



Het printerloos kantoor

Een studie naar het gebruik
van e-readers ter vervanging
van geprint papier

Rapport
Delft, maart 2011

Opgesteld door:
M.M. (Marijn) Bijleveld
M.N. (Maartje) Sevenster



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

M.M. (Marijn) Bijleveld, M.N. (Maartje) Sevenster

Het printerloos kantoor

Een studie naar het gebruik van e-readers ter vervanging van geprint papier

Delft, CE Delft, maart 2011

Papier / Milieu / Analyse / Afval / Wetgeving / Ketenbeheer / Milieudruk / Afname /
Hergebruik / Energiegebruik / Grondstoffen

Publicatienummer: 11.7039.22

Opdrachtgever: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl.

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Maartje Sevenster.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken.

Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.



Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	9
2	Methode	11
2.1	Werkwijze	11
2.2	LCA en impactanalyse	11
2.3	Scope en afbakening	12
3	Data	15
3.1	Printjes	15
3.2	E-reader	16
3.3	Printergebruik op het werk	19
4	Resultaten	21
4.1	Inleiding	21
4.2	Papier	21
4.3	E-reader	23
4.4	Een printerloos kantoor	29
4.5	Aanwezigheid omstreden metalen	35
5	Conclusies	37
5.1	Printerloos kantoor	37
5.2	Papierloos kantoor	38
	Literatuurlijst	41
Bijlage A	Printjes	43
A.1	Gebuurde Ecoinvent-processen	43
A.2	Milieubelastingboom printje	44
Bijlage B	E-readers	45
B.1	Opbouw e-readers	45
B.2	Overige processen modellering e-readers	46
Bijlage C	Milieubelasting e-readers	49
C.1	Milieubelastingboom van ER1	50
C.2	Milieubelastingboom van ER2	51
C.3	Milieubelastingboom van ER3	52



Bijlage D	Gevoeligheidsanalyse microchip	55
D.1	Kansverdeling van de milieubelasting van 1 kg microchip	56
D.2	Onzekerheid in milieubelasting per effectcategorie	57
Bijlage E	De impact van goud	59
E.1	Bijdrage van goud (tailings) aan milieubelasting van microchips	59
E.2	Bijdrage van goud (tailings) in microchips aan humane toxiciteit	60



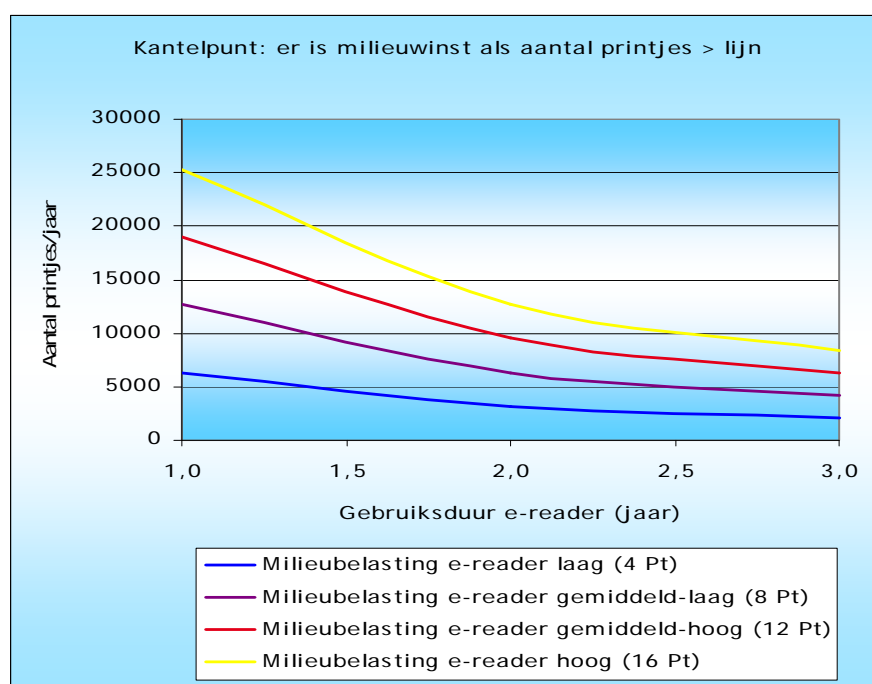
Samenvatting

Het is een mooie gedachte: door e-readers te gebruiken voor het lezen van documenten worden er bomen gespaard doordat er minder geprint hoeft te worden. Duurzame dingen, die e-readers!

Het is echter helemaal niet zo zeker dat het gebruik van een e-reader tot milieuwinst leidt. In dit onderzoek is door middel van levenscyclusanalyse de milieubelasting van e-readers en geprint papier bepaald. Met behulp daarvan is het punt bepaald waarop de milieubelasting van een hoeveelheid printjes gelijk is aan de milieubelasting van e-readergebruik (het kantelpunt).

Er zijn vier scenario's bepaald voor de milieubelasting van een e-reader, in Figuur 1 gerepresenteerd door de lijnen. De vier scenario's representeren geen daadwerkelijke e-readers; zij geven de grenzen aan waartussen de milieubelasting (uitgedrukt in ReCiPe-punten) waarschijnlijk ligt. Figuur 1 toont de kantelpunten: er kan worden afgelezen hoeveel printjes er moeten worden gemaakt per jaar om de milieubelasting van de e-reader te evenaren.

Figuur 1 Kantelpunten: hoeveelheid printjes waarop milieubelasting e-reader en printjes gelijk zijn



Uit Figuur 1 kan worden geconcludeerd:

- Boven de bovenste lijn wordt zeker milieuwinst behaald.
- Onder de onderste lijn wordt zeker geen milieuwinst behaald.
- Tussen de lijnen in is er onzekerheid: het is mogelijk dat er milieuwinst wordt behaald, maar dat ligt aan de milieubelasting van de e-reader. De milieubelasting van elke e-reader verschilt.

Het is dus noodzakelijk dat een aanzienlijke hoeveelheid printjes uitgespaard wordt voordat er milieuwinst kan worden behaald, zeker als de e-reader kortstondig wordt gebruikt. Hoe langer de totale gebruiksduur des te minder printjes hoeven er per jaar uitgespaard te worden om milieuwinst te boeken.

Wanneer men op kantoor overweegt e-readers in te zetten is het belangrijk te bedenken dat in een kantooromgeving maar een deel van de printjes zal worden ondervangen. Per specifieke kantooromgeving zou een aparte afweging moeten worden gemaakt. Men moet zich daarbij afvragen:

- Wat is het totale printgedrag en het printgedrag per persoon (variatie)?
- Welk deel van het printgedrag kan worden ondervangen door efficiënter printen (dubbelzijdig printen, meerdere pagina's per zijde)?
- Welk deel kan door computers en internet worden ondervangen?
- Welk deel van het overgebleven printgedrag zou door e-readers kunnen worden ondervangen?
- Is het praktisch als er e-readers worden gedeeld?
- Welk bijkomend voordeel kan e-readergebruik nog leveren? Zullen er bijvoorbeeld ook boeken, tijdschriften of kranten mee worden uitgespaard?

De reden dat vier scenario's zijn opgesteld is dat de inventarisatie van e-readers onzekerheden bracht. Zo wordt de opbouw van het E-ink-scherm (gebruikt in nieuwste typen e-reader) niet prijsgegeven door de producent. Een LCD-scherm (gebruikt in tablet-PCs) is gebruikt als proxy. Daarnaast draagt de microchip in hoge mate bij aan de milieubelasting. Omdat het formaat van deze microchips per e-reader verschilt, geeft dit onzekerheid. Een positief aspect van de e-readers is dat ze zeer zuinig zijn in gebruik: energieverbruik per jaar heeft nauwelijks invloed op de totale milieubelasting.

Een ander aspect, waar wederom de microchip een rol in speelt, is het gebruik van metalen in de e-reader. Een aantal metalen waarvan de kans groot is dat ze voorkomen in e-readers, is in opspraak. In conflictgebieden wordt regelmatig de opbrengst van mijnen gebruikt voor financiering van wapens of het onderhouden van milities. Dit speelt bij tin en tantalium. Bij de winning van goud spelen ook toxische emissies uit restafval een rol. Uiteraard kunnen de metalen ook uit mijnen komen waar dit soort problemen niet spelen, maar de herkomst is meestal onbekend, ook bij de producent.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van I&M, waarbij aan is gesloten bij de eerdere studie van CE Delft *'Milieuanalyses papier en karton'*. In dit kader is ingeschat welke milieuwinst in totaal in Nederland kan worden behaald door de inzet van e-readers. Op basis van interviews en printgegevens van enkele bedrijven en instanties is een grove inschatting gemaakt van potentiële reductie op de papier- en kartonconsumptie: geschat wordt dat door e-readergebruik in juiste situaties een reductie van 1% op de totale milieubelasting kan worden behaald.

Bij de overgang naar een geheel papierloos kantoor kunnen meer technieken een rol spelen dan alleen e-readers (zie CREM, 2010). De bevindingen van dit rapport zijn in hoofdlijn van toepassing op elke vervangingsoptie. Voor de meeste draagbare elektronica (laptop, dualbook, etc.) geldt dat de productie van het apparaat en de daarin gebruikte materialen de milieu-impact domineren, zeker met de relatief korte daadwerkelijke levensduur. Het milieuprofiel zal dus niet veel verschillen van dat van de e-reader. De absolute hoogte van milieu-impacts kan variëren, maar er zal steeds sprake zijn van een kantelpunt in termen van minimaal te vervangen papiergebruik om tot

milieuwinst te leiden. Vooralsnog ligt dit kantelpunt hoog ten opzichte van een typische kantooromgeving maar de ontwikkelingen in de elektronicawereld zijn snel. Kantelpunten kunnen dus in de (niet al te verre) toekomst lager liggen.





1 Inleiding

In het kader van het traject 'Ketengericht afvalbeleid' heeft het ministerie van I&M opdracht gegeven aan CE Delft om een studie uit te voeren naar de milieueffecten van de vervanging van geprint papier door het gebruik van e-readers in een kantooromgeving. Het doel van dit project is om inzicht krijgen in de mate waarin een dergelijke overgang zou kunnen bijdragen aan reductie van de totale milieubelasting ten opzichte van de nulmeting die is uitgevoerd voor de papier- en kartonketen (CE, 2010a).

Het printerloos kantoor gaat uit van verregaande digitalisering, waar al het printwerk wordt opgevangen door het gebruik van producten: computers, laptops en internet maken het verwerken, opslaan en versturen van documenten mogelijk; met laptops en e-readers is het mogelijk op locatie of onderweg documenten, boeken, kranten, etc. te lezen. In deze studie wordt alleen gekeken naar de vervanging door e-readers en wordt een inschatting gemaakt van het potentieel daarvan.

Figuur 2 I-rex Iliad e-reader met E-ink-scherm



Een e-reader is een *handheld* product waarmee boeken en documenten digitaal worden weergegeven. Er zijn een groeiend aantal merken e-readers op de markt, met verschillende functionaliteit en opbouw.

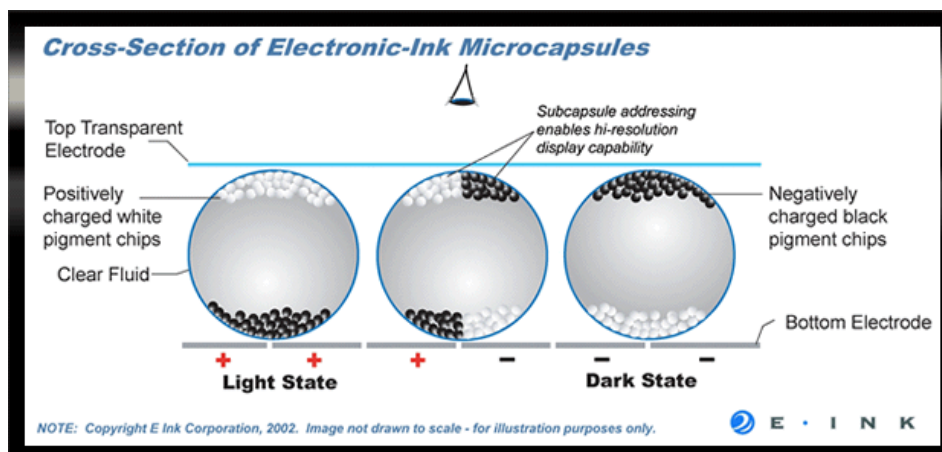
De nieuwste typen maken gebruik van een E-ink-scherm (zie Figuur 3). Dit is een kunststof scherm dat veel kleine bollen bevat die door elektrische lading van kleur veranderen. Hierdoor heeft het scherm pixels zoals op andere beeldschermen, maar het beeld is statisch en behoeft geen energiegebruik wanneer de pagina eenmaal is geladen. Er zijn echter ook e-readers met een 'gewoon' LCD-scherm, de zogeheten tablet-PC's.

Figuur 3 E-ink-scherm, los



E-readers worden vaak genoemd als een milieuvriendelijke oplossing omdat het papier- en boekproductie overbodig maakt. Er zijn diverse studies die de milieubelasting van een e-reader vergelijken met een scenario voor het lezen van boeken. In deze studie kijken we naar de kantooromgeving en wordt de milieubelasting van e-readers vergeleken met die van het printen van papier. Door de milieubelasting van papier te vergelijken met de milieubelasting van een e-reader en het gebruik daarvan, wordt bepaald in welke omstandigheden gebruik van e-readers milieuwinst kan brengen.

Figuur 4 Schematische werking van een E-ink-scherm



Hoofdstuk 2 van dit rapport beschrijft de algemene methodiek, die aansluit bij het eerder door CE Delft gepubliceerde rapport *'Milieuanalyses papier en karton'*. Hoofdstuk 3 beschrijft de inventarisatie van levenscycli van papier en enkele e-readers: het referentiescenario en de alternatieve scenario's, de bij de inventarisatie gebruikte data en gemaakte aannames. De resultaten worden gepresenteerd in Hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 bevat de discussie van de vergelijking van een conventioneel kantoor met een printerloos kantoor en de haalbaarheid daarvan en sluit af met overige conclusies.

2 Methode

2.1 Werkwijze

Het doel van deze studie is het vanuit milieukundig oogpunt vergelijken van het printen van papier met het gebruik van e-readers in kantooromgeving. Hiertoe wordt de milieubelasting van papier en de milieubelasting van e-readers bepaald door middel van levenscyclusanalyse (LCA), waarna wordt onderzocht wanneer het gebruiken van een e-reader ten opzichte van geprint papier een betere optie is. Van beide producten wordt de gehele keten beschouwd, van grondstofwinning en productie tot afvalverwerking.

In de recente studie '*Milieuanalyses papier en karton*' (CE, 2010a) is de milieubelasting van de totale Nederlandse papierconsumptie bepaald over de hele keten. In deze studie is een referentiescenario opgesteld en een nulmeting gemaakt van de milieubelasting hiervan. Gegevens van papierproductie en afvalverwerking worden overgenomen uit die nulmeting (gecorrigeerd voor het aandeel drankenkartons). De impact geassocieerd aan een vel papier is daarom een gemiddelde voor de totale consumptie van papier en karton en bijbehorende afvalverwerking. Op die manier wordt bijvoorbeeld discussie over welk product nou precies 'verantwoordelijk' is voor recyclage van papier vermeden. Verschil in de productiestap tussen grafisch papier en andere soorten wordt zo echter niet gemaakt.

Voor e-readers wordt gebruik gemaakt van drie verschillende, extern uitgevoerde, LCA-studies die allen een gedetailleerde opbouw van een e-reader leveren. De samenstelling van drie verschillende e-readers is dus bekend en met behulp van de gegevens uit de bestaande studies worden de levenscycli van drie verschillende e-readers gemodelleerd. Een groot nadeel is dat de impact van de precieze techniek van e-readers (E-ink) onbekend is omdat de techniek geheim wordt gehouden.

2.2 LCA en impactanalyse

De levenscycli van papier en e-readers worden gemodelleerd met behulp van processen uit de Ecoinvent-database¹, aangevuld met specifieke data waar nodig. De inventarisatie van procesdata resulteert in een lange lijst van emissies en verbruikte grondstoffen. De milieubelasting daarvan wordt bepaald met een impactanalysemethode.

¹ Ecoinvent versie 2.2, 2010.



Net als in de hoofdstudie CE (2010a) wordt de methode ReCiPe² gebruikt. Deze aggregereert de lange lijst emissies in een aantal (18) impactcategorieën. Vervolgens worden deze impactcategorieën ondergebracht in drie schadecategorieën (*human health*, *ecosystems* en *resources*) die door middel van weging worden opgeteld tot één totaalscore. Het resultaat is de milieubelasting uitgedrukt in punten.

In CE (2010a) wordt de impactanalyse methode ReCiPe en de gemaakte keuze over landtransformatie in detail besproken. Voor deze achtergrondinformatie en inzicht in de werkwijze van de ReCiPe-methode verwijzen we naar dit rapport.

2.3 Scope en afbakening

In CE (2010a) wordt de milieubelasting van de totale papier- en kartonconsumptie per jaar bepaald. Het doel van deze studie is te bepalen welk deel van deze consumptie door het gebruik van e-readers vervangen kan worden en in welke mate dit milieuvoordeel oplevert. Hiertoe wordt de milieubelasting van één jaar e-readergebruik afgezet tegen de milieubelasting van papiergebruik op een 'conventioneel' kantoor. Er wordt bepaald hoeveel printjes per jaar gemaakt moeten worden om op te wegen tegen de milieubelasting van een jaar e-readergebruik.

Er wordt gewerkt met één systeemgrens voor alle drie de e-readers, waarbij de volgende ketenstappen worden onderscheiden:

Tabel 1 De ketenstappen in de levenscyclus van de e-readers

De levenscyclus van e-readers
Winning van grondstoffen en productie halffabricaten
Transport naar fabriek
Productie onderdelen
Assemblage onderdelen
Verpakking van het product
Transport naar retail
Transport naar klant
Gebruik: opladen voor gebruik
Transport naar overslagstation
De-assemblage
Transport naar afvalverwerking
Afvalverwerking

² ReCiPe 2008 method, version 1.02, October 19th 2009. ReCiPe H/A-weegset gebruikt, met Europese normalisatie. Deze is aangepast aan deze analyse door het expliciet uitsluiten van land transformation en CO₂ van land transformation, normalisatie zonder de bijdrage van land transformation en karakterisatiefactor PM formation voor PM_{2.5} die 1,577 maal hoger is dan voor PM₁₀.



Tabel 2 De ketenstappen in de levenscyclus van geprint papier

De levenscyclus van geprint papier
Winning van virgin grondstoffen
Transport naar fabriek
Inzamelen en sorteren van oud papier
Papierproductie, inktproductie, printerproductie
Transport naar retail
Transport naar klant
Gebruik: printen (inktverbruik en printergebruik)
Transport: afgedankt A4-tje naar restafvalverwerking
Verwerking restafval (AVI)

De gebruikte functionele eenheid is in principe een 'jaar lezen van documenten'. Bij gebruik van geprint papier resulteert dit in een aantal printjes per persoon per jaar, bij e-reader in gebruik gedurende een jaar inclusief 'afschrijving' van het apparaat. Aangezien een e-reader in praktijk een persoonsgebonden apparaat is, is dit een praktisch uitgangspunt.

Waar in deze rapportage gesproken wordt van een printje betekent dit één vel papier, al dan niet dubbelzijdig bedrukt. Het verschil tussen enkelzijdig en dubbelzijdig drukken of zelfs het verkleinen van pagina's zodat er twee op één kantje passen uit zich dus in een verhoogd inkt- en printergebruik per papiergewicht. Als het goed is vertaalt dubbelzijdig printen zich in een lager aantal printjes per persoon per jaar (zie Tabel 7).

Voor overige aannames over printjes: zie de inventarisatie, Paragraaf 3.1.1.

Als de milieubelasting bekend is kan vervolgens bepaald worden hoeveel printjes overeenkomen met éénjarig e-readergebruik. Dit is het kantelpunt: als er meer printjes per jaar kunnen worden uitgespaard door een e-reader is het, vanuit milieukundig oogpunt gezien, aan te raden een e-reader te gebruiken, bij minder uitgespaarde printjes per jaar is het gebruik van een e-reader niet wenselijk.

Om te bepalen of het kantelpunt bereikt kan worden, is het nodig om het printgedrag bij bedrijven/instanties te onderzoeken. De printgegevens van enkele bedrijven in ons netwerk zijn hiertoe achterhaald.

Er is in deze studie niet gekozen voor een fysieke functionele eenheid zoals bijvoorbeeld één gelezen A4-tje, omdat een detailvergelijking tussen beide opties wegens gebrek aan data niet mogelijk is gebleken. Een beoordeling van het kantelpunt op jaarbasis geeft een veel beter inzicht in de vergelijking zonder aannames te hoeven maken over gebruik op jaarbasis en dergelijke.

Een aantal keuzes voor modellering en analyse zijn overgenomen van CE (2010a). Deze keuzes worden daar uitgebreid besproken. Hier worden ze kort genoemd; voor meer achtergrondinformatie verwijzen we naar het eerdere rapport.

- Bij afvalverwerking speelt de vermeden productie van emissies en grondstoffen (door recycling of afvalverbranding met energieopwekking) een rol. De milieuwinst door uitsparing wordt volledig toegekend aan het product.
- Landtransformatie is geen onderdeel van de inventarisatie en impact-analyse.



3 Data

In dit hoofdstuk beschrijven we de uitgangspunten en data die ten grondslag liggen aan de berekeningen voor de milieubelasting van geprint papier en e-readers.

3.1 Printjes

3.1.1 Aannames

In Tabel 3 worden de aannames die zijn gemaakt voor het referentiescenario, weergegeven.

Tabel 3 Aannames voor het referentiescenario

Ketenstap	Onderwerp	Aanname
Grondstoffen	Papiertype	Gemiddeld gewicht: 80 g/m ² , 4,99 g per A4-tje
	Materialen	Gemiddelde mix van materialen, zoals bepaald in de studie 'Milieuanalyses papier en karton'
Gebruik	Printergebruik	Hierbij wordt uitgegaan van Ecoinvent-data van een laser jet printer in gebruik. Hierbij zit inbegrepen: energieverbruik van diverse statussen van de printer, tonergebruik, emissies bij gebruik en een aandeel van de productie van de printer en transport van fabriek naar gebruiker. De gemiddelde hoeveelheid inkt per vel papier is hier vastgesteld op 0,02 g per A4
	Inktgebruik	Aanname: 80% van de printjes zijn zwart/wit, 20% in kleur
Transport	Fabriek naar retail	30 km, truck ³
	Retail naar gebruiker	20 km, bestelbus (schatting)
	Naar afvalverwerking	150 km, truck. Hierbij is aangenomen dat het transport naar de beide afvalverwerkinglocaties (recycling en AVI) gelijk is
Afvalverwerking	Verwerking	89% van het oud papier wordt ingezameld, de rest eindigt in de afvalverbrandingsinstallatie (uitgaande van gegevens uit het rapport 'Milieuanalyses papier en karton')
	Recycling	Bij recycling treedt 2% productverlies op en door recycling wordt het gebruik van sulfaatpulp in papier uitgespaard
	Energiebehoefte	De hoeveelheid benodigde energie voor recycling is 36,4 kWh per ton ('Milieuanalyses papier en karton')
	Rendementen	Bij het verbranden van papier in de AVI wordt elektriciteit opgewekt (rendement 22%) en wordt vrijkomende warmte benut (rendement 7%)

Een lijst met exact gebruikte processen voor de modellering van het printje is te vinden in Bijlage A.

³ De afstand is bepaald volgens de MERLAP-tabel, die de afstand schat aan de hand van de hoeveelheid locaties. Volgens VNP, Vereniging Nederlandse Papier- en kartonfabrieken, zijn er 27 fabriekslocaties in Nederland, wat leidt tot een afstand van 30 km.



3.1.2 Twee scenario's

In het referentiescenario wordt uitgegaan van een Ecoinvent-proces die het gebruik van een laser jet printer per kg geprint papier omvat. Naast dit referentiescenario wordt een tweede scenario gecreëerd, waarbij drie factoren in het Ecoinvent-proces worden aangepast:

- Het inktgebruik wordt met een factor 5 verhoogd: van 0,02 g/A4 naar 0,1 g/A4.
- Het energieverbruik wordt met een factor 5 verhoogd.
- De levensduur wordt verkort: het Ecoinvent-proces gaat ervan uit dat de levensduur 2,7 miljoen printjes is (1 kg papier is goed voor 1/136.500e deel printer). Dit wordt verlaagd naar 500.000 printjes.

Dit scenario representeert een vol bedrukt vel, geprint op een niet erg efficiënte en kwalitatief hoogstaande printer.

3.2 E-reader

3.2.1 Bestudeerde e-readers

Voor de opbouw van een e-reader is gebruik gemaakt van bestaande LCA's over het gebruik van een e-reader:

- 'Scanning Life Cycle Assessment of Printed and E-paper Documents based on the iRex Digital Reader', studentenproject voor iRex, onder supervisie van CML, maart 2009;
- Greg Kozak, 'Printed Scholarly Books and E-book Reading Devices: A Comparative Life Cycle Assessment of Two Book Options', master-scriptie, Centre for sustainable systems, Universiteit van Michigan, augustus 2003;
- 'Pappersbok och elektronisk bok påläsplatta - en jämförande miljöbedömning', KTH Centre for Sustainable Communications (Zweden), 2009.

De onderzochte e-readers zijn:

Tabel 4 Studies naar e-readers

'Scenario'	Studie	Naam e-reader	Kenmerken
ER1	NL, 2009	iRex, Digital Reader DR1000	E-ink-scherm
ER2	USA, 2003	RCA, REB 1100	LCD-scherm (tablet-PC)
ER3	SE, 2009	Sony, PRS 505	E-ink-scherm

Het E-ink-scherm

E-readers 1 en 3 hebben een E-ink-scherm; e-reader 2 is een 'tablet-PC': een e-reader met een LCD-scherm. Geen van de twee studies naar een e-reader met E-ink-scherm bieden gegevens over dit scherm. De precieze opbouw van het scherm en de technologie van E-ink worden door de fabrikant geheim gehouden. De Zweedse studie kiest ervoor om het scherm buiten beschouwing te laten en niet te modelleren; de Nederlandse LCA vervangt het door een LCD-scherm. Dit is een hiaat dat nog besproken zal worden.

Recentelijk is Cleantech naar buiten getreden met een vergelijking van lezen van boeken op de Amazon Kindle met het lezen van hardcopy boeken. In het officiële einddocument, een 'executive brief', wordt aangegeven dat de klimaatimpact van de e-reader is geschat (met behulp van de online tool IDC lifecycle calculator). De Amazon Kindle heeft een E-ink-scherm, maar in deze



studie is dus de klimaatimpact geschat en is via deze bron ook geen informatie over het E-ink-scherm beschikbaar. Daarom is deze studie buiten beschouwing gelaten.

3.2.2 Aannames

Aanpassingen systeemgrens

In deze studie is één systeemgrens en functionele eenheid bepaald voor alle drie de e-readers, welke in Paragraaf 2.3 is besproken. Deze systeemgrens past bij het beoogde gebruik van een e-reader in een kantooromgeving. De systeemgrenzen en functionele eenheden van de Zweedse en Amerikaanse studies zijn buiten beschouwing gelaten. Tabel 5 toont de delen van de systeemgrenzen van de Amerikaanse en Zweedse studie die niet zijn inbegrepen in de systeemgrens. Server- en eventueel internetgebruik worden niet toegerekend aan de e-reader, omdat ervan uit wordt gegaan dat de meeste documenten die op de e-reader zullen worden gelezen via een computer worden bemachtigd en er zelden zal worden gedownload specifiek voor het lezen op de e-reader. Het bestand wordt bijvoorbeeld wel gearchiveerd op de computer.

Tabel 5 Niet-relevante onderdelen van de systeemgrens

Amerikaanse studie (ER2)	Servergebruik (dataopslag), productie en afvalverwerking van de server
	Netwerkgebruik (elektronische overdracht van documenten), productie en afvalverwerking van netwerktoebehoren
Zweedse studie (ER3)	Redactionele arbeid bij het digitaliseren van boeken
	Servergebruik
	Internetgebruik

Opbouw en productie

Exacte opbouw en gebruikte productieprocessen van de drie e-readers zijn te vinden in Bijlage B.1.

Alle drie de studies bieden een nauwgezette weergave van de opbouw van het geanalyseerde product. Er zijn echter een aantal factoren die tot onzekerheid leiden:

- De gegevens van het E-ink-scherm zijn niet beschikbaar: dit leidt tot onnauwkeurige of incomplete berekening van de milieu-impact van e-readers 1 en 3.
- Er zijn verschillen in opbouw van de drie e-readers, die er niet zouden moeten zijn. Zo modelleert e-reader 2 een microchip en alleen e-reader 1 bevat een adapter.

Er is gekozen om uit te gaan van de opbouw zoals gepubliceerd in de drie studies, dus inclusief hiaten. Aan de hand van de eerste resultaten en rekening houdend met bovengenoemde onzekerheden, worden vervolgens scenario's opgesteld. Doel hiervan is een realistische range van milieu-impact voor e-readers te bepalen.



Gebruik

In alle drie de e-readers zit een Li-ion-batterij. De drie studies hebben elk een ander scenario voor gebruik en opladen van de batterij:

- Amerikaans (ER2): Het vermogen van de e-reader is 11 W en de e-reader is tijdens gebruik constant met het stopcontact verbonden. De reden die hiervoor gegeven is, is dat zo de ultieme bovengrens van energieverbruik is meegenomen.
- Zweeds (ER3): Het energieverbruik van de e-reader is 2,5 Wh. Aangenomen is dat voor het lezen van één boek de e-reader wordt opgeladen. Tijdsduur van opladen is onbekend.
- Nederlands (ER1): De e-reader wordt elke week 12 uur opgeladen, waarbij het energieverbruik 2,5 Wh is.

Er wordt gekozen voor één oplaadsceario voor alle drie de e-readers. Het Amerikaanse scenario (het constante opladen) wordt niet realistisch geacht voor een kantoor situatie; het scenario van de Nederlandse studie wel. In navolging van deze studie wordt de e-reader elke week gedurende 12 uur opgeladen, 46,2 weken per jaar (vakantietijd inbegrepen).

Bij het modelleren van het energieverbruik door opladen wordt het daadwerkelijke vermogen en energieverbruik van de e-readers gebruikt (11 W en 2,5 Wh).

Transport

Transportafstanden zijn gelijk voor elke e-reader en zijn gebaseerd op de transportafstanden zoals bepaald in de Nederlandse studie. In Tabel 6 zijn de transportgegevens weergegeven. Het te transporteren gewicht verschilt uiteraard wel tussen de e-readers. Zie verder Bijlage A voor een overzicht van gebruikte Ecoinvent-processen voor transport.

Tabel 6 Transportgegevens e-readers

Transportroute	Transportafstand en -middel
Geassembleerde e-reader van Azië naar Nederland	10.000 km, vrachtschip
Van haven naar retail/opslag	100 km, truck
Bezorging e-reader aan huis	100 km, bestelbus
Verpakking naar AVI	40 km, vuilniswagen
E-reader naar e-waste-verwerking	50 km, truck

Verpakking

Voor verpakking is uitgegaan van de verpakkingsmaterialen en -hoeveelheden zoals gegeven in de studies. Ook extra's, zoals een beschermhoesje zijn meegenomen. Hierbij is er een aanzienlijk verschil tussen ER1 en ER3, en ER2 (ruim 500 g). Dit komt voornamelijk door de handleiding die bij ER2 is inbegrepen.

Afvalverwerking

De afvalverwerking is aangepast aan de Nederlandse praktijk (in de Amerikaanse studie wordt de e-reader bijvoorbeeld op een landfill gestort). Dit betekent gescheiden verwerking van verpakking, kunststof onderdelen en elektronische onderdelen. Zie Bijlage B.2 voor de gebruikte Ecoinvent-processen.



De afvalverwerking van een LCD-scherm wordt uitgedrukt per stuk, waarbij in Ecoinvent wordt uitgegaan van een scherm van 17", met een bepaald gewicht. Het aandeel LCD-scherm naar verwerking is het schermgewicht van de e-reader ten opzichte van het standaardgewicht in Ecoinvent.

De twee studies waarin een LCD-scherm wordt gemodelleerd maken verschillende aannames over de afvalverwerking. In de studie van ER1 wordt ervan uitgegaan dat het LCD-scherm puur het scherm alleen is.

3.3 Printergebruik op het werk

3.3.1 Printgedrag bedrijven

Tabel 7 toont het printgedrag van bedrijven van diverse grootte en uit diverse branches, op basis van een steekproefsgewijze inventarisatie in ons netwerk. De printer of het bedrijf houdt het aantal geprinte vellen papier bij: zowel een enkel- als dubbelzijdig printje wordt zodoende als één printje beschouwd.

Tabel 7 Printgedrag bedrijven

Branche	Totaal aantal printjes per jaar	Werknemers	Printjes per werknemer per jaar
IT	~1.000	5	~200
IT	6.716	5	1.343
Museum			3.575
Retail	476.472	90	5.294
Onderzoek en advies	328.752	40	8.219
Overheidsadvies	5.120.865	124	41.297

Te zien is dat de printhoeveelheid per werknemer sterk uiteen loopt tussen bedrijven. Beide IT-bedrijven geven aan alleen archiefwerk zoals facturen nog te printen; alle overige documentatie is digitaal.

Ook wordt aangegeven dat het printgedrag van individuele werknemers verschilt: de ene persoon print significant meer dan de ander. Het printgedrag is vaak afhankelijk van de functie van de werknemer. Er wordt dan ook geprint om verschillende redenen. Deze redenen zijn meestal niet terug te vinden in de printaantallen. Verder zullen niet alle typen prints kunnen worden opgevangen door het gebruiken van een e-reader.

In Paragraaf 4.4 wordt hier verder op ingegaan.





4 Resultaten

4.1 Inleiding

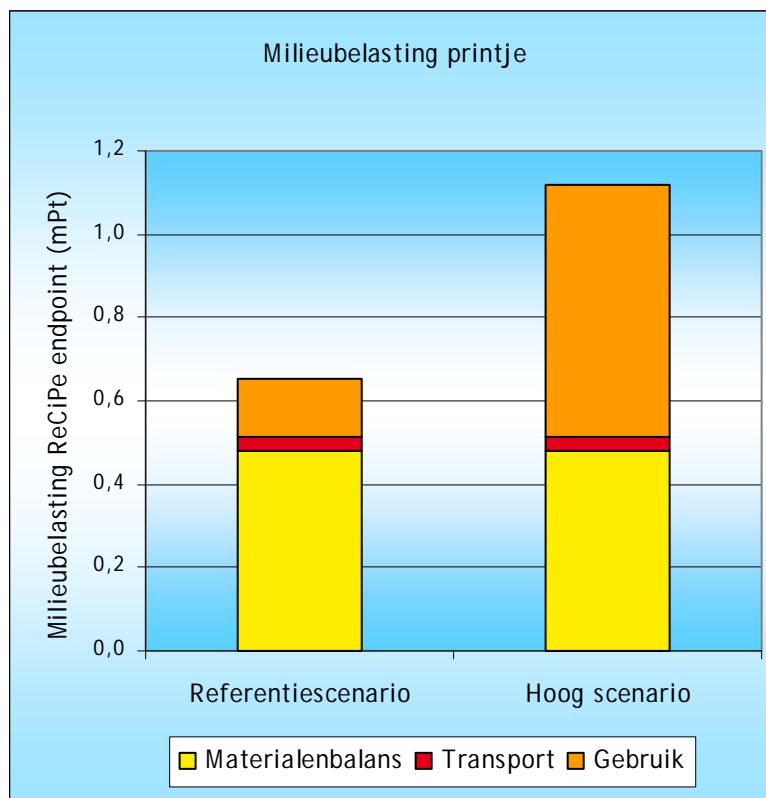
Op basis van de data beschreven in Hoofdstuk 3 zijn de milieuscores voor verschillende scenario's bepaald. In Hoofdstuk 4 worden de resultaten van de analyse weergegeven en besproken. De vergelijking tussen e-readers en geprint papier wordt gemaakt aan de hand van 'kantelpunten': boven een bepaald papiergebruik per persoon per jaar is het gebruik van een e-reader waarschijnlijk milieuvriendelijker. Daarnaast wordt een schatting gemaakt van het milieurendement ten opzichte van de nulmeting dat behaald zou worden als deze 'zware papiergebruikers' inderdaad overschakelen op e-readers.

4.2 Papier

4.2.1 Milieubelasting papier

De milieubelasting van één printje is bepaald. Figuur 5 toont de milieubelasting in millipunten (mPt) van één printje met het basisscenario en het scenario waarbij inkt- en energieverbruik vijf keer zijn verhoogd en de levensduur van de printer is verkort.

Figuur 5 Milieubelasting per printje naar ketenstap



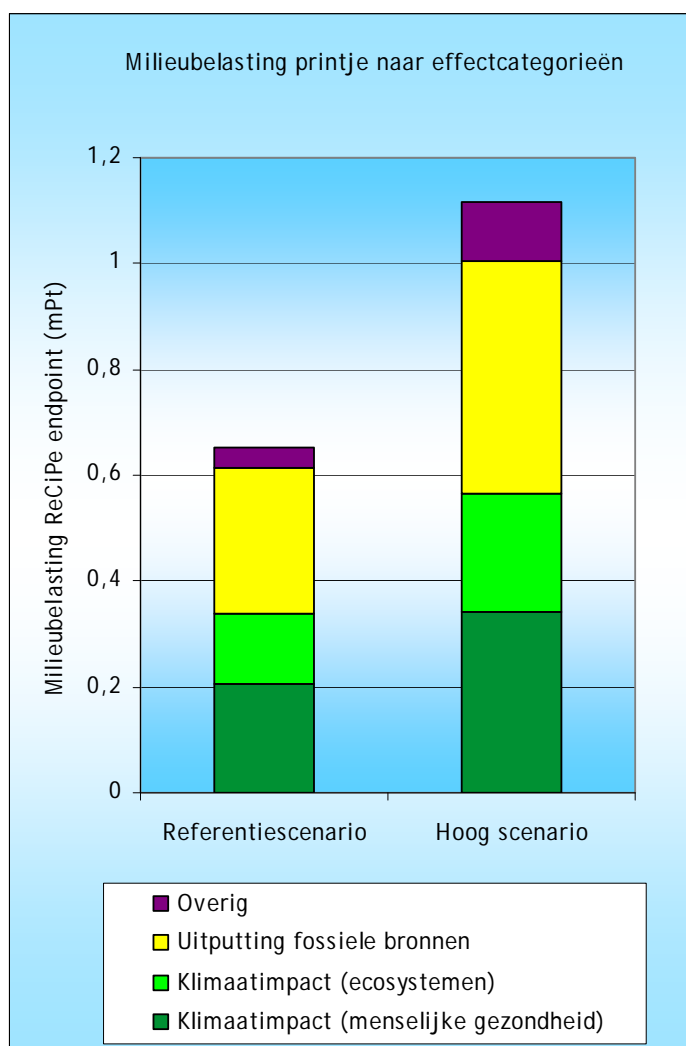
Onder materialenbalans valt het winnen van grondstoffen, de inzet van gerecycled materiaal en de productie van papier. De afvalverwerking is hierbij dus al inbegrepen: de milieuwinst door gebruik van gerecycled materiaal is weergegeven aan de inputkant. Ook de milieuwinst door verbranding van restafval met energieopwekking is verrekend in de materialenbalans. Ondanks het aandeel gerecycleerde materiaal is te zien dat de grondstoffen en productie in het basisscenario de hoofdmoot vormen van de milieubelasting.

Transport heeft een geringe invloed. Het papier wordt in bulk vervoerd en omdat een A4-tje een gering gewicht heeft, is het effect van transport op één A4-tje zeer gering.

Wanneer het gebruik van inkt en energie vervienvoudigd wordt neemt het gebruik de grootste milieubelasting voor zijn rekening.

Het referentiescenario wordt echter beschouwd als realistisch gemiddeld scenario voor geprint papier, aangezien de opbouw van het referentiescenario is gebaseerd op gemiddelde Ecoinvent-data. Het aangepaste, hoge, scenario wordt gezien als een worstcase scenario en het is te verwachten dat de werkelijkheid bij een vol bedruk vel, geprint op niet erg efficiënte printer, tussen het basisscenario en het hoge scenario in zal liggen.

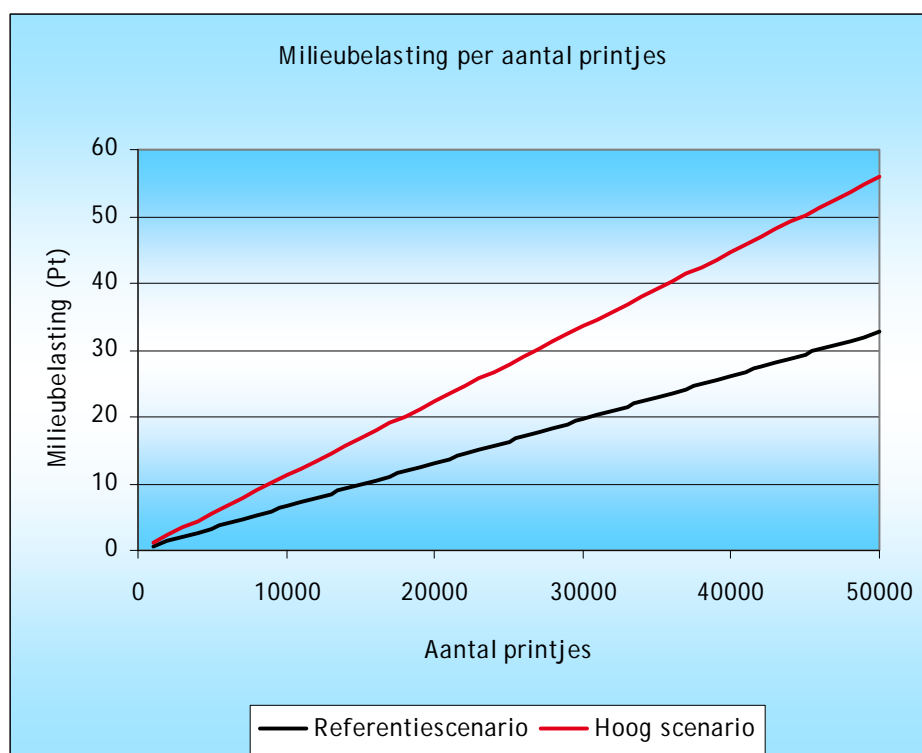
Figuur 6 Milieubelasting geprint papier per vel, naar effectcategorie



Figuur 6 toont de milieubelasting verdeeld naar effectcategorie, volgens de ReCiPe-methode. Hier zijn slechts de categorieën weergegeven die de meeste bijdrage leveren aan de totale milieubelasting. De opbouw van het papier is ontleend aan de nulmeting (CE, 2010a), met als gevolg dat de verdeling van effectcategorieën gelijk is aan die van de nulmeting, welke aldaar wordt verklaard. Voor de bespreking van de redenen van deze verdeling verwijzen we naar dat rapport.

In Figuur 7 is de milieubelasting berekend van verschillende scenario's voor een hoeveelheid printjes, voor het basisscenario en het hoge scenario van geprint papier. De hoeveelheden zijn grofweg gebaseerd op het aantal printjes die per jaar op verschillende kantoren per persoon worden gemaakt (Tabel 7).

Figuur 7 Milieubelasting van geprint papier



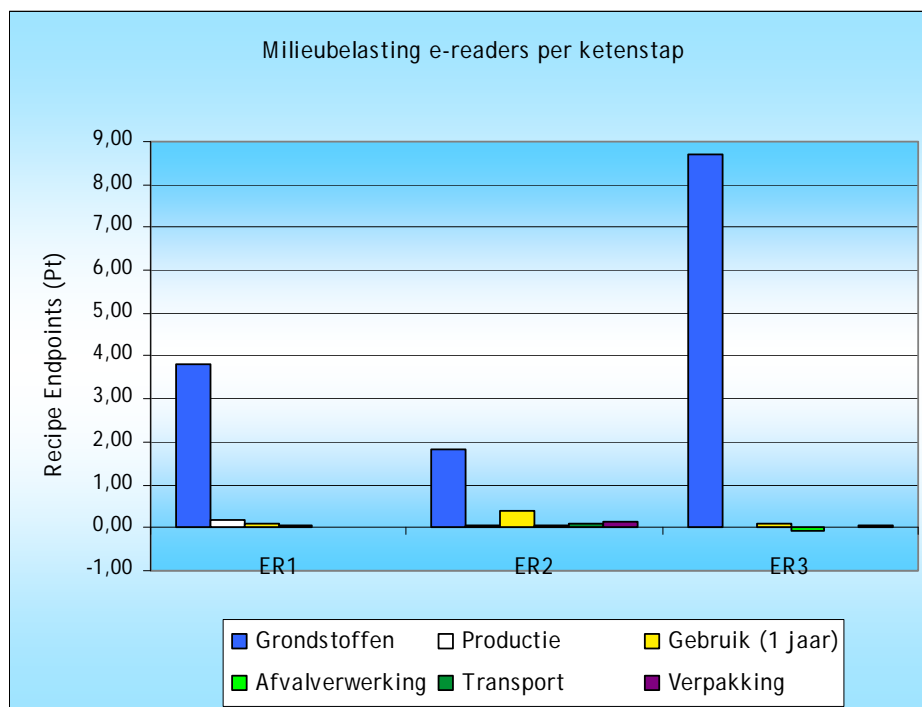
4.3 E-reader

Op basis van de data beschreven in Hoofdstuk 3 is de milieubelasting (ReCiPe-Endpointscores) van de drie onderzochte e-readers bepaald. De eerste resultaten roepen echter veel vraagtekens op en vormen aanleiding tot discussie van de inventarisatie. In het eerste deel zullen de resultaten worden besproken, waarbij duidelijk wordt gemaakt welke aanpassingen en herzieningen benodigd zijn.

4.3.1 Bespreking eerste resultaten milieubelasting

Figuur 8 toont de berekende milieubelasting van de drie e-readers volgens de inventarisatie zoals besproken in Hoofdstuk 3.

Figuur 8 Milieubelasting van de drie e-readers per ketenstap

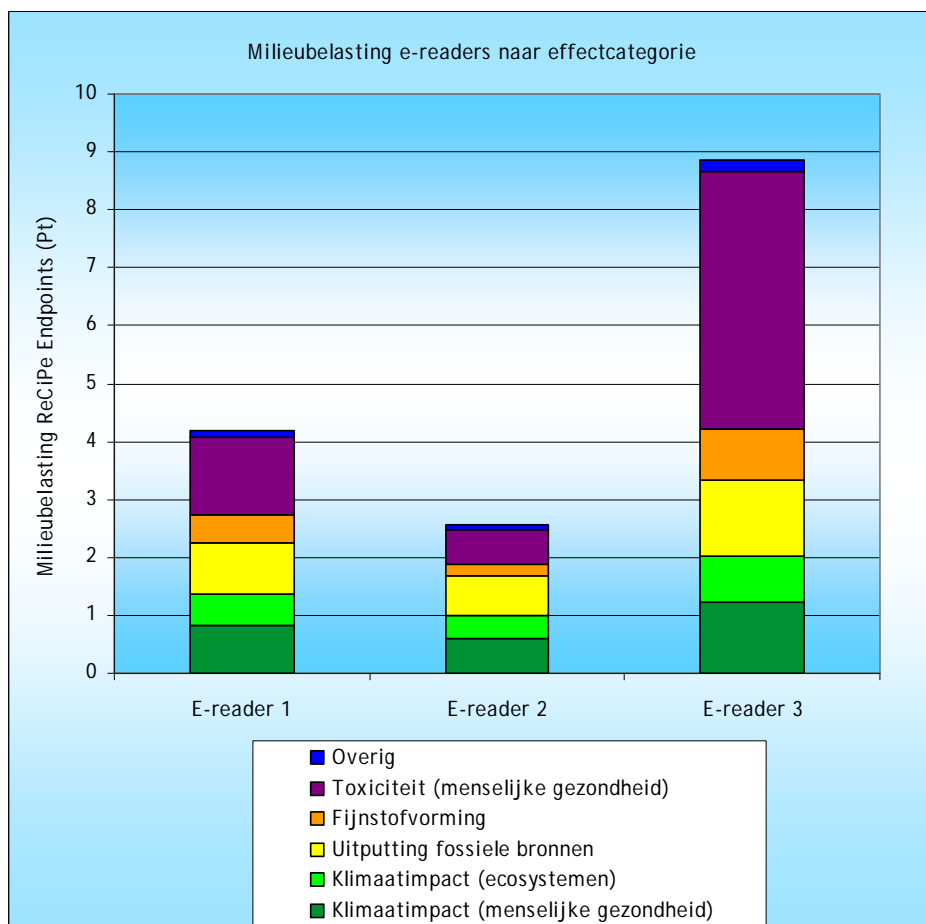


Het is duidelijk dat de winning en productie van grondstoffen de hoofdmoot vormt van de milieubelasting. Dit is geen ongewone uitkomst voor niet-elektronische producten en elektronische producten met laag energieverbruik (zoals bijvoorbeeld ook mobiele telefoons). Ter vergelijking: bij elektronische apparaten met een hoger vermogen (bijvoorbeeld stofzuigers, koffiezet-apparaten, elektronisch gereedschap, televisie) is de milieubelasting door gebruik aanzienlijk hoger. Hierbij zijn uiteraard de levensduur en gebruiksduur van belang. Het energieverbruik gedurende één jaar is relatief laag voor e-reader 1 en e-reader 3. E-reader 2 (de oudere e-reader met LCD-scherm) heeft een iets hoger energieverbruik per jaar. Wanneer deze e-reader meerdere jaren wordt gebruikt zal de milieubelasting door gebruik een meer significant deel uitmaken van de totale milieubelasting. Voor e-reader 1 en 3 blijft energieverbruik een relatief lage invloed hebben, ook bij meerjarig gebruik.

Transport geschiedt in bulk en levert daardoor per e-reader slechts een geringe bijdrage aan de totale milieubelasting.

Wat echter opvalt, is dat de milieubelasting van ER3 een stuk hoger ligt dan de andere twee, zeker omdat bij deze e-reader geen scherm is inbegrepen: het E-ink-scherm is bij de modellering buiten beschouwing gelaten door gebrek aan data. De hoge score wordt veroorzaakt door een zeer hoge score in de categorie humane toxiciteit, zie Figuur 9.

Figuur 9 Milieubelasting van de drie e-readers per effectcategorie

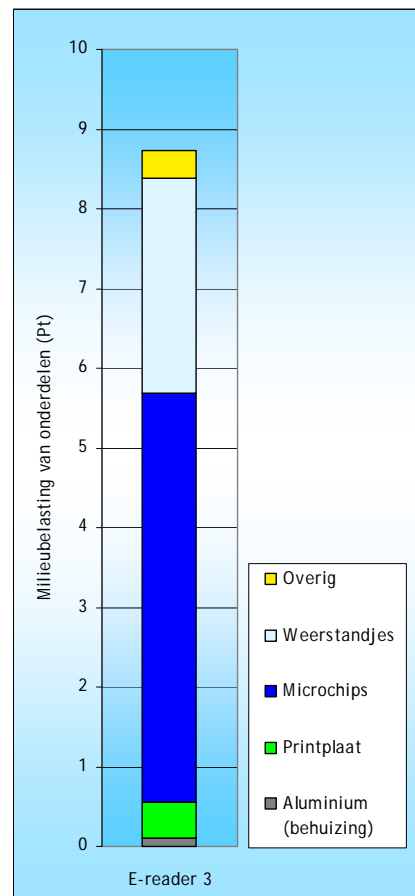
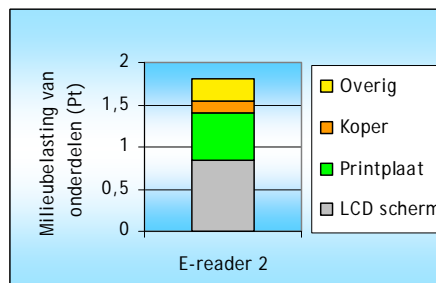
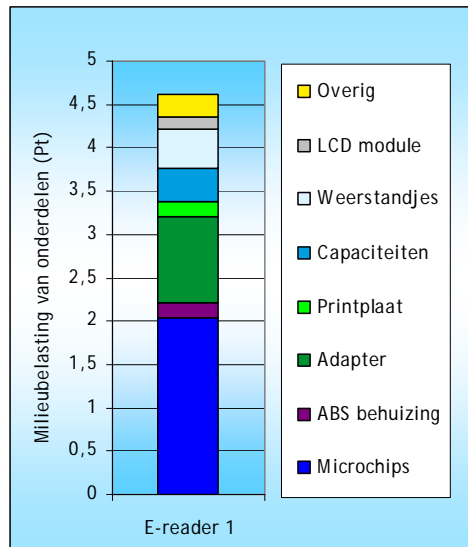


Wanneer we vervolgens naar milieubelasting van de grondstoffen kijken (Figuur 10), blijkt een aanzienlijke bijdrage aan de totale milieubelasting veroorzaakt te worden door de elektronische componenten, met in het bijzonder de microchip. Zie ook Bijlage C.3 voor een overzicht van effectcategorieën per onderdeel van de e-reader.

De oorzaak van de hoge toxiciteit van de microchip is vooral te wijten aan het aandeel goud in de microchip. Dit onderwerp zal verder worden besproken worden in Paragraaf 4.5.

Opvallend is dat ER2 geen microchip bevat. De studie vermeldt dat bij de inventaris van de LCD-componenten de IC's (microchips) zijn weggelaten uit de analyse, omdat een korte berekening aantoonde dat de weglating geen significante impact zou hebben op de resultaten vanwege het geringe gewicht van de componenten (Kozak, 2003, p. 57). Het is onbekend wat het formaat van de weggelaten microchip(s) is (zijn), maar deze ReCiPe-resultaten geven aan dat dit wel degelijk een vertekend beeld kan opleveren, vooral op het gebied van toxiciteit. Juist de microchips zijn van doorslaggevend belang in de impacts van de andere twee apparaten. ER1 heeft een microchip van 14 g, ER2 van 31 g: een klein componentje kan een grote milieubelasting opleveren.

Figuur 10 Milieubelasting van de materialen toegepast in e-readers, per stuk



Verder is in Figuur 10 te zien is dat e-reader 1 een adapter bevat. E-reader 3 is zonder adapter gemodelleerd, maar dat is onrealistisch: er zal wel degelijk een adapter meegeleverd worden met de e-reader. Bij e-reader 2 is de adapter wel inbegrepen in de modellering, maar is niet zichtbaar omdat de adapter is opgesplitst in componenten en zelfs materialen. Het hoge gehalte aan koper wordt hierdoor bijvoorbeeld verklaard.

Samenvattend zijn er vier voornaamste factoren van onzekerheid in de analyse van de milieubelasting aan te wijzen:

1. Het geheel ontbreken van een scherm bij e-reader 3.
2. De substitutie van een E-ink-scherm door een LCD-scherm bij e-reader 1.
3. Het ontbreken van microchips bij e-reader 2.
4. het ontbreken van een adapter bij e-reader 2 en 3.

4.3.2 Gevoeligheid en aanpassingen scenario's

De resultaten van e-reader 2 worden niet verder gebruikt vanwege het ontbreken van microchips en adapter. Het is niet duidelijk welk formaat microchip in deze e-reader zal zitten en aangezien de milieubelasting in grote mate door de microchip wordt bepaald is het te onzeker om hier een schatting van te maken. Bovendien is ER2 van het type tablet-PC en dus een ander type apparaat dan de beide andere e-readers.

De resultaten van e-reader 1 en 3 zullen, aangepast, als basis dienen voor twee scenario's. Hiertoe wordt e-reader 3 aangevuld met een scherm en adapter.

1. Een laag scenario, op basis van e-reader 1, die een e-reader met een relatief lage milieubelasting representeert.
2. Een hoog scenario, op basis van e-reader 3, die een e-reader met een relatief hoge milieubelasting representeert.

Bij het opstellen van de scenario's zijn vier aspecten van belang:

1. De milieubelasting van de microchip. Omdat de microchip zo'n belangrijk aandeel heeft in de milieubelasting van de e-reader is een gevoeligheidsanalyse toegepast op de microchip.
2. E-reader 3 wordt aangevuld met een adapter, daartoe moet een aanname worden gedaan over het formaat van de adapter.
3. E-reader 3 wordt aangevuld met een scherm, daartoe moet een aanname worden gedaan over het formaat het scherm.
4. De gevolgen van het substitueren van een E-ink-scherm door een LCD-scherm.

Deze vier aspecten worden nu besproken.

1. Gevoeligheidsanalyse microchip

Met de gevoeligheidsanalyse wordt berekend wat de kans is dat de milieubelasting van de microchip daadwerkelijk de door Ecoinvent getoonde gemiddelde waarde is. Er wordt inzicht gegeven in de kans dat de milieubelasting afwijkt van deze gemiddelde waarde. Daarnaast wordt ook bepaald voor welke milieueffecten de afwijkingen het grootst zijn. De resultaten van de analyse zijn in Bijlage D bijgevoegd.

Eruit blijkt dat vooral op het gebied van humane toxiciteit onzekerheid bestaat. Verder blijkt:

- Er is een kans van 40% dat de milieubelasting van 1 kg microchip zich tussen 138 Pt en 184 Pt bevindt.

- Er is een kans van 95% dat de milieubelasting van 1 kg microchip zich tussen 106 Pt en 357 Pt bevindt.
De bovengrens en ondergrens van de milieubelasting van de microchips in de e-readers wordt bepaald op basis van de 95% kansverdeling.

2. Adapter

De aanpak van de Nederlandse studie (ER1) is hierbij nader bekeken en deze blijkt een fout te bevatten. Een standaardadapter (450 g), aanwezig in Ecoinvent, is als uitgangspunt genomen. De adapter van e-reader 1 weegt 26 gram maar is gemodelleerd als 28% van de laptopadapter. Dit klopt niet: 26 gram is 5,8% van 450 gram.

In de huidige versie van Ecoinvent is een standaardadapter van 357 gram aanwezig. Ervan uitgaande dat de adapter van e-reader 1 daadwerkelijk 26 gram weegt wordt deze als 7% van de adapter gemodelleerd. Dit wordt beschouwd als de ondergrens qua gewicht. Oudere typen adapters wegen meer. Als bovengrens wordt 28% van de standaardadapter genomen, wat neerkomt op een adapter van 100 gram.

3. LCD-scherm

E-reader 1 modelleert een LCD-scherm van 66 gram in plaats van het E-ink-scherm. Voor e-reader 3 gaan we voor de zekerheid uit van het grotere scherm (125 g) van e-reader 2.

4. Substitutie E-ink-scherm door LCD-scherm

Zolang de samenstelling van een E-ink-scherm onbekend is, is er niets met zekerheid te zeggen over de milieubelasting daarvan.

De substitutie van een E-ink-scherm door een LCD-scherm levert een grote onzekerheid op. De opbouw van een E-ink-scherm is niet bekend, maar gezien de compactheid van het scherm is het waarschijnlijk dat een E-ink-scherm minder weegt dan een LCD-scherm. Dit hoeft niet te betekenen dat de milieubelasting van een E-ink-scherm lager is: eerder zagen we dat materialen zoals goud ook in kleine hoeveelheid een grote milieubelasting kunnen opleveren. Het lijkt echter niet onredelijk om aan te nemen dat de belasting van het E-ink-scherm lager is dan van een LCD-scherm.

Met het bepalen van onder- en bovengrenzen van enkele onderdelen kan het hoge en lage scenario worden gemodelleerd. Kenmerken van de scenario's zijn weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8 Opbouw van de twee scenario's

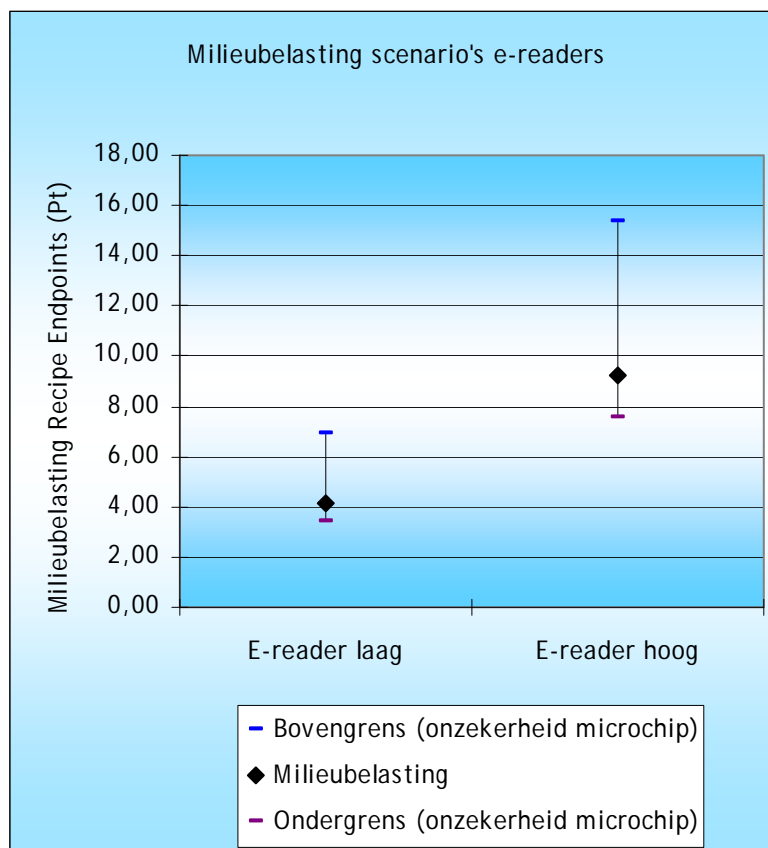
Laag scenario	Hoog scenario
Aangepast: adapter 26 g	LCD-module conform e-reader 2: 125 g
	Adapter: 100 g
Overige componenten conform e-reader 1, waaronder: LCD-module: 66 g Microchip: 14 g	Overige componenten conform e-reader 3, waaronder: Microchip 31 g
Overige ketenstappen conform e-reader 1	Overige ketenstappen conform e-reader 3



4.3.3 Milieubelasting scenario's e-readers

In Figuur 11 geven we de resultaten voor de twee scenario's weer.

Figuur 11 Milieubelasting van het lage en hoge scenario voor e-readers



Het is binnen de gemaakte aannames waarschijnlijk dat de milieubelasting van een e-reader tussen 4 en 16 Pt ligt. We gebruiken in Paragraaf 4.4 indicatieve waarden van 4,8,12 en 16 Pt voor de bepaling van 'kantelpunten' voor papiergebruik.

Merk op dat het zeer goed mogelijk is dat verschillende e-readers een verschillende impact hebben. Het lage en hoge scenario geeft daarom niet alleen maar onzekerheden weer, maar ook reële verschillen. Het is dan dus ook niet uit te sluiten dat er e-readers bestaan met een nog hogere impact dan hier gevonden.

4.4 Een printerloos kantoor

4.4.1 Verschuiving plaats van optreden milieubelasting

Om te zien wat de verschillen zijn tussen de verschillen in opbouw van de milieubelasting van een conventioneel kantoor en een printerloos kantoor, worden Figuur 4, Figuur 5, Figuur 7 en Figuur 8 met elkaar vergeleken.

Als we kijken naar Figuur 4 en Figuur 8 zien we dat bij zowel papier als e-readers grondstoffen en productie de hoofdmoot van de belasting vormen. Gebruik (van inkt en printer) vormt bij papier een significant deel van de

impact, terwijl bij de e-reader de overige ketenstappen een miniem aandeel hebben. De impact van de gebruiksfase van papier wordt echter gevormd door inktgebruik en de printer zelf en een klein deel elektriciteitsgebruik. Dit zijn hoofdzakelijk dus ook grondstoffen. Een verschuiving van conventioneel kantoor naar printerloos kantoor zal dus weinig verschuiving geven van de plek in de keten waar de milieubelasting voornamelijk optreedt: de milieubelasting zal gedomineerd blijven worden door materiaalgebruik en productie.

Wat wel verandert is de locatie van grondstofwinning en productie. Papierproductie vindt voornamelijk binnen Europa plaats (voor Nederlandse eindconsumptie). Productie van elektronische componenten vindt vooral plaats in Azië. Dit gaat gepaard met grotere onzekerheid voor wat betreft milieuhandhaving en emissies.

Bij de verschuiving van papier naar elektronische apparatuur is bovendien sprake van een verschuiving van voornamelijk biotische grondstoffen naar minerale grondstoffen, die over de hele wereld in mijnen worden gewonnen. Het gebruik van goud in de microchips is hier een goed voorbeeld van. Dit leidt er ook toe dat toxische emissies een veel grotere rol spelen bij de e-readers en deels samenhangen met mijnbouw in landen met slecht beheer, waardoor er ook grote spreiding op te verwachten is. Dit onderwerp zal verder besproken worden in Paragraaf 4.5.

4.4.2 Kantelpunt voor effectief e-reader gebruik

In Figuur 12 worden kantelpunten getoond. De milieubelasting van geprint papier (referentiescenario) wordt vergeleken met e-readergebruik (gebaseerd op de scenario's in Figuur 11). Het kantelpunt is het punt waarop geprint papier een gelijke milieubelasting heeft als het gebruik van een e-reader.

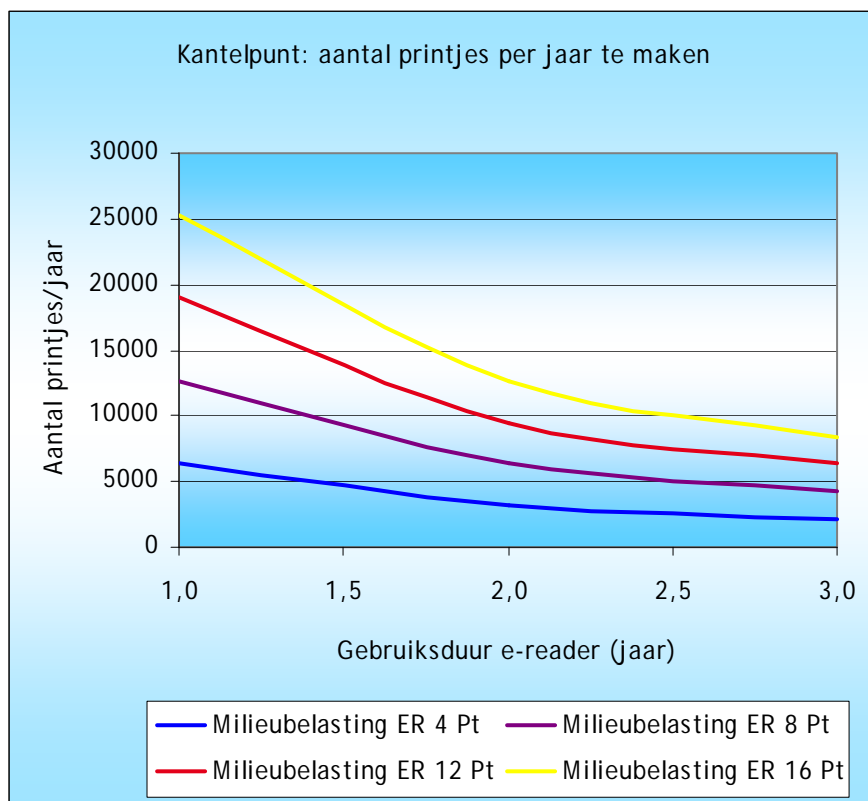
Deze figuur geeft zodoende antwoord op de vraag: hoeveel printjes moeten er minimaal uitgespaard worden, wil de e-reader milieuwinst op beginnen te leveren. Als er meer printjes dan het kantelpunt kunnen worden uitgespaard door de e-reader loont het om een e-reader te gebruiken. Als er minder printjes dan het kantelpunt worden gemaakt kan men beter doorgaan met printen.

Let wel dat hier is uitgegaan van het referentiescenario van papier, niet het hoge scenario. Het referentiescenario wordt het meest realistisch voor papiergebruik. Mocht de milieubelasting van geprint papier hoger zijn, dan liggen de kantelpunten uiteraard lager.

Naar mate de e-reader langer gebruikt wordt ligt het kantelpunt in termen van printjes per persoon per jaar lager. Het is onbekend hoe lang e-readers in praktijk gebruikt (zullen) worden. Aangezien er sprake is van een snel ontwikkelende en modieuze markt kan de gebruiksduur veel korter zijn dan de technische levensduur.



Figuur 12 Kantelpunten naar printjes per persoon voor verschillende e-reader-scenario's



Hoe hoger de milieubelasting van de e-reader, hoe hoger het kantelpunt ligt, uiteraard. De milieubelasting van de onderzochte e-readers is niet met zekerheid vastgesteld. Daarnaast is elke e-reader anders (formaat, componenten), dus is het niet te zeggen wat de milieubelasting van een nieuw aangeschafte e-reader zal zijn.

Uit Figuur 12 is op te maken dat het ligt aan het type e-reader in hoeverre het mogelijk is om milieuwinst te behalen. Een paar voorbeelden:

Wanneer men meer dan 20.000 printjes per jaar kan uitsparen is de kans groot dat er milieuwinst kan worden geboekt, ook al is de milieubelasting van de e-reader aan de hoge kant.

Maar stel, men kan 5.000 uitgespaarde printjes per jaar behalen met een nieuw aan te schaffen e-reader. Het boeken van milieuwinst is dan alleen mogelijk als de e-reader toevallig een lage milieubelasting van zichzelf heeft, of als een e-reader met hogere milieubelasting jarenlang wordt gebruikt. Als men minder dan 5.000 printjes per jaar kan uitsparen dan is de kans groot dat er geen milieuwinst zal worden behaald, omdat het goed mogelijk is dat de milieubelasting van de e-reader (te) hoog is.

Ook als men 10.000 printjes per jaar kan uitsparen door het gebruik van de e-reader is de kans zeer zeker aanwezig dat er geen milieuwinst wordt behaald, omdat de milieubelasting van de e-reader daarvoor te hoog zou kunnen zijn.



Als men tussen de 10.000 en 20.000 printjes per jaar kan uitsparen is het goed mogelijk dat er milieuwinst kan worden geboekt, maar daarvoor is het wellicht nodig om de e-reader langer dan één jaar te gebruiken.

4.4.3 Het uitsparen van printjes

In Paragraaf 3.3 is besproken dat in sommige kantoor situaties 10.000 tot 40.000 printjes per jaar per persoon worden gemaakt. In bestuurlijke situaties (gemeenteraden) was zelfs sprake van 100.000 vellen papier per jaar. In zo'n situatie is het waarschijnlijk goed mogelijk om printgebruik door het gebruik van e-readers op te vangen. Of dit tot een daadwerkelijk printerloos kantoor leidt is de vraag: in de praktijk zullen niet alle printjes kunnen worden uitgespaard door het gebruik van e-readers.

In theorie is een printerloos kantoor mogelijk: in veel kantoren is het niet nodig te printen omdat met de computer en internet veel informatie digitaal kan worden gehouden. Laptops en e-readers maken het raadplegen van documenten op locatie mogelijk.

Dat een printerloos kantoor bijna werkelijkheid is toont het IT-bedrijf dat aangeeft voornamelijk nog documenten uit te printen die van een handtekening moeten worden voorzien. Daarnaast zal er uiteraard nog wat worden geprint voor gebruik elders. Dit betekent echter mogelijk dat de printers (materialen en stand-by energiegebruik) moeten worden 'toegerekend' aan veel minder vellen papier. Hiermee is geen rekening gehouden. Het maken van een beperkt aantal printjes moet men niet willen opvangen met het aanschaffen van een e-reader. In het geval van het IT-bedrijf zouden de laatste printjes kunnen worden opgevangen door de digitale handtekening, dus door computer en internet.

Vanuit milieukundig oogpunt is het verstandig om per kantoor situatie te bepalen of een printerloos kantoor een goede oplossing is. Volgens de berekeningen in deze studie moet de e-reader minstens 3.000 printjes per jaar uitsparen, drie jaar lang, om milieuwinst te behalen.

Een belangrijk punt is dat veel printjes waarschijnlijk niet kunnen worden opgevangen door het gebruik van een e-reader. Als er per persoon 100.000 prints per jaar worden gemaakt is het goed mogelijk dat er allereerst grote winst kan worden behaald door efficiënter printen (dubbelzijdig, meer pagina's per kant), door het vermijden van printen door lezen op de computer of bijvoorbeeld door het niet uitprinten van hand-outs bij presentaties. Als er na aftrek van dit soort printjes nog steeds genoeg printjes kunnen worden vervangen door een e-reader is het gebruik van een e-reader ook echt de moeite waard.

Eigenlijk moet dus per kantoor situatie berekend worden of een e-reader genoeg printjes zal kunnen uitsparen om tot mogelijke milieuwinst te leiden.

Een e-reader kan meer uitsparen dan printjes alleen. De e-reader kan bijvoorbeeld ook ingezet worden voor het lezen van studieboeken of handboeken, die anders niet binnen het kantoor zouden worden uitgeprint maar in fysieke vorm worden aangeschaft. Hetzelfde geldt voor kranten en (vak)tijdschriften. Ook hierbij kan de e-reader milieukundig voordeel opleveren en in dat geval zou het kantelpunt bij een lager aantal eigen printjes per jaar kunnen liggen.



4.4.4 Milieuwinst: enkele cases

Als het kantelpunt wordt bereikt en er meer printjes uitgespaard worden dan het kantelpunt begint men milieuwinst te boeken. Maar hoe groot is die milieuwinst? Wat voor invloed heeft het uitsparen van papier?

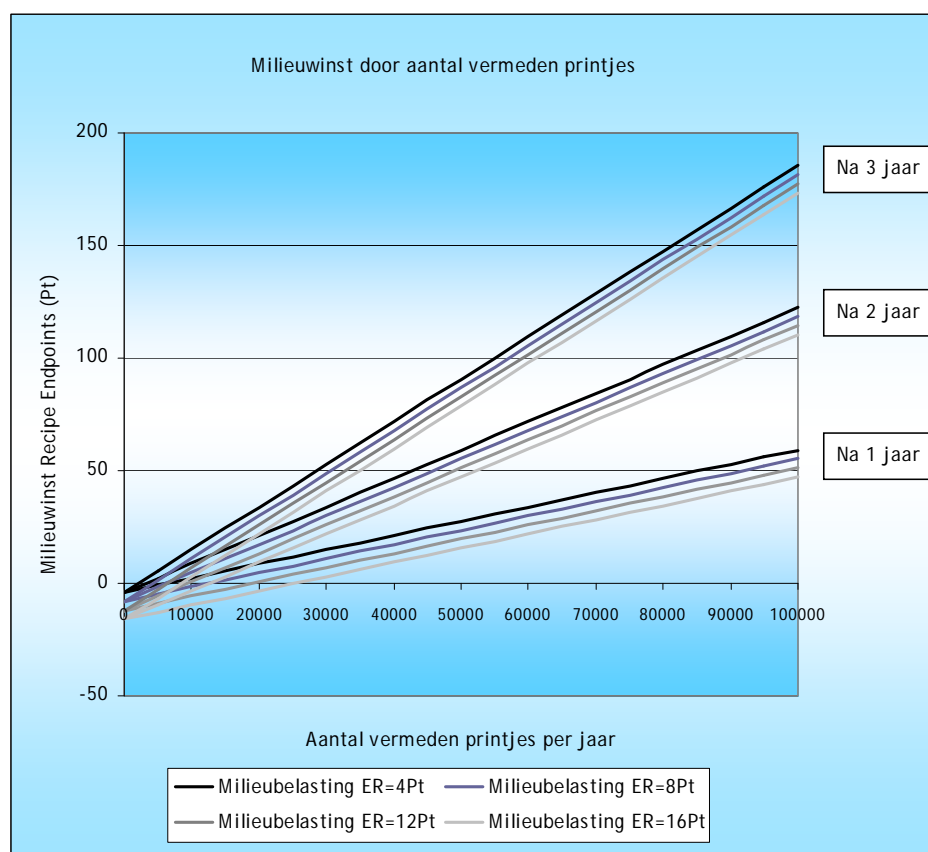
Aan de hand van enkele cases zal meer inzicht worden gegeven in de haalbaarheid van het kantelpunt en de daadwerkelijk te boeken milieuwinst.

Figuur 13 toont de daadwerkelijke milieuwinst die wordt geboekt bij het uitsparen van een hoeveelheid printjes. In de grafiek kan worden afgelezen hoeveel de milieuwinst bedraagt als een bepaalde hoeveelheid printjes één, twee of drie jaar lang wordt uitgespaard. De totale milieuwinst is de winst door uitgespaarde printjes min de milieubelasting door e-readergebruik.

De kantelpunten zijn de plekken waar de lijnen snijden met de x-as, waar dus de milieubelasting 0 is. Duidelijk te zien is het kantelpunt: eenjarig gebruik van een e-reader met milieubelasting 16 Pt bij 25.000 printjes.

Ook hier zien we dat er een aanzienlijke hoeveelheid printjes door gebruik van een e-reader moet worden vermeden wil er milieuwinst worden geboekt.

Figuur 13 Totale milieuwinst per e-reader naar aantal vermeden printjes



De jaarlijkse consumptie papier voor printen en kopiëren bedraagt 434 kton (nulmeting, CE, 2010a). Dit komt overeen met een milieubelasting van ruim 274.000 Pt (volgens de milieubelasting van het referentiescenario papier).

Voor de eerste casus wordt bekeken wat het effect is als deze consumptie met 10% vermindert, door e-readers in te zetten. Als we uitgaan van 25.000 uitgespaarde printjes per e-reader, zijn er 348.000 mensen nodig die dit in praktijk brengen (zie Tabel 9). In een slecht scenario (16 Pt belasting voor de e-reader, één jaar gebruik) geeft dit een kleine achteruitgang wat betreft milieuscore. In een positief scenario is de winst ongeveer 1% van de nulmeting. Dit is gelijk aan de winst van reductie van papieruitval bij drukkerijen en het van gedeeltelijke inzameling en recycling van drankenkartons (zie CE, 2010a). In hoeverre het realistisch is dat er 348.000 mensen zijn die per jaar 25.000 printjes kunnen uitsparen in kantooromgeving door gebruik van een e-reader is niet te zeggen.

Tabel 9 Casus en reductie t.o.v. nulmeting

	Casus 10%	Casus gemeenteraden
Prints per persoon per jaar	25.000	100.000
Kton papier per jaar in NL	43,4	11,1
Kton t.o.v. nulmeting	1,4%	0,3%
Aantal betrokken personen	3,48E+05	2,22E+04
Min. milieuwinst per jaar (Pt)	-7,49E+04	1,05E+06
Max. milieuwinst per jaar (Pt)	5,03E+06	1,37E+06
Min. reductie milieubelasting nulmeting	-0,02%	0,24%
Max. reductie milieubelasting nulmeting	1,13%	0,31%

Een voor de hand liggende optie voor vervanging door e-readers is het printen van grote documenten die min of meer volledig worden doorgelezen of die volledig 'bij de hand' moeten zijn tijdens vergaderingen.

Uit de interviews uitgevoerd door CREM⁴ blijkt dat de Gemeenteraad Bergen door inzet van tablet-PC's 1,9 miljoen velletjes papier bespaart op jaarbasis. Met 18 personen in de Raad plus college B&W betekent dit ongeveer 100.000 vel reductie per persoon per jaar. We gaan er in deze casus vanuit dat de vervanging met een e-reader gebeurt.

Geëxtrapoleerd naar alle gemeenteraden in Nederland⁵ zou een hoeveelheid van ongeveer 11 kton papier kunnen worden bespaard, ofwel 2,6% van de hoeveelheid papier voor print- en kopieerwerk en 0,4% van de totale consumptie volgens de nulmeting (CE, 2010a). De besparing die dit oplevert is ongeveer 0,3% ten opzichte van de nulmeting (Tabel 9).

Voor de tweede casus ligt de besparing per hoeveelheid gereduceerd papier hoger. Dit is logisch, omdat er per e-reader veel meer papier wordt uitgespaard dan in de eerste casus en het netto effect dus gunstiger uitvalt. Bij printgebruik van 100.000 printjes per persoon per jaar is de procentuele reductie in milieuscore even groot als de reductie in papierconsumptie.

⁴ Parallel traject, zie CREM, 2010.

⁵ Op basis van het inwoneraantal van Bergen (13.386) ten opzichte van totale Nederlandse bevolking.



Als we ervan uit gaan dat een dergelijke situatie ook bestaat bij diverse andere raden en/of overheidsinstellingen, zou het reductiepotentieel op 1% kunnen liggen. Voor de minder intensieve gebruikers is de reductie in milieubelasting relatief kleiner, maar er zijn er meer van.

Bij deze berekeningen is geen rekening gehouden met een mogelijk marginaal effect op de hoeveelheid printers zoals eerder genoemd. Aanname is dat met het verminderde printen een evenredige afname van het aantal printers gepaard gaat. Gemiddeld gezien zal dit een redelijke aanname zijn. Alleen de laatste printer in een kantooromgeving zal nog lang blijven staan ook al wordt er nog maar heel weinig geprint. De stand-by energie per geprint vel papier neemt dan waarschijnlijk sterk toe.

4.5 Aanwezigheid omstreden metalen

Voor het produceren van elektronica zijn (schaarse) metalen nodig. Het winnen van metalen gebeurt op meerdere plaatsen ter wereld. Maar sommige plaatsen zijn verbonden met sociale misstanden. Zo wordt in Kongo de opbrengst van het winnen van tin, wolfrام en tantalium gebruikt voor het in stand houden van de burgeroorlog. Door afpersing gebruiken rebellen de winst van de mijnen om wapens te kopen⁶. In allerlei Afrikaanse landen vindt kinderarbeid plaats. Vanaf jongs af aan werken kinderen mee in bijvoorbeeld goudmijnen⁷.

We zagen in Paragraaf 4.3 dat er een hoge milieubelasting wordt toegekend aan de aanwezigheid van goud in microchips. De oorzaak van deze hoge milieubelasting zijn zware metalen die bij de opslag van de tailings van goudwinning weglekken.

Hier is een mogelijke correlatie tussen sociale en milieukundige problemen: het is waarschijnlijk dat in mijnen waar men het niet zo nauw neemt met de rechten van de mens, men ook geen aandacht schenkt aan toxische emissies en andere gevolgen van de exploitatie op de omgeving.

Elektronicaproductenten weten vaak niet waar de gebruikte metalen vandaan komen. Leveranciers geven niet altijd openheid over de winlocatie of weten het ook niet. Het is dus meestal niet te zeggen of het metaal uit een 'goede' of 'foute' mijn komt. In Tabel 10 is geïnventariseerd welke metalen aanwezig zijn in de e-readers en printers (gealloceerd aan een printje). Dit is gedaan om aan te geven of er een mogelijkheid is dat er 'conflictmetaal' aanwezig is, maar het wil dus niet zeggen dat dat daadwerkelijk zo is. Bij e-readers en printjes wordt geen wolfrام als vaste stof gebruikt. Wolframemissies naar water is genomen als proxy.

Daarnaast is voor de e-readers uitgegaan van bestaande LCA's en is het onzeker of de juiste aannames zijn gedaan bij het bepalen van het type componenten. Wij kunnen bijvoorbeeld niet controleren of er daadwerkelijk een tantaliumbevattende weerstand in e-reader 1 zit. Ook de opbouw van printers verschilt en het wil niet zeggen dat in elke printer deze materialen voorkomen.

⁶ Bron: 'A Comprehensive Approach to Congo's Conflict Minerals', Enough Project Team.

⁷ Bron: Unicef.



Tabel 10 Aanwezigheid metalen in e-readers

	ER1	ER2	ER3
Tin (ruw materiaal)	7,1g	11,1 g	5,4 g
Tantalium (ruw materiaal)	0,2 g	0,2 g	1 g
Goud (ruw materiaal)	129 mg	36 mg	0,5 g
Wolfraam (emissie naar water)	0,9 g	0,4 g	3,46g

Tabel 11 Metalen uit printer, gealloceerd aan papier

	1 printje	1.000 printjes/jaar	10.000 printjes/jaar	100.000 printjes/jaar	1.000.000 printjes/jaar
Tin (ruw materiaal)	1,87 µg	0,002 g	0,019 g	0,187 g	1,870 g
Tantalium (ruw materiaal)	21,1 ng	0,000 g	0,000 g	0,002 g	0,021 g
Goud (ruw materiaal)	13,1 ng	0,000 g	0,000 g	0,001 g	0,013 g
Wolfraam (emissie naar water)	6,134 µg	0,006 g	0,061 g	0,613 g	6,134 g

De tabellen geven aan dat er een mogelijkheid is dat er 'conflictmetalen' aanwezig zijn in zowel e-readers als in printers. De hoeveelheid metalen die gemoeid zijn met vele printjes per jaar komen echter niet in de buurt van de metalen gebruikt in de e-readers. Stel dat één e-reader 100.000 printjes vervangt, dan is er ruwweg 5 tot 10 keer meer tin, 100 tot 500 keer meer tantalium en 40 tot 500 keer meer goud benodigd. Wolfraamemissie naar water is een uitzondering.

De mogelijke aanwezigheid van conflictmetalen zou een reden kunnen zijn om af te zien van aanschaf van e-readers, zeker als men een aantal wil aanschaffen of bijvoorbeeld als doorslaggevend argument als het niet helemaal zeker is of er milieuwinst zal worden geboekt.

Het zou de voorkeur verdienen dat de producent van e-readers weet aan te tonen dat er geen conflictmaterialen in de componenten zijn gebruikt. Dit is echter lastig, omdat er vele partijen zijn betrokken bij het produceren en leveren van elektronische onderdelen. De producent van de e-reader bestelt een printplaat, niet de precieze elektronische componenten. De onderdelen daarvoor zijn op hun beurt afkomstig van een diversiteit aan bedrijven en zodoende heeft de e-readerproducent geen idee welk bedrijf de onderdelen heeft geproduceerd.



5 Conclusies

5.1 Printerloos kantoor

In deze studie is gekeken naar de rol die e-readers zouden kunnen spelen in reductie van milieubelasting door papiergebruik in de kantooromgeving. Een deel van de cruciale informatie over samenstelling van e-readers met gebruik van de E-ink-technologie is onbekend en daarmee is de milieubelasting van e-readergebruik onzeker. Bovendien is aannemelijk dat de milieubelasting sterk kan verschillen tussen types. De resultaten hebben daarom een vrij grote bandbreedte.

Vanuit milieukundig oogpunt kan een printerloos kantoor in bepaalde omstandigheden winst leveren. Als een e-reader meer dan ongeveer 13.000 printjes per jaar kan ondervangen met een levensduur van twee jaar is het zeer waarschijnlijk een milieuvriendelijkere optie.

Kanttekening is dat gekeken moet worden of al deze printjes in praktijk daadwerkelijk door de e-reader zouden worden ondervangen. Niet alle typen printjes kunnen worden ondervangen door e-readergebruik. Voor elke specifieke kantoor situatie moet daarom een aparte afweging worden gemaakt op basis waarvan wordt ingeschat of het gebruik van een e-reader voldoende prints uit kan sparen. Daarbij moet men zich afvragen:

- Wat is het totale printgedrag en het printgedrag per persoon (variatie)?
- Welk deel van het printgedrag kan worden ondervangen door efficiënter printen, dubbelzijdig en/of het printen van meerdere pagina's per zijde?
- Welk deel van het printgedrag wordt door computers en internet ondervangen?
- Welke deel van het printgedrag zou door e-readers kunnen worden ondervangen?
- Is het praktisch als er e-readers worden gedeeld?
- Welk bijkomend voordeel kan e-reader gebruik nog leveren?

Voor zowel papier- als e-readergebruik geldt dat de milieubelastingen voor het overgrote deel buiten de kantooromgeving zelf optreden (grondstoffen en productie). Er is echter sprake van een afweging tussen milieubelastingen die voornamelijk samenhangen met energiegebruik (papierproductie) enerzijds en toxische emissies samenhangend met de productie van metalen (e-readers) anderzijds. De ReCiPe-methodiek geeft hier een afweging voor, maar deze heeft zoals elke weegmethodiek geen objectieve basis. Het feit dat deze toxische emissies vooral optreden bij mijnbouw die deels plaatsvindt in landen waar werknemers (zeer) slechte bescherming genieten kan bovendien een indicatie zijn van sociale misstanden.

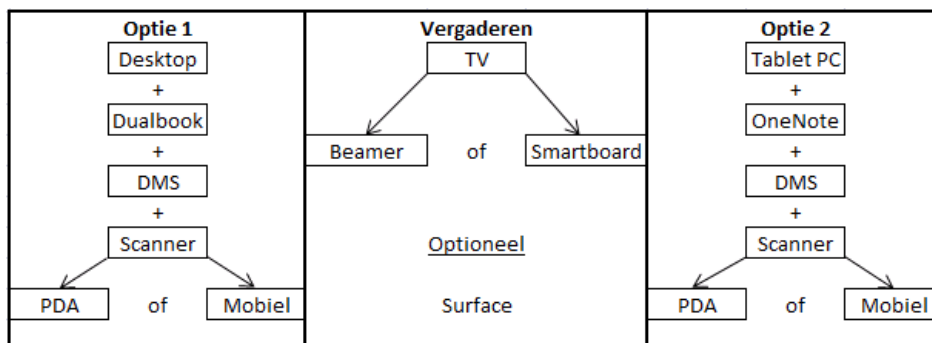
Bepaalde overheids- en bestuurlijke instellingen zijn waarschijnlijk het meest geschikt voor het vervangen van grote hoeveelheden geprint papier (vergaderdocumenten) door e-readers. Ten opzichte van de milieubelasting van de huidige totale papier- en kartonconsumptie (nulmeting, zie CE, 2010a) schatten we dat een reductie van 1% mogelijk is. Voor de specifieke kantoor situatie waar die besparing wordt gerealiseerd, met grote hoeveelheden prints, is de relatieve verbetering natuurlijk veel groter.



5.2 Papierloos kantoor

Het vervangen van printers door e-readers is slechts één onderdeel van het opzetten van een geheel papierloos kantoor. In een parallelstudie door CREM (2010) is in bredere context gekeken naar mogelijke scenario's voor een geheel papierloze kantooromgeving. We zien daarin (Figuur 14) hulpmiddelen om zowel printergebruik als kopiëren, faxen, en dergelijke, tegen te gaan.

Figuur 14 Combinaties van ICT hulpmiddelen



Bron: CREM, 2010.

Naast de hier gemaakte vergelijking tussen e-reader (of tablet-PC) als voornamelijk vervanger voor printergebruik (in kantooromgeving) zou dus ook een vergelijking tussen scanner en kopieerapparaat gemaakt moeten worden.

Daarnaast zien we in optie 1 (Figuur 14) een dualbook in plaats van e-reader/tablet-PC. Een dualbook is "een netbook en e-reader in één, met twee schermen, een e-ink-scherm en een lcd-scherm. Met dit apparaat kan zowel tekst worden gelezen met hoog leescomfort en aantekeningen worden gemaakt met een stylus, evenals het browsen van websites en e-mailen". Aangezien het bij de e-reader met E-ink-scherm milieukundig gezien vooral om het scherm gaat (analyse in dit rapport) zal een dualbook dus lijken op een e-reader plus een laptop. Bij de laptop is energiegebruik een belangrijker onderdeel van de totale milieu-impact, maar volgens een standaardmodel⁸ komt nog steeds 70% van de milieu-impact (ReCiPe-score) voor rekening van de materialen en productie van de laptop zelf. Dit geldt voor een levensduur van vier jaar, die in praktijk veel lager zou kunnen zijn. CREM (2010) geeft voor de dualbook een economische levensduur van twee jaar.

De milieu-impact van dualbook-gebruik zal in ieder geval hoger uitkomen dan van een E-ink-e-reader alleen. Voor een goede vergelijking moet natuurlijk wel rekening gehouden worden met de grotere functionaliteit van een dualbook. Er zal daarmee bovendien meer papierwerk kunnen worden vervangen dan met een e-reader alleen. Het kantelpunt voor vervanging zal nog steeds op minstens een zelfde 'aantal printjes' liggen als voor de e-readers (zie bijvoorbeeld Paragraaf 4.4). Het is echter mogelijk dat dit kantelpunt in meer situaties wordt overschreden, omdat er meer types papiergebruik mee kunnen worden ondervangen.

⁸ Beschikbaar in Ecoinvent, aannames over typisch gebruik in kantooromgeving en samenstelling van laptop.

Ook voor de uitgebreidere benadering van een geheel papierloos kantoor is dus van belang dat voor een specifieke kantoor situatie de beste optie wordt bepaald zoals beschreven onder Paragraaf 5.1. Grotere transparantie van producenten over de samenstelling van hun producten is essentieel om een goede vergelijking met beperkte onzekerheden te kunnen maken. Omdat voor elektronische apparaten geldt dat de voortschrijding van techniek zeer snel gaat, is bovendien een regelmatige herijking nodig. Bestaande technieken worden energie- en materiaalzuiniger en bovendien ontstaan continu nieuwe apparaten. Het is dus zeker niet uitgesloten dat in de toekomst het vervangen van papier door elektronica milieukundig gunstiger zal uitpakken dan uit deze analyse naar voren komt.





Literatuurlijst

CE, 2010a

M.N. (Maartje) Sevenster, M.M. (Marijn) Bijleveld
Milieuanalyses Papier en Karton : Ten behoeve van prioritaire stromen
ketengericht afvalbeleid
Delft : CE Delft, 2010

CE, 2010b

M.N. (Maartje) Sevenster (CE Delft), H. (Hans) Blonk (Blonk Milieu Advies),
S. (Sander) van der Flier (Blonk Milieu Advies)
Milieuanalyses Voedsel en Voedselverliezen : Ten behoeve van prioritaire
stromen ketengericht afvalbeleid
Delft : CE Delft, 2010

CML, 2009

S. Deetman, I. Odegard, supervisie: R. Kleijn
Scanning Life Cycle Assessment of Printed and E-paper Documents based on
the iRex Digital Reader, Students project for iRex
Leiden : Institute of Environmental Sciences (CML), 2009

CREM, 2010

Giulietta Cohen, Godard Croon, Annelien van Meer, Ariejan van Saane,
Fiona Hustinx
Haalbaarheid van een printerloos kantoor
Amsterdam : CREM, 2010

Kozak, 2003

Greg Kozak
Printed Scholarly Books and E-book Reading Devices : A Comparative Life Cycle
Assessment of Two Book Options, Masterscriptie
Ann Arbor(MI) : Centre for sustainable systems, University of Michigan, 2003

KTH, 2009

C. Borggren, Å. Moberg,
Pappersbok och elektronisk bok på läsplatta - en jämförande miljöbedömning,
Stockholm : KTH Royal Institute of Technology, Centre for Sustainable
Communications, 2009

Websites

IPEC

International Programme on the Elimination of Child Labour
Child labour in gold mining
[http://www.ilo.org/ipec/areas/Miningandquarrying/MoreaboutCLInmining/
lang--en/](http://www.ilo.org/ipec/areas/Miningandquarrying/MoreaboutCLInmining/lang--en/)

IDC

Industrial Design Consultancy
<http://www.lccalculator.com/>



The Enough Project Team en the Grassroots Reconciliation Group

A Comprehensive Approach to Congo's Conflict Minerals

April 2009

Site : <http://www.enoughproject.org/publications/comprehensive-approach-conflict-minerals-strategy-paper>

Report:

<http://www.enoughproject.org/files/publications/Comprehensive%20Approach%20to%20Congo's%20Conflict%20Minerals.pdf>

VPN

Homepage van de Vereniging Papierindustrie Nederland

<http://www.vnp-online.com>

Wikipedia, E-ink-scherm

<http://en.wikipedia.org/wiki/E-ink>

Bronnen afbeeldingen

E-ink

<http://www.eink.com/technology/flexible.html>

<http://www.eink.com/technology/howitworks.htm>

Irex Iliad

http://www.mobilyz.com/wp-content/uploads/irex_iliad.jpg



Bijlage A Printjes

A.1 Gebruikte Ecoinvent-processen

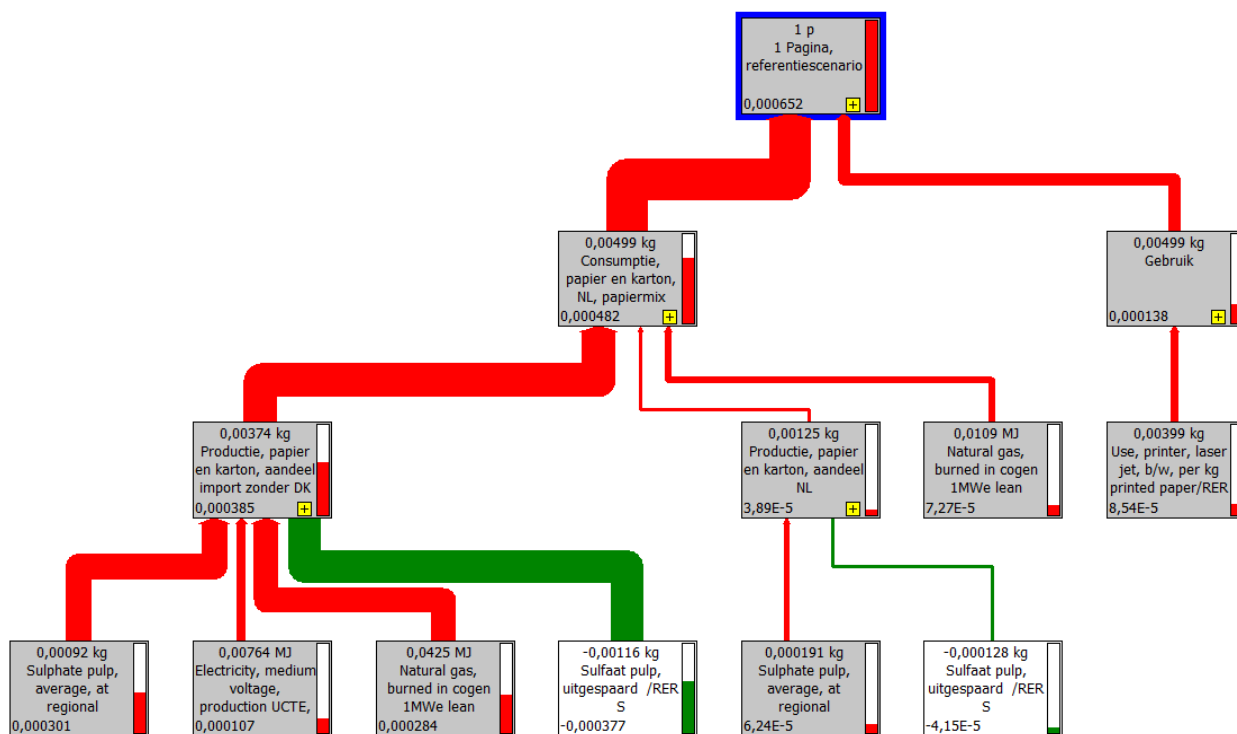
Tabel 12 geeft de Ecoinvent-processen weer die zijn gebruikt in de modellering van een printje.

Tabel 12 Gebruikte Ecoinvent-processen voor modellering (details zie CE, 2010a)

Proces	Ecoinvent-proces
Grondstoffen	Sulphate pulp, average, at regional storage/RER S Waste paper, sorted, for further treatment/RER S Thermo-mechanical pulp, at plant/RER S Kaolin, at plant/RER S (vulstof) Limestone, milled, loose, at plant/CH S (vulstof) Potato starch, at plant/DE S (vulstof)
Energieverbruik productie	Electricity, medium voltage, at grid/NL S Electricity, low voltage, at grid/NL Natural gas, burned in cogen 1 MWe lean burn/RER S Heat, natural gas, at industrial furnace low-NO _x > 100 kW/RER S
Printergebruik kleur	Use, printer, laser jet, colour, per kg printed paper/RER S
Printergebruik zwart/wit	Use, printer, laser jet, b/w, per kg printed paper/RER S
Printergebruik energie	Electricity, low voltage, at grid/NL S
Transport van retail naar gebruiker	Transport, van < 3.5 t/RER S
Transport van fabriek naar retail	Transport, lorry 16-32 t, EURO 3/RER S
Transport van gebruiker naar afvalverwerking	Transport, lorry > 16 t, fleet average/RER S
Verbranding in AVI	Disposal, paper, 11.2% water, to municipal incineration/CH S
Verbranding in AVI; vermeden impacts	Electricity, low voltage, at grid/NL (Efficiëntie 22% op basis van LHV) Heat, natural gas, at industrial furnace low-NO _x > 100 kW/RER (Efficiëntie 7% op basis van LHV)
Energie benodigd voor recycling	Electricity, low voltage, at grid/NL S
Uitgespaard pulp bij recycling	Sulphate pulp, unbleached, at plant/RER S



A.2 Milieubelastingboom printje



Bijlage B E-readers

B.1 Opbouw e-readers

De opbouw van de e-readers is direct overgenomen van de drie onderzochte studies.

Tabel 13 Opbouw e-reader 1, studie uit Nederland

Materiaal/component	Hoeveelheid
Cable, ribbon cable, 20-pin, with plugs, at plant/GLO S	26 g
Integrated circuit, IC, logic type, at plant/GLO S	10,0 g
Capacitor, Tantalium-, through-hole mounting, at plant/GLO S	0,25 g
Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant/RER S	347 g
Polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade, at plant/RER S	53,4 g
Battery, Lilo, rechargeable, prismatic, at plant/GLO S	24 g
Integrated circuit, IC, memory type, at plant/GLO S	4,1 g
Power adapter, for laptop, at plant/GLO S	0,28 p
Printed wiring board, surface mount, lead-free surface, at plant/GLO S	0,012 m ²
Capacitor, SMD type, surface-mounting, at plant/GLO S	27,9 g
Resistor, SMD type, surface mounting, at plant/GLO S	0,37 g
Diode, glass-, SMD type, surface mounting, at plant/GLO S	0,413 g
Light emitting diode, LED, at plant/GLO S	1,4 g
Transistor, SMD type, surface mounting, at plant/GLO S	9,5 g
Inductor, miniature RF chip type, MRFI, at plant/GLO S	0,15 g
LCD module ER1, aangepast	66 g
Polystyrene, general purpose, GPPS, at plant/RER S	24,1 g
Capacitor, SMD type, surface-mounting, at plant/GLO S	8,60E-02 g
Transistor, wired, small size, through-hole mounting, at plant/GLO S	0,82 g

Tabel 14 Opbouw e-reader 2, studie uit de Verenigde Staten

Materiaal/component	Hoeveelheid
Zinc, primary, at regional storage/RER S	23,63 g
Steel, low-alloyed, at plant/RER S	5 g
Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant/RER S	118,1 g
Latex, at plant/RER S	31,42 g
Polyvinylchloride, at regional storage/RER S	28,44 g
LCD module, at plant/GLO S	125,62 g
Printed wiring board, through-hole mounted, unspec., Pb free, at plant/GLO S	74,29 g
Solder, bar, Sn63Pb37, for electronics industry, at plant/GLO S	8,03 g
Backlight, LCD screen, at plant/GLO S	2 g
Copper, at regional storage/RER S	68,9 g
Polyvinylchloride, at regional storage/RER S	165 g
Steel, low-alloyed, at plant/RER S	231,36 g
Battery, Lilo, rechargeable, prismatic, at plant/GLO S	91,89 g



Tabel 15 Opbouw e-reader 3, studie uit Zweden

Materiaal/component	Hoeveelheid
Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER S	9 g
Aluminium, production mix, at plant/RER S	140 g
Printed wiring board, surface mount, lead-free surface, at plant/GLO S	0,0138 m ²
Battery, Lilo, rechargeable, prismatic, at plant/GLO S	12 g
Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant/RER S	15 g
Integrated circuit, IC, logic type, at plant/GLO S	27 g
Integrated circuit, IC, memory type, at plant/GLO S	4 g
Diode, unspecified, at plant/GLO S	0,2 g
Transistor, unspecified, at plant/GLO S	4 g
Resistor, SMD type, surface mounting, at plant/GLO S	44,4 g
Inductor, low value multilayer chip type, LMCI, at plant/GLO S	4 g
Inductor, ring core choke type, at plant/GLO S	4 g
Capacitor, Tantalium-, through-hole mounting, at plant/GLO S	1 g
Cable, printer cable, without plugs, at plant/GLO S	1,64 m
Connector, computer, peripheral type, at plant/GLO S	11,3 g

B.2 Overige processen modellering e-readers

Tabel 16 Processen gebruikt voor modellering e-reader 1

Ketenstap	Ecoinvent-proces	
Productie	Injection moulding/RER S	
	Injection moulding/RER S	
	Sheet rolling, copper/RER S	
	Sputtering, ITO, for LCD/RER S	
Verpakking	Mounting, through-hole technology, Pb-free solder/GLO S	
	Packaging film, LDPE, at plant/RER S	
Gebruik	Packaging, corrugated board, mixed fibre, single wall, at plant/RER S	
	Electricity, low voltage, at grid/NL S	
	Transport van Azië naar Nederland	Transport, freight, rail/RER S
	Transport van naar retail/opslag	Transport, barge tanker/RER S
	Transport naar gebruiker	Transport, lorry > 16 t, fleet average/RER S
	Transport: verpakking/behuizing naar afvalverwerking	Transport, municipal waste collection, lorry 21 t/CH S
	Transport e-waste naar verwerking	Transport, lorry > 16 t, fleet average/RER S
	Verbranding in AVI; vermeden impacts	Electricity, low voltage, at grid/NL S
		Heat, natural gas, at industrial furnace low-NO _x > 100 kW/RER S
	Verwerking kunststof onderdelen	Disposal, plastic, consumer electronics, 15.3% water, to municipal incineration/CH S
	Verwerking LCD-scherm	Disposal, LCD flat screen, 17 inches, to WEEE treatment/CH S
	Verwerking batterij	Disposal, Li-ions batteries, mixed technology/GLO S
	Verwerking e-waste	Disposal, industrial devices, to WEEE treatment/CH S
	Verwerking karton/papier	Disposal, packaging cardboard, 19.6% water, to municipal incineration/CH S
Verwerking verpakking	Disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration/CH S	



Tabel 17 Processen gebruikt voor modellering e-reader 2

Ketenstap	Ecoinvent-proces
Productie	Injection moulding/RER S
	Wire drawing, copper/RER S
	Extrusion, plastic pipes/RER S
	Injection moulding/RER S
Verpakking	Packaging, corrugated board, mixed fibre, single wall, at plant/RER S
	Paper, woodcontaining, LWC, at plant/RER S
	Polyvinylidenchloride, granulate, at plant/RER S
Gebruik	Calendering, rigid sheets/RER S
	Packaging film, LDPE, at plant/RER S
	Electricity, low voltage, at grid/NL S
Transport van Azië naar Nederland	Transport, barge tanker/RER S
Transport van naar retail/opslag	Transport, lorry > 16 t, fleet average/RER S
Transport naar gebruiker	Delivery van < 3.5 t
Transport: verpakking/behuizing naar afvalverwerking	Transport, municipal waste collection, lorry 21 t/CH S
Transport e-waste naar verwerking	Transport, lorry > 16 t, fleet average/RER S
Verbranding in AVI; vermeden impacts	Electricity, low voltage, at grid/NL S
	Natural gas, burned in industrial furnace low-NO _x > 100 kW/RER S
Verwerking LCD-scherm	Disposal, LCD flat screen, 17 inches, to WEEE treatment/CH S
Verwerking kunststof onderdelen	Disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration/CH S
	Disposal, polyvinylchloride, 0.2% water, to municipal incineration/CH S
Verwerking karton/papier	Disposal, paper, 11.2% water, to municipal incineration/CH S
Verwerking batterij	Disposal, Li-ions batteries, mixed technology/GLO S

Tabel 18 Processen gebruikt voor modellering e-reader 3

Ketenstap	Ecoinvent-proces
Productie	Injection moulding/RER S
	Wire drawing, copper/RER S
	Extrusion, plastic pipes/RER S
	Aluminium product manufacturing, average metal working/RER S
Verpakking	Packaging, corrugated board, mixed fibre, single wall, at plant/RER S, 56 g
	Polyurethane, flexible foam, at plant/RER S, 91 g
Gebruik	Electricity, low voltage, at grid/NL S
Transport van Azië naar Nederland	Transport, barge tanker/RER S
Transport van naar retail/opslag	Transport, lorry > 16 t, fleet average/RER S
Transport naar gebruiker	Delivery van < 3.5 t
Transport: verpakking/behuizing naar afvalverwerking	Transport, municipal waste collection, lorry 21 t/CH S
Transport e-waste naar verwerking	Transport, lorry > 16 t, fleet average/RER S
Verbranding in AVI; vermeden impacts	Electricity, low voltage, at grid/NL S



Ketenstap	Ecoinvent-proces
	Natural gas, burned in industrial furnace low-NO _x > 100 kW/RER S
Vermeden aluminiumproductie	Aluminium, production mix, at plant/RER S
Processen benodigd voor het recyclen van aluminium	Aluminium scrap, old, at plant/RER S
Verwerking rubber	Disposal, rubber, unspecified, 0% water, to municipal incineration/CH S
verwerking batterij	Disposal, Li-ions batteries, mixed technology/GLO S
Verwerking e-waste	Disposal, industrial devices, to WEEE treatment/CH S
Verwerking karton/papier	Disposal, packaging cardboard, 19.6% water, to municipal incineration/CH S

Tabel 19 Verpakkingsmaterialen bij de e-readers

ER1		ER2		ER3	
Materiaal	Gewicht (g)	Materiaal	Gewicht (g)	Materiaal	Gewicht (g)
LDPE	63,5	Karton	552	Karton	56
Karton	63,5	Papier	43,8	PU	91
		PVC	52,6		
		LDPE	14,03		

Tabel 20 Afvalverwerking van diverse onderdelen

Onderdeel	ER1	ER2	ER3
Kunststof onderdelen en verpakking naar AVI	410 g	67 g	15 g
Li-ion batterij naar elektronisch afval	24 g	93 g	12 g
LCD-scherm naar WEEE-verwerking	0,124 st	0,197 st	
Aluminium behuizingonderdelen naar recycling			140 g
Papier en karton naar AVI	63,5 g	595 g	147 g
Overige componenten naar WEEE-verwerking	451 g		123 g

Opmerkingen bij Tabel 20:

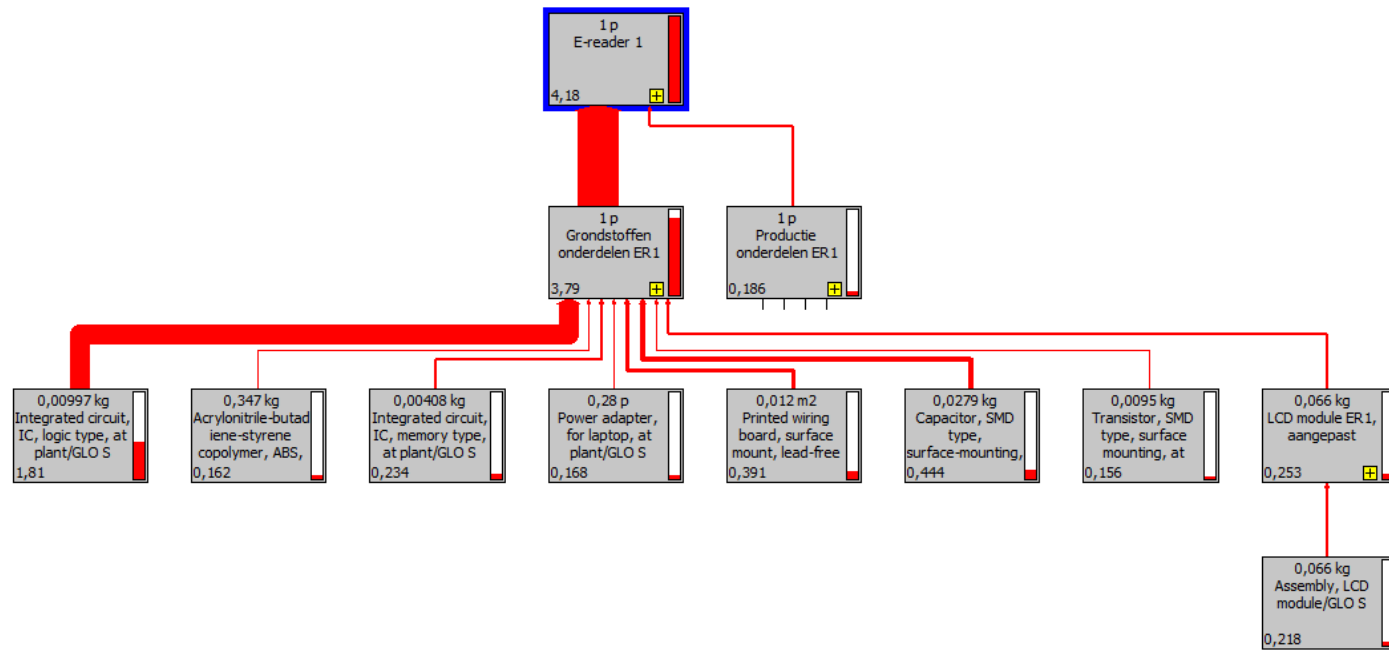
- De afvalverwerking van een LCD-scherm wordt uitgedrukt per stuk, waarbij in Ecoinvent wordt uitgegaan van een scherm van 17", met een bepaald gewicht. Het aandeel LCD-scherm naar verwerking is het schermgewicht van de e-reader ten opzichte van het standaardgewicht in Ecoinvent.
- De twee studies die een LCD-scherm betreffen, maken hier verschillende aannames over de afvalverwerking. In de studie van ER1 wordt ervan uitgegaan dat het LCD-scherm puur het scherm alleen is. In de studie van ER2 wordt aangenomen dat het LCD-scherm ook de componenten van het product bevat, dat het LCD-scherm het gehele product is. Deze aannames zijn in deze studie overgenomen. Vandaar dat er bij ER2 geen overige componenten naar de WEEE-verwerking gaan.



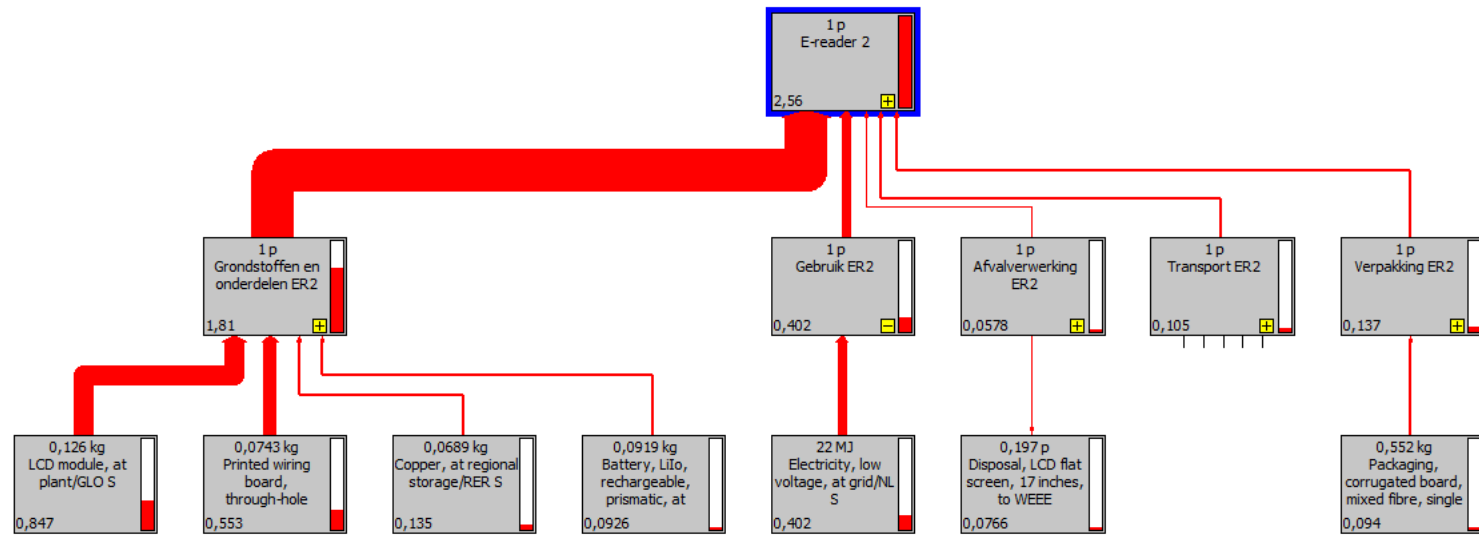
Bijlage C Milieubelasting e-readers



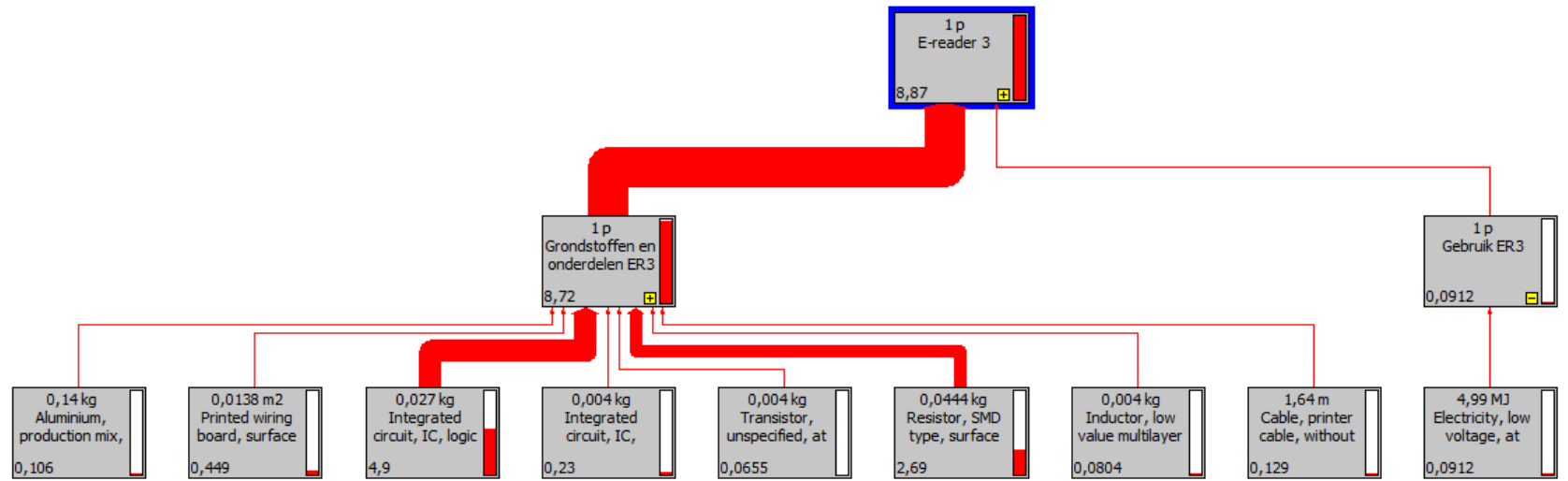
C.1 Milieubelastingboom van ER1

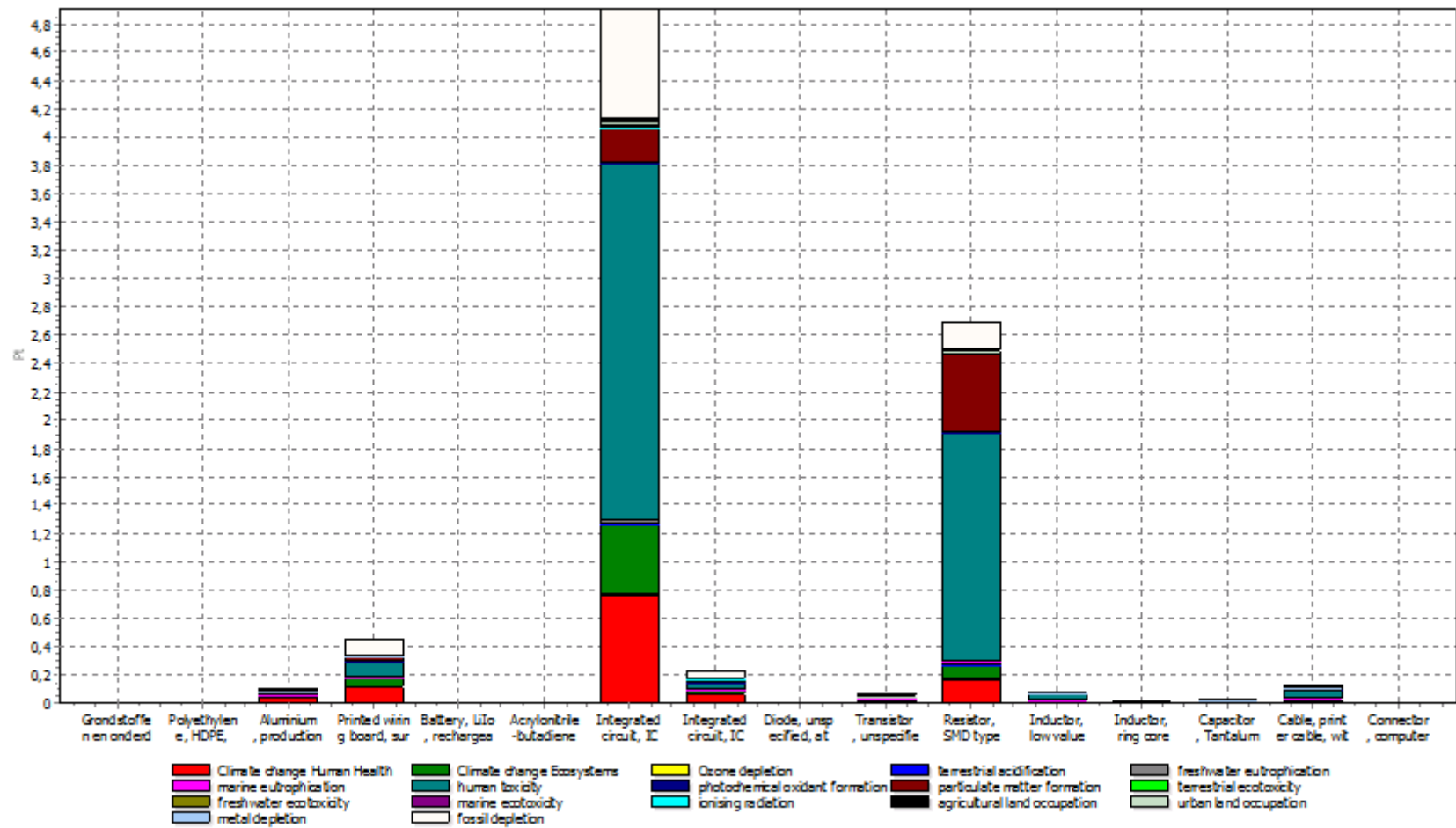


C.2 Milieubelastingboom van ER2



C.3 Milieubelastingboom van ER3





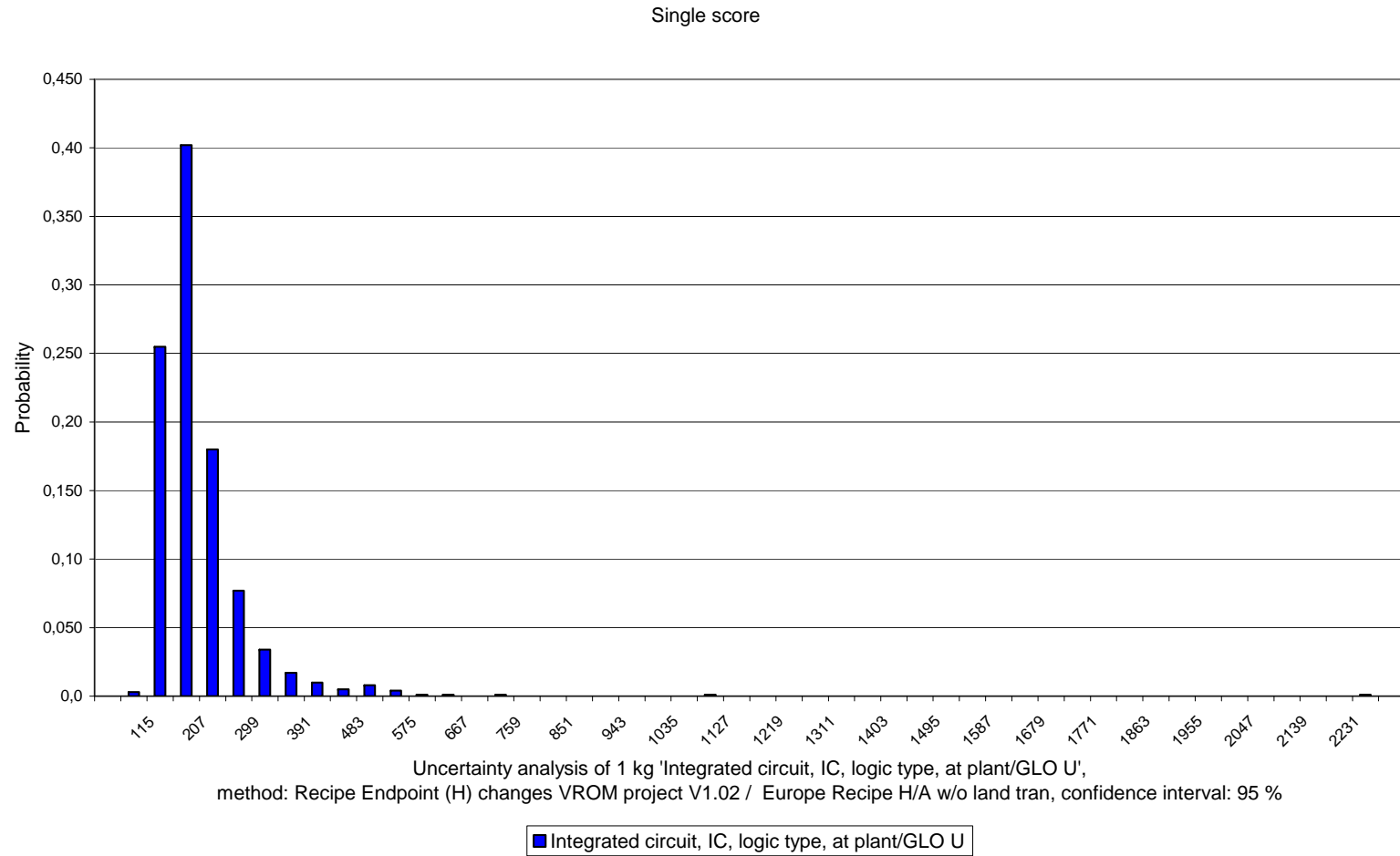
Analysing 1 p. Grandstoffen en onderdelen ERS;
 Method: Recipe Endpoint (H) changes VROM project V1.02./ Europe Recipe H/A w/o land tran / Single score



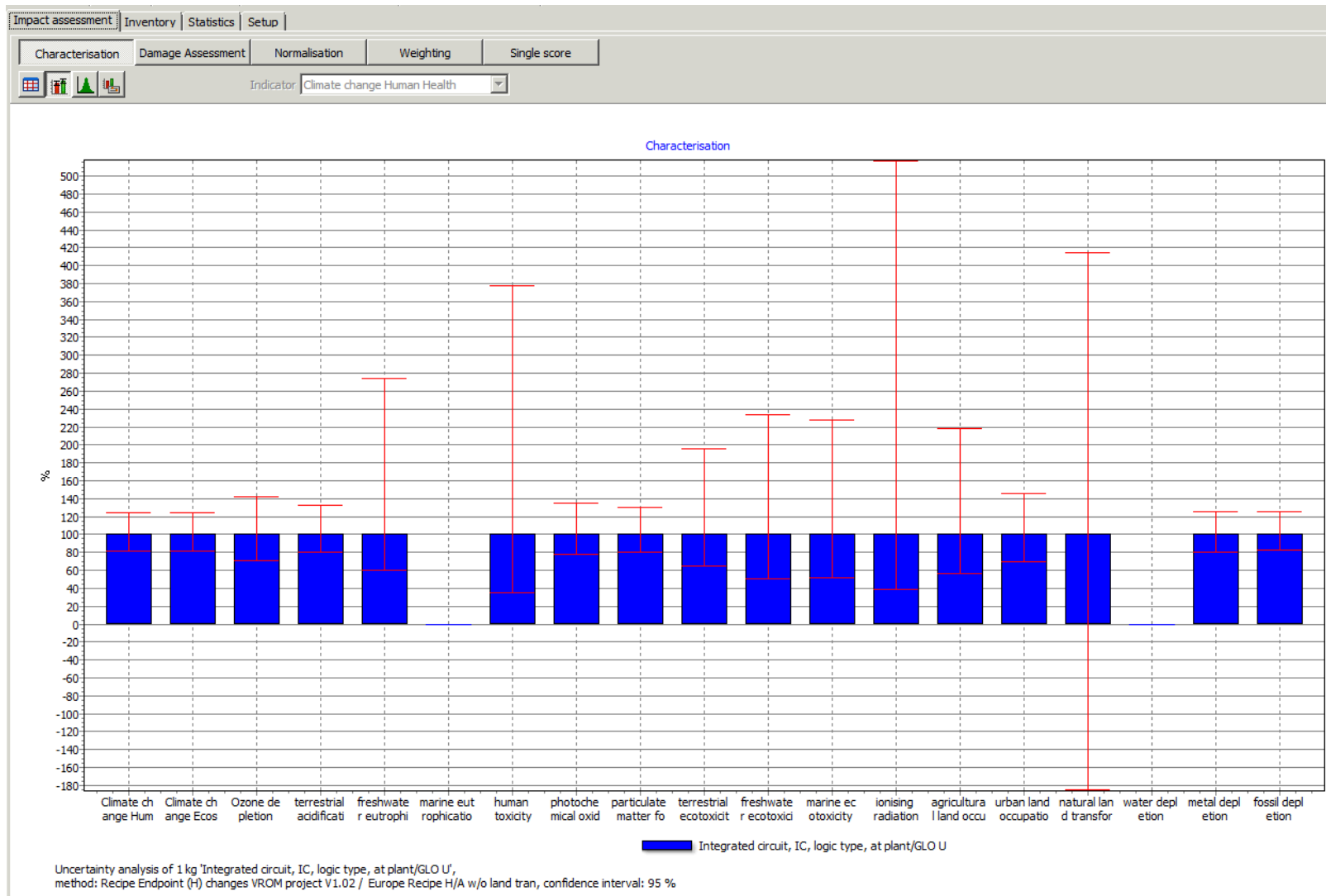
Bijlage D Gevoeligheidsanalyse microchip



D.1 Kansverdeling van de milieubelasting van 1 kg microchip



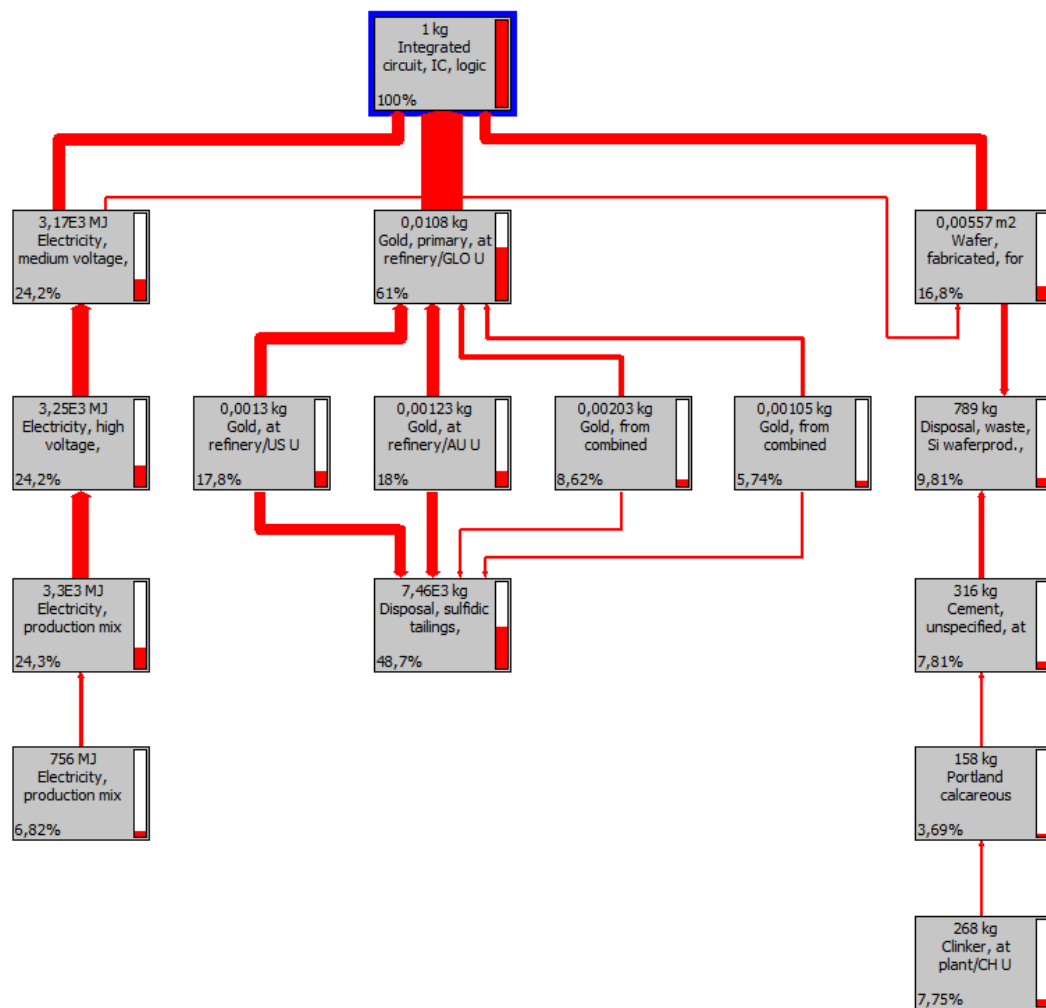
D.2 Onzekerheid in milieubelasting per effectcategorie





Bijlage E De impact van goud

E.1 Bijdrage van goud (tailings) aan milieubelasting van microchips



E.2 Bijdrage van goud (tailings) in microchips aan humane toxiciteit

