

CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Verwerkingsroutes voor tapijt

Toetsing aan criterium energie

Rapport

Delft, december 2003

Opgesteld door: M.N. (Maartje) Sevenster



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

M.N. (Maartje) Sevenster
Verwerkingsroutes voor tapijt
Toetsing aan criterium energie
Delft, CE, 2003

Energieverbruik / Energiebesparing / Vloerbedekking / Co-verbranding /
Verbranding / Storten /

Publicatienummer: 03.6596.39

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

CE
Oude Delft 180
2611 HH Delft
Tel: 015-2150150
Fax: 015-2150151
E-mail: publicatie@ce.nl

Opdrachtgever: Carpet Recycling Nederland
Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Maartje
Sevenster

© copyright, CE, Delft

CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

CE 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.

CE is onderverdeeld in vijf secties die zich richten op de volgende werkteerijnen:

- economie
- energie
- industrie
- materialen
- verkeer & vervoer

Van elk van deze secties is een publicatielijst beschikbaar. Geïnteresseerden kunnen deze opvragen bij CE tel: 015-2150150. De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: www.ce.nl

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Berekeningen	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Optie storten	3
2.3	Optie AVI	4
2.4	Optie secundaire brandstof	4
2.5	Berekening van de energiebesparing	5
2.6	Bepaling van de MJA indices	7
3	Conclusies	9

1 Inleiding

De leden van de VNTF hebben zich gecommitteerd aan de Eerste en Tweede Generatie Meerjarenaafspraken (MJA) Energie-Efficiency. In MJA2 wordt de nadruk gelegd op duurzame energie, duurzame producten, duurzame bedrijven- terreinen en optimalisatie van logistiek, transport en ketens. Via deze zogenoemde verbredingsthema's kan mogelijk energiewinst worden geboekt en aldus een reductie van de CO₂-uitstoot worden bereikt. Dit haalbaarheidsonderzoek naar verschillende verwerkingsmogelijkheden van tapijt vormt een verbredingsthema voor de VNTF-leden.

Zowel het treffen van energie-efficiency maatregelen in het (productie)proces als verbredingsthema maatregelen zorgen voor een reductie van het fossiele energiegebruik. Deze fossiele energiebesparing kan onder één noemer worden gebracht via het kengetal van de Totale Energie-Efficiency Index (TEEI). De TEEI is opgebouwd uit:

- de Energie-Efficiency Index (EEI), als maat voor de verbetering van de energie-efficiency van het proces (i.c. tapijtproductie);
- de Energiezuinige Productontwikkeling Index (EPI), als maat voor de verbetering van de energie-efficiency ten gevolge van energiezuinige productontwikkeling;
- de Duurzame Energie Index (DEI), als maat voor de besparing van fossiele energiedragers door inzet van duurzame energie.

De TEEI kan worden berekend via de formule: $TEEI = EEI + EPI + DEI - 200$.

Hierbij geeft EEI een besparing door middel van energie-efficiëntie op de productielocatie. In dit geval zou dat om de tapijtfabricage gaan; omdat hieraan niets wordt veranderd is deze index EEI volgens definitie 100. De DEI geeft besparingen aan dmv de inzet van duurzame energie, bijvoorbeeld windenergie. Dit speelt ook geen rol in deze studie; de DEI is daarom volgens definitie ook 100. Uit bovenstaande formule kunnen we nu afleiden: $TEEI = EPI$.

In dit hoofdstuk zal dan ook alleen de EPI hoeven worden berekend (zie paragraaf 2.6).

In opdracht van Novem is het computerprogramma (softwarepakket) LESS ontwikkeld, wat staat voor "Levenscyclus Energie Systeem Scan" []. LESS kan gebruikt worden binnen het kader van de MJA2 om uit te rekenen wat het effect is van genomen maatregelen die vallen onder de verbredingsthema's. Concreet kunnen de mogelijke fossiele energiebesparing in de keten en de hierdoor vermeden CO₂-emissie worden gekwantificeerd en toegerekend. In LESS wordt de nieuwe situatie (Verbeteranalyse) altijd vergeleken met de situatie zoals die was voordat de maatregelen werden doorgevoerd (Referentie).

Het programma LESS wordt daarom ook gebruikt om de verschillende inzamelings- en verwerkingsopties voor tapijtafval te toetsen aan het criterium energie. Deze rapportage vormt één hoofdstuk van een uitgebreider rapport.



2 Berekeningen

2.1 Inleiding

Een aantal scenario's zal op energiegebruik ofwel energiebesparing worden doorgerekend. De verschillen tussen de scenario's zijn enerzijds het gevolg van verschillende verhoudingen tussen de verschillende verwerkingsopties (storten, verbranden in AVI, bijstoken als secundaire brandstof) en anderzijds van verschillen in transport. Naast het basisscenario voor 2003 zijn er zo vier scenario's voor 2006 en vier voor 2012.

Naast drie verwerkingsopties zijn er ook drie "bronnen" van tapijtafval:

- de tapijtfabrikanten (F);
- de projectmarkt (P), deze kan bediend worden direct vanuit de fabriek of via tussenhandelaren;
- de huishoudelijke markt (H), die bediend wordt via tussenhandelaren.

Hieronder wordt per verwerkingsoptie aangegeven welke basiskentallen nodig zijn en hoe de LESS rekenmethodiek is ingevuld. Het energiegebruik van transport is 1,98 MJ/ton-kilometer (kental uit LESS) voor alle routes.

2.2 Optie storten

Voor de optie "storten" is alleen nodig het totaal gewicht aan tapijtafval dat naar de stort gaat en de transportafstand. Er is immers geen verdere energie nodig om te storten en het levert ook geen energie op. Het tapijtafval dat gestort wordt is alleen afkomstig van de huishoudelijke markt. Zodoende zijn er twee mogelijkheden voor de transportafstanden:

- *Zonder retourlogistiek*; in dit geval gaat afval rechtstreeks via de gemeentelijke milieustraat (10 km) naar de stort (50 km). Hierbij gaan we ervan uit dat de rit van huishouden naar milieustraat niet vol beladen is, maar dat de effectieve afstand voor de berekeningen 50 km is, dat wil zeggen we gebruiken een efficiëntiefactor van 5 voor de afstand huishouden-milieustraat. De effectieve afstand voor route huishouden-stort is dus 100 km.
- *Met retourlogistiek*; hiervan dragen de eerste 20 km niet extra bij aan energiegebruik omdat deze afstand toch al leeg teruggedreden werd door afleveraars. Deze 20 km worden dus niet meegeteld. Vervolgens bestaat de route uit detailhandel naar afvalinzamelaar (20 km) en afvalinzamelaar naar stort (50 km). De effectieve afstand voor route huishouden-stort met retourlogistiek is dus 70 km.

Van het tapijtafval wordt 70% vervoerd zonder gebruik te maken van retourlogistiek.

2.3

Optie AVI

Voor de optie "AVI" is naast de transportafstand ook nog het energiegebruik voor verwerking nodig en de energiewinst van elektriciteitsgeneratie in de AVI. Voor het energiegebruik voor verwerking hanteert LESS 0,43 MJ/kg¹. De calorische waarde van gemiddeld tapijt is 18 MJ/kg. De efficiëntie van een AVI is 25%, dat wil zeggen dat per kg tapijt een opbrengst van 4,5 MJ ofwel 1,25 kWh. De hoeveelheid uitgespaarde primaire energie, de maat waar het om gaat in LESS, is daardoor 10,7 MJ/kg². Verminderd met de 0,43 MJ/kg komt dit neer op een netto energiewinst van 10,3 MJ/kg.

Het tapijtafval dat naar de AVI gaat alleen afkomstig van de huishoudelijke markt. Zodoende zijn er twee mogelijkheden voor de transportafstanden:

- *Zonder retourlogistiek*; in dit geval gaat afval rechtstreeks via de gemeentelijke milieustraat (10 km) naar de AVI (75 km). Hierbij gebruiken we dezelfde efficiëntiefactor 5 voor de afstand huishouden- milieustraat als bij de optie stort is besproken. De effectieve afstand voor route huishouden-AVI is dus 125 km.
- *Met retourlogistiek*; hiervan worden de eerste 20 km net als bij de optie "stort" niet meegeteld. Vervolgens bestaat de route uit detailhandel naar afvalinzamelaar (20 km) en afvalinzamelaar naar AVI (75 km). De effectieve afstand voor route huishouden-AVI met retourlogistiek is dus 95 km.

Van het tapijtafval wordt 70% vervoerd zonder gebruik te maken van retourlogistiek.

2.4

Optie secundaire brandstof

Voor de optie "secundaire brandstof" zijn transportafstanden nodig plus energiegebruik voor het pelletiseren van het tapijtafval en de energiewinst van het bijstoken in de cementindustrie (uitsparen primaire energie).

Voor het energiegebruik voor pelletiseren is 72 kWh/ton gegeven (gegevens CRN) hetgeen 0,62 MJ/kg is. De calorische waarde van gemiddeld tapijt is 18 MJ/kg. Omdat in deze optie het tapijtafval wordt bijgestookt, is de uitgespaarde primaire energie gelijk aan de calorische waarde: 18 MJ/kg. Daarnaast is ook enig energiegebruik nodig voor het starten van het proces, hiervoor gebruiken we dezelfde waarde als voor de AVI: 0,43 MJ/kg.

In totaal komt dit alles neer op een netto energiewinst van 17 MJ/kg.

Voor deze optie kan het tapijtafval van zowel fabriek, projectmarkt als huishoudelijke markt komen. Voor project- en huishoudelijke markt kan deze route bovendien met of zonder retourlogistiek worden ingevuld. Er zijn in dit geval zes mogelijke transportafstanden:

- *Zonder retourlogistiek*:
 - *Huishoudelijk*; deze route loopt van huishouden naar milieustraat (10 km, maal 5 voor de efficiëntiefactor) en van daar via de bewerking naar inzet in kalk- en cementindustrie (400 km). De effectieve afstand voor route huishouden-bijstoken is dus 450 km.
 - *Projectmarkt*; deze route loopt van projectmarkt naar afvalinzamelaar (20 km, maal 2,5 voor de efficiëntiefactor voor de afstand pro-

¹ Dit gaat om het energiegebruik *zonder transport* omdat daarvoor cijfers zijn aangeleverd door CRN (zie onder).

² Dit is een standaardmaat van 8,6 MJ primaire energie per kWh.



jectmarkt- afvalinzamelaar) en van daar via de bewerking naar inzet in kalk- en cementindustrie (400 km). De effectieve afstand voor route projectmarkt-bijstoken is dus 450 km.

- *Fabrikant*; deze route loopt van fabrieken naar afvalinzamelaar (20 km) en van daar via de bewerking naar inzet in kalk- en cementindustrie (400 km). De effectieve afstand voor route fabrikant-bijstoken is dus 420 km.
- *Met retourlogistiek*:
 - *Huishoudelijk*; in dit geval gaat 70% van het afval nog steeds via de gewone route. De andere 30% loopt via de route aangegeven in figuur 5d. Hiervan worden de eerste 20 km net als bij de andere opties niet meegeteld. Vervolgens bestaat de route uit detailhandel naar afvalinzamelaar (20 km) en afvalinzamelaar via bewerking naar inzet in kalk- en cementindustrie (400 km). De effectieve afstand voor route huishouden-bijstoken met retourlogistiek is dus 420 km.
 - *Projectmarkt (1)*; van het afval van de projectmarkt gaat, bij beschouwing van retourlogistiek, 30% via een andere route dan die boven genoemd voor projectmarkt-bijstoken. Van deze 30% gaat de helft – 15% - terug via de detailhandel. Hiervan hoeft de eerste 20 km niet mee te tellen, vervolgens bestaat de route uit 20 km van detailhandel naar afvalinzamelaar (20 km) en van afvalinzamelaar via bewerking naar inzet in kalk- en cementindustrie (400 km). De effectieve afstand voor deze route projectmarkt-bijstoken met retourlogistiek is dus 420 km.
 - *Projectmarkt (2)*; deze route betreft de andere 15% die met retourlogistiek terug via de fabrikant wordt vervoerd. Hierbij wordt voor de eerste 40 km gebruik gemaakt van vrachtwagens die anders leeg terug zouden rijden naar de plaats van herkomst (fabrikant). Deze afstand telt dus niet mee, vervolgens bestaat de route uit 20 km van fabrikant naar afvalinzamelaar (20 km) en van afvalinzamelaar via bewerking naar inzet in kalk- en cementindustrie (400 km). De effectieve afstand voor deze route projectmarkt-bijstoken met retourlogistiek is dus 420 km.

2.5 Berekening van de energiebesparing

In voorgaande paragrafen zijn de afstanden en mogelijk verder energiegebruik of energiewinst per verwerkingsroute bepaald. In Tabel 1 wordt hiervan een overzicht gegeven. Om nu voor de verschillende scenario's de verschillen in energiegebruik te berekenen zijn alleen nog de gewichten nodig per verwerkingsoptie. In Tabel 2 zijn deze uitgedrukt in percentages van het totaal gewicht aan tapijtafval voor de drie afvalbronnen.

Tabel 1 Overzicht van alle gegevens (energiegebruik van transport 1,98 MJ / tonkm)

Afval herkomst	Verwerkingsoptie	Afstand zonder retourlogistiek ³	Afstand met retourlogistiek	Proces energiegebruik (negatief = winst)
		km	km	MJ / kg
Huishoudens	Stort	100	70	0
Huishoudens	AVI	125	95	-10,3
Huishoudens	Sec.	450	420	-17
Fabrikant	Sec.	420	--	-17
Project markt	Sec.	450	420 (twee routes)	-17

Tabel 2 Afvalgewichten en percentages per optie en scenario

Afval herkomst	Totaal (kton)	Optie	Scenario's				
			2003	2006 A	2006 B	2012 C	2012 D
Huishoudens	50	Stort	27%	0%	0%	0%	0%
		AVI	63%	81%	72%	32%	0%
		Sec. brandstof	10%	19%	28%	68%	100%
Project markt	25	Sec. brandstof	100%	100%	100%	100%	100%
Fabrikant	20	Sec. brandstof	100%	100%	100%	100%	100%

De scenario's A,B,C en D zijn elk opgesplitst in twee subscenario's waarvan één met en één zonder retourlogistiek (zoals beschreven in de voorgaande paragrafen. Tussen de twee subscenario's verschillen alleen de effectieve transportafstanden en dus de ton-kilometers. De verschillen in energiegebruik tussen de subscenario's zijn alleen het gevolg hiervan.

In onderstaande tabel is het absolute energiegebruik voor afvalverwerkingsproces en transport gegeven, plus het totaal. Ook zijn de besparingen voor de scenario's voor 2006 en 2012 ten opzichte van 2003 gegeven.

Tabel 3 Energiebesparing voor transport en afvalverwerkingsproces (TJ per jaar, negatieve besparing is extra energiegebruik (transport)). Subscenario's 1 zijn zonder retourlogistiek, subscenario's 2 met.

	2003	2006				2012			
		A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
Proces	1.171,5	1.340,3	1.340,3	1.370,3	1.370,3	1.503,8	1.503,8	1.610,5	1.610,5
Transport	-53,8	-57,4	-56,1	-60,3	-59,0	-73,2	-71,8	-83,5	-82,1
Totaal	1.117,6	1.282,9	1.284,2	1.310,0	1.311,4	1.430,6	1.432,0	1.527,1	1.528,4
Besparing tov 2003		165,2	166,6	192,4	193,7	313,0	314,3	409,4	410,8

³ Zoals besproken, wordt de afstand van huishoudens naar milieustraat met een factor 5 vermenigvuldigd en die van projectmarkt naar afvalinzameling met een factor 2,5. Dit is om te corrigeren voor de waarschijnlijk minder efficiënte belading van de vrachtwagens. Voor de afstand fabriek naar afvalinzameling is uitgegaan van volledig efficiënte belading, dat wil zeggen een factor 1,0.



Uit Tabel 3 is te zien dat de energiebesparing iets toeneemt voor elk volgend scenario. De verschillen tussen de subscenario's met en zonder retourlogistiek zijn klein, maar hierbij dient in gedachten te worden gehouden dat slechts 30% van de stromen "huishoudelijk" en "projectenmarkt" via de alternatieve route worden vervoerd in de scenario's met retourlogistiek. Als dit 100% zou zijn zouden de verschillen groter zijn.

Het verschil tussen scenario A en het basisscenario voor 2003 komt door het totaal afschaffen van de verwerkingsoptie "stort". Dit is mede ingegeven door de voor 2006 verwachte wetgeving die het storten van in principe brandbare materialen zal verbieden. De winst door energieopwekking in de optie "AVI" is hier duidelijk te zien. Voor de opeenvolgende scenario's A-B-C-D zien we vervolgens het effect van een steeds hoger percentage van de huishoudelijke afval dat via de optie "secundaire brandstof" wordt verwerkt. Hierbij is de energieopbrengst nog hoger dan voor verbranding in een AVI, wat terug is te zien in de factor 2,5 grotere besparing voor scenario D ten opzichte van scenario A.

2.6 Bepaling van de MJA indices

Zoals genoemd in de inleiding wordt binnen LESS gewerkt met indices die een maat geven voor de energiebesparing. De overkoepelende index TEEI wordt berekend via de formule: $TEEI = EEI + EPI + DEI - 200$.

Hierbij geeft EEI een besparing dmv energie-efficiënte op de productielocatie. In dit geval zou dat om de tapijtfabricage gaan; omdat hieraan niets wordt veranderd is deze index EEI volgens definitie 100. De DEI geeft besparingen aan dmv de inzet van duurzame energie, bijvoorbeeld windenergie. Dit speelt ook geen rol in deze studie; de DEI is daarom volgens definitie ook 100. Uit bovenstaande formule kunnen we nu afleiden: $TEEI = EPI$.

De EPI is de index waarom het in dit geval gaat, namelijk energiebesparingen in de keten van het tapijt (transport en afvalverwerking). Deze index is als volgt gedefinieerd:

$$EPI = (E_{\text{nieuw}} / E_{\text{ref}}) \times 100$$

De referentiewaarde in de noemer is binnen MJA2 de gebruikte energie binnen de productielocatie in het referentiejaar. Om de MJA2 index te bepalen moet dus deze referentiewaarde bekend zijn. Met een geschatte waarde van 5,6 MJ/kg⁴ geldt voor de in totaal 95 kton tapijt dat de referentiewaarde voor de energie-indices 532 TJ is.

De energiebesparing in de teller van de formule voor EPI is het verschil ten opzichte van 2003, omdat de veranderingen in de keten ten opzichte van dat scenario zijn uitgerekend. In onderstaande tabel staan de resulterende waarden voor de TEEI (is gelijk aan EPI).

⁴ Het energieverbruik van MJA deelnemers in tapijtbranche is 1 PJ per jaar, voor de productie van 90 miljoen m² of 180 kton tapijt. Dit geeft een waarde van 5,6 MJ/kg productie-energie.

Tabel 4 MJA2 indices voor de scenario's (zie tekst). Subscenario's 1 zijn zonder retourlogistiek, subscenario's 2 met retourlogistiek

	2003	2006				2012			
		A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
TEEI	100	69	69	64	64	41	41	23	23



3 Conclusies

Voor een 8-tal scenario's is de energiebesparing ten opzichte van een basisscenario voor 2003 berekend.

Retourlogistiek

Het toepassen van retourlogistiek voor een gedeelte van het tapijtafval levert enige energiebesparing op. Deze is echter zeer gering in vergelijking met de energiebesparing die gerealiseerd wordt door een andere verwerkingsmethode.

Andere verwerkingsmethoden

Een substantiële besparing kan behaald worden door verschuiving van afval van stort naar verbranding in een AVI, of van stort/AVI naar bijstoken in een kalk- of cementoven. De maximale energieopbrengst voor enige verbrandingsoptie is echter 18 MJ/kg, de calorische waarde van tapijt als geheel.

Bij een volledige verschuiving van alle tapijtafval (95 kton) naar de optie "secundaire brandstof" is de energiewinst 410 TJ per jaar ten opzichte van het scenario 2003.

MJA2 indices en energiebesparing

Verrekening van de besparingen van de verschillende scenario's naar de MJA2 indices levert het volgende op⁵:

- met een verschuiving van het momenteel gestorte huishoudelijke tapijtafval naar AVI/secundaire brandstofinzet kan een daling van de TEEI gerealiseerd worden van 100 naar 64-69, afhankelijk van de verdeling van deze tapijstroom over AVI/secundaire brandstofinzet.
- wanneer alle tapijtafval ingezet wordt als secundaire brandstof (dus ook een verschuiving plaatsvindt van AVI naar deze afvalverwerkingsmethode), daalt de TEEI naar 23.

Het blijkt uit deze scenario's dat een verschuiving van 1% van de totale hoeveelheid afval (95 kton) van verwerkingsmethode "AVI" naar verwerkingsmethode "secundaire brandstof" een energiebesparing van 1% oplevert, ten opzichte van de referentie energie van 532 TJ.

De initiële verschuiving van de 14% van de totale hoeveelheid afval van "stort" naar de andere twee verwerkingsmethodes (van 2003 naar scenario A in 2006) levert 31% besparing op. Dit percentage zou tot ongeveer 40% kunnen oplopen als alle afval dat nu gestort wordt in het vervolg als secundaire brandstof zou worden ingezet.

⁵ Uitgaande van een geschatte referentiewaarde van 5,6 MJ/kg voor de gebruikte energie binnen de productielocaties in de tapijtbranche.