

## Recycling van verpakkingsglas

**Citation for published version (APA):**

Faber, A. J., Beerkens, R. G. C., & Enneking, C. Q. M. (1992). Recycling van verpakkingsglas. *KGK, Tijdschrift voor Klei, Glas en Keramiek*, 13(9), 276-279.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1992

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Auteur: A.J. Faber en  
R.G.C. Beerkens  
Technische Fysische  
Dienst - TNO  
Postbus 595  
5600 AN Eindhoven  
tel. 040-656411

Auteur: C.Q.M. Enneking  
Verenigde Glasfabrieken  
N.V.  
Postbus 46  
3100 AA Schiedam  
tel. 010-4260200

### Samenvatting

Bij de fabricage van verpakkingsglas wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van recyclingglas als grondstof. Het hersmelten van recyclingglas biedt vele voordelen, waaronder economische, energetische en milieu-technische. In dit artikel worden deze voordelen en de technologische implicaties van glasrecycling besproken.

### Abstract

Recycling of cullet is becoming increasingly important for the production of container glass. The remelting of cullet has many advantages, including saving of energy and economical and environmental benefits. In this paper these benefits and the technological consequences of glass recycling will be discussed.

### 1. Inleiding

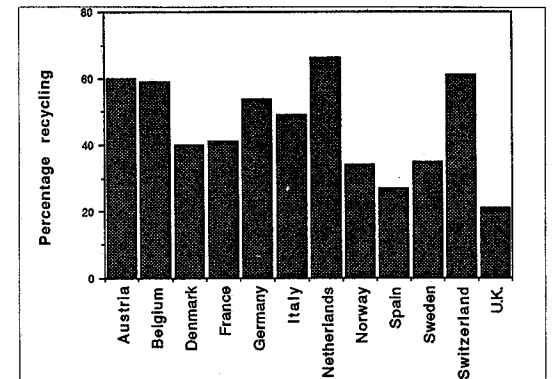
De belangrijkste, primaire, grondstoffen voor de productie van glas zijn zand, soda en kalk. In West-Europa worden glasverpakkingen (flessen, potten) echter op steeds grotere schaal gerecycled en opnieuw gesmolten. Daardoor worden bij de glasfabricage de primaire grondstoffen van glas in toenemende mate vervangen door recyclingscherven. Naast een besparing op primaire grondstoffen en vermindering van het huishoudelijk glasafval, biedt glasrecycling een aantal andere belangrijke voordelen, waaronder besparing op de benodigde smeltenergie en vermindering van milieubelastende rookgasemissies. In dit artikel wordt dieper ingegaan op deze voordelen. Tevens wordt aandacht besteed aan andere aspecten die bij de recycling van verpakkingsglas van belang zijn, namelijk de inzameling en verwerking van het gebruikte glas en de technologische implicaties van het gebruik van hoge aandelen scherven bij de glasfabricage.

### 2. Inzameling en verwerking

Ongeveer 75% van het verpakkingsglas dat in Nederland op de markt komt, bestaat uit retour (statiegeld) flessen en potten en ca. 25% is éénmalig glas. Vooral het éénmalige glas is van belang bij het beperken van het glasafval. Dit éénmalige glas wordt voornamelijk ingezameld via de glasbak. In 1990 werd in Nederland in de glasbakken ca. 280.000 ton glas ingezameld. De totale hoeveelheid éénmalig glas die in ditzelfde jaar op de

markt kwam was ca. 420.000 ton. Het percentage eenmalig glas dat in 1990 werd gerecycled is dus 66%. De ontwikkeling van het inzamelingspercentage van het éénmalige glas gedurende de laatste 10 jaar is gegeven in figuur 1. Figuur 2 laat de inzamelingspercentages in 1990 in andere Europese landen zien. Uit deze figuur blijkt dat Nederland en Zwitserland de hoogste inzamelingspercentages in Europa hebben. Dankzij dit hoge percentage is de hoeveelheid glas in het huishoudelijk afval in Nederland afgenomen van ca. 14% in 1979 tot ca. 4% in 1991.

Het recyclingglas uit de glasbak moet eerst worden verwerkt om het geschikt te maken als grondstof voor de glasfabriek. In verschillende stappen wordt het recyclingglas verkleind tot scherven van de juiste grootte en worden verontreinigingen zoals metalen en papier afgescheiden. Voor het op kleur sorteren van recyclingglas is in 1991 begonnen met de introductie van de trio's glasbakken waarin groen, wit en bruin glas gescheiden kan worden ingezameld. Bij de glasrecyclingbedrijven wordt vaak handmatige kleurscheiding toegepast. Daarnaast wordt ook veel aandacht besteed aan de ontwikkeling van automatische kleurscheidingstechnieken. Dit is van groot belang voor de productie van vooral wit en bruin glas met op kleur gescheiden scherven als belangrijkste grondstof: Recyclingglas dat niet op kleur is gescheiden ('bonte scherven') kan niet worden ingezet voor het smelten van wit glas en slechts in beperkte mate (tot maximaal 40% van het totale grondstoffenpakket) voor het smelten van bruin glas. Voor de fabricage van groen glas kan het aandeel bonte scherven in de grondstoffen maximaal zo'n 80% bedragen. Deze beperkingen gelden vanwege de aanwezigheid van kleurende ionen ( $Cr^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ) in



groen en bruin glas. Als het recyclingglas op kleur wordt gescheiden, kan het aandeel scherven in de grondstoffen in principe worden opgevoerd tot 100%. Uit praktijkproeven blijkt dat in dat geval zeer hoge eisen aan de schervenkwaliteit gesteld moeten worden.

### 3. Kwaliteitseisen

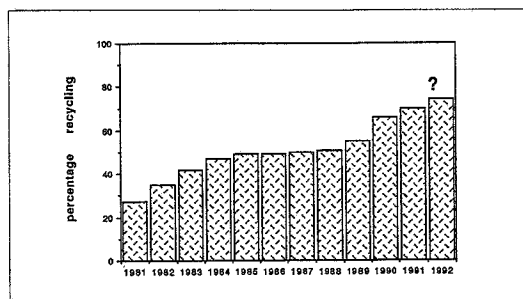
Om met zeer hoge schervenaandelen (tot 100%) in het grondstoffenpakket glas van goede kwaliteit te kunnen smelten, moeten de recyclingscherven, naast dat ze op kleur gescheiden zijn, aan een aantal kwaliteitseisen voldoen. Bij TPD-TNO-Glastechnologie is in opdracht van de Nederlandse fabrikanten van verpakkingsglas een onderzoek uitgevoerd om de optimale specificaties van de recyclingscherven vast te stellen. Hierbij zijn in het

Figuur 2. >>

Inzameling en recycling van eenmalig verpakkingsglas in Europese landen.

Figuur 1. >

Inzamelingspercentage van eenmalig verpakkingsglas.



bijzonder de effecten van scherfgrootte en keramische en organische verontreinigingen onderzocht, bij het smelten van glas uitgaande van 100% op kleur gescheiden scherven.

Gebruik van scherven van relatief grote afmetingen (1-4 cm) blijkt gunstig te zijn voor het bellen-vrij maken (louteren) van de glassmelt. Toevoegingen aan de glassmelt die gewoonlijk worden gebruikt om het louterproces te bevorderen, zoals natriumsulfaat, lijken alleen effectief bij het hersmelten van kleine scherven (1 cm).

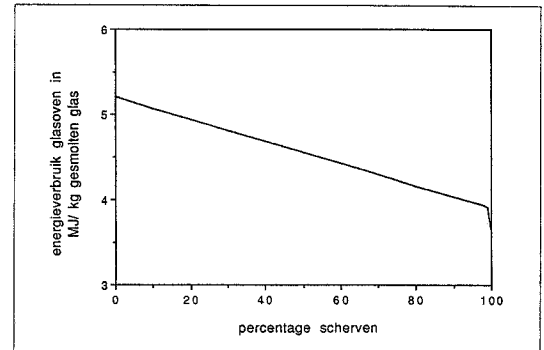
Keramische deeltjes in het recyclingglas zijn zeer slecht insmelbaar en moeten dus zoveel mogelijk vooraf worden afgescheiden. Bijvoorbeeld: stukjes porselein groter dan 1 mm zijn in een glassmelt van 1450 °C pas na meer dan 4 uur opgelost. Ook de hoeveelheden vocht en organische materialen (papier, plastic, suikers, vetten) in het recyclingglas moeten zo laag mogelijk zijn, aangezien deze verontreinigingen de kans op schuimvorming op de smelt in de glasoven vergroten.

IJzer en non-ferro metalen (aluminium, lood) tussen het recyclingglas dienen praktisch volledig te worden afgescheiden. Aluminium kan door lokale reductie van de smelt (Si-)inluitsels in het glas veroorzaken en zware metalen, vooral lood, tasten het vuurvast materiaal van de bodem van de oven aan. Lood tussen de recyclingscherven is afkomstig van bijv. wikkels van wijnflessen of van loodhoudend glas (kristalglas).

In tabel 1 zijn de belangrijkste specificaties voor recyclingglas bij het smelten met hoge percentages scherven samengevat.

**Figuur 3. >>**

Benodigde smeltenergie afhankelijk van toegepast schervenpercentage bij verpakkingsglasoven.



In figuur 3 wordt een schematisch overzicht gegeven van de benodigde energie voor het smelten van 1 kg glas als functie van het percentage scherven. Bij schervenpercentages kleiner dan 100% neemt de smeltenenergie bij benadering lineair af met het schervenaandeel doordat steeds minder endotherme reacties optreden. Bij 100% scherven treedt een extra energieverlaging, meer dan evenredig, op, omdat dan bovendien geen insmelt- en louterreacties meer behoeven plaats te vinden.

**Tabel 1. >**

Kwaliteitseisen aan 'ideale' recyclingscherven.

Specificaties:	
scherfgrootte	>10 mm
watergehalte	zo laag mogelijk (< 1%)
organische verontreinigingen	zo weinig mogelijk (<0.1 kg/ton recyclingglas)
keramiek/porselein	geen deeltjes >1 mm
metalen	geen metalen, vooral geen lood en aluminium

#### 4. Energiebesparingen

Het totale energieverbruik voor de productie van verpakkingsglas kan worden onderverdeeld in de benodigde energie voor:

- winning, bereiding en transport van grondstoffen;
- het smeltproces;
- vormgeving en rest.

Door het aandeel scherven in de grondstoffen te verhogen kan er energie worden bespaard op de twee eerstgenoemde punten: grondstoffenbereiding en smeltproces.

Bij de grondstoffenbereiding is de productie van synthetische soda het meest energie-intensieve proces: ca. 10 MJ/kg. Aangezien ca. 23% van de primaire grondstoffen uit soda bestaat, wordt er bij vervanging van iedere kg primaire grondstoffen door scherven meer dan 2 MJ aan soda-bereidingsenergie bespaard.

In ref. [1] wordt geschat dat de benodigde elektrische energie voor het verwerken van recycling-scherven ca. 5 Wh/kg is (komt overeen met slechts ca. 0.05 MJ/kg aan primaire brandstof).

Bij het hersmelten van scherven in de glasoven is geen energie (warmte) nodig voor chemische reacties zoals bij het insmelten van zand, soda en kalk tot glas. Hierdoor neemt de benodigde smeltenergie af als functie van het aandeel scherven in de

#### 5. Effect op rookgasemissies

Teneinde het effect van hoge schervenaandelen bij de glasproductie op de rookgasemissies van een glasoven te verduidelijken, zijn in tabel 2 de bronnen van de diverse emissies weergegeven.

Komponent	Bron
stof	gemengd en glassmelt (>97%)
chloride (HCl)	grondstoffen, scherven
fluoride (HF)	grondstoffen, scherven
SO <sub>x</sub>	stookolie loutermiddel (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )
NO <sub>x</sub>	verbrandingsproces
CO <sub>2</sub>	gemeng (10%) verbranding (90%)

Door met hoge percentages recyclingscherven te smelten zal de uitstoot van verschillende rookgascomponenten worden gereduceerd, en wel om de volgende redenen:

- De hoeveelheid NO<sub>x</sub>-emissie zal dalen omdat er per kg geproduceerd glas minder brandstof nodig is en de oventemperatuur kan worden verlaagd (bij 100% scherven). Bij olie- of gasgestookte glasovens is de NO<sub>x</sub>-vorming in de vlammen namelijk vooral afhankelijk van lokaal zeer hoge temperaturen in aanwezigheid van onverbrand zuurstof.

**Tabel 2. >>**

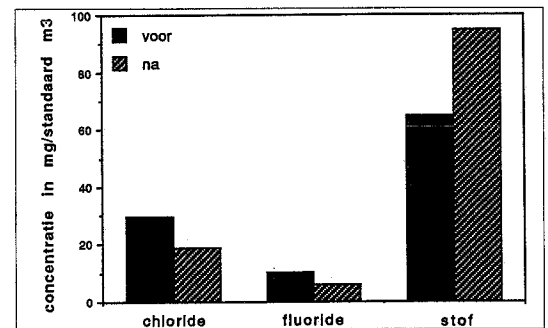
Bronnen van emissies van verpakkingsglasovens.

- De hoeveelheid CO<sub>2</sub>-emissie zal afnemen omdat er minder brandstof nodig is en omdat in het grondstoffengemeng geen of weinig carbonaten meer voorkomen;
- De hoeveelheid SO<sub>x</sub> kan aanzienlijk (faktor 3 tot 5) worden gereduceerd door minder of geen natriumsulfaat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) als loutermiddel toe te voegen. De reductie van SO<sub>x</sub> bij oliegestookte ovens zal minder opvallend zijn dan bij gasgestookte ovens, aangezien stookolie een belangrijke bron van SO<sub>x</sub> is.
- Mits de scherven zelf niet teveel fluoride of chloride bevatten, kunnen ook de emissies van deze componenten worden verminderd als de oventemperatuur wordt verlaagd. Bij een lagere temperatuur van het smeltoppervlak treedt er namelijk minder verdamping van fluorides en chlorides uit de smelt op. Bovendien wordt er minder soda, wat ook chloride-verontreinigingen kan bevatten, toegepast.
- Door toepassing van lagere oventemperaturen en minder toevoeging van loutermiddel kunnen de stofemissies als gevolg van verdamping van componenten, vooral van natriumverbindingen uit de smelt worden gereduceerd. Voorwaarde voor een netto reductie van de stof-uitstoot is dat de recyclingscherven geen fijn glasgruis bevatten, daar dit snel verstuift. Gewoonlijk wordt ongeveer 10% van het rookgasstof gevormd als gevolg van verstuiwing van fijne grondstofbestanddelen.
- De efficiëntie van de warmte-overdracht van rookgassen naar scherven met het oog op de realiseerbare energiebesparingen.
- De potentiële reducties in emissies van milieubelastende componenten in de rookgassen door absorptie van deze componenten bij direct contact met de scherven.
- Het verminderen van organische bestanddelen tussen recyclingscherven.

**Figuur 5. >>**

Analysen van de rookgassen voor en achter de schervenvoorverwarmer in het eerste half uur.

De gemeten warmte-overdrachtscoëfficiënt tussen afgassen en scherven ligt tussen 5 en 10 J/m<sup>2</sup>sK, bij een rookgassnelheid van 1 m/s. Bij deze warmte-overdracht moet de verblijftijd van de recyclingscherven in een schervenvoorverwarmer 20-30 minuten zijn, voordat de scherven praktisch de rookgastemperatuur van 350-400°C hebben bereikt. Dit betekent dat men met relatief compacte installaties kan volstaan. Door bij het smelten van 100% scherven deze tot 350°C voor te verwarmen met afgassen, kan ca. 12% aan smeltenergie worden bespaard. De resultaten van de rookgasmetingen zijn weergegeven in fig 5. Van de rookgaskomponenten



Om bovengenoemde effecten op de rookgasemissies in de praktijk te controleren en te kwantificeren, zijn rookgasmetingen uitgevoerd bij een industriële oven voor verpakkingsglas in Nederland. Hierbij is het aandeel scherven in de grondstoffen voor deze oven opgevoerd van ca. 80% bonte tot 100% pure groene scherven. Uit deze metingen is gebleken dat er inderdaad significante verschillen van de emissies van de rookgaskomponenten optreden bij overgang naar het hersmelten van 100% recyclingscherven. Kwantitatieve gegevens betreffende deze reducties zijn op dit moment nog niet openbaar.

worden fluorides, voor 40-80%, en chlorides, voor 30-65%, het meest efficiënt in de rookgassen geabsorbeerd; waarschijnlijk als gevolg van reactie met alkali (Na)-ionen in het oppervlak van de glasscherven. Van de totale hoeveelheid SO<sub>x</sub> in de rookgassen wordt nauwelijks iets in de schervenvoorverwarmer geabsorbeerd. Wel wordt een groot deel van de hoeveelheid SO<sub>2</sub> omgezet tot SO<sub>3</sub> in de zuurstofhoudende rookgassen. De totale hoeveelheid stof in de afgassen blijkt achter de schervenvoorverwarmer te zijn toegenomen, waarschijnlijk doordat kleine glas- en roetdeeltjes uit de scherven zijn meegevoerd. Uit analyses van de stofdeeltjes is echter gebleken dat de netto hoeveelheid Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-stof (sublimaaf van de verdampingsproducten uit de oven) in de afgassen achter de schervenvoorverwarmer met ca. 25% is afgenomen.

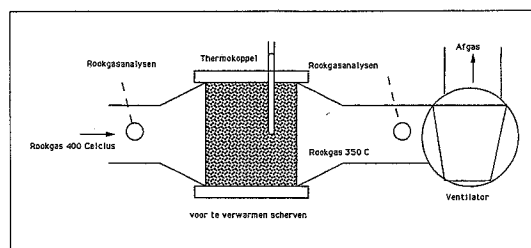
**6. Voorverwarming door rookgassen**

Een nieuwe ontwikkeling om bij de glasproductie extra energie te besparen is het voorverwarmen van de grondstoffen (scherven), voordat deze de oven worden ingevoerd, met de nog hete rookgassen. In het rookgaskanaal van veel ovens hebben de afgassen, nadat ze de regeneratoren voor luchtvoorverwarming hebben verlaten, nog een temperatuur van 350-450 °C. Door deze hete afgassen over de scherven te leiden, kan bij gelijkblijvende oventemperatuur extra energie via deze scherven aan een glasoven worden teruggevoerd. Op deze wijze kan óf smeltenergie worden bespaard bij gelijkblijvende glasproductie óf de glasproductie worden vergroot.

**7. Glasrecycling in de toekomst**

In het voorgaande is geschetst welke voordelen glasrecycling biedt met betrekking tot energiebesparing en vermindering van de milieubelasting. Er wordt dan ook naar gestreefd de recycling van éénmalig glas in de komende jaren verder op te voeren tot een recyclingpercentage van 80% in 1995. Volgens het Nationaal Milieubeleidsplan en het Convenant Verpakkingen moet het storten van verpakkingsafval in het jaar 2000 zelfs tot 0% zijn gereduceerd. Daarnaast streeft de glasindustrie ernaar het specifieke energieverbruik bij de glasproductie in het jaar 2000 met 20% te reduceren ten opzichte van 1990 en tevens zullen de absolute emissies van milieubelastende componenten aanzienlijk worden teruggebracht. Om aan al deze doelstellingen te kunnen voldoen, zal een groot aantal maatregelen nodig zijn, waaronder:

In samenwerking met de verpakkingsglasindustrie is met behulp van een pilot plant bij een industriële oven (zie fig. 4) het voorverwarmen van scherven op kleine schaal uitgetest. Het doel van deze testen was onderzoek naar o.a.:



**Figuur 4. >**

Pilot-plant schervenvoorverwarmer.

- Het vergroten van de glasbakkendichtheid van 1:1000 naar 1:600 inwoners.
- Het verder doorvoeren van kleurscheiding van recyclingglas (tot minimaal 50%) en waarschijnlijk het verwijderen van organische verontreinigingen.
- Het opvoeren van het schervenpercentage tot 100% bij meerdere glasovens.
- Het toepassen van schervenvoorverwarming.
- Het verbeteren van verbrandingssystemen voor een efficiëntere warmte-overdracht.

Een aantal nieuwe ontwikkelingen wordt financieel ondersteund door de Nederlandse Organisatie voor Energie en Milieu (NOVEM) en technisch

begeleid door TNO-TPD. De maatregelen kunnen echter alleen worden geëffectueerd als in het komende decennium een gezamenlijke inspanning wordt geleverd door consumenten, verpakkingsglasfabrikanten, glasrecyclingbedrijven en (lokale) overheden.

#### **Literatuur**

[1] G. Lübis, W. Trier, 'Energiebedarf bei der Herstellung von Behälterglas in Abhängigkeit vom Scherbenanteil', *Glastechn. Ber.* 52 (6), 141-142 (1979)

[2] W. Trier, 'Zum Energiebedarf bei der Herstellung von Glasbehältern', *Glastechn. Ber.* 55 (6), 130-134 (1982)