



Life Cycle Assessment Evaluatie

Bamboe Toiletpapier

Vergelijking met virgin en gerecycled toiletpapier

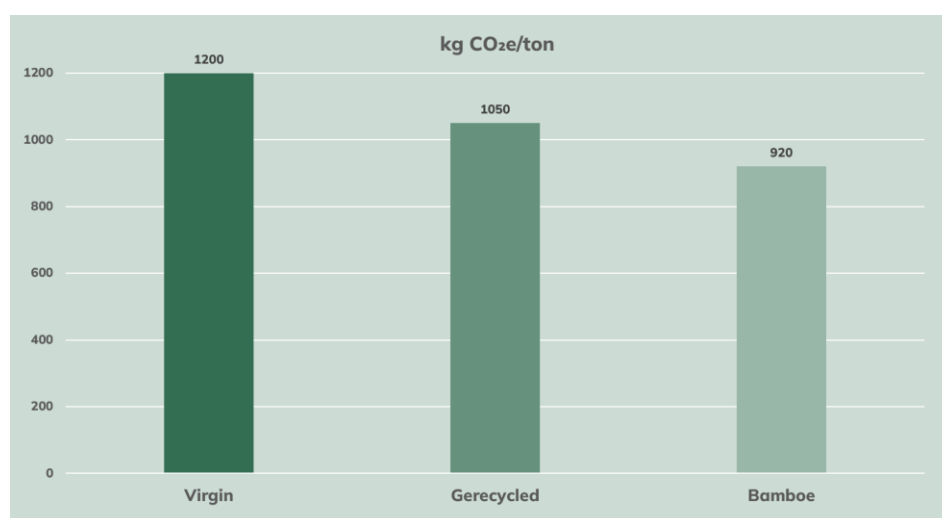
September 2025

Managementsamenvatting

Toiletpapier lijkt op het eerste gezicht een eenvoudig product, maar de milieu-impact ervan is aanzienlijk. Het grootste deel van de impact wordt veroorzaakt door de productie van pulp en het energiegebruik in het verwerkingsproces. Daarom is de keuze van grondstof en productieketen bepalend voor de duurzaamheid van het eindproduct.

De bestaande literatuur laat zien dat **gerecycled toiletpapier gemiddeld ongeveer 12% minder CO₂-impact¹ veroorzaakt dan papier op basis van virgin houtpulp**. Recente studies (UBA 2022, Ecoinvent 2020) bevestigen dit beeld, met waarden rond de **1.200 kg CO₂e per ton voor virgin tissue** en rond de **1050 kg CO₂e per ton voor gerecycled tissue**.

Voor **bamboe toiletpapier** zijn er minder peer-reviewed studies beschikbaar. Wel laten merk- en sectorrapporten zien dat **bamboe doorgaans 20%-30% lagere CO₂-impact heeft dan virgin pulp, met als realistische inschatting circa 23% lager, en ongeveer 13% lager dan gerecycled tissue**. De belangrijkste verklaringen hiervoor zijn de snelle hergroei van bamboe, lagere inputs van water en energie, en het vermijden van boskap.



Figuur 1: Indicatieve waarden voor de carbon footprint voor virgin, gerecycled en bamboe papier

Daarmee kan bamboe – mits geproduceerd met een efficiënte energie- en transportketen – een duurzamer alternatief zijn voor zowel virgin als gerecycled toiletpapier. Voor de Nederlandse context, met een sterke recyclinginfrastructuur en een steeds schonere energiemix, ligt het potentieel voordeel van bamboe vooral in de combinatie van CO₂-reductie en de strategische diversificatie van vezelbronnen.

De overstap naar bamboe toiletpapier biedt organisaties dus een tastbare kans om hun CO₂-footprint verder te verlagen, naast bestaande besparingen door recycling en energie-efficiëntie.

¹ In dit rapport verwijst 'CO₂-impact' aan klimaatimpact uitgedrukt in kilogram CO₂-equivalenten (kg CO₂e)

1. Introductie

Toiletpapier en tissueproducten hebben een substantiële milieu-impact, vooral door grondstof- en energiegebruik. Voor virgin (houtpulp) versus gerecycled toiletpapier zijn er meerdere peer-reviewed en onafhankelijke LCAs beschikbaar (o.a. MIT 2011, Gemechu 2013, Masternak-Janus 2015, UBA 2022).

Voor bamboe toiletpapier bestaat er echter geen specifieke peer-reviewed LCA die deze vezel direct naast virgin en gerecycled tissue plaatst. Wel kan worden afgeleid uit verschillende algemene onderzoeken en LCAs dat toiletpapier van bamboe een lagere milieuimpact heeft, zowel ten opzichte van virgin papier (~23%) als gerecycled papier (~13%).

2. Virgin vs. Gerecycled papier

De vergelijking tussen virgin en gerecycled toiletpapier is uitvoerig onderzocht in verschillende onafhankelijke LCAs. Hoewel de resultaten enigszins variëren per land, dataset en toegepaste methode, laten alle studies zien **dat gerecycled papier vrijwel altijd een lagere klimaatimpact heeft dan papier op basis van virgin houtpulp**. Hieronder worden vijf representatieve studies in chronologische volgorde besproken, die samen een goed beeld geven van de ontwikkelingen in de afgelopen tien jaar en de implicaties voor de Nederlandse context.

Studie	Jaar	Context / Product	Virgin (kg CO ₂ e/ton)	Gerecycled (kg CO ₂ e/ton)	Vershil
MIT	2011	VS, handdrooganalyse (tissues)	~1.974	~2.026	+3%
Gemechu et al.	2013	EU, tissue algemeen (peer-reviewed)	~1.875	~1.307	-30%
Masternak-Janus	2015	Polen, ReCiPe, tissue	~1.200	~1.000	-15%
Ecoinvent v3.7	2020	Internationaal (cut-off), tissue	~1.000	850-900	-10-15%
UBA / ifeu	2022	Duitsland/EU, specifiek toiletpapier	1.300-1.400	~1.200	-8-14%

Figuur 2: Overzicht van verschillende LCA rapportages en data met betrekking op virgin en gerecycled papier sinds 2011

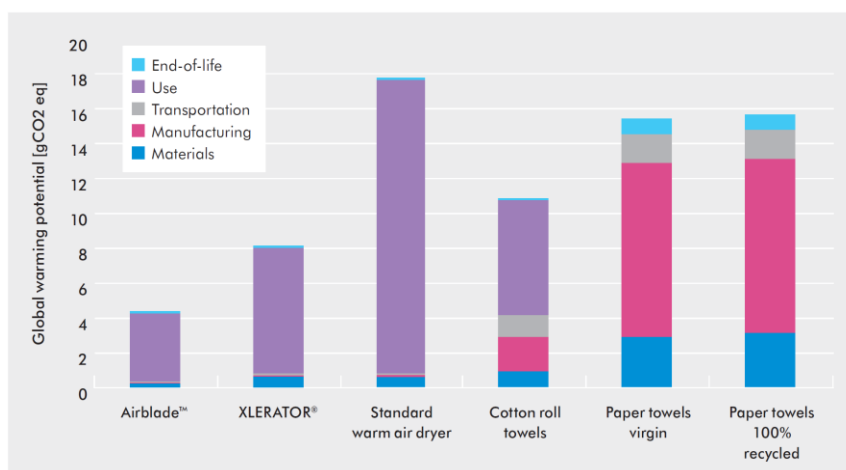
In de MIT LCA (2011) scoren **virgin en gerecycled papier nagenoeg gelijk, met een 3% lagere impact voor virgin**. Gemechu et al. (2013) rapporteert **een groot verschil (-30%) in het voordeel van gerecycled papier**, maar dit onderzoek betrof *tissuepapier in brede zin* en gebruikte oudere, energie-intensievere data en een allocatiemodel dat gunstig uitvalt voor recycling.

Latere en meer representatieve studies, zoals Masternak-Janus (2015), Ecoinvent (2020) en UBA/ifeu (2022), laten verschillen zien van **ongeveer 10-15% in het voordeel van gerecycled papier**, met specifieke focus op toiletpapier (UBA) en toepassing van recentere datasets en cut-off modellen.

2.1 Life Cycle Assessment of Hand Drying Systems (MIT, 2011)

Deze LCA, uitgevoerd door het Massachusetts Institute of Technology (MIT) in 2011ⁱ, analyseerde verschillende handdroogmethoden, waaronder papieren handdoekjes van virgin en 100% gerecycled pulp. De klimaatimpact werd berekend op **15,4 g CO₂e per droogbeurt** (**≈7,7 g CO₂e per doekje**) voor virgin papier en **15,7 g CO₂e per droogbeurt** (**≈7,9 g CO₂e per doekje**) voor gerecycled papier.

Omgerekend (uitgaande van 3,9 g per handdoekje) komt dit neer op ongeveer **1.974 kg CO₂e per ton papier voor virgin papier** en **2.026 kg CO₂e per ton papier voor gerecycled papier**. Dit betekent dat gerecycled ongeveer 3% ongunstiger scoort dan virgin.



Figuur 3: Klimaatimpact van verschillende handdroogmethoden. Voor papieren handdoekjes komt virgin papier uit op gemiddeld 15,4 g CO₂e per droogbeurt en 100% gerecycled papier op 15,7 g CO₂e (Bron: MIT, 2011)

2.2 Life Cycle Assessment of Tissue Paper Products in Europe (Gemechu, 2013)

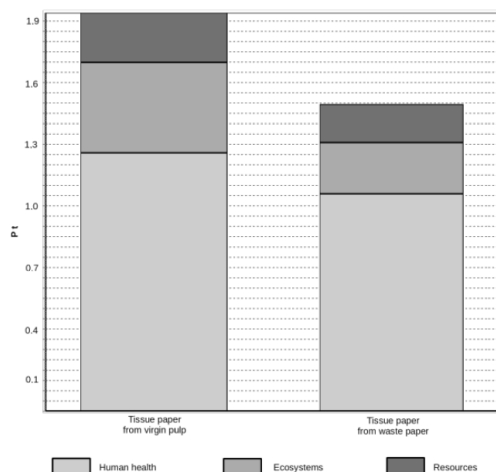
Deze peer-reviewed studie, gepubliceerd in *The International Journal of Life Cycle Assessment*ⁱⁱ (Gemechu et al., 2013), analyseerde tissuepapier op basis van virgin en gerecycled pulp in Spanje. De resultaten laten zien dat virgin tissue een klimaatimpact heeft van **1.875 kg CO₂e per ton papier**, terwijl gerecycled tissue uitkomt op **1.307 kg CO₂e per ton papier** – een verschil van ongeveer **30% lagere emissies**. Het voordeel komt vooral door het vermijden van het energie-intensieve houtpulpproces en door kortere transportafstanden.

VP process		RWP process	
Process	GHGg eq CO ₂ kg ⁻¹	Process	GHGg eq CO ₂ kg ⁻¹
Chemicals	43	Chemicals	52
Electricity	465	Electricity	512
Pulp	559	Waste paper	173
Steam heat	438	Steam heat	541
Transport	368	Transport	27
Water	2	Water	3
Total	1,875	Total	1,307

Figuur 4: Vergelijking van de broeikasgasemissies (kg CO₂-eq per ton papier) tussen het virgin pulp (VP) proces en het recycled waste paper (RWP) proces. Bij het RWP-proces zijn meer chemicaliën en energie nodig, maar het transportverbruik is aanzienlijk lager (Bron: Gemechu et al, 2013)

2.2 Life Cycle Analysis of Tissue Paper Manufacturing from Virgin Pulp or Recycled Waste Paper (Masternak-Janus & Rybaczewska-Błazejowska, 2015)

In deze LCAⁱⁱⁱ wordt tissueproductie vanuit virgin pulp en gerecycled vezels vergeleken met toepassing van de ReCiPe impactmethode. De resultaten, gepresenteerd in genormaliseerde grafieken, laten zien dat de klimaatimpact van gerecycled tissue ongeveer **15% lager** ligt dan die van virgin tissue. De auteurs schrijven dit verschil vooral toe aan het vermijden van bosbouw en pulpverwerking, al wordt het voordeel deels beperkt door de relatief energie-intensieve ontinktings- en droogprocessen, die in Polen vaak met kolenstroom werden uitgevoerd.



Figuur 5: Genormaliseerde milieubelasting van tissuepapier op basis van virgin pulp (links) en gerecycled papier, opgesplitst in Human health, Ecosystems en Resources (Bron: Masternak-Janus, 2015).

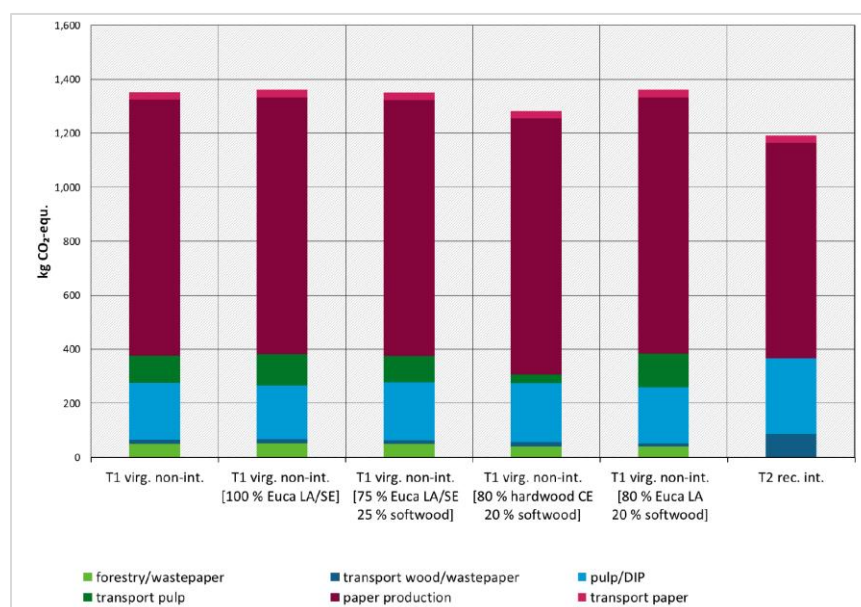
2.3 Life Cycle Inventory database (Ecoinvent v3.7, 2020)

Ecoinvent^{iv} is de meest gebruikte internationale LCI-database en wordt breed toegepast in LCA-studies en consultancy. Versie 3.7 bevat gedetailleerde datasets voor virgin pulp en recycled pulp. Voor virgin tissue bedraagt de impact ongeveer **1000 kg CO₂e per ton**, terwijl gerecycled tissue rond de **850–900 kg CO₂e per ton** ligt. Dat komt neer op een verschil van **10–15% lagere CO₂-impact** voor gerecycled papier. Dit verschil wordt voornamelijk gedreven door het vermijden van primaire houtkap en de lagere energie-inzet in de pulpbereiding.

2.4 Updated Life-Cycle Assessment of Graphic and Tissue Paper (UBA, 2022)

Dit rapport, uitgevoerd door ifeu in opdracht van het Duitse Umweltbundesamt (UBA)⁹, geldt als een van de meest recente en uitgebreide LCAs voor tissue en grafisch papier. Op basis van actuele Europese datasets wordt gerapporteerd dat virgin tissue een impact heeft van **tussen de 1.300–1.400 kg CO₂e per ton voor virgin tissue en rond de 1.200 kg CO₂e per ton voor gerecycled tissue**.

Hoewel deze waarden hoger zijn dan die in de Ecoinvent database, dat waarden rond 1.000 en 850–900 kg CO₂e per ton rapporteert, is het procentuele verschil vergelijkbaar: **gerecycled tissue scoort ongeveer 8–14% lager dan virgin tissue**. Het voordeel komt vooral door het vermijden van bosbouw en de lagere energie- en chemicaliëninputs in de recyclingketen.



Figuur 6: klimaatemissies van verschillende virgin tissue-scenario's (T1) en een geïntegreerde recyclingvariant (T2). De exacte waarde varieert per vezelmix, virgin tissue ligt rond de 1300–1400 kg CO₂e/ton, terwijl gerecycled tissue (T2) rond de 1200 kg CO₂e/ton scoort (UBA, 2022)

2.5 Conclusie

De vroege studies naar de klimaatimpact van tissuepapier laten een wisselend beeld zien. In de MIT LCA (2011) is de impact van virgin en gerecycled papier vrijwel gelijk, **waarbij gerecycled rond 3% hoger uitkomt dan virgin**. Gemechu et al. (2013) rapporteert daarentegen een veel groter verschil, met **ongeveer 30% lagere emissies voor gerecycled papier**. Beide studies zijn gebaseerd op oudere, relatief energie-intensieve datasets en modelkeuzes die de resultaten sterk beïnvloeden.

Latere en meer representatieve onderzoeken, zoals Masternak-Janus (2015), Ecoinvent (2020) en UBA/ifeu (2022), laten een consistenter beeld zien. De absolute waarden verschillen per bron en systeemgrens (Ecoinvent 1.000 vs. 850–900 kg CO₂e/ton, UBA 1.300–1.400 vs. 1.200 kg CO₂e/ton), maar het relatieve verschil convergeert: **gerecycled scoort gemiddeld rond 12% lager dan virgin**.

Voor de Nederlandse context is het daarom passend om uit te gaan van deze recentere waarden: **virgin tissue rond de 1.200 kg CO₂e per ton en gerecycled tissue rond de 1.050 kg CO₂e per ton, een reductie van ongeveer 12%**. Dit sluit aan bij de efficiënte recyclingketen en de steeds schonere elektriciteitsmix in Europa en Nederland.

3. Bamboe vs houtpapier

Bamboe geldt in veel onderzoeken en marktstudies als een **duurzamer alternatief voor traditioneel houtpulp in de productie van papier en tissue**. Dat komt door een aantal intrinsieke voordelen van de vezel. Bamboe groeit zeer snel en kan jaarlijks worden geoogst zonder grootschalige ontbossing, terwijl bomen tientallen jaren nodig hebben om te volgroeien. Het vereist doorgaans minder water en bestrijdingsmiddelen, en in sommige ketens wordt zelfs gebruikgemaakt van reststromen uit andere bamboetoepassingen.

Deze eigenschappen maken bamboe van nature een grondstof met een lagere milieu-impact. Voor het verschil tussen bamboe en houtpulp zijn slechts beperkt peer-reviewed life cycle assessments beschikbaar, en deze zijn vaak contextspecifiek. In de markt en in NGO-publicaties wordt vaak gesproken over een reductie van gemiddeld 30% CO₂-impact van bamboepapier ten opzichte van virgin houtpulp. Zo claimt Pure Planet Club dat bamboe toiletpapier 30% minder broeikasgassen uitstoot, en stelt Environment America dat bamboeproducten “at a minimum” 30% lagere emissies hebben. Ook de Natural Resources Defense Council (NRDC) verwijst in haar publicaties naar een reductie van 30%.

In de volgende paragrafen worden de belangrijkste beschikbare studies besproken. Deze variëren van vroege literatuurreviews tot merkgebonden LCA's en recente peer-reviewed vergelijkingen. Samen schetsen zij een beeld waarin bamboe consequent gunstiger scoort dan virgin houtpulp, waarbij de gerapporteerde reductie afhankelijk van methodiek en context doorgaans varieert tussen de 20% en 30%.

3.1 Review of Bamboo LCAs (Van der Lugt et al., 2009)

Een vroege LCA-review van Van der Lugt et al. (TU Delft, 2009)^{vi} analyseerde de milieu-impact van bamboeproducten op basis van eco-costs, met data uit Ecoinvent en Idemat. De studie laat zien dat bamboe door zijn **snelle groei en hoge opbrengst per hectare** een groot potentieel heeft als alternatieve vezelbron. Voor toepassingen zoals pulp en papier kan dit resulteren in aanzienlijk hogere jaarlijkse volumes per hectare dan houtsoorten als eucalyptus of teak.

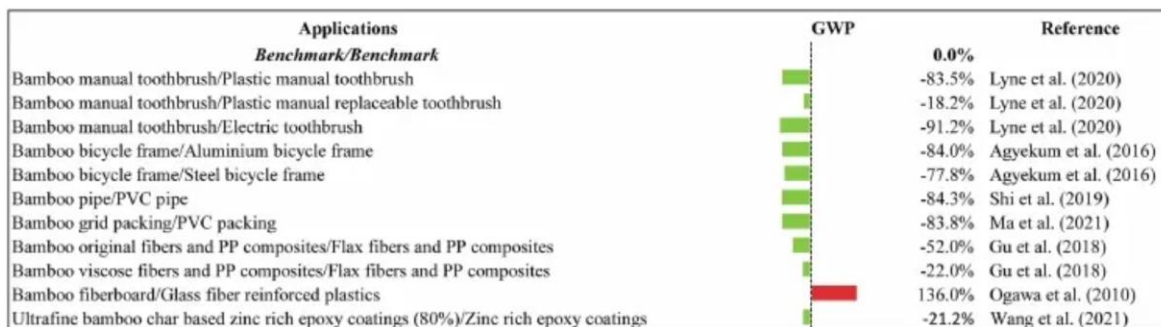
Tegelijkertijd benadrukt de studie dat de duurzaamheid van bamboe **sterk afhangt van de productieketen**: eenvoudige toepassingen met lokaal gebruik scoren zeer gunstig, terwijl industriële verwerking en export naar Europa de impact aanzienlijk verhogen. Hoewel de analyse geen concrete CO₂-waarden voor toiletpapier rapporteert, bevestigt zij dat **bamboe onder de juiste omstandigheden een duurzamer alternatief kan vormen ten opzichte van virgin houtvezel**.

3.2 LCA of bamboo products: Review and harmonization (Gan et al, 2022)

Gan et al. (2022)^{vii} publiceerden een review en harmonisatie van beschikbare LCA-studies naar bamboeproducten in *Science of the Total Environment*. De auteurs laten zien dat bamboe in veel toepassingen – waaronder pulp, panelen en textiel – een **lagere klimaatimpact (GWP)** heeft dan conventionele houtproducten.

Tegelijkertijd wijzen zij op een aanzienlijke **spreiding in de resultaten**, die vooral wordt veroorzaakt door verschillen in de toegepaste pulpingtechnologie, de energie- en transportmix en de functionele eenheid in de studies. Het artikel levert daarmee geen eenduidig percentage van de besparing van

bamboe ten opzichte van virgin pulp, maar bevestigt wel dat bamboe **structureel een lager potentieel heeft**, mits het wordt geproduceerd onder efficiënte proces- en energiecondities.



Figuur 7: Overzicht van de Global Warming Potential impact van verschillende bamboe producten ten opzichte van andere materialen (bron: Gan et al., 2022).

3.3 Life Cycle Assessment of Bamboo Toilet Tissue (Cheeky Panda, 2024)

Cheeky Panda publiceerde in 2024 een ISO-conforme LCA in samenwerking met Carbon Footprint Ltd.^{viii} Daarin wordt gerapporteerd dat een rol **bamboe toiletpapier (140 g)** een **klimaatimpact heeft van 176,7 g CO₂e**, vergeleken met **245,0 g CO₂e** voor een rol van **virgin houtpulp**. Omgerekend per gram komt dit neer op **1,18 g CO₂e/gram** voor bamboe en **1,75 g CO₂e/gram** voor virgin. Volgens de studie betekent dit dat dit **bamboe toiletpapier een 27% lagere impact heeft dan virgin**.

De studie laat ook een waarde zien van **322,2 g CO₂e** voor een rol **gerecycled papier**, wat relatief hoog ligt vergeleken met andere LCA's. Dit verschil is waarschijnlijk toe te schrijven aan de specifieke aannames over energiegebruik en de toegepaste allocatiemethode in de modellering.

Process	Cradle to Gate Lifecycle emissions (gCO ₂ e per roll of toilet paper)		
	Cheeky Panda's Bamboo toilet paper (gCO ₂ e)	Typical recycled wood toilet paper (gCO ₂ e)	Typical virgin wood toilet paper (gCO ₂ e)
Raw materials (embodied emissions)	26.65	151.73	86.33
Product distribution	68.55	47.18	47.18
Transport of raw materials	1.58	29.68	17.92
Manufacturing	79.96	93.60	93.60
Total	176.74	322.19	245.04
Total per gram (gCO ₂ e)	1.18	2.30	1.75

Figuur 8: Cradle-to-gate klimaatemissies van bamboe toiletpapier vergeleken met gerecycled en virgin houtpulp (Bron: Cheeky Panda / Carbon Footprint Ltd., 2024)

3.4 Comparative LCA of Bamboo and Wood Pulp (Duan et al., 2025)

Duan et al. (2025)^{ix} onderzochten de milieu- en economische prestaties van bamboepulp ten opzichte van houtpulp in China, met behulp van een geïntegreerde LCA- en LCC-aanpak. De resultaten laten zien dat de klimaatimpact van bamboepulp sterk varieert afhankelijk van proceskeuzes en energiegebruik. In lijn met andere onderzoeken kan bamboe een significant lagere klimaatimpact hebben: onder gunstige omstandigheden werd een **besparing tot ongeveer 24% ten opzichte van**



houtpulp vastgesteld, terwijl in minder gunstige omstandigheden de impact juist een stuk hoger kan uitvallen. De belangrijkste bepalende factoren zijn de mate van chemicaliën- en stoomterugwinning, de gebruikte energiebron en de efficiëntie van het pulpproces.

Omdat deze studie is uitgevoerd in de Chinese context, met een relatief koolstofintensieve elektriciteitsmix en deels verouderde technologieën, is de gerapporteerde reductie waarschijnlijk een conservatieve inschatting; in regio's met schonere energie en moderne processen kan het voordeel groter zijn.

3.5 Conclusie

Op basis van de beschikbare literatuur, merkrapportages en recente peer-reviewed studies kan worden geconcludeerd dat bamboe onder gunstige omstandigheden een duidelijk klimaatvoordeel heeft ten opzichte van virgin houtpulp. De gerapporteerde **reducties liggen doorgaans in de bandbreedte van 20% tot 30%**.

Voor de Nederlandse context (met producten zoals *The Good Roll* die bamboepulp lokaal in Ghana verwerken) lijkt een **conservatieve inschatting van 20–25% lagere CO₂-impact** realistisch. Daarbij kan een reductie van **23% als best-estimate** worden aangehouden. Met verdere optimalisatie van energie- en pulpprocessen kan deze reductie verder richting de 30% bewegen.

Op basis van de verschillende peer-reviewed studies kan geconcludeerd worden dat **gerecycled papier gemiddeld ongeveer 12% lagere impact heeft dan virgin papier**. Wanneer dit gecombineerd wordt met de **best estimate van 23% lagere impact van bamboe ten opzichte van virgin**, kan daaruit worden afgeleid dat **bamboe naar verwachting ongeveer 13% lager scoort dan gerecycled tissue**.

Referenties

- ⁱ **MIT Materials Systems Laboratory. (2011).** *Comparative Life Cycle Assessment: Hand Drying Systems*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- ⁱⁱ **Gemechu, E. D., Sonnemann, G., & Young, S. B. (2013).** An international comparative life cycle assessment of tissue paper products. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(8), 1504–1518.
- ⁱⁱⁱ **Masternak-Janus, A., & Rybaczewska-Błazejowska, M. (2015).** *Life Cycle Analysis of Tissue Paper Manufacturing from Virgin Pulp or Recycled Waste Paper*. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection)*, 17, 955–968.
- ^{iv} **Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., & Weidema, B. (2016).** *The ecoinvent database version 3 (v3.7 update 2020)*. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 21, 1218–1230.
- ^v **ifeu / Umweltbundesamt (UBA). (2022).** *Updated Life-Cycle Assessment of Graphic and Tissue Paper – Background Report*. Texte 123/2022. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- ^{vi} **van der Lugt, P., Vogtländer, J., van der Vegte, H., & Brezet, H. (2009).** *Bamboo, a Sustainable Solution for Western Europe: Design Cases, LCAs and Land Use*. INBAR Technical Report No. 30. International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), Beijing.
- ^{vii} **Gan, J., Chen, M., Semple, K., Liu, X., Dai, C., & Tu, Q. (2022).** *Life cycle assessment of bamboo products: Review and harmonization*. *Science of the Total Environment*, 825, 153902.
- ^{viii} **Carbon Footprint Ltd. (2024).** *The Cheeky Panda Toilet Tissue Carbon Footprint Report*. LCA uitgevoerd volgens ISO 14040/44, cradle-to-gate. [Rapport gepubliceerd door The Cheeky Panda].
- ^{ix} **Duan, Y., Wang, J., et al. (2025).** *Bamboo pulp as a sustainable alternative in China's pulp industry: Economic and environmental assessment*. *Resources, Conservation & Recycling*.