfase en als totaal (Pt)

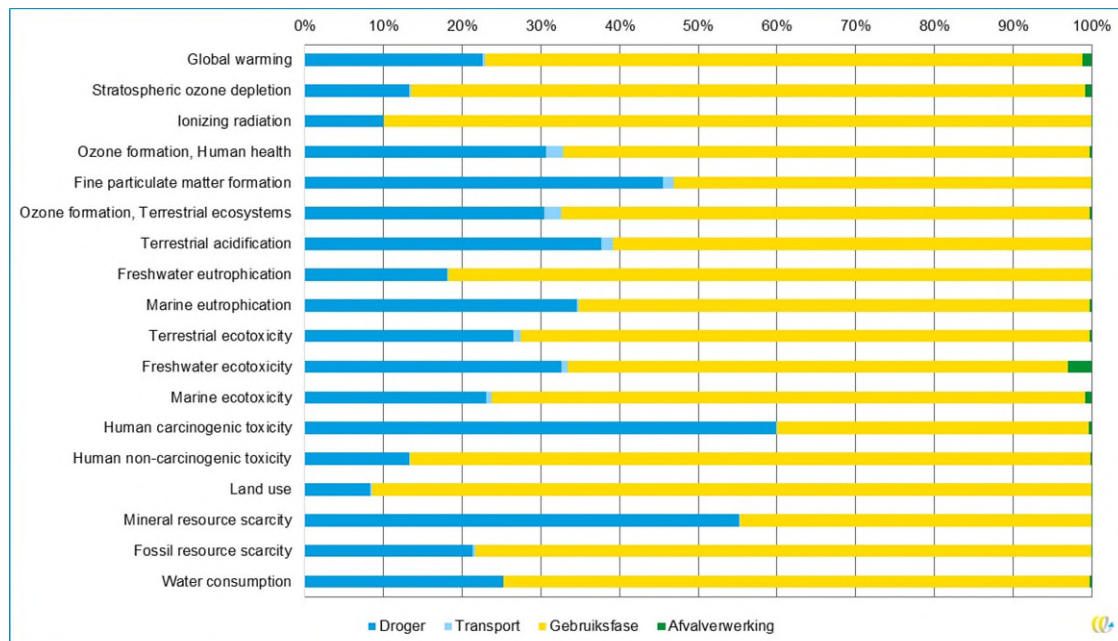


4.3 Elektrische droger

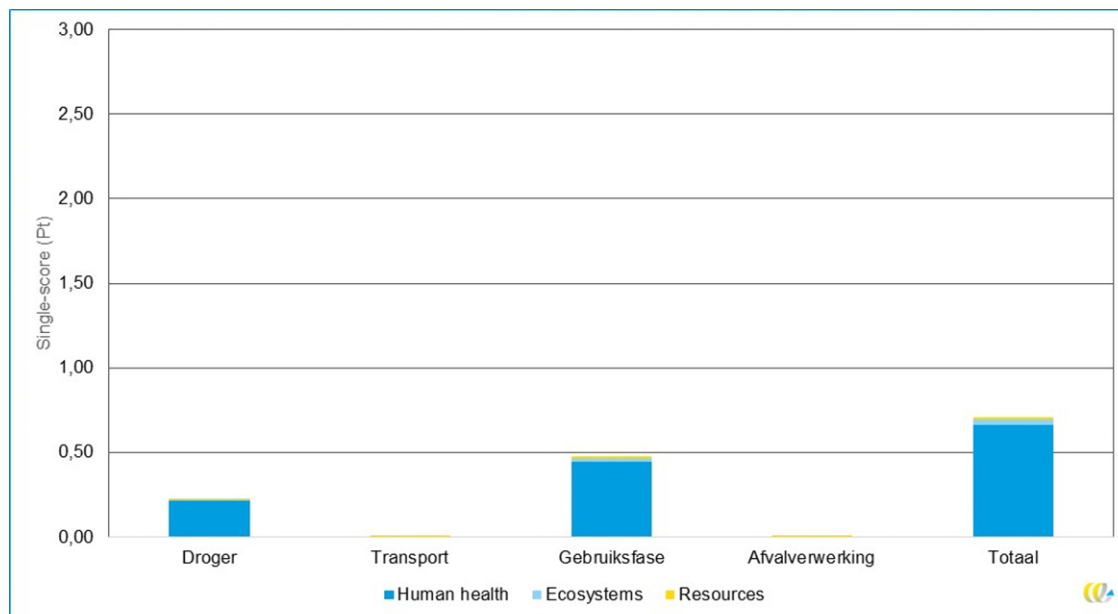
Figuur 10 geeft voor alle achttien impactcategorieën de contributie weer van de verschillende levensfasen van de elektrische droger (Dyson Airblade dB) op de totale impact per categorie. De gebruiksfase heeft voor vrijwel alle impactcategorieën de grootste impact. Alleen voor carcinogene humane toxiciteit en mineralegrondstoffenschaarste heeft de productie van de elektrische droger de grootste impact. De gebruiksfase bestaat uit het verbruik van elektriciteit, terwijl bij de productie van de droger verschillende grondstoffen worden geconsumeerd.

Figuur 11 geeft de *endpoint*-scores weer van de elektrische droger per levensfase en als totaalscore. Het grootste deel van de impact treedt op tijdens de gebruiksfase (68%) gevolgd door de impact door de productie van de droger (31%). Transport en afvalverwerking hebben geen significante bijdragen aan de totale impact.

Figuur 10 – Gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met en elektrische handdroger (Dyson Airblade dB) per levenscyclusfase (%)



Figuur 11 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met een elektrische handdroger (Dyson Airblade dB) per levenscyclusfase en als totaal (Pt)

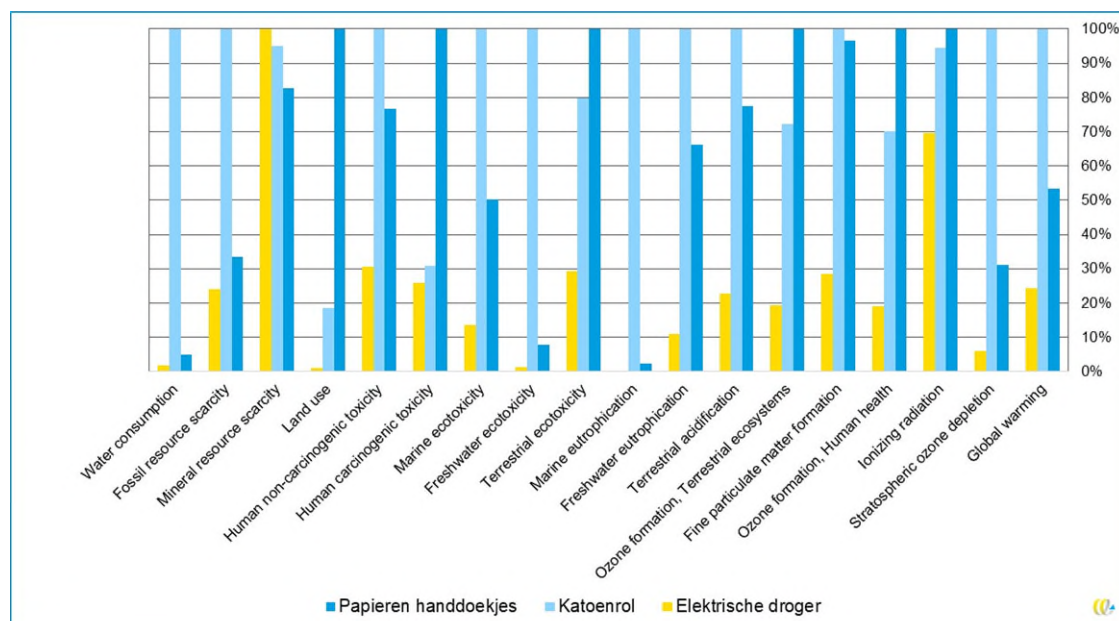


4.4 Vergelijking van handdroogsystemen

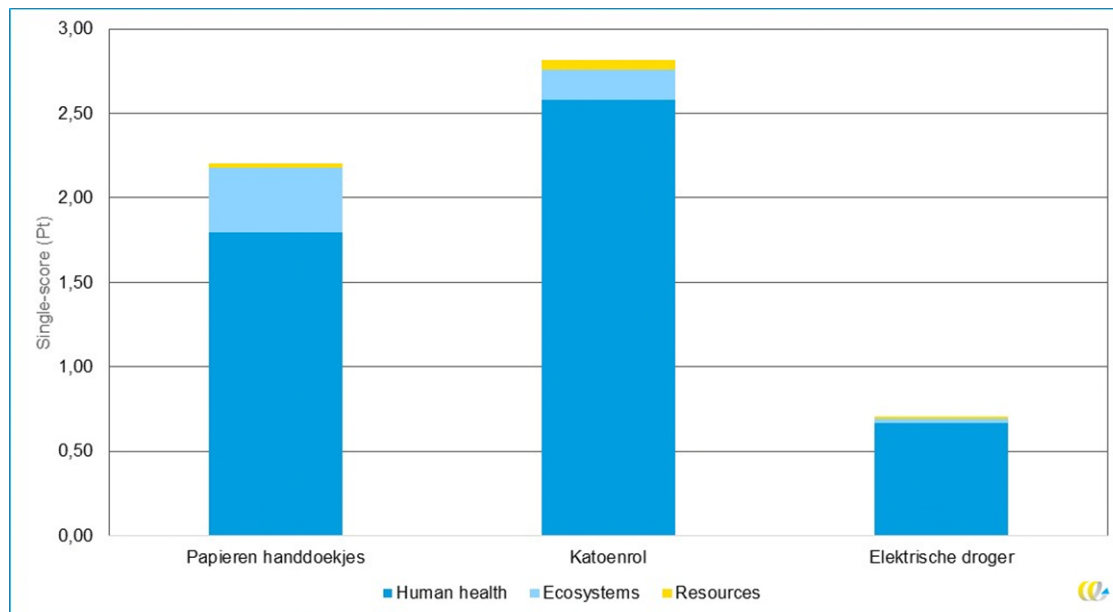
In Figuur 12 worden voor alle achttien impactcategorieën de impacts weergegeven voor de verschillende typen handdroogsystemen. De elektrische droger heeft de kleinste milieu-impact voor alle impactcategorieën behalve mineralegrondstoffenschaarste. De papieren handdoekjes scoren het hoogst op een derde van de impactcategorieën. De katoenrol scoort het hoogste op bijna twee derde van de impactcategorieën.

In Figuur 13 worden de *endpoint*-scores weergegeven en vergeleken van de verschillende handdroogsystemen. De totale milieu-impact van 10.000 handdrogingen is evident het laagste voor elektrische handdrogers. De katoenrol heeft de hoogste totale milieu-impact voor het berekende scenario. De milieu-impact van de papieren handdoekjes en de katoenrol liggen dicht bij elkaar dan vergeleken met de elektrische handdroger. Afhankelijk van de gehanteerde scenario's verandert de berekende milieu-impact. In het volgende hoofdstuk worden voor de verschillende handdroogsystemen nieuwe scenario's gedefinieerd, waarvoor opnieuw de milieu-impact wordt berekend om meer inzicht te krijgen in bijvoorbeeld materiaalgebruik en gebruikersgedrag.

Figuur 12 – Vergelijking van gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met drie verschillende handdroogsystemen (%). Per impactcategorie is het handdroogstelsel met het hoogste resultaat gelijkgesteld aan 100%.



Figuur 13 – Vergelijking van gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met drie verschillende handdroogsystemen (Pt)



| 5 Interpretatie

5.1 Gevoeligheidsanalyse

Zoals aangegeven in Paragraaf 2.2.1, zijn er naast het basisscenario alternatieven verkend. Voor de papieren handdoekjes berekenen we de milieu-impact wanneer ongebleekt of gerecycled papier wordt gebruikt in plaats van gebleekt papier. Voor de katoenrol vergelijken we ook andere materialen, zoals gerecycled katoen en linnen, in plaats van nieuw katoen. Voor de elektrische drogers verkennen we hoe duurzame energiebronnen de milieu-impact kunnen verlagen.

Daarnaast berust de analyse op een aantal aannames, zoals omschreven in Paragraaf 2.2.9, over het aantal papieren handdoekjes of katoenrol pulls dat wordt gehanteerd. We rapporteren hier in welke mate de resultaten veranderen als aan deze aannames niet wordt voldaan.

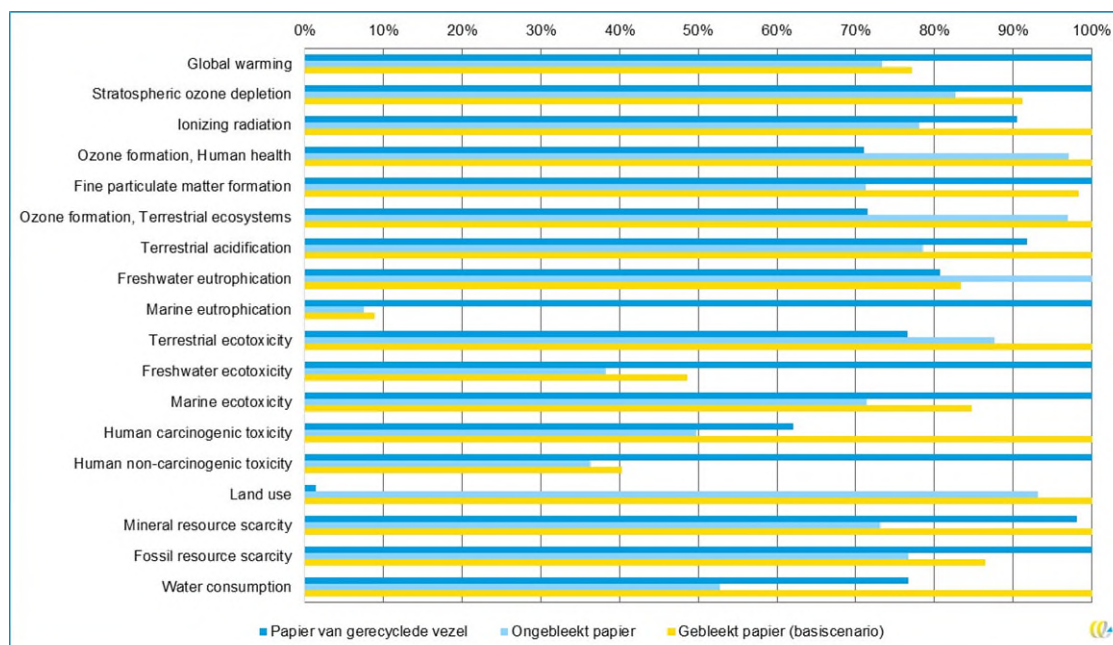
Ten slotte voeren we een gevoeligheidsanalyse uit om de energieopwekking bij de verbranding in rekening te brengen.

5.1.1 Papieren handdoekjes

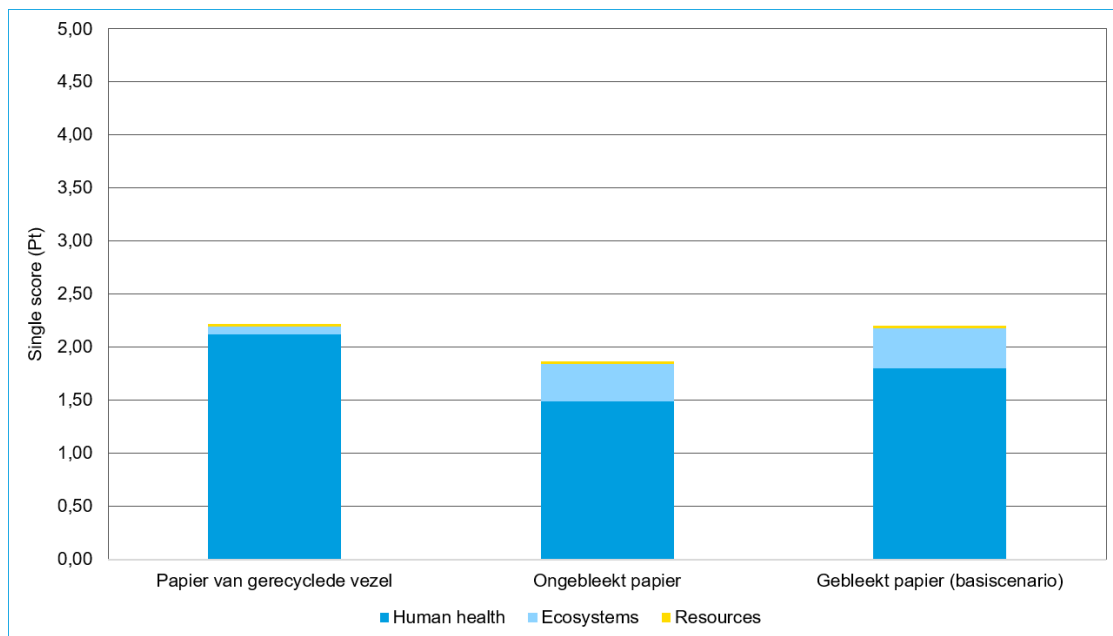
Papiertype

Het papier waaruit papieren handdoekjes gemaakt zijn, kan op verschillende manieren worden geproduceerd. Het papier kan zowel gebleekt als ongebleekt worden of gemaakt zijn uit gerecyclede papiervezels. In Figuur 14 en Figuur 15 wordt de impact van deze drie papiertypen weergegeven. Op basis van de single score hebben papieren handdoekjes gemaakt van deze verschillende papiertypen een vergelijkbare milieu-impact. Uit deze studie blijkt dat bij 10.000 handdoekjes, ongebleekt papier de laagste impact heeft (-15% ten opzichte van gebleekt papier). Gerecycled en gebleekt papier hebben vrijwel gelijke impact.

Figuur 14 – Vergelijking van gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met drie verschillende typen papieren handdoekjes (%). Per impactcategorie is het type papieren handdoekje met het hoogste resultaat gelijkgesteld aan 100%.



Figuur 15 – Vergelijking van gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met drie verschillende typen papieren handdoekjes (Pt)

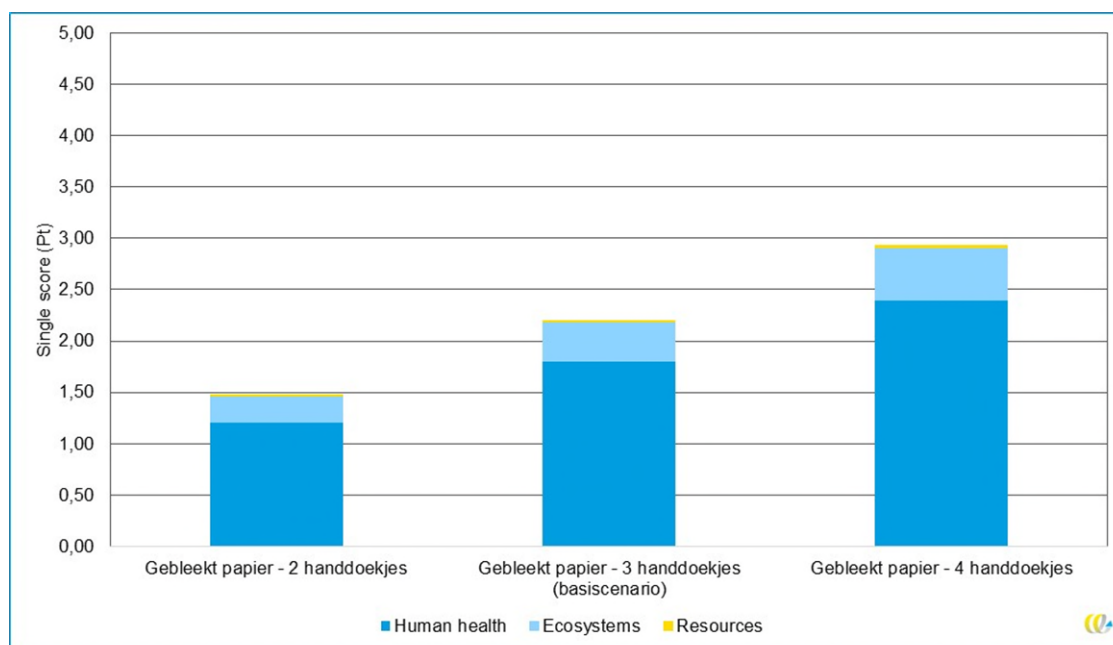


Gedrag van de gebruiker

In het basisscenario is aangenomen dat gebruikers drie handdoekjes gebruiken per handdroging. Het is ook denkbaar dat sommige mensen meer of minder handdoekjes nodig hebben om hun handen te drogen. In deze gevoeligheidsanalyse is gekeken hoe de milieu-impact verandert als men twee of vier handdoekjes gebruiken per handdroging.

Figuur 16 geeft de *endpoint*-scores weer van de papieren handdoekjes per 10.000 handdrogingen wanneer verschillende aantallen handdoekjes worden gebruikt per handdroging. Het gebruiken van twee handdoekjes per handdroging leidt tot een afname van 33% ten opzichte van het basisscenario. Het gebruiken van vier handdoekjes leidt tot een toename van 33%. Uit deze resultaten blijkt dat het aantal handdoekjes per handdroging een grote invloed heeft op de milieu-impact.

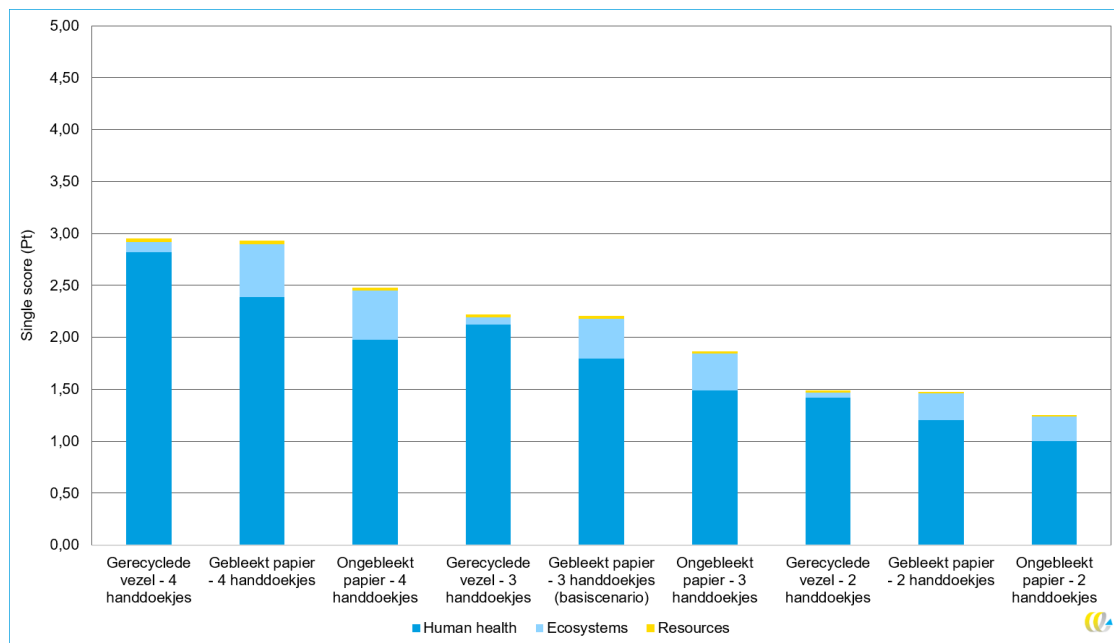
Figuur 16 – Vergelijking van gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met gebleekt papier, op basis van drie scenario's voor het aantal handdoekjes per handdroging (Pt)



Vergelijking van gevoeligheidsanalyses voor papieren handdoekjes

Figuur 17 geeft een totaalbeeld van de *endpoint*-scores van alle gevoeligheidsanalyses. Per papiertype is de impact berekend per 10.000 handdrogingen voor twee, drie en vier handdoekjes per handdroging. Uit deze analyses blijkt dat het aantal handdoekjes per handdroging een grote invloed heeft op de milieu-impact. Verder is naar voren gekomen dat handdoekjes gemaakt van gerecycled en gebleekt papier een vergelijkbare impact gaven. Ongebleekt papier gaf de laagste impact.

Figuur 17 – Vergelijking van gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met papieren handdoekjes, variërend in vezeltype en gebruikersgedrag



5.1.2 Katoenrol

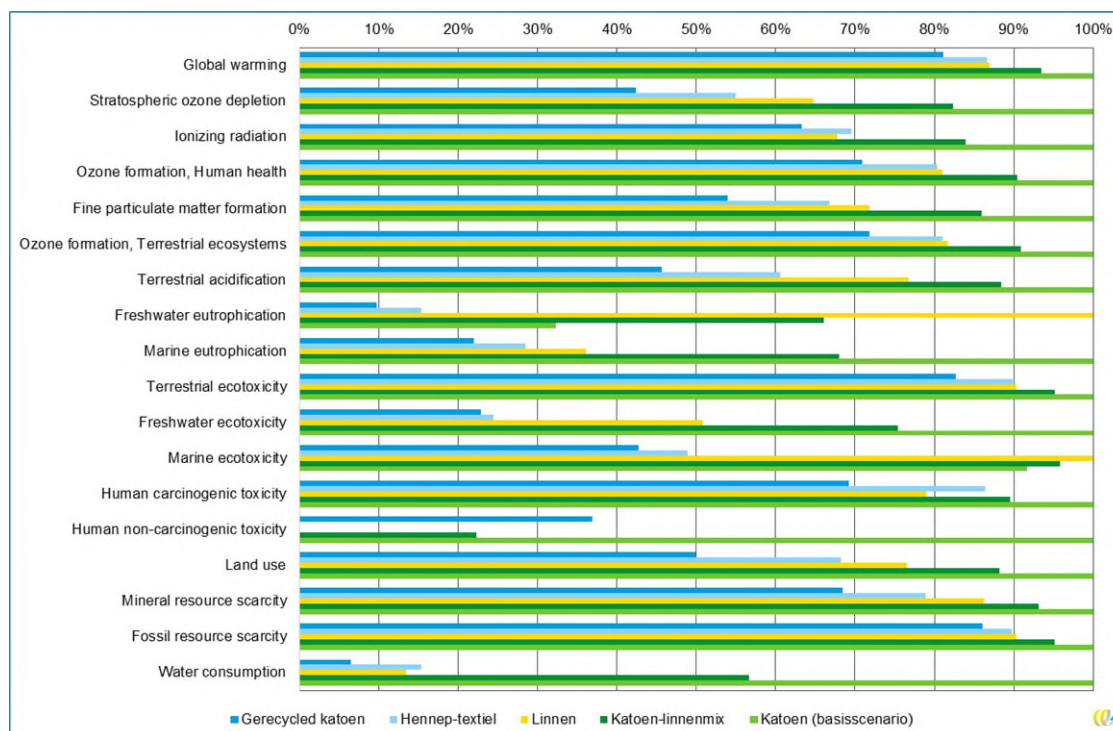
Type textiel

In katoenroldispensers passen verschillende soorten handdoekrollen gemaakt van verscheidene materialen. Handdoekrollen worden vaak van (virgin) katoen gemaakt, maar linnen, een mix van katoen en linnen, textiel van hennepvezel of gerecycled katoen zijn ook geschikt.

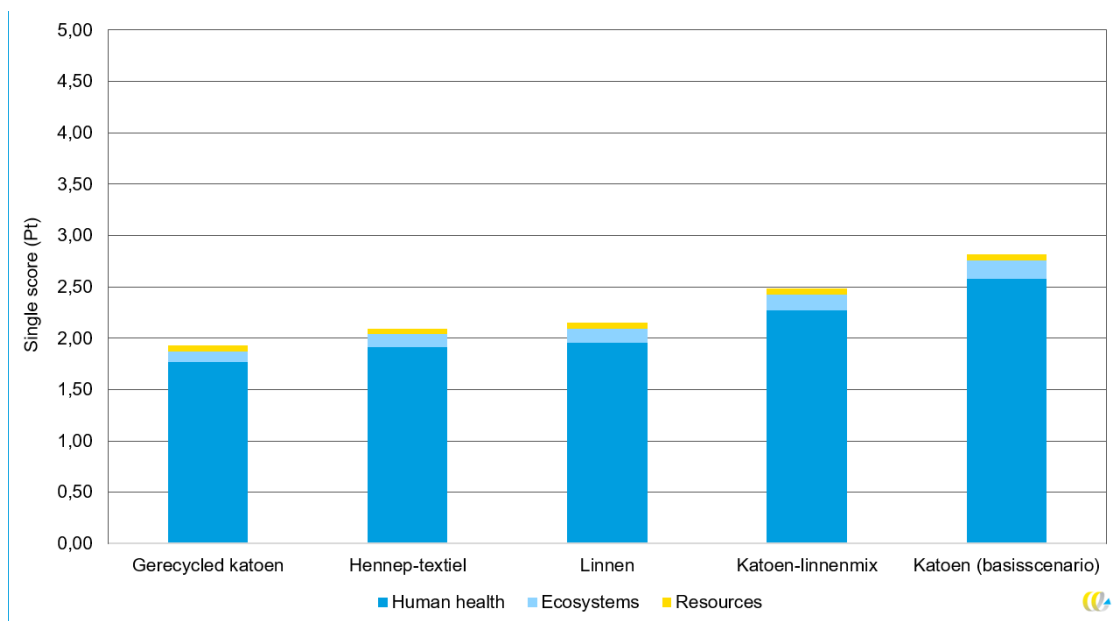
In Figuur 18 en Figuur 19 is de impact weergegeven van handdoekrollen die zijn gemaakt van verschillende materialen, voor zowel alle impactcategorieën als *endpoint*-scores. Virgin katoen heeft de grootste milieu-impact voor bijna alle impactcategorieën. Het overstappen van virgin naar gerecycled katoen geeft een grote milieu-winst (afname van 32%). Voor bijna alle impactcategorieën heeft gerecycled katoen de laagste milieu-impact.

Het verschil tussen virgin en gerecycled katoen is dat voor gerecycled katoen de teelt van katoen wordt vermeden en dat het recyclingproces wordt meegenomen in de levenscyclus. De emissies van de katoenteelt zijn hoger dan het recyclingproces, waardoor gerecycled katoen beduidend lager scoort. De totale milieu-impact van gerecycled katoen is ook het laagst van alle onderzochte vezeltypes. Handdoekrollen gemaakt van linnen- en hennep-textiel resulteren in een lagere milieu-impact dan katoenrollen.

Figuur 18 – Vergelijking van gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met vijf handdoekrollen met verschillende textielvezels (%). Per impactcategorie is het type handdoekrol met het hoogste resultaat gelijkgesteld aan 100%.



Figuur 19 – Vergelijking van gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met vijf handdoekrollen met verschillende textielvezels (Pt)

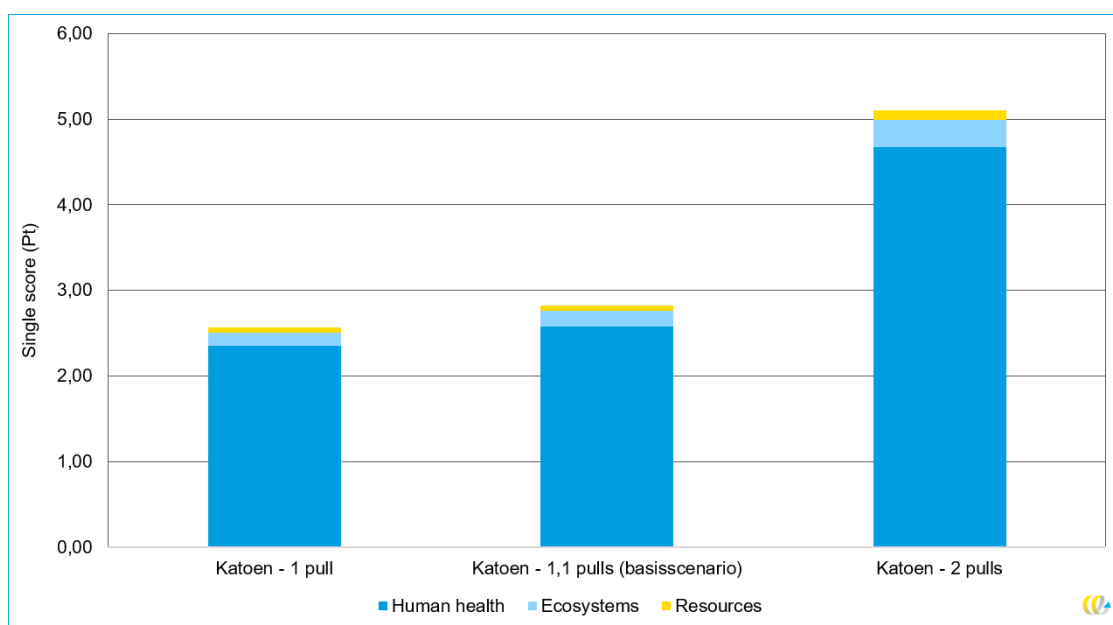


Gedrag van gebruiker

Naast het type vezelmateriaal heeft het gedrag van de gebruiker ook invloed op de milieu-impact van katoenrollen. In het basisscenario is aangenomen dat gebruikers gemiddeld 1,1 pulls katoen van 15,5 gram gebruiken (Slotyuk, 2016). In deze gevoeligheidsanalyse onderzoeken we de effecten van gebruikers die 1 en 2 pulls katoenrol gebruiken.

In Figuur 20 zijn de *endpoint*-scores weergegeven van 10.000 handdrogingen met katoenrollen met de hiervoor genoemde aantal pulls per handdroging. Vergelijkbaar met de papieren handdoekjes heeft het gedrag van de gebruiker grote invloed op de milieu-impact. Vergeleken met 1,1 pulls per handdroging leidt 1 pull tot een afname van 9% en 2 pulls tot een toename van 81%. Deze verschillen ten opzichte van het basisscenario zijn te herleiden naar de katoenproductie. Meer pulls per handdroging leidt tot meer benodigde katoenrollen en een hogere katoenproductie.

Figuur 20 – Vergelijking van gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met katoenrollen variërend in hoeveelheid gebruikt katoen per handdroging (Pt)

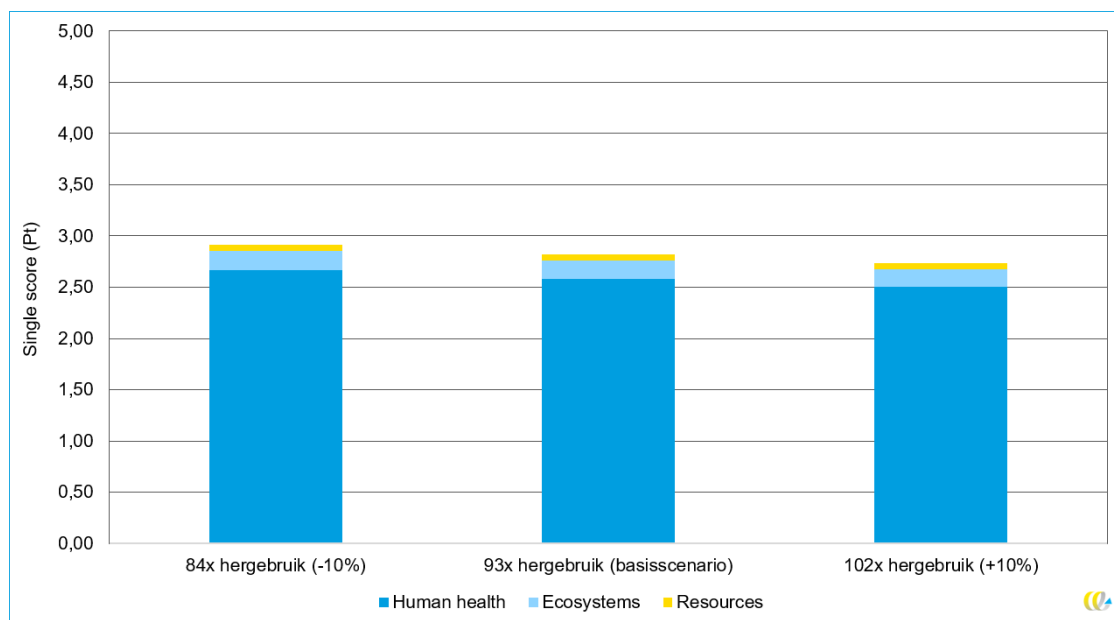


Aantal keer hergebruik

Iedere keer dat een katoenrol wordt hergebruikt, moet deze rol worden vervoerd naar een wasserette, gewassen worden en weer terug naar de gebruikslocatie worden getransporteerd. Als het aantal keer dat een katoenrol wordt gebruikt toeneemt, zal dat leiden tot milieuwinst. Wij hebben onderzocht wat de invloed is op de milieu-impact als een katoenrol 10% minder (84 keer) en 10% meer (102 keer) wordt hergebruikt.

In Figuur 21 zijn de *endpoint*-scores weergegeven van een toename en afname in hergebruik van katoenrollen. Als katoenrollen 10% vaker worden gebruikt dan daalt de totale milieu-impact met 3%.

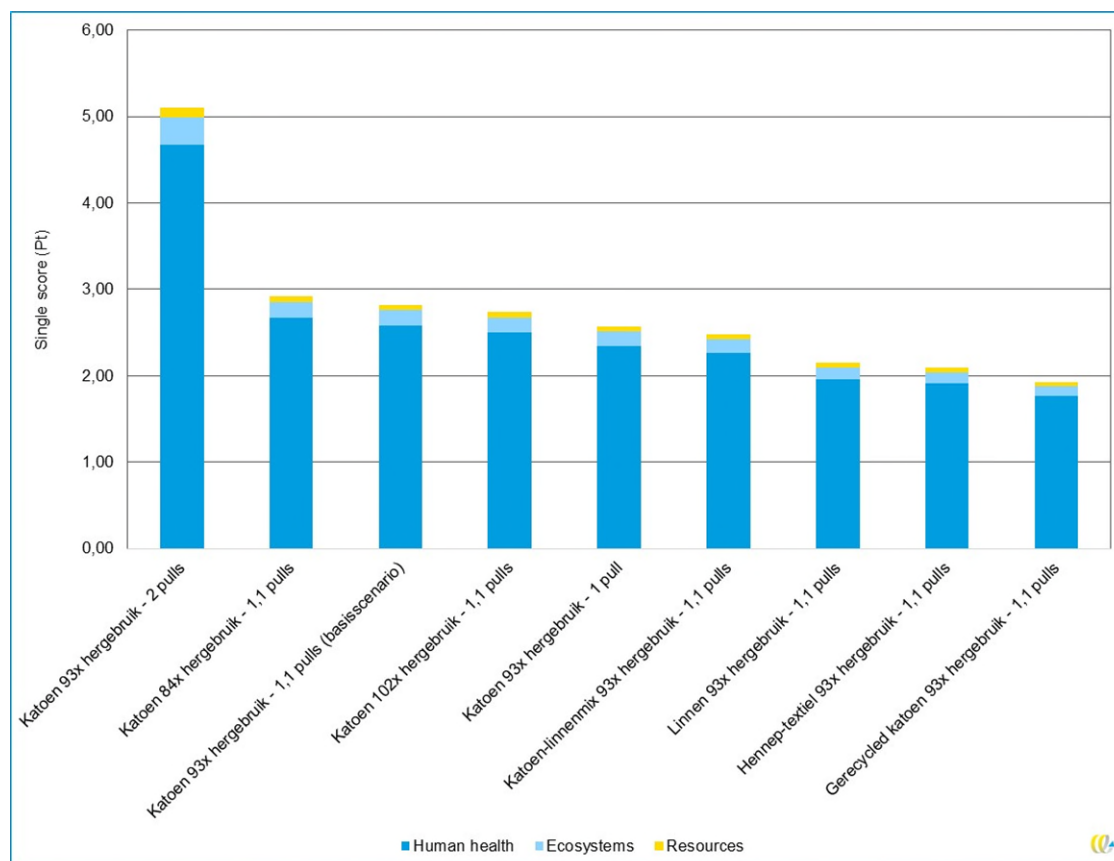
Figuur 21 – Vergelijking van gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met katoenrollen, variërend in aantal keer dat de katoenrollen worden hergebruikt (Pt)



Vergelijking van gevoeligheidsanalyses van katoenrollen

Figuur 22 geeft een overzicht van de *endpoint*-scores van alle gevoeligheidsanalyses van katoenrollen per 10.000 handdrogingen. Het type vezel waaruit de handdoekrol is gemaakt, speelt een belangrijke rol. Virgin katoen heeft een hoge milieu-impact wat betreft teelt en productie. Het overstappen naar gerecycled katoen waar de katoenteelt wordt vermeden, leidt tot een grote milieuwinst. Het overstappen op vezels gemaakt van linnen of hennep resulteert ook in een lagere milieu-impact. Wanneer minder pulls katoen per handdroging worden gebruikt, hoeft er minder katoen geproduceerd te worden, wat leidt tot een lagere milieu-impact. Ook het aantal keer hergebruiken van katoenrollen leidt tot milieuwinst, omdat de katoenrollen dan minder vaak hoeven te worden gewassen en vervoerd van en naar wasserettes.

Figuur 22 – Vergelijking van gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met katoenrollen variërend in vezeltype, hoeveelheid gebruikt textiel per handdroging en aantal gebruikcycli (Pt)



5.1.3 Elektrische droger

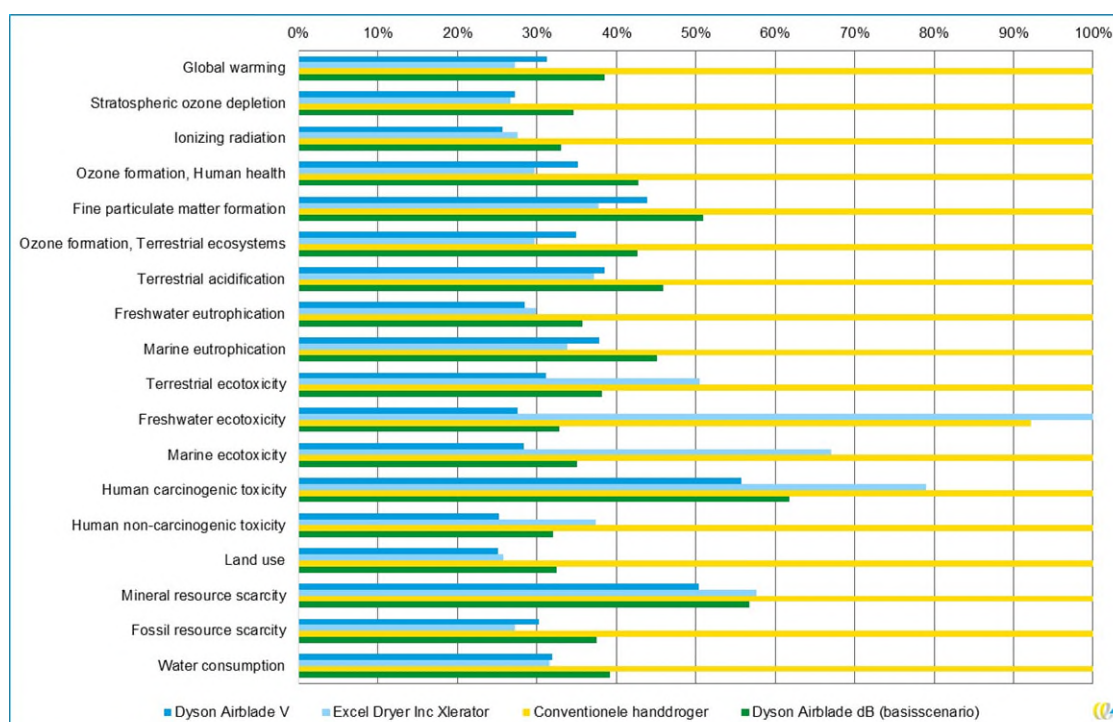
Verschillende typen droogsystemen

Voor het basisscenario is als referentie de Dyson Airblade dB genomen als elektrische droger. Er is een scala aan diverse elektrische drogers beschikbaar op de markt. Zo heeft Dyson bijvoorbeeld ook de Airblade V en Wash+Dry (niet opgenomen in deze studie) in haar assortiment. Een andere producent van elektrische drogers is Excel Dryer die de Xlerator aanbiedt. Naast deze genoemde handdrogers zijn er ook nog verscheidene conventionele handdrogers op de markt.

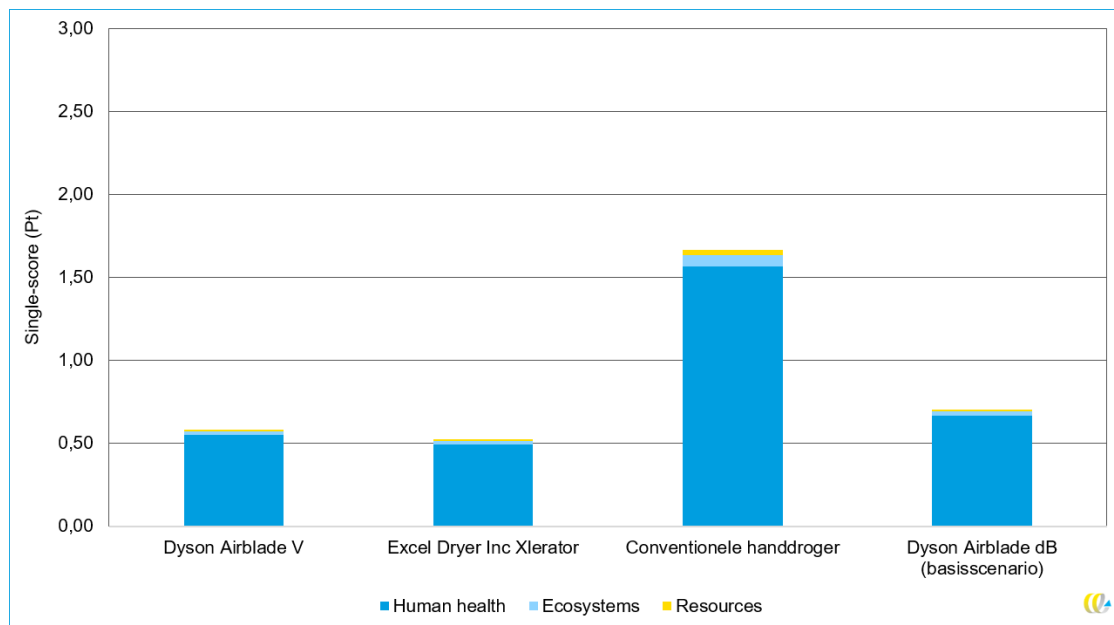
In Figuur 23 en Figuur 24 is de impact van de onderzochte handdrogers weergegeven, zowel voor alle impactcategorieën als voor de *endpoint*-scores. De handdrogers verschillen in gewicht, vermogen en droogtijd. Uit Paragraaf 4.3. blijkt dat de impact van elektrische handdrogers voornamelijk ontstaat tijdens de gebruiksfase (elektriciteitsverbruik). De conventionele handdroger heeft de grootste impact van alle onderzochte drogers.

Deze droger heeft het grootste energieverbruik tijdens de gebruiksfase doordat een stand-bymodus ontbreekt, waardoor de droger altijd op volledig vermogen draait tussen hand-drogingen in. Voor de Xlerator en Dyson-handdrogers liggen de impacts dicht bij elkaar. Deze handdrogers hebben vergelijkbare vermogens, droogtijden en beschikken over een stand-bymodus. Voor een lagere milieu-impact zijn deze factoren leidend.

Figuur 23 – Vergelijking van gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met verschillende typen elektrische droogsystemen (%). Per impactcategorie is het elektrisch handdroog-systeem met het hoogste resultaat gelijkgesteld aan 100%.



Figuur 24 – Vergelijking van gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met verschillende handdroogsystemen (Pt)

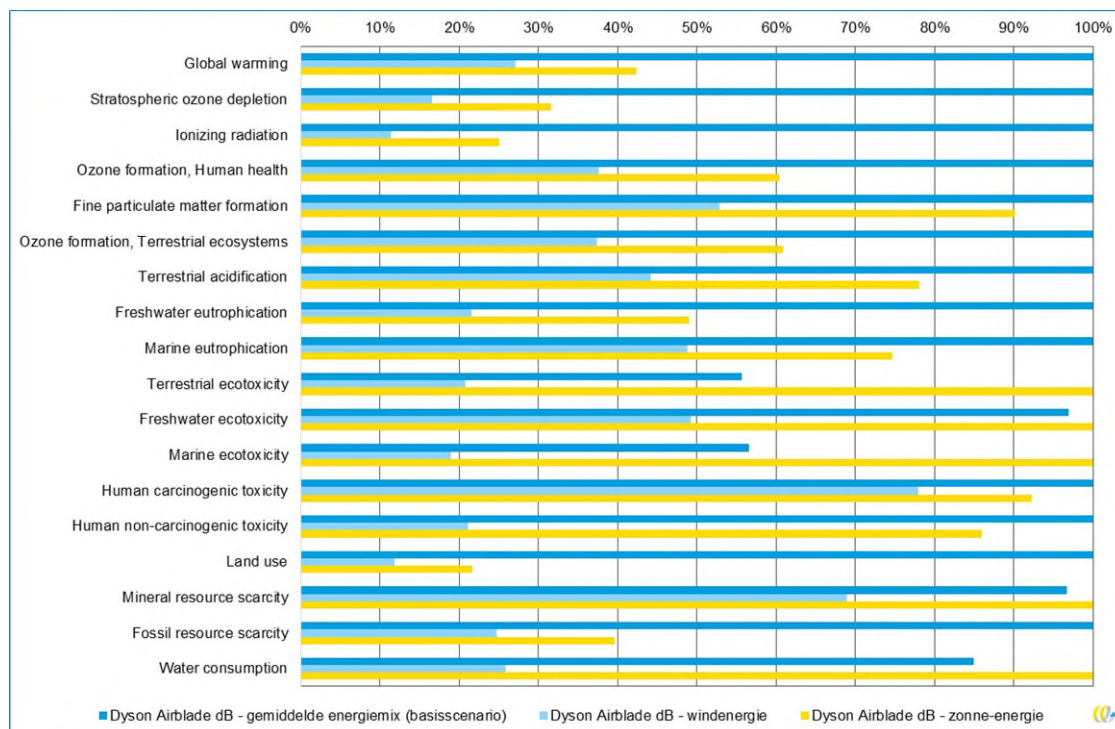


Duurzame energiebronnen

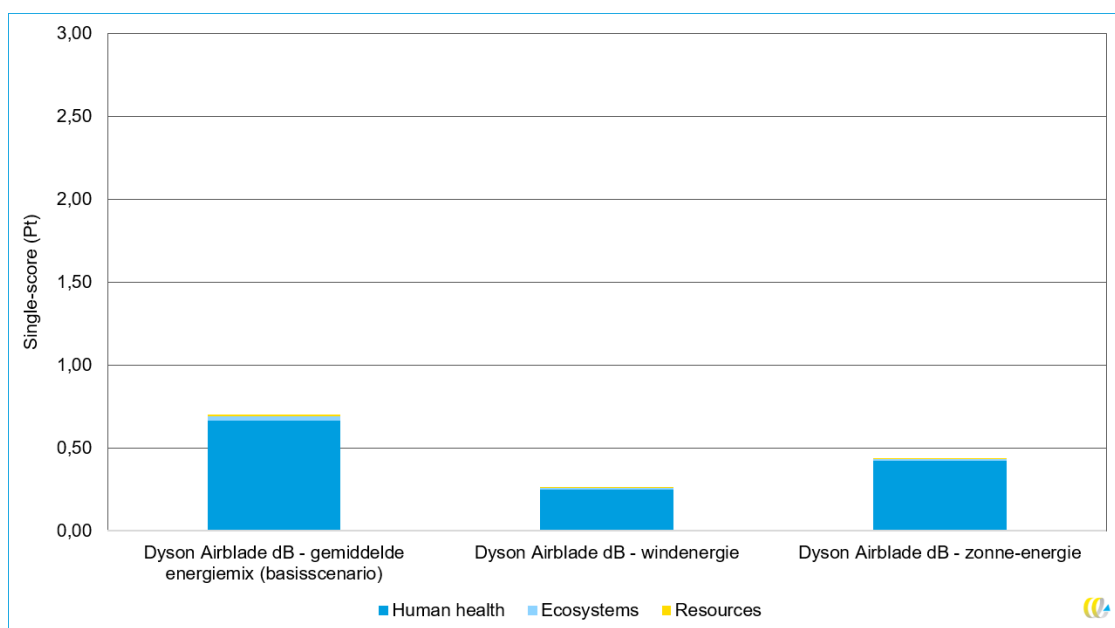
Uit de eerdere analyses blijkt dat het elektriciteitsverbruik van elektrische handdrogers een grote invloed heeft op de milieu-impact. De gebruikte energiebron kan een bepalende rol spelen in het verlagen van de milieu-impact. In deze gevoeligheidsanalyse is de milieu-impact van elektriciteit afkomstig van de gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix vergeleken met elektriciteit afkomstig uit wind- en zonne-energie. In Nederland wordt elektriciteit uit windenergie opgewekt door windturbines waarvan de opwekking voor 55% plaatsvindt op land en 45% op zee (CBS, 2024). Elektriciteit uit zonne-energie wordt opgewekt door middel van zonnepanelen. In deze gevoeligheidsanalyse is onderzocht wat de invloed is op de milieu-impact van elektrische handdrogers als de verbruikte elektriciteit tijdens gebruik voor 100% afkomstig is uit wind- en zonne-energie.

Figuur 25 en Figuur 26 tonen de impact van de Dyson Airblade dB met verschillende energiebronnen, zowel voor alle impactcategorieën als voor de *endpoint*-scores. Als de energiebron van elektrische handdrogers de gemiddelde elektriciteitsmix is dan resulteert dat in de grootste milieu-impact met ook de hoogste impact voor de meeste impactcategorieën. Elektriciteit uit zowel wind- als zonne-energie geeft een lagere milieu-impact. Deze gevoeligheidsanalyse gaf voor wind- en zonne-energie afnames van 63% en 38% van de milieu-impact over de gehele levenscyclus van elektrische handdrogers ten opzichte van het basisscenario.

Figuur 25 – Vergelijking van gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met een elektrische handdroger (Dyson Airblade dB) met verschillende energiebronnen



Figuur 26 – Vergelijking van gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met een elektrische handdroger (Dyson Airblade dB) variërend in energiebron (%). Per impactcategorie is de energiebron met het hoogste resultaat gelijkgesteld aan 100%.



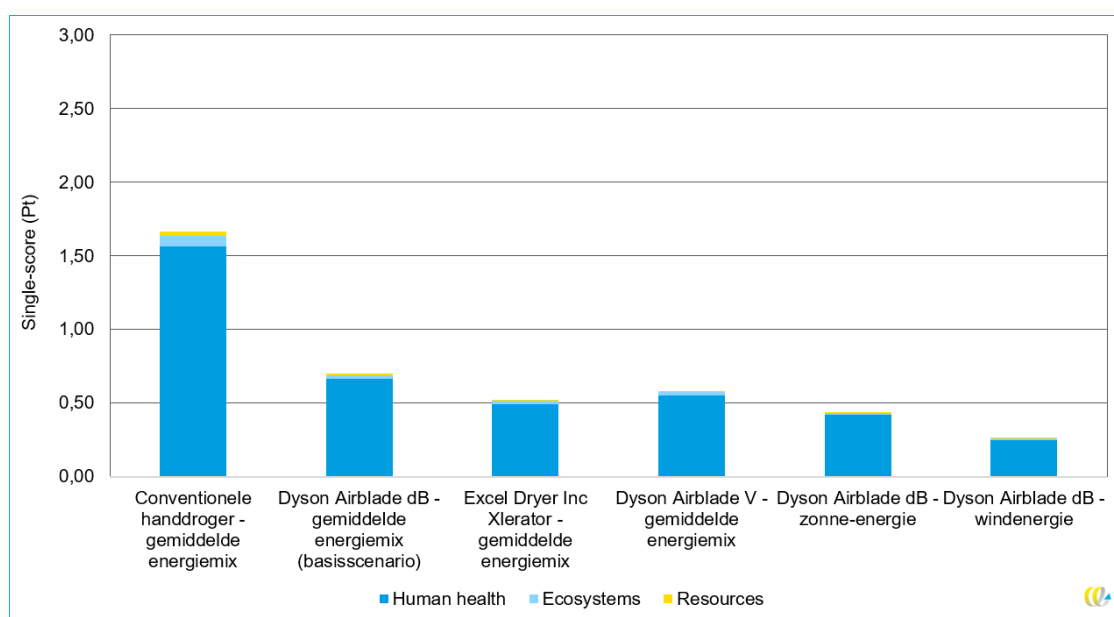
Vergelijking van gevoeligheidsanalyses van elektrische drogers

Figuur 27 geeft een overzicht van de *endpoint*-scores van alle gevoeligheidsanalyses van elektrische handdrogers per 10.000 handdrogingen. Het elektriciteitsverbruik van de elektrische drogers heeft een bepalende rol voor de milieu-impact. De conventionele handdroger heeft het hoogste verbruik en heeft daarom ook de grootste milieu-impact. De milieu-impacts van de moderne handdrogers zijn vergelijkbaar en hebben vergeleken met de andere handdroogsystemen significant de laagste milieu-impact. De Dyson Airblade V heeft het laagste verbruik over de gehele levenscyclus (33,94 kWh), gevolgd door de Xlerator (35,58 kWh). Volgens de gevoeligheidsanalyse heeft de Xlerator de laagste milieu-impact. Dit kan komen doordat voor deze studie de productie van de Dyson Airblade V (2,9 kg) benaderd is door middel van de productie van de zwaardere Dyson Airblade dB (8,2 kg).

Dyson heeft ook een nieuwere handdroger in haar assortiment: Dyson Airblade Wash+Dry. Deze droger heeft een droogtijd van 14 seconden, droogvermogen van 1.000 W en stand-byvermogen van 0,5 W (Dyson, 2026c) wat voor deze studie uit zou komen op een energieverbruik van 39,49 kWh per 10.000 handdrogingen. De verwachting is dat de Dyson Airblade Wash+Dry een milieu-impact heeft vergelijkbaar met de onderzochte Dyson-handdrogers.

Ten slotte heeft de energiebron die wordt gebruikt tijdens het gebruik van de handdrogers ook een significante invloed met elektriciteit uit wind- en zonne-energie, resulterend in een lagere milieu-impact. De combinatie van een laag elektriciteitsverbruik en hernieuwbare energiebron leidt tot de laagste milieu-impact.

Figuur 27 – Vergelijking van gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met elektrische handdroogsystemen, variërend in type elektrisch handdroogstelsel en energiebron (Pt)



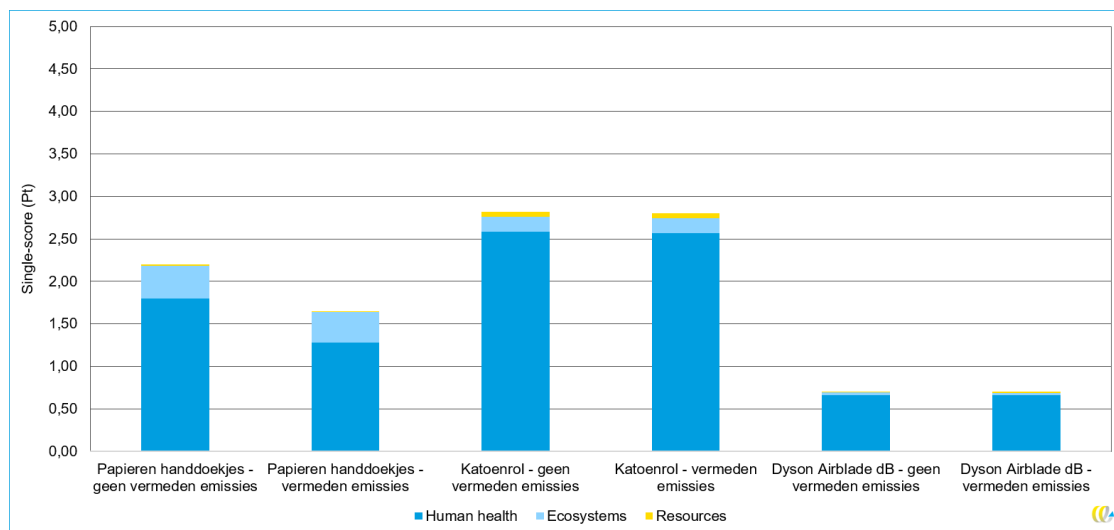
5.1.4 Vermeden emissies

Voor het basisscenario is aangenomen dat tijdens de eindelevensfase van de verschillende handdroogsystemen de afgedankte materialen worden verbrand zonder terugwinning van warmte en elektriciteit. In Nederland hadden afvalverbrandingsinstallaties in 2024 netto thermische en elektrische rendementen van 24 en 17% (persoonlijke communicatie met Rijkswaterstaat – 7 december 2025). De warmte en elektriciteit die tijdens de afvalverbranding worden teruggewonnen, leiden tot vermeden emissies door reguliere warmte- en elektriciteitsopwekking. In deze gevoeligheidsanalyse is gekeken wat de invloed is van het aftrekken van vermeden emissies van de totale milieu-impact van de verschillende handdroogsystemen. Voor vermeden elektriciteit is gebruik gemaakt van *“Electricity, high voltage {NL}| market for electricity, high voltage”* en voor vermeden warmte van *“Heat, district or industrial, natural gas {NL}| heat and power co-generation, natural gas, combined cycle power plant, 400MW electrical.”*

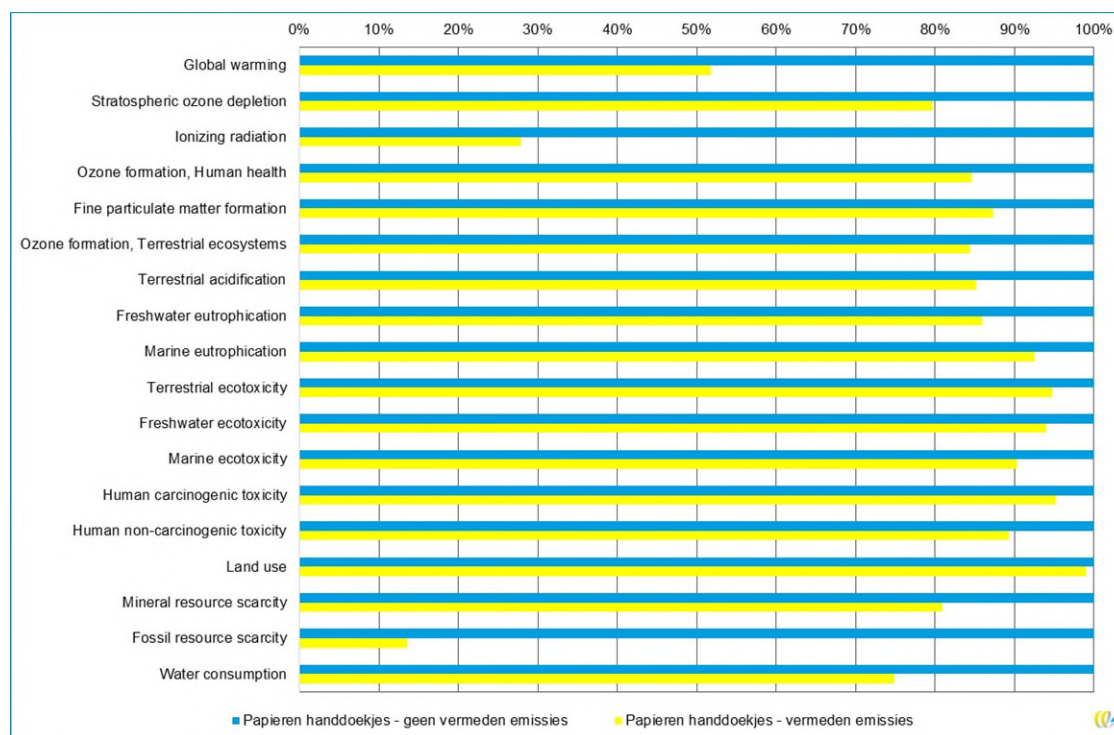
In Figuur 28 zijn de *endpoint*-scores weergegeven van de verschillende handdroogsystemen per 10.000 handdrogingen wanneer er wel en geen vermeden emissies worden meegerekend. Voor papieren handdoekjes heeft het meenemen van vermeden emissies een groot verlagend effect op de totale milieu-impact (afname van 25%). Dit verschil komt doordat papieren handdoekjes eenmalig worden gebruikt, waardoor vergeleken met de andere handdroogsystemen meer afval wordt geproduceerd. De afvalverbrandingsinstallaties wekken energie op per hoeveelheid afval dat wordt verbrand. Voor elektrische handdrogers en katoenrollen heeft het meenemen van vermeden emissies nauwelijks invloed op de milieu-impact.

In Figuur 29 is voor alle achttien impactcategorieën de impact weergegeven voor 10.000 handdrogingen met papieren handdoekjes wanneer er wel en geen vermeden emissies worden meegerekend. De milieu-impact van opgewekte elektriciteit en warmte wordt afgetrokken van de milieu-impact van de levenscyclus van de papieren handdoekjes. Dit heeft vooral een verlagend effect op klimaatverandering, ioniserende straling en fossielegrondstoffenschaarste.

Figuur 28 – Vergelijking van gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen voor drie handdroogsystemen (basisscenario) met en zonder vermeden emissies (Pt). In Nederland is afvalverbranding gekoppeld aan energieteerugwinning, waardoor vermeden emissies ontstaan door opwekking van elektriciteit en warmte.



Figuur 29 – Gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met papieren handdoekjes gerekend met en zonder vermeden emissies (%). Per impactcategorie hebben papieren handdoekjes zonder vermeden emissies het hoogste resultaat en zijn ze gelijkgesteld aan 100%.



| 6 Circulariteit

De Nederlandse overheid streeft ernaar om in 2050 een volledig circulaire economie te realiseren. In zo'n economie bestaat afval niet meer en worden alle reststromen opnieuw en zo hoogwaardig mogelijk ingezet. Dit betekent dat er minder nieuwe grondstoffen nodig zijn en dat er zorgvuldiger wordt omgegaan met de materialen die al beschikbaar zijn.

Circulariteit is echter geen doel op zich, maar een middel om bredere maatschappelijke doelen te bereiken. Denk aan het verminderen van milieudruk en het verkleinen van risico's rondom de beschikbaarheid van grondstoffen. Circulariteitsindicatoren richten zich standaard op de mate van materiaalbehoud en/of waardebehoud (CE Delft, 2021). Energieverbruik in de keten van circulaire producten (zoals in het gebruik of de recycling) wordt veelal niet meegenomen bij de beoordeling van circulariteit.

In deze studie gebruiken we levenscyclusanalyse om de milieu-impact van verschillende droogsystemen te vergelijken. Omdat circulariteit veel wordt ingezet om producten te verduurzamen, bespreken we hierna kwalitatief hoe circulariteit wordt toegepast in de verschillende productsystemen. Hieruit volgt dat het toepassen van circulaire maatregelen op een droogstelsysteem vrijwel altijd de milieu-impact verlaagt van dat droogstelsysteem. Voor het vergelijken van de milieu-impact van droogsystemen zijn de resultaten van de LCA een meer volledige maatstaf, omdat de LCA zowel materiaal- als energieverbruik in rekening brengt.

Circulaire aandachtspunten papieren systemen:

- Wanneer de doekjes niet worden gerecycled, is er per 10.000 keer handen drogen veel materiaal nodig (68,7 kg, Tabel 2), wat in veel gevallen wordt verbrand zonder hergebruik. Dit is weinig circulair. Het recyclen van de doekjes zou de circulariteit verhogen. Het milieueffect hiervan is niet onderzocht in deze studie.
- Het gebruiken van 2 doekjes in plaats van 3 per keer handen drogen verlaagt de primaire materiaalvraag aanzienlijk en is dus meer circulair. Dit verlaagt ook de milieu-impact significant (Figuur 16)
- Wanneer de doekjes van gerecycled papier gemaakt zijn, verhoogt de circulariteit van de doekjes. Dit leidt niet voor alle milieueffecten tot een lagere milieu-impact (Figuur 14). Zo is de klimaatimpact van gerecycled papier hoger. Het landgebruik is aanzienlijk lager, doordat er geen primair hout nodig is.

Circulaire aandachtspunten katoenrol

- Bij de katoenrol wordt per 10.000 keer handen drogen minder materiaal gebruikt (1,65 kg, Tabel 2), doordat de katoenrol 93 keer wordt hergebruikt. De gebruiksfase van de katoenrol is dus meer circulair dan die van de papieren doekjes, in de zin van 'minder materiaalgebruik'.
- Net als bij de papieren doekjes, heeft de katoenrol een hogere circulariteit als er minder materiaal wordt gebruikt bij het drogen, door 1 pull in plaats van 1,1 of 2 pulls te gebruiken. Dit verlaagt de milieu-impact (Figuur 20). Het aantal keer hergebruik verhogen van 93 naar 102 keer verhoogt ook de circulariteit, en verlaagt ook de milieu-impact (Figuur 20).
- De hoogste circulariteit wordt bereikt als de katoenrol wordt gemaakt uit gerecyclede vezels en wordt gerecycled na zoveel mogelijk hergebruik. Een katoenrol van gerecycled katoen heeft een lagere milieu-impact (Figuur 19). Het recyclen na afdanking is niet meegenomen in deze studie.
- De katoenrol moet gewassen worden bij elke keer hergebruik. De milieu-impact hiervan wordt meegenomen in de LCA-analyse, maar valt buiten de circulariteitsanalyses.

Circulaire aandachtspunten elektrische droger:

- De elektrische droger heeft het laagste materiaalverbruik per 10.000 keer handen drogen (0,1 tot 0,3 kg¹).
- We nemen aan dat de droger bestaat uit nieuw virgin plastic en aan het eind van de levensduur wordt verbrand. Het product zou een hogere circulariteit hebben door het te fabriceren van gerecycled kunststof en aan het eind te recyclen. Deze opties zijn niet meegenomen in deze studie. De grootste milieuwinst wordt bij dit systeem gehaald door het minimaliseren van het energieverbruik tijdens het handen drogen, en het gebruiken van hernieuwbare energie (Figuur 27).
- De milieu-impact van de droger komt met name door het elektriciteitsgebruik tijdens het handen drogen. Dit valt buiten circulariteitsanalyses. De LCA geeft aan dat de gecombineerde milieu-impact van materialen en energieverbruik over de hele levenscyclus het laagst is bij de elektrische droger.

¹ De elektrische drogers in deze studie wegen grofweg 3 tot 9 kg en gaan 350.000 keer handen drogen mee (Paragraaf 3.3.2).

7 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

Deze studie toont aan dat van de onderzochte handdroogsystemen, elektrische handdrogers evident de laagste milieu-impact hebben, gevolgd door papieren handdoekjes en katoenrollen. De papier- en katoenroldispensers hebben geen significante invloed op de milieu-impact van de levenscyclus van de desbetreffende handdroogsystemen.

Bij **elektrische handdrogers** speelt energieverbruik tijdens de gebruiksfase een bepalende rol. De emissies afkomstig van het energieverbruik worden veroorzaakt door het type elektriciteitsopwekking. Zo leiden duurzame energiebronnen zoals elektriciteit uit wind- en zonne-energie tot lagere milieu-impacten dan de gemiddelde stroommix. Moderne drogers met een lager vermogen en stand-bymodus scoren beduidend lager dan de conventionele droger. De moderne drogers hebben vergelijkbare lage milieu-impact.

Wat betreft de **papieren handdoekjes en de katoenrollen** zijn de verschillen in milieu-impact kleiner. Voor beide handdroogsystemen speelt gebruikersgedrag een grote rol. Hoe minder papieren handdoekjes of pulls katoen per handdroging worden gebruikt, hoe lager de milieu-impact. Ook het type materiaal is belangrijk. Voor papieren handdoekjes leidt ongebleekt papier tot de laagste milieu-impact. Voor katoenrollen geldt dat gerecycled katoen de laagste milieu-impact heeft.

Afhankelijk van de uitgangspunten en omstandigheden die gelden voor papieren handdoekjes en katoenrollen kunnen beiden de laagste milieu-impact hebben ten opzichte van elkaar. Als wordt vastgehouden aan het basisscenario voor papieren handdoekjes met drie handdoekjes per handdroging en gebleekt papier dan zullen katoenrollen gemaakt van alternatieve vezels, zoals gerecycled katoen, linnen of hennep textiel, een lagere milieu-impact hebben. Als voor papieren handdoekjes slechts twee handdoekjes per handdroging nodig zijn, handdoekjes van ongebleekt papier gemaakt zijn of vermeden emissies door energierugwinning tijdens papierverbranding worden toegekend dan zullen de papieren handdoekjes lager scoren. Op basis van deze inzichten formuleren we de volgende aanbevelingen.

Aanbevelingen

- Moderne elektrische handdrogers hebben de laagste milieu-impact. Aangezien de elektriciteitsconsumptie tijdens gebruik leidend is voor de milieu-impact, raden wij aan om bij de aanschaf van handdrogers te selecteren op drogers met een laag vermogen, een stand-bymodus en korte droogtijd.
- Het aantal papieren handdoekjes en pulls van de katoenrol hebben een groot effect op de milieu-impact. Wij adviseren om dit duidelijk te maken voor de gebruiker en te sturen op zo min mogelijk handdoekjes of pulls per handdroging.
- Wanneer wordt gekozen voor het aanbieden van katoenrollen in toiletruimtes, raden wij aan om geen virgin katoen te gebruiken. Voor katoenrollen adviseren wij om gerecycled katoen te gebruiken of alternatieve vezels gemaakt van linnen of hennep-textiel.
- De milieu-impact van de katoenrol kan verder worden verlaagd door de rol vaker te hergebruiken. Hier zijn we uitgegaan van 93 keer hergebruik. Er zijn ook studies die aangeven dat tot 125 keer mogelijk is ((ETSA & WIRTEX, 2016)
- De milieu-impact van papieren handdoekjes gemaakt van gerecycled of (on)gebleekt papier liggen dicht bij elkaar. De milieu-impact van gerecycled papier is afhankelijk van onder andere energieverbruik tijdens recycling. Intensieve houtteelt voor de productie van nieuw papier kan negatieve gevolgen hebben voor biodiversiteit. Deze gevolgen worden niet (volledig) weergegeven in een LCA. Wij raden aan om bij voorkeur te kiezen voor gerecycled papier van duurzame energiebronnen ten opzichte van nieuw papier. Bij inkopen van papieren handdoekjes adviseren we daarom om energiezuinige productie van duurzame energiebronnen uit te vragen bij leveranciers en of er/welke maatregelen worden getroffen voor het bevorderen en behoud van biodiversiteit.
- De milieu-impact van elektrische handdrogers en katoenrollen wordt beïnvloed door energieverbruik tijdens de gebruiksfase. Voor handdrogers betreft het energieverbruik tijdens de handdrogingen en voor katoenrollen het was- en droogproces in wasserettes. Wij adviseren om duurzame energiebronnen te gebruiken, zoals elektriciteit uit wind- en zonne-energie om de milieu-impact te verlagen van beide handdroogsystemen.

A LCI-data

A.1 Papieren handdoekjes

A.1.1 Productie

De productie van papieren handdoekjes is gebaseerd op Slotyuk (2016). Voor de gevoeligheidsanalyses is sulfaatpulp vervangen. Voor gerecyclede houtvezel is gebruik gemaakt van “*Deinked pulp, wet lap {GLO}| market for deinked pulp, wet lap*” en voor ongebleekt sulfaatpulp van “*Sulfate pulp, unbleached {RER}| sulfate pulp production, from softwood, unbleached.*”

Tabel 4 – Productie van één papieren handdoekje

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Inputs			
Sulfaatpulp	g	2,28	Sulfate pulp, bleached {RER} sulfate pulp production, from softwood, bleached
Water	g	11,3	Tap water {RER} market group for tap water
Zetmeel	mg	3,39	Maize starch {GLO} market for maize starch
Natsterkteharsen	mg	9,04	Urea formaldehyde resin {RER} urea formaldehyde resin production
Warmte	mJ	10,4	Heat, district or industrial, other than natural gas {Europe without Switzerland} heat production, light fuel oil, at industrial furnace 1MW
Outputs			
Afval	22,6	mg	Raw sewage sludge {CH} treatment of raw sewage sludge, municipal incineration FAE
Afvalwater	9,04	ml	Wastewater, average {Europe without Switzerland} market for wastewater, average
Emissies		Subcompartment	
CO ₂ , fossiel	0,678	mg	Lucht
NO _x	1,13	µg	Lucht
SO ₂	1,13	µg	Lucht
Water	2,26	mg	Lucht

De papierdispenser is gebaseerd op de Vendor Vision Alpine (Vendor, 2019) met een geschatte levensduur van tien jaar. Het energieverbruik is op basis van Gregory et al. (2013).

Tabel 5 – Productie van één papierdispenser

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent proces
Productie			
ABS	kg	1,10	Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer {GLO} market for acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer.
Elektriciteit	MJ	156	Electricity, medium voltage {GLO} market group for electricity, medium voltage.
Warmte	MJ	166	Heat, district or industrial, natural gas {GLO} market group for heat, district or industrial, natural gas.

A.1.2 Transport

De transportdetails van papieren handdoekjes en papierdispenser volgens het basis-scenario zijn hieronder weergegeven.

Tabel 6 – Transportdata voor papieren handdoekjes en papierdispenser per 10.000 handdrogingen volgens het basisscenario

Materiaal	Transportbeweging	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Papieren handdoekjes	Transport naar gebruiker	tkm	6,78	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.
	Transport naar EOL	tkm	41,0	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.
Papierdispenser	Transport naar gebruiker	kgkm	308	Transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil {GLO} market for transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil.
		kgkm	9,96	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.
	Transport naar EOL	kgkm	1,57	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.

A.1.3 Eindelevensfase

Aan het eind van de levensfase is aangenomen dat papieren handdoekjes en de papierdispenser worden verbrand. Voor afgedankte papieren handdoekjes is “*Waste graphical paper {CH}| treatment of waste graphical paper, municipal incineration FAE*” gebruikt. Voor de afgedankte papierdispenser is “*Waste plastic, mixture {CH}| treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration FAE*” gebruikt.

A.2 Katoenrol

A.2.1 Productie

Voor de productie van katoenrollen zijn de volgende materialen gebruikt die in ecoinvent beschreven staan:

- katoen (Textile, woven cotton {GLO}| market for textile, woven cotton);
- hennep (Textile, kenaf {GLO}| market for textile, kenaf);
- linnen (Textile, jute {GLO}| market for textile, jute);
- mix van katoen en linnen (50% virgin katoen, 50% linnen).

Bij de productie van katoenrollen gaat 2% van het materiaal verloren dat wordt verwerkt volgens “*Waste textile, soiled {GLO}| treatment of waste textile, soiled, municipal incineration*”.

De verwerking van oud katoen tot gerecycled katoen is op basis van Miljögiraff (2016). Eerst wordt het oude katoen gesorteerd in India, waarna het wordt gerecycled in Pakistan.

Tabel 7 – Productie van 1 kg gerecycled katoen door sortering en mechanische recycling

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Inputs			
Transport naar verwerker	tkm	10,0	Transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil {GLO} market for transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil.
Elektriciteit	GJ	13,0	Electricity, medium voltage {PK} market for electricity, medium voltage.
Outputs			
Afgedankt katoen	g	31,0	Waste textile, soiled {GLO} treatment of waste textile, soiled, municipal incineration.

De materiaalsamenstelling van de katoenroldispenser is op basis van (Joseph et al., 2015). Het energieverbruik komt uit Gregory et al. (2013).

Tabel 8 – Productie van één katoenroldispenser

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Inputs			
ABS	kg	1,35	Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer {GLO} market for acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer.
Polypropyleen	kg	1,20	Polypropylene, granulate {GLO} market for polypropylene, granulate.
Rubber	kg	0,189	Synthetic rubber {GLO} market for synthetic rubber.
Roestvast staal	g	29,0	Steel, chromium steel 18/8 {GLO} market for steel, chromium steel 18/8.
Elektriciteit	MJ	156	Electricity, medium voltage {GLO} market group for electricity, medium voltage.
Warmte	MJ	166	Heat, district or industrial, natural gas {GLO} market group for heat, district or industrial, natural gas.

A.2.2 Wassen

Het wasproces van de katoenrol is gebaseerd op Slotyuk (2016).

Tabel 9 – Wasproces van 1 kg katoenrol in een wasserette

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Inputs			
Water	kg	5,72	Tap water {RER} market group for tap water.
Zeep	g	22,0	Soap {GLO} market for soap.
Warmte, aardgas	MJ	3,46	Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler fan burner non-modulating <100 kW.
Warmte, anders	MJ	0,324	Heat, central or small-scale, other than natural gas {Europe without Switzerland} market for heat, central or small-scale, other than natural gas.
Elektriciteit	MJ	0,468	Electricity, medium voltage {NL} market for electricity, medium voltage.
Outputs			
Afvalwater	l	5,74	Wastewater, average {Europe without Switzerland} market for wastewater, average.

A.2.3 Transport

De transportdetails van de katoenrol en -dispenser volgens het basisscenario zijn hieronder weergegeven.

Tabel 10 – Transportdata voor de katoenrol en -dispenser per 10.000 handdrogingen volgens het basisscenario

Materiaal	Transportbeweging	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Katoenrol	Transport naar gebruiker	tkm	3,27	Transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil {GLO} market for transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil.
		tkm	1,01	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.
	Transport van en naar wasserette	tkm	39,4	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.
	Transport naar EOL	tkm	0,167	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.
Katoenroldispenser	Transport naar gebruiker	kgkm	777	Transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil {GLO} market for transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil.
		kgkm	25,1	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.
	Transport naar EOL	kgkm	3,96	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.

A.2.4 Eindelevensfase

Aan het eind van de levensfase is aangenomen dat katoenrollen en -dispensers worden verbrand. Voor afgedankte katoenrollen is “*Waste textile, soiled {CH}| treatment of waste textile, soiled, municipal incineration FAE*” gebruikt. De afdanking van de katoenrol-dispenser is weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11 – Afdanking van één katoenroldispenser

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Afgedankt plastic	kg	2,55	Waste plastic, mixture {CH} treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration FAE.
Afgedankt rubber	kg	0,189	Waste rubber, unspecified {CH} treatment of waste rubber, unspecified, municipal incineration FAE.
Afgedankt staal	g	29,0	Waste steel {CH} treatment of waste steel, municipal incineration FAE.

A.3 Elektrische handdrogers

A.3.1 Dyson Airblade dB

De productie van de Dyson Airblade dB is op basis van Gregory et al. (2013). Voor de Dyson Airblade V is dezelfde productiedata gebruikt als proxy.

Tabel 12 – Productie van één Dyson Airblade dB

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Inputs			
Aluminium	kg	9,00	Aluminium, wrought alloy {GLO} market for aluminium, wrought alloy.
Roestvast staal	kg	2,61	Steel, chromium steel 18/8, hot rolled {GLO} market for steel, chromium steel 18/8, hot rolled.
Polypropyleen	kg	9,00	Polypropylene, granulate {GLO} market for polypropylene, granulate.
Polyamide	kg	2,15	Glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulded {GLO} market for glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulded.
Rubber	kg	1,13	Synthetic rubber {GLO} market for synthetic rubber.
Polystyreen	kg	0,984	Polystyrene, general purpose {GLO} market for polystyrene, general purpose.

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Inputs			
Melamine	kg	0,718	Melamine {GLO} market for melamine.
Glasvezel	kg	0,662	Glass fibre {GLO} market for glass fibre.
Polyvinylchloride	kg	0,595	Polyvinyl chloride, suspension polymerised {RoW} market for polyvinyl chloride, suspension polymerised.
Papier	kg	0,459	Paper, newsprint {RER} market for paper, newsprint.
Polycarbonaat	kg	0,173	Polycarbonate {RoW} market for polycarbonate.
Polyethyleen	kg	0,173	Polyethylene, low density, granulate {GLO} market for polyethylene, low density, granulate.
ABS	kg	0,169	Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer {GLO} market for acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer.
Lijm	g	30,1	Adhesive, for metal {RER} market for adhesive, for metal
Polyurethaan	g	22,1	Polyurethane, rigid foam {RoW} market for polyurethane, rigid foam.
Printplaten	g	17,9	Printed wiring board, through-hole mounted, unspecified, Pb free {GLO} market for printed wiring board, through-hole mounted, unspecified, Pb free.
Koper	g	10,2	Copper, cathode {GLO} market for copper, cathode.
Water	kg	4,55	Tap water {GLO} market group for tap water.
Elektriciteit	MJ	147	Electricity, medium voltage {GLO} market group for electricity, medium voltage.
Outputs			
Afvalwater	l	6,34	Wastewater, average {RoW} treatment of wastewater, average, wastewater treatment.

Aan het eind van de levensduur is in deze LCA-studie aangenomen dat elektrische drogers worden verbrand. De tabel hieronder geeft de afdanking van de Dyson Airblade dB weer. Wederom zijn dezelfde gegevens voor de Dyson Airblade V gebruikt als proxy.

Tabel 13 – Afdanking van één Dyson Airblade dB

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Afgedankt aluminium	kg	9,00	Waste aluminium {CH} treatment of waste aluminium, municipal incineration FAE.
Afgedankt plastic	kg	3,04	Waste plastic, mixture {CH} treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration FAE.
Afgedankt staal	kg	2,61	Waste steel {CH} treatment of waste steel, municipal incineration FAE.
Afgedankt glas	kg	1,16	Waste glass {CH} treatment of waste glass, municipal incineration FAE.

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Afgedankt rubber	kg	0,718	Waste rubber, unspecified {CH} treatment of waste rubber, unspecified, municipal incineration FAE.
Afgedankt papier	kg	0,169	Waste graphical paper {CH} treatment of waste graphical paper, municipal incineration FAE.
Afgedankt plastic, elektronica	g	17,9	Waste plastic, consumer electronics {CH} treatment of waste plastic, consumer electronics, municipal incineration FAE.
Afgedankt koper	g	10,2	Waste copper {CH} treatment of waste copper, municipal incineration FAE.

A.3.2 Xlerator

De materiaalsamenstelling van de Xlerator is op basis van Excel Dryer (2023). Het energieverbruik tijdens productie komt uit Gregory et al. (2013).

Tabel 14 – Productie van één Xlerator

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Inputs			
Zink	kg	3,37	Zinc {GLO} market for zinc.
ABS	kg	1,17	Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer {GLO} market for acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer.
Ijzer	kg	0,839	Iron-nickel-chromium alloy {GLO} market for iron-nickel-chromium alloy.
Staal	kg	0,354	Steel, low-alloyed {GLO} market for steel, low-alloyed.
Polyamide	kg	0,303	Glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulded {GLO} market for glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulded.
Koper	kg	0,226	Copper, cathode {GLO} market for copper, cathode.
Aluminium	kg	0,209	Aluminium, wrought alloy {GLO} market for aluminium, wrought alloy.
Rubber	g	59,0	Synthetic rubber {GLO} market for synthetic rubber.
Printplaten	g	44,2	Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO} market for printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free.
Mica	g	24,3	Sodium silicate, solid {RoW} market for sodium silicate, solid.
Roestvast staal	g	7,30	Steel, chromium steel 18/8 {GLO} market for steel, chromium steel 18/8.
Papier	g	2,80	Paper, woodfree, uncoated {RoW} market for paper, woodfree, uncoated.

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Inputs			
Elektronica	g	1,90	Electronic component, active, unspecified {GLO} market for electronic component, active, unspecified.
Polyethyleen	g	0,500	Polyethylene, low density, granulate {GLO} market for polyethylene, low density, granulate.
Geïntegreerde schakeling	g	0,300	Integrated circuit, logic type {GLO} market for integrated circuit, logic type.
Polyurethaan	g	0,300	Polyurethane, rigid foam {RoW} market for polyurethane, rigid foam.
Elektriciteit	MJ	156	Electricity, medium voltage {GLO} market group for electricity, medium voltage.
Warmte	MJ	166	Heat, district or industrial, natural gas {GLO} market group for heat, district or industrial, natural gas.

Aan het eind van de levensduur is in deze LCA-studie aangenomen dat elektrische drogers worden verbrand. Tabel 15 geeft de afdanking weer van de Xlerator.

Tabel 15 – Afdanking van één Xlerator

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Afgedankt zink	kg	3,37	Zinc in car shredder residue {CH} treatment of zinc in car shredder residue, municipal incineration FAE.
Afgedankt plastic	kg	1,47	Waste plastic, mixture {CH} treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration FAE.
Afgedankt staal	kg	1,20	Waste steel {CH} treatment of waste steel, municipal incineration FAE.
Afgedankt koper	kg	0,226	Waste copper {CH} treatment of waste copper, municipal incineration FAE.
Afgedankt aluminium	kg	0,209	Waste aluminium {CH} treatment of waste aluminium, municipal incineration FAE.
Afgedankt rubber	g	59,0	Waste rubber, unspecified {CH} treatment of waste rubber, unspecified, municipal incineration FAE.
Afgedankt plastic, elektronica	g	46,4	Waste plastic, consumer electronics {CH} treatment of waste plastic, consumer electronics, municipal incineration FAE.
Restafval	g	24,3	Municipal solid waste {CH} treatment of municipal solid waste, municipal incineration FAE.
Afgedankt papier	g	2,80	Waste graphical paper {CH} treatment of waste graphical paper, municipal incineration FAE.

A.3.3 Conventionele handdroger

De productie van de conventionele handdroger is gebaseerd op (Joseph et al., 2015).

Tabel 16 – Productie van één conventionele handdroger

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Inputs			
Aluminium	kg	2,47	Aluminium, wrought alloy {GLO} market for aluminium, wrought alloy.
Staal	kg	1,49	Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for steel, low-alloyed, hot rolled.
Ferrosilicium	kg	0,855	Ferrosilicon {GLO} market for ferrosilicon.
Zink	kg	0,840	Zinc {GLO} market for zinc.
Koper	kg	0,200	Copper, cathode {GLO} market for copper, cathode.
Roestvast staal	g	88,0	Steel, chromium steel 18/8 {GLO} market for steel, chromium steel 18/8.
Printplaten	g	74,0	Printed wiring board, through-hole mounted, unspecified, Pb free {GLO} market for printed wiring board, through-hole mounted, unspecified, Pb free.
Keramische isolatie	g	40,0	Ceramic tile {GLO} market for ceramic tile.
Nichroom	g	24,0	Iron-nickel-chromium alloy {GLO} market for iron-nickel-chromium alloy.
Polyvinylchloride	g	17,0	Polyvinyl chloride, unspecified polymerisation, weighted average {RoW} market for polyvinyl chloride, unspecified polymerisation, weighted average.
Elektriciteit	kJ	4,25	Electricity, medium voltage {GLO} market group for electricity, medium voltage.

Aan het eind van de levensduur is in deze LCA-studie aangenomen dat elektrische drogers worden verbrand. Tabel 17 geeft de afdanking weer van de conventionele handdroger.

Tabel 17 – Afdanking van één conventionele handdroger

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Afgedankt aluminium	kg	2,47	Waste aluminium {CH} treatment of waste aluminium, municipal incineration FAE.
Afgedankt staal	kg	2,45	Waste steel {CH} treatment of waste steel, municipal incineration FAE.
Afgedankt zink	kg	0,840	Zinc in car shredder residue {CH} treatment of zinc in car shredder residue, municipal incineration FAE.
Afgedankt koper	kg	0,200	Waste copper {CH} treatment of waste copper, municipal incineration FAE.

Proces/Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent-proces
Afgedankt plastic, elektronica	g	74,0	Waste plastic, consumer electronics {CH} treatment of waste plastic, consumer electronics, municipal incineration FAE.
Afgedankt keramische isolatie	g	40,0	Waste cement-fibre slab, dismantled {CH} treatment of waste cement-fibre slab, dismantled, municipal incineration FAE.
Afgedankt plastic, elektronica	g	17,0	Waste plastic, mixture {CH} treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration FAE.

A.3.4 Gebruik

Tijdens het gebruik van de elektrische handdrogers wordt elektriciteit verbruikt. Voor de verschillende handdrogers betreft dat de volgende hoeveelheden elektriciteit per 10.000 handdrogingen:

- Dyson Airblade dB: 45,05 kWh;
- Dyson Airblade V: 33,94 kWh;
- Xlerator: 35,58 kWh;
- Conventionele handdroger: 150 kWh.

De volgende processen uit ecoinvent zijn gebruikt:

- Gemiddelde elektriciteitsmix:
 - electricity, low voltage {NL} market for electricity, low voltage.
- Zonne-energie:
 - electricity, low voltage {NL} electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted.
- Wind-energie:
 - op land (55,14%): Electricity, high voltage {NL} electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore;
 - op zee (44,86%): Electricity, high voltage {NL} electricity production, wind, 1-3MW turbine, offshore.

A.3.5 Transport

De transportdetails van de Dyson Airblade dB, Dyson Ariblade V, Xlerator en conventionele handdroger zijn hieronder weergegeven.

Tabel 18 – Transportdata voor verschillende elektrische drogers per 10.000 handdrogingen

Droger	Transportbeweging	Eenheid	Hoeveelheid	Ecoinvent proces
Dyson Airblade dB	Transport naar gebruiker	tkm	4,60	Transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil {GLO} market for transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil.
		tkm	0,149	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.
	Transport naar EOL	kgkm	23,4	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.
Dyson Airblade V	Transport naar gebruiker	tkm	1,63	Transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil {GLO} market for transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil.
		kgkm	52,5	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.
	Transport naar EOL	kgkm	8,29	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.
Xlerator	Transport naar gebruiker	tkm	1,46	Transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil {GLO} market for transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil.
		kgkm	24,6	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.
	Transport naar EOL	kgkm	24,6	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.
Conventionele droger	Transport naar gebruiker	tkm	1,51	Transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil {GLO} market for transport, freight, sea, container ship, heavy fuel oil.
		kgkm	48,9	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.
	Transport naar EOL	kgkm	7,71	Transport, freight, lorry, diesel, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, diesel, unspecified.

B LCA-resultaten

B.1 Basisscenario's

B.1.1 Papieren handdoekjes

Tabel 19 – Gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met papieren handdoekjes (gebleekt) per levenscyclusfase. De hoogste midpoint-resultaten per levenscyclus zijn vetgedrukt.

Impactcategorie	Eenheid	Totaal	Papier-productie	Dispenser	Transport	Afval-verwerking
Global warming	kg CO ₂ -eq.	5,23E+01	4,17E+01	6,08E-01	7,58E+00	2,37E+00
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11-eq.	5,78E-05	1,33E-05	1,73E-07	2,14E-06	4,22E-05
Ionising radiation	kBq Co-60-eq.	2,37E-01	2,24E-01	4,19E-03	6,64E-03	3,01E-03
Ozone formation, Human health	kg NO _x -eq.	2,37E-01	1,79E-01	1,23E-03	3,46E-02	2,22E-02
Fine particulate matter formation	kg PM _{2,5} -eq.	8,40E-02	7,05E-02	9,91E-04	8,81E-03	3,66E-03
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NO _x -eq.	2,44E-01	1,84E-01	1,28E-03	3,61E-02	2,24E-02
Terrestrial acidification	kg SO ₂ -eq.	2,07E-01	1,76E-01	1,62E-03	1,95E-02	1,03E-02
Freshwater eutrophication	kg P-eq.	7,15E-03	6,86E-03	2,44E-05	9,83E-05	1,73E-04
Marine eutrophication	kg N-eq.	2,59E-03	2,27E-03	3,28E-06	8,82E-05	2,32E-04
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	2,24E+02	1,02E+02	3,33E-01	1,17E+02	4,27E+00
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	5,10E-02	2,63E-02	1,44E-04	1,75E-02	7,06E-03
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	1,94E-01	9,69E-02	4,21E-04	8,48E-02	1,23E-02
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	5,58E-01	3,99E-01	1,25E-03	1,92E-02	1,38E-01
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	1,54E+01	8,43E+00	3,48E-02	2,03E+00	4,87E+00
Land use	m ² a crop-eq.	1,33E+02	1,33E+02	8,53E-03	4,76E-01	2,69E-02
Mineral resource scarcity	kg Cu-eq.	1,28E-01	9,61E-02	4,24E-04	1,99E-02	1,12E-02
Fossil resource scarcity	kg oil-eq.	8,98E+00	6,07E+00	1,84E-01	2,40E+00	3,24E-01
Water consumption	m ³	4,81E-01	4,24E-01	3,54E-03	1,62E-02	3,76E-02

Tabel 20 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met papieren handdoekjes (gebleekt) per levenscyclusfase en als totaal

Impactcategorie	Eenheid	Papier-productie	Dispenser	Transport	Afval-verwerking	Totaal
Human health	Pt	1,46	0,02	0,22	0,10	1,80
Ecosystems	Pt	0,37	0,00	0,01	0,00	0,38
Resources	Pt	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02
Totaal	Pt	1,84	0,02	0,24	0,11	2,20

B.1.2 Katoenrol

Tabel 21 – Gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met katoenrollen per levenscyclusfase. De hoogste midpoint-resultaten per levenscyclus zijn vetgedrukt.

Impactcategorie	Eenheid	Totaal	Katoenrol-productie	Dispenser	Transport	Wassen	Afval-verwerking
Global warming	kg CO ₂ -eq.	9,81E+01	1,87E+01	6,91E-01	6,49E+00	7,09E+01	1,34E+00
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11-eq.	1,86E-04	1,07E-04	1,85E-07	1,84E-06	5,68E-05	1,93E-05
Ionising radiation	kBq Co-60-eq.	2,24E-01	8,26E-02	4,36E-03	5,67E-03	1,31E-01	2,74E-04
Ozone formation, Human health	kg NO _x -eq.	1,67E-01	5,20E-02	1,39E-03	3,02E-02	7,79E-02	5,22E-03
Fine particulate matter formation	kg PM _{2.5} -eq.	8,69E-02	4,12E-02	1,07E-03	7,73E-03	3,62E-02	7,15E-04
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NO _x -eq.	1,76E-01	5,32E-02	1,46E-03	3,15E-02	8,45E-02	5,24E-03
Terrestrial acidification	kg SO ₂ -eq.	2,67E-01	1,48E-01	1,80E-03	1,73E-02	9,71E-02	2,31E-03
Freshwater eutrophication	kg P-eq.	1,08E-02	7,55E-03	2,64E-05	8,39E-05	3,15E-03	5,12E-06
Marine eutrophication	kg N-eq.	1,14E-01	8,94E-02	4,14E-06	7,52E-05	2,49E-02	1,02E-04
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	1,79E+02	3,14E+01	5,17E-01	9,98E+01	4,68E+01	1,97E-01
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	6,51E-01	5,03E-01	1,94E-04	1,49E-02	1,33E-01	1,96E-04
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	3,88E-01	2,08E-01	5,99E-04	7,22E-02	1,07E-01	4,25E-04
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	1,72E-01	5,40E-02	1,88E-03	1,65E-02	9,92E-02	8,21E-04
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	2,00E+01	1,26E+01	4,41E-02	1,73E+00	5,59E+00	1,84E-02
Land use	m ² a crop-eq.	2,47E+01	1,24E+01	1,00E-02	4,06E-01	1,19E+01	1,63E-03
Mineral resource scarcity	kg Cu-eq.	1,47E-01	4,68E-02	8,13E-04	1,70E-02	8,10E-02	1,08E-03
Fossil resource scarcity	kg oil-eq.	2,68E+01	3,78E+00	2,30E-01	2,06E+00	2,07E+01	4,63E-02
Water consumption	m ³	9,92E+00	9,27E+00	4,12E-03	1,38E-02	6,23E-01	2,42E-03

Tabel 22 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met katoenrollen per levenscyclusfase en als totaal

Impactcategorie	Eenheid	Katoenrol-productie	Dispenser	Transport	Wassen	Afval-verwerking	Totaal
Human health	Pt	0,83	0,02	0,19	1,51	0,03	2,58
Ecosystems	Pt	0,07	0,00	0,01	0,09	0,00	0,18
Resources	Pt	0,01	0,00	0,01	0,05	0,00	0,06
Totaal	Pt	0,91	0,02	0,20	1,66	0,03	2,82

B.1.3 Elektrische handdroger

Tabel 23 – Gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met de Dyson Airblade dB per levenscyclusfase. De hoogste midpoint-resultaten per levenscyclus zijn vetgedrukt.

Impactcategorie	Eenheid	Droger	Transport	Gebruiks-fase	Afval-verwerking	Totaal
Global warming	kg CO ₂ -eq.	5,40E+00	7,52E-02	1,81E+01	2,78E-01	2,39E+01
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11-eq.	1,47E-06	3,04E-08	9,49E-06	9,73E-08	1,11E-05
Ionising radiation	kBq Co-60-eq.	1,65E-02	4,15E-05	1,49E-01	2,14E-05	1,65E-01
Ozone formation, Human health	kg NO _x -eq.	1,39E-02	1,03E-03	3,04E-02	1,19E-04	4,55E-02
Fine particulate matter formation	kg PM _{2.5} -eq.	1,12E-02	3,13E-04	1,31E-02	2,20E-05	2,47E-02
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NO _x -eq.	1,43E-02	1,04E-03	3,14E-02	1,21E-04	4,69E-02
Terrestrial acidification	kg SO ₂ -eq.	2,29E-02	9,43E-04	3,69E-02	5,46E-05	6,07E-02
Freshwater eutrophication	kg P-eq.	2,12E-04	5,66E-07	9,56E-04	5,73E-07	1,17E-03
Marine eutrophication	kg N-eq.	7,49E-05	4,89E-07	1,41E-04	5,88E-07	2,17E-04
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	1,75E+01	5,31E-01	4,76E+01	1,70E-01	6,58E+01
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	2,68E-03	7,25E-05	5,23E-03	2,52E-04	8,23E-03
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	1,21E-02	3,84E-04	3,96E-02	4,62E-04	5,25E-02
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	8,64E-02	2,79E-04	5,71E-02	4,96E-04	1,44E-01
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	8,10E-01	9,31E-03	5,29E+00	1,09E-02	6,12E+00
Land use	m ² a crop-eq.	1,11E-01	2,07E-03	1,21E+00	3,96E-04	1,32E+00
Mineral resource scarcity	kg Cu-eq.	8,53E-02	1,68E-04	6,89E-02	7,50E-05	1,54E-01
Fossil resource scarcity	kg oil-eq	1,38E+00	2,19E-02	5,06E+00	3,19E-03	6,46E+00
Water consumption	m ³	4,25E-02	9,99E-05	1,25E-01	3,96E-04	1,68E-01

Tabel 24 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met de Dyson Airblade dB per levenscyclusfase en als totaal

Impactcategorie	Eenheid	Droger	Transport	Gebruiks-fase	Afval-verwerking	Totaal
Human health	Pt	0,21	0,00	0,44	0,00	0,66
Ecosystems	Pt	0,01	0,00	0,02	0,00	0,03
Resources	Pt	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Totaal	Pt	0,22	0,00	0,48	0,00	0,70

B.2 Gevoeligheidsanalyses

B.2.1 Papieren handdoekjes

Tabel 25 – Gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met drie verschillende typen papieren handdoekjes met drie handdoekjes per handdroging

Impactcategorie	Eenheid	Gebloeekt papier	Ongebloeekt papier	Gerecycled papier
Global warming	kg CO ₂ -eq.	5,23E+01	4,97E+01	6,78E+01
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11-eq.	5,78E-05	5,24E-05	6,34E-05
Ionising radiation	kBq Co-60-eq.	2,37E-01	1,85E-01	2,15E-01
Ozone formation, Human health	kg NO _x -eq.	2,37E-01	2,30E-01	1,69E-01
Fine particulate matter formation	kg PM _{2,5} -eq.	8,40E-02	6,09E-02	8,54E-02
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NO _x -eq.	2,44E-01	2,36E-01	1,74E-01
Terrestrial acidification	kg SO ₂ -eq.	2,07E-01	1,63E-01	1,90E-01
Freshwater eutrophication	kg P-eq.	7,15E-03	8,58E-03	6,92E-03
Marine eutrophication	kg N-eq.	2,59E-03	2,19E-03	2,92E-02
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	2,24E+02	1,96E+02	1,71E+02
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	5,10E-02	4,02E-02	1,05E-01
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	1,94E-01	1,64E-01	2,29E-01
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	5,58E-01	2,77E-01	3,47E-01
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	1,54E+01	1,38E+01	3,81E+01
Land use	m ² a crop-eq.	1,33E+02	1,24E+02	1,86E+00
Mineral resource scarcity	kg Cu-eq.	1,28E-01	9,32E-02	1,25E-01
Fossil resource scarcity	kg oil-eq.	8,98E+00	7,97E+00	1,04E+01
Water consumption	m ³	4,81E-01	2,54E-01	3,69E-01

Tabel 26 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met verschillende aantallen gebleekte papieren handdoekjes per handdroging

Impactcategorie	Eenheid	Gebleekt papier: 2 handdoekjes	Gebleekt papier: 3 handdoekjes	Gebleekt papier: 4 handdoekjes
Human health	Pt	1,20	1,80	2,39
Ecosystems	Pt	0,26	0,38	0,51
Resources	Pt	0,02	0,02	0,03
Totaal	Pt	1,48	2,20	2,93

Tabel 27 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met verschillende aantallen ongebleekte papieren handdoekjes per handdroging

Impactcategorie	Eenheid	Ongebleekt papier: 2 handdoekjes	Ongebleekt papier: 3 handdoekjes	Ongebleekt papier: 4 handdoekjes
Human health	Pt	1,20	1,80	2,39
Ecosystems	Pt	0,26	0,38	0,51
Resources	Pt	0,02	0,02	0,03
Totaal	Pt	1,48	2,20	2,93

Tabel 28 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met verschillende aantallen handdoekjes gemaakt van gerecycled papier per handdroging

Impactcategorie	Eenheid	Gerecycled papier: 2 handdoekjes	Gerecycled papier: 3 handdoekjes	Gerecycled papier: 4 handdoekjes
Human health	Pt	1,20	1,80	2,39
Ecosystems	Pt	0,26	0,38	0,51
Resources	Pt	0,02	0,02	0,03
Totaal	Pt	1,48	2,20	2,93

B.2.2 Katoenrol

Tabel 29 – Gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met drie verschillende typen katoenrollen

Impactcategorie	Eenheid	Katoen	Gerecycled katoen	Hennep-textiel	Linnen	Katoen-linnenmix
Global warming	kg CO ₂ -eq.	9,81E+01	7,97E+01	8,50E+01	8,53E+01	9,17E+01
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11-eq.	1,86E-04	7,88E-05	1,02E-04	1,20E-04	1,53E-04
Ionising radiation	kBq Co-60-eq.	2,24E-01	1,42E-01	1,56E-01	1,52E-01	1,88E-01
Ozone formation, Human health	kg NO _x -eq.	1,67E-01	1,18E-01	1,34E-01	1,35E-01	1,51E-01
Fine particulate matter formation	kg PM _{2.5} -eq.	8,69E-02	4,68E-02	5,80E-02	6,24E-02	7,46E-02
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NO _x -eq.	1,76E-01	1,26E-01	1,43E-01	1,44E-01	1,60E-01
Terrestrial acidification	kg SO ₂ -eq.	2,67E-01	1,22E-01	1,62E-01	2,05E-01	2,36E-01
Freshwater eutrophication	kg P-eq.	1,08E-02	3,27E-03	5,15E-03	3,35E-02	2,22E-02
Marine eutrophication	kg N-eq.	1,14E-01	2,51E-02	3,27E-02	4,13E-02	7,79E-02
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	1,79E+02	1,48E+02	1,60E+02	1,61E+02	1,70E+02
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	6,51E-01	1,49E-01	1,59E-01	3,31E-01	4,91E-01
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	3,88E-01	1,81E-01	2,07E-01	4,23E-01	4,05E-01
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	1,72E-01	1,19E-01	1,49E-01	1,36E-01	1,54E-01
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	2,00E+01	7,40E+00	-9,99E+00	-1,11E+01	4,47E+00
Land use	m ² a crop-eq.	2,47E+01	1,23E+01	1,69E+01	1,89E+01	2,18E+01
Mineral resource scarcity	kg Cu-eq.	1,47E-01	1,00E-01	1,16E-01	1,27E-01	1,37E-01
Fossil resource scarcity	kg oil-eq.	2,68E+01	2,31E+01	2,40E+01	2,42E+01	2,55E+01
Water consumption	m ³	9,92E+00	6,44E-01	1,52E+00	1,33E+00	5,62E+00

Tabel 30 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met drie verschillende typen katoenrollen

Impactcategorie	Eenheid	Katoen	Gerecycled katoen	Hennep-textiel	Linnen	Katoen-linnenmix
Human health	Pt	2,58	1,77	1,92	1,95	2,27
Ecosystems	Pt	0,18	0,10	0,12	0,14	0,16
Resources	Pt	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Totaal	Pt	2,82	1,93	2,10	2,15	2,48

Tabel 31 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met katoenrollen met drie verschillende aantallen pulls per handdroging

Impactcategorie	Eenheid	Katoen: 1 pull	Katoen: 1,1 pulls	Katoen: 2 pulls
Human health	Pt	2,35	2,58	4,67
Ecosystems	Pt	0,16	0,18	0,32
Resources	Pt	0,06	0,06	0,11
Totaal	Pt	2,56	2,82	5,10

Tabel 32 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met katoenrollen met drie verschillende hergebruiksduren

Impactcategorie	Eenheid	Katoen: 84x hergebruik (-10%)	Katoen: 93x hergebruik	Katoen: 102x hergebruik (+10%)
Human health	Pt	2,67	2,58	2,51
Ecosystems	Pt	0,18	0,18	0,17
Resources	Pt	0,06	0,06	0,06
Totaal	Pt	2,92	2,82	2,74

B.2.3 Elektrische handdroger

Tabel 33 – Gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met vier verschillende typen elektrische handdrogers

Impactcategorie	Eenheid	Dyson Airblade dB	Dyson Airblade V	Xlerator	Conventionele handdroger
Global warming	kg CO ₂ -eq.	2,39E+01	1,94E+01	1,69E+01	6,19E+01
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11-eq.	1,11E-05	8,72E-06	8,55E-06	3,20E-05
Ionising radiation	kBq Co-60-eq.	1,65E-01	1,29E-01	1,38E-01	5,01E-01
Ozone formation, Human health	kg NO _x -eq.	4,55E-02	3,73E-02	3,16E-02	1,06E-01
Fine particulate matter formation	kg PM _{2.5} -eq.	2,47E-02	2,13E-02	1,83E-02	4,84E-02
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NO _x -eq.	4,69E-02	3,85E-02	3,26E-02	1,10E-01
Terrestrial acidification	kg SO ₂ -eq.	6,07E-02	5,10E-02	4,92E-02	1,32E-01
Freshwater eutrophication	kg P-eq.	1,17E-03	9,33E-04	9,81E-04	3,28E-03
Marine eutrophication	kg N-eq.	2,17E-04	1,82E-04	1,63E-04	4,80E-04
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	6,58E+01	5,37E+01	8,69E+01	1,72E+02
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	8,23E-03	6,90E-03	2,50E-02	2,31E-02
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	5,25E-02	4,25E-02	1,01E-01	1,50E-01
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	1,44E-01	1,30E-01	1,84E-01	2,33E-01
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	6,12E+00	4,81E+00	7,14E+00	1,91E+01
Land use	m ² a crop eq	1,32E+00	1,02E+00	1,05E+00	4,07E+00
Mineral resource scarcity	kg Cu-eq.	1,54E-01	1,37E-01	1,57E-01	2,72E-01
Fossil resource scarcity	kg oil-eq.	6,46E+00	5,20E+00	4,69E+00	1,72E+01
Water consumption	m ³	1,68E-01	1,37E-01	1,36E-01	4,30E-01

Tabel 34 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met vier verschillende typen elektrische handdrogers

Impactcategorie	Eenheid	Dyson Airblade dB	Dyson Airblade V	Xlerator	Conventionele handdroger
Human health	Pt	0,66	0,55	0,49	1,56
Ecosystems	Pt	0,03	0,02	0,02	0,07
Resources	Pt	0,01	0,01	0,01	0,03
Totaal	Pt	0,70	0,58	0,52	1,67

Tabel 35 – Gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met de Dyson Airblade dB met verschillende energiebronnen

Impactcategorie	Eenheid	Dyson Airblade dB: gemiddelde energiemix	Dyson Airblade dB: windenergie	Dyson Airblade dB: zonne-energie
Global warming	kg CO ₂ -eq.	2,39E+01	6,48E+00	1,01E+01
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11-eq.	1,11E-05	1,84E-06	3,50E-06
Ionising radiation	kBq Co-60-eq.	1,65E-01	1,88E-02	4,14E-02
Ozone formation, Human health	kg NO _x -eq.	4,55E-02	1,71E-02	2,75E-02
Fine particulate matter formation	kg PM _{2.5} -eq.	2,47E-02	1,31E-02	2,22E-02
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NO _x -eq.	4,69E-02	1,75E-02	2,85E-02
Terrestrial acidification	kg SO ₂ -eq.	6,07E-02	2,68E-02	4,74E-02
Freshwater eutrophication	kg P-eq.	1,17E-03	2,52E-04	5,73E-04
Marine eutrophication	kg N-eq.	2,17E-04	1,06E-04	1,62E-04
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	6,58E+01	2,45E+01	1,18E+02
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	8,23E-03	4,18E-03	8,49E-03
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	5,25E-02	1,76E-02	9,29E-02
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	1,44E-01	1,13E-01	1,33E-01
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	6,12E+00	1,29E+00	5,26E+00
Land use	m ² a crop-eq.	1,32E+00	1,57E-01	2,86E-01
Mineral resource scarcity	kg Cu-eq.	1,54E-01	1,10E-01	1,60E-01
Fossil resource scarcity	kg oil-eq.	6,46E+00	1,60E+00	2,56E+00
Water consumption	m ³	1,68E-01	5,13E-02	1,98E-01

Tabel 36 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met de Dyson Airblade dB met verschillende energiebronnen

Impactcategorie	Eenheid	Dyson Airblade dB: gemiddelde energiemix	Dyson Airblade dB: windenergie	Dyson Airblade dB: zonne-energie
Human health	Pt	0,66	0,25	0,42
Ecosystems	Pt	0,03	0,01	0,01
Resources	Pt	0,01	0,00	0,00
Totaal	Pt	0,70	0,26	0,44

B.2.4 Vermeden emissies

Tabel 37 – Gekarakteriseerde endpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met de verschillende handdroogsystemen als er vermeden emissies worden toegekend voor de energieopwekking tijdens de afvalverwerking

Impactcategorie	Eenheid	Papieren handdoekjes	Katoenrol	Dyson Airblade dB
Human health	Pt	1,28	2,57	0,66
Ecosystems	Pt	0,36	0,18	0,03
Resources	Pt	0,01	0,06	0,01
Totaal	Pt	1,65	2,80	0,70

Tabel 38 – Gekarakteriseerde midpoint-resultaten voor 10.000 handdrogingen met de papieren handdoekjes als er wel of geen vermeden emissies worden toegekend voor de energieopwekking tijdens de afvalverwerking

Impactcategorie	Eenheid	Papieren handdoekjes: geen vermeden emissies	Papieren handdoekjes: vermeden emissies
Global warming	kg CO ₂ -eq.	5,23E+01	2,70E+01
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11-eq.	5,78E-05	4,60E-05
Ionising radiation	kBq Co-60-eq.	2,37E-01	6,63E-02
Ozone formation, Human health	kg NO _x -eq.	2,37E-01	2,01E-01
Fine particulate matter formation	kg PM _{2,5} -eq.	8,40E-02	7,33E-02
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NO _x -eq.	2,44E-01	2,06E-01
Terrestrial acidification	kg SO ₂ -eq.	2,07E-01	1,76E-01
Freshwater eutrophication	kg P-eq.	7,15E-03	6,15E-03
Marine eutrophication	kg N-eq.	2,59E-03	2,40E-03
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	2,24E+02	2,12E+02
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	5,10E-02	4,79E-02
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	1,94E-01	1,76E-01
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	5,58E-01	5,31E-01
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	1,54E+01	1,37E+01
Land use	m ² a crop eq	1,33E+02	1,32E+02
Mineral resource scarcity	kg Cu-eq.	1,28E-01	1,03E-01
Fossil resource scarcity	kg oil-eq.	8,98E+00	1,22E+00
Water consumption	m ³	4,81E-01	3,60E-01

Literatuur

- CBS. (2024). *Hernieuwbare energie in nederland 2023*. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/rapportages/2024/hernieuwbare-energie-in-nederland-2023/4-windenergie>
- CE Delft. (2021). *Circulair beton bij rijkswaterstaat*.
- CEPI. (2025). *Key statistics 2024*.
- Dyson. (2026a). *Dyson airblade db technische specificaties*. Dyson. <https://www.dyson.nl/content/dam/dyson/for-business/business-refresh/docs/eu/benelux/hand-dryers/airblade-db-technische-specificaties-nl.pdf>
- Dyson. (2026b). *Dyson airblade v technische specificaties*. Dyson. <https://www.dyson.be/content/dam/dyson/for-business/business-refresh/docs/eu/benelux/hand-dryers/airblade-v-technische-specificaties-nl-nl.pdf>
- Dyson. (2026c). *Dyson airblade wash+dry technische specificaties*.
- ETSA, & WIRTEX. (2016). *Life cycle analysis of hand-drying systems - a comparative study of cotton towel rolls and paper towels*.
- Excel Dryer. (2023). *Environmental product declaration xlerator hand dryer*.
- Excel Dryer. (2026). *Technical data sheet xlerator hand dryer*.
- FAO. (2026). *Jute and hard fibres*. <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities-overview/fibres/jute-and-hard-fibres/en>
- Goedkoop, M., & Spriensma, R. (2001). *The eco-indicator 99 : A damage-oriented method for life cycle impact assessment, methodology report, third edition*.
- Gregory, J.R., Montalbo, T.M., & Kirchain, R.E. (2013). Analyzing uncertainty in a comparative life cycle assessment of hand drying systems. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2013(8), 1605-1617. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0606-0>
- Huijbregts, M.A.J., Steinmann, Z.J.N., Elshout, P.M.F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M.D.M., Hollander, A., Zijp, M., & Zelm, R. (2017). *Recipe 2016 v1.1 : A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. Report i: Characterization*. RIVM. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0104.html>
- HYSICON. (2022). *Automatische handdroger wit*. HYSICON. <https://hysiconshop.nl/product/automatische-handdroger-wit/>
- Joseph, T., Baah, K., Jahanfar, A., & Dubey, B. (2015). A comparative life cycle assessment of conventional hand dryer and roll paper towel as hand drying methods. *The Science of the Total Environment*(1879-1026 (Electronic)). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.112>
- Miljögraff. (2016). *Lca of recycling cotton*.
- Montalbo, T.M., Gregory, J.R., & Kirchain, R.E. (2011). *Life cycle assessment of hand drying systems*.
- Pré Sustainability. (2019). *Milieu-impact van handdroogsystemen*.
- Rijkswaterstaat. (2025). *Afvalverwerking in 2023: Composteren toegenomen, verbranden en storten afgenomen*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. <https://afvalcirculair.nl/actueel/nieuws/afvalnieuws/2025/afvalverwerking-2023-composteren-toegenomen/>
- Slotyuk, L. (2016). *Lca of mechanical hand-drying systems. A comparison of cotton and paper towels*.
- Vendor. (2019). *Productsheet vouwhanddoekhouder*. Vendor. <https://www.vendor.nl/>
- WIRTEX, & ETSA. (2016). *Lca of mechanical hand-drying systems. A comparison of cotton and paper towels*.