

## 3.6 Hoe belangrijk zijn kunststoffen?

Duurzame basismaterialen zoals steen, brons en ijzer, maar ook meer vergankelijke zoals hout, leer, linnen en wol, speelden vroeger een belangrijke rol in de maatschappij. Om aan de toenemende vraag naar sommige van deze stoffen te voldoen en tegelijk hun gunstige eigenschappen te verbeteren, ontwikkelden de wetenschap en de industrie nieuwe producten: kunststoffen.

Kunststoffen hebben tal van soms onnavolgbare eigenschappen. De bouw- en autonijverheid, voedingsindustrie en de medische wereld zijn bij de grootste gebruikers van de nieuwe materialen. Kunststoffen hebben in vele toepassingen op een overtuigende wijze de 'natuurproducten' vervangen, dikwijls sterk ten voordele van het milieu. Plastics bannen zou betekenen dat het milieu op korte tijd volledig ontspoort of dat de mensheid terugkeert naar de levensstandaard van het begin van de 19de eeuw.

In dit hoofdstuk gaan we dieper in op enkele veel voorkomende plastics die bijzonder schatplichtig zijn aan chloor.

Van in de vroegste tijden hebben bepaalde materialen de menselijke cultuur bepaald. We spreken nu over het steen-, het brons- en het ijzertijdperk, genoemd naar de duurzame basismaterialen die toen ingeburgerd waren.

Meer vergankelijk, maar niet minder belangrijk voor onze voorouders, waren stoffen als hout, leer, linnen, wol. Elk van deze stoffen van dierlijke of plantaardige oorsprong is eigenlijk een mengsel van polymeren. Polymeren zijn moleculeketens die bestaan uit een zeer groot aantal kleine chemische eenheden zoals proteïnen, polysacchariden, enzovoort.

Om aan de toenemende vraag naar deze stoffen te voldoen en tegelijk hun gunstige eigenschappen te verbeteren, ontwikkelden de wetenschap en de industrie in de 19<sup>de</sup> en 20<sup>ste</sup> eeuw een aantal nieuwe polymeren. Die kwamen niet meer voort uit de landbouw of veeteelt, maar uit steenkool en aardolie en zijn het resultaat van de spectaculaire vorderingen van de scheikunde.

### Vervangend, maar ook beter

De eerste kunststoffen zoals celluloid en bakeliet wilden de schaarste aan natuurproducten zoals exotisch hout en ivoor compenseren. Naarmate de ervaring met kunststoffen toenam en er meer en meer soorten werden ontwikkeld, ging de klemtoon elders liggen. Niet zozeer de *vervanging* van 'traditionele materialen', maar de *betere eigenschappen* kregen de aandacht. Kunststoffen zijn licht, ze roesten niet, breken minder snel dan andere materialen en hoeven niet te worden geschilderd. Ze zijn makkelijk in elke gewenste vorm te brengen en ze isoleren goed.

In de bouw zijn ze heel populair omdat ze licht maar sterk zijn, weerbestendig en gemakkelijk te bewerken. Kunststofverpakkingen in de voedingsindustrie beschermen prima tegen bederf, ze verminderen de vervoerskosten en het gewicht van het verpakkingsafval. Ook de medische

wereld kan niet werken zonder kunststoffen zoals in verbandmateriaal, steriele sets voor de chirurgie, katheters, verpakkingen (van geneesmiddelen, infusievloeistoffen en bloedderivaten) en vooral medische gebruiksvoorwerpen en prothesen.

## **Hoe kunststoffen in auto's het milieu sparen**

De Europese organisatie van kunststofproducenten APME, meldt dat de Europese auto-industrie inmiddels bijna 2 miljoen ton kunststof per jaar verwerkt. Bij sommige automodellen is het verbruik van kunststof de laatste decennia met een factor vier gestegen. Honderd kilogram kunststof vervangt gemiddeld 200 tot 300 kilogram conventioneel constructiemateriaal. Auto's worden daardoor lichter en na een gemiddelde levensduur van 150.000 km bespaart dat ongeveer 750 liter brandstof per wagen. Hierdoor neemt het aardolieverbruik door personenwagens in West-Europa alleen al af met 12 miljoen ton per jaar, hetgeen ongeveer één tiende van hun brandstofverbruik vertegenwoordigt. De CO<sub>2</sub>-uitstoot vermindert jaarlijks met 30 miljoen ton.

Het verminderen van het brandstofverbruik van auto's is niet alleen interessant omwille van de kostprijs, maar het is ook een goede zaak voor het milieu.

## **Een wereld zonder kunststoffen**

Kunststoffen hebben in vele toepassingen op een overtuigende wijze de 'natuurproducten' vervangen. Dit is zo vanzelfsprekend geworden dat nog maar weinig mensen zich kunnen voorstellen wat het zou betekenen voor onze aarde mochten hout, papier, huiden, glas, metaal en plantaardige vezels opnieuw de plaats van kunststoffen innemen. Het milieu zou op korte tijd volledig ontsporen of wij zouden terugkeren naar de levensstandaard van het begin van de 19de eeuw (maar wel met een verzesvoudigde wereldbevolking!).

### 3.6.1 Polyvinylchloride (PVC)

PVC is een van de belangrijkste kunststoffen in onze moderne maatschappij. De productie ervan is nauw verbonden met de chloorchemie. Door het chloor in de molecule is PVC compatibel met een brede waaier van materialen, wat het uiterst veelzijdig maakt. Het chloor maakt de kunststof ook moeilijk ontvlambaar. Voorts kan chloor als 'markering' gebruikt worden om PVC te onderscheiden in automatische recyclagesorteersystemen.

Uit intensief milieuonderzoek bleek tot op heden dat geen enkel noemenswaardig probleem *specifiek* aan PVC kan worden toegeschreven. Strikte richtlijnen garanderen een veilige productie en een gezonde werkomgeving. Het is veilig in gebruik en perfect recycleerbaar.

De PVC-industrie heeft vertrouwen in haar product. Ze blijft investeren in de optimalisatie van de productiemethoden en de unieke eigenschappen van PVC.

Veruit de voornaamste toepassing van chloor, zowel in Europa als daarbuiten, is de productie van vinylchloride, de grondstof voor de aanmaak van polyvinylchloride (PVC). PVC werd in 1938 uitgevonden. Het wordt sinds de jaren zestig op grote schaal geproduceerd en is de meest onderzochte kunststof ter wereld.

Na polyetheen en polypropen is het ook de meest gebruikte kunststof ter wereld. Ieder jaar wordt ongeveer 23 miljoen ton verwerkt in de bouw- en verpakkingsindustrie, de gezondheidszorg en allerlei andere toepassingen. Europa neemt hiervan jaarlijks iets meer dan 1/3 voor zijn rekening.

Van de totale chloorproductie in Europa wordt ongeveer 34% ingezet bij de productie van PVC.

De uitstekende verhouding prijs/kwaliteit van PVC verklaart het toenemend verbruik in Europa (groeit met 1 tot 2% per jaar), in de USA (groeit met 3,5 tot 4% per jaar) en vooral in de landen met een groeiende economie zoals Zuid-Amerika en Zuidoost-Azië (tot 10% per jaar). De verschillen tussen de groeipercentages duiden op het reeds bereikte gebruiksniveau dat het hoogst is in Europa en in de USA.

PVC is zeer veelzijdig en daarom moeilijk vervangbaar. Dankzij diverse additieven kan het gemakkelijk worden bedrukt, gekleefd en gelast.

PVC wordt via zeer uiteenlopende technieken omgezet in eindproducten. Hiervoor is minder energie nodig dan bij andere materialen.

PVC bestaat voor 43% uit etheen, een derivaat van ruwe aardolie, en voor 57% uit chloor. Omdat chloor het quasi onbeperkt beschikbare zout als basisgrondstof heeft, kan je zeggen dat PVC efficiënt gebruik gemaakt van de grondstoffen van onze planeet.

Heel wat commerciële bedrijven en overheden die eerder besloten PVC te bannen, zijn op hun besluit teruggekomen. PVC scoort nu eenmaal zeer goed in zogenaamde *milieu-impactstudies*. Daarbij worden alternatieve materialen met elkaar vergeleken voor wat betreft hun belasting van het milieu.

### **3.6.1.1 Hoe wordt PVC gemaakt?**

Vinylchloride (VC) is de bouwsteen van PVC. De productie van VC verloopt in twee stappen:

1. etheen en chloor of waterstofchloride worden verbonden tot dichloorethaan;
2. dit dichloorethaan wordt door een kraakproces ontbonden in VC en waterstofchloride. Dit laatste wordt gerecycleerd.

VC wordt in een reactorvat in een waterig milieu in suspensie gebracht en vervolgens tot PVC gepolymeriseerd bij relatief lage druk en temperaturen. Het VC dat niet werd omgezet, wordt teruggewonnen en herbruikt. Na voltooiing van het polymerisatieproces krijg je PVC door drogen en zeven tot een wit, inert poeder. Dit wordt in bulk of zakken naar de PVC-verwerkende bedrijven vervoerd.

### **3.6.1.2 Wat kan je allemaal doen met PVC?**

Omdat PVC zoveel eigenschappen heeft kun je er de meest uiteenlopende producten mee maken. Je kan PVC op zo'n manier samenstellen dat het voldoet aan de strenge eisen van bijvoorbeeld de gezondheidszorg, de verpakking van eetwaren (zie 3.4.3.1) of het transport van drinkwater.

#### **3.6.1.2.1 Gezondheidszorg**

PVC is van onschatbare waarde voor de gezondheidszorg. Het wordt gebruikt voor bloed- en urinezakjes, katheters, blisterverpakkingen voorgeneesmiddelen, infuusslangen, chirurgische handschoenen, enzovoorts. Openhartoperaties zonder PVC zijn in de praktijk onmogelijk omwille van het feit dat enkel met PVC knikvrije drains kunnen gemaakt worden. Het is de enige kunststof die de Europese *farmacopees*<sup>1</sup> toelaten voor de verpakking van bloed. Bij bloedzakken en steriele katheters is PVC voorlopig nog onvervangbaar.

#### **3.6.1.2.2 Bouw**

PVC wordt meestal gebruikt in duurzame toepassingen zoals vensterramen, waterleidingen, rioolbuizen, afvoerleidingen en -goten, vijverfolie, dakmembranen, vloerbedekkingen alsook isolatie van elektriciteitskabels. PVC-ramen gaan langer dan 40 jaar mee, rioolbuizen zelfs 100 jaar.

Meer dan de helft van het in Europa geproduceerde PVC is bestemd voor de bouwsector. Dat heeft te maken met de weerbestendigheid van PVC. Het is bestand tegen chemische invloed, corrosie en is bovendien erg schokbestendig en slijtvast. Deze extreme duurzaamheid en een uitstekende prijs/kwaliteitverhouding maken van PVC dé kunststof voor de bouw en aanverwante sectoren.

---

<sup>1</sup> officieel handboek met voorschriften voor de bereiding van geneesmiddelen

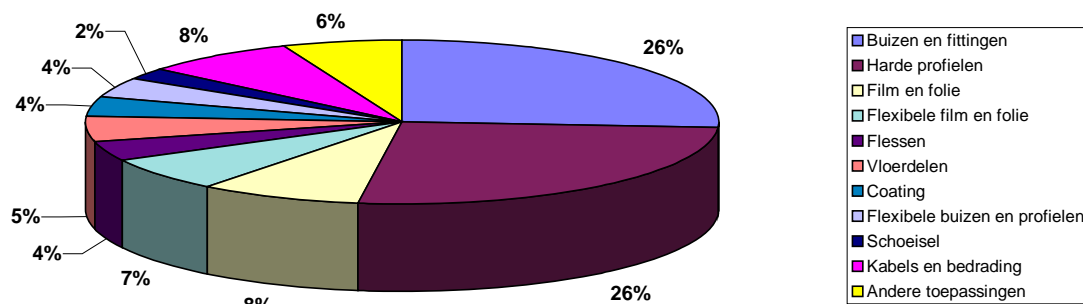
### 3.6.1.2.3 Auto's en andere toepassingen

PVC beschermt de onderkant van de auto tegen slijtage en maakt het interieur aantrekkelijker en comfortabeler. De schokabsorberende en brandwerende eigenschappen verhogen de veiligheid.

Ook zeer vertrouwde producten bevatten PVC: bankkaarten, opblaasbaar speelgoed, tuinslangen en waterdichte afdekzeilen. Tenslotte vind je PVC terug in heel wat kantoor-, sport- en 4155jetijdsartikelen.

Een interessante nieuwe toepassing is de PVC-rat. Dit is een levensechte kunststofrat met afneembare paneeltjes, waaronder realistisch nagebootste organen, weefsels en bloedvaten zitten. Onderzoekers kunnen er in totaal 25 operatietechnieken op oefenen, zodat veel minder levende dieren nodig zijn.

### Gebruik van PVC in Europa



Bron ECVM

### 3.6.1.3 Hoe zit dat met PVC, de gezondheid en het milieu?

De basisscheikunde van PVC is reeds gekend sinds het einde van de 19de eeuw. Momenteel is er geen enkele kunststof ter wereld die zo intensief werd onderzocht. Door de eigenschappen van het product, kan de industrie aan de hoge eisen voldoen in verband met gezondheid en milieu.

#### 3.6.1.3.1 Productieveiligheid

Het belangrijkste feit dat zich heeft voorgedaan op het gebied van veiligheid en gezondheid met PVC, was een blootstelling van enkele werknemers aan *vinylchloride*. Vinylchloride of VC is het monomeer waaruit PVC gemaakt wordt.

In 1974 werd ontdekt dat het dagelijks en jarenlang inademen van een hoge dosis VC een zeldzame vorm van leverkanker kan veroorzaken. Daarop grepen wetenschap, overheid en industrie in. De blootstellingslimiet werd drastisch verlaagd van 500 ppm<sup>1</sup> tot een gemiddelde concentratie van 3 ppm op jaarbasis. Nu gebeurt de polymerisatie van VC in een gesloten circuit. Sindsdien zijn er geen problemen meer van die aard.

### **3.6.1.3.2 Transportveiligheid**

Het transport van VC heeft dezelfde risicograad als dat van andere ontvlambare stoffen zoals propaan, butaan of LPG. In 1996 gebeurde in Oost-Duitsland het zwaarste treinongeval in veertig jaar. De blootstelling aan VC die zich daarbij voordeed, zal waarschijnlijk geen langetermijngevolgen hebben. Het ongeval was overigens vermoedelijk te wijten aan defecte sporen en niet aan de wagons noch aan het VC.

### **3.6.1.3.3 Gezondheid en verpakking**

Voor de verpakking van eetwaren en dranken gelden zeer strikte normen die ruim aan de Europese normen voldoen. Vooral het risico op het overgaan van stoffen uit de verpakking naar de inhoud (*migratie*) is zeer streng gereguleerd. De hoeveelheid VC die eventueel zou kunnen migreren is extreem laag en wordt als onschadelijk beschouwd.

### **3.6.1.3.4 Weekmakers en stabilisatoren**

#### **Weekmakers**

In PVC worden o.a. ftalaten, adipaten en citraten gebruikt als weekmakers. Dit zijn vloeistoffen die niet zomaar toegevoegd worden. Het zijn belangrijke componenten die de fysische eigenschappen van het polymeer bepalen. Zij maken het PVC zacht, soepel en veerkrachtig: eigenschappen die zeer gewaardeerd worden voor toepassingen waarbij buigen en (op-)plooiën van belang zijn (zie 3.6.1.2).

De concentraties van ftalaten in het leefmilieu zijn gering mede doordat ftalaten snel worden afgebroken. Toch is er enige bezorgdheid ontstaan over het gebruik van PVC met ftalaten in welbepaalde medische apparatuur en in uitzonderlijke omstandigheden. Enkele weekmakers werden ook genoemd als *pseudo-oestrogenen* (zie hoofdstuk 5.6 en bijlage 9.6).

Door te sabbelen op speelgoed of andere producten van zacht PVC kunnen baby's en kinderen ftalaten in hun lichaam krijgen. Dit fenomeen is op zichzelf niet vreemd, want dat gebeurt ook bij andere producten, zoals glas en metaal (in de keuken !) en is dus niet uniek voor ftalaten of PVC.

De Europese Commissie heeft een tijdelijk verbod uitgevaardigd op specifiek sabbelspeelgoed voor kinderen jonger dan drie jaar dat gemaakt is van zacht PVC met ftalaten. Deze beslissing is

---

<sup>1</sup> ppm: parts per million of deeltjes per miljoen

te wijten aan het voorlopig ontbreken van een afdoende test om het sabbelen van jonge kinderen na te bootsen en zodoende na te gaan of de toegelaten dagelijkse dosis van ftalaten niet wordt overschreden.

Ftalaten worden sinds meer dan 50 jaar gebruikt en intensief bestudeerd op gebied van veiligheid, gezondheid en invloed op het milieu.

Uit het onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek dat hieruit voortvloeide en werd gepubliceerd, kan worden geconcludeerd dat er geen enkel risico is voor de consument die met deze producten in aanraking komt. De industrie volgt de onderzoeken van nabij. Mocht de noodzaak ervan door de wetenschap aangetoond worden, zal ze op alternatieve weekmakers overschakelen.

Bijkomende info: [www.ccpi.org](http://www.ccpi.org).

### **Stabilisatoren**

Een stabilisator is een complex mengsel dat een beschermende werking heeft tijdens de verwerking of het gebruik van PVC. Zo worden metaalverbindingen gebruikt als warmtestabilisatoren, waardoor PVC in vormen kan worden gegoten of kan weerstaan aan grote hitte (kabels onder de motorkap !). Anderzijds beschermen stabilisatoren de voorwerpen in PVC tegen afbraak of verkleuring onder invloed van UV-licht.

Stabilisatoren zitten vast verankerd in de PVC en de kans dat ze migreren, bestaat hierdoor nauwelijks. Bovendien is het gebruik van stabilisatoren strikt gereguleerd en bestaat er voor sommige toepassingen een positieve lijst van toegelaten stoffen.

Net zoals de ftalaten worden stabilisatoren sinds meer dan 50 jaar gebruikt en bestudeerd en werd er geen meetbare invloed vastgesteld op gezondheid of milieu.

Toch wordt met verbindingen van zware metalen de grootste voorzichtigheid aan de dag gelegd en is men gestopt met het gebruik van stabilisatoren op basis van cadmium. Ook loodverbindingen worden geleidelijk vervangen door een calcium-zink combinatie.

#### **3.6.1.3.5 PVC en brand**

Als PVC brandt, komt er waterstofchloride en kooldioxide (CO<sub>2</sub>) vrij. Nu is het zo dat *alle branden*, ook deze zonder PVC, toxische gassen produceren. Het gaat dan hoofdzakelijk om koolmonoxide (CO), een smaak- en reukloos gas dat samen met de hitte, 95% van alle slachtoffers maakt.

Bij een PVC-brand is het risico door vrijkomende waterstofchloride onbeduidend als je het vergelijkt met koolmonoxide. Door zijn prikkelende geur heeft waterstofchloride daarenboven een signaalfunctie. Dit is zeer belangrijk om de brand snel te ontdekken. Het zeer toxische koolmonoxide heeft geen signaalfunctie. Bovendien is PVC brandvertragend en geeft het minder warmte af dan de meeste andere kunststoffen.

PVC is nooit een oorzaak van brand, noch een factor van branduitbreiding geweest.

Analyses na branden van gebouwen waarin PVC verwerkt was, hebben aangetoond dat er sporen van dioxines in het roet zaten. Dit is eveneens het geval bij branden zonder PVC, bij houtkachels of bij het verbranden van tuinafval. Uit officieel onderzoek blijkt dat de kans op biologische

opname hiervan zeer gering is. De stalen van de bodem rondom de brandzone bevatten niet meer dioxine dan daarvoor. Branden met PVC dragen dus niet méér bij tot dioxinevorming dan het in rook opgaan van natuurlijke materialen zoals hout.

#### **3.6.1.4. PVC en duurzame ontwikkeling**

De Europese PVC-industrie is begaan met het continu verbeteren van gezondheids-, veiligheids-, milieu- en socio-economische waarden van haar producten. Daarom hebben de PVC-producenten en hun industriële partners de krachten gebundeld om voor de volgende 10 jaar een verantwoord product- en reststoffenbeleid te voeren. Het is vervat in een document dat “Vrijwillig Engagement” heet. Elk onderdeel van de productketen bepaalt eigen meetbare doelstellingen. Samen komen ze tot een geheel van afspraken die de volledige levenscyclus van het product dekt. Jaarlijks zal door een onafhankelijke derde de vooruitgang worden gecontroleerd en gerapporteerd. Het “Vrijwillig Engagement” dat stoelt op het Responsible Care-programma van de chemische industrie, verplicht de PVC-producenten en hun partner tot het halen van vier doelstellingen :

- productie: een voortdurende verbetering van milieu-impact en het efficiënt gebruik van grondstoffen;
- additieven: duurzaam gebruik van additieven voor de toepassing van PVC;
- afvalfase: duurzaam beheer van PVC-producten bij het einde van hun gebruiksfase;
- algemeen beheer: het bereiken van deze doelstellingen mede door de inbreng van de nodige financiële middelen.

Dit “Vrijwillig Engagement” ligt in lijn met de UNEP-verklaring: “een werkelijk efficiënt beleid is gebaseerd op vrijwillige verbintenissen”.

Voor meer informatie, kunt u contact opnemen met PVC-INFO: <http://www.pvcinfo.be/>

#### **3.6.1.5 PVC – Recycling**

De PVC-industrie werkt aan de ontwikkeling van verantwoorde oplossingen voor het beheer van haar producten op het einde van hun levenscyclus. Zij organiseert afvalverwerkingsprogramma's en bouwt herverwerkingsinstallaties. Er is een aantal opties voor terugwinning beschikbaar. De best geschikte optie voor elke reststroom wordt bepaald op basis van het proces dat, zowel economisch als ecologisch, het meest rendabel en efficiënt is.

Goed reststoffenbeheer (zie ook 5.3) houdt in dat men de juiste keuze weet te maken uit de verschillende mogelijkheden die zich aandienen :

- hergebruik :
  - hetzelfde of gelijkaardig product
  - verwerking tot een ander product
- mechanische of chemische recycling
- verbranding met energierecuperatie
- storten

Alleen op basis van rationele argumenten kan worden beslist welk, economisch en ecologisch, het meest efficiënte proces is voor de behandeling van een bepaalde PVC-reststroom.

### **3.6.1.5.1 Reststromen**

De Europese Commissie vermeldt in haar groenboek een hoeveelheid van 3,6 miljoen ton per jaar en een toename van 80% in de volgende twintig jaar.

#### ***3.6.1.5.1.1 Herkomst***

Bij de voorwerpen gemaakt in PVC, onderscheidt men 3 reststromen.

Er is nog een vierde, nl. de reststroom die ontstaat bij de productie van PVC-korrels maar die laten wij buiten beschouwing. Als het productieproces normaal verloopt is die te verwaarlozen. Bovendien is die reststroom zo zuiver dat die intern kan worden gerecycleerd.

- **Bij de fabricage**

Het gaat hier over de stukken die worden afgesneden in de fabriek of op de werkplaats. Het zijn wat men noemt zuivere restanten die voor 95% probleemloos kunnen worden gerecycleerd. De resterende 5% is om een of andere reden vervuild of onbruikbaar en dient op een andere manier te worden verwerkt.

- **Bij de installatie**

Dit zijn de materialen in PVC die verkocht zijn (tegels, buizen, kabels, ...) en die door de installateur op maat gezaagd of gesneden worden. De laatste jaren komt er een beweging op gang om deze relatief zuivere reststromen op te halen en ze te behandelen zoals die van de fabricage.

- **Na het verbruik (“postconsumer”)**

De consument heeft het voorwerp in PVC (of PVC in combinatie met andere stoffen) ge- of verbruikt als eetwarenverpakking, fles, map, ...

Er zijn meerdere mogelijkheden :

- 1) hij recupereert het: hij gebruikt het voor een ander doel;
- 2) hij geeft het mee met de selectieve ophaling van kunststoffen;
- 3) hij ontdoet zich ervan als afval in de vuilniszak.

#### **3.6.1.5.1.2. Levensduur**

Het overgrote deel van de PVC-producten, om en bij de 65%, wordt gebruikt in de bouw en voor elektrische toepassingen en heeft een levensduur van 15 tot 100 jaar. Typische eindproducten zijn: afvoerpijpen, afvoergoten en raamkozijnen, vloer- en muurbedekkingen, elektrische kabel- en draadisolatie.

De lange levensduur garandeert dat maximaal gebruik wordt gemaakt van de natuurlijke grondstoffen die dienen voor de productie. Dit maakt dat PVC een duurzaam product mag genoemd worden en dat het aanbod van “oud” PVC relatief gering is. PVC-raamprofielen bijvoorbeeld hebben een levenscyclus tussen 40 en 100 jaar. Dit betekent dat het aantal PVC-raamprofielen dat het einde van hun gebruiksduur bereikt op dit moment veel lager is dan het aantal nieuw geproduceerde. Men verwacht dat daar de komende twintig jaar verandering zal in komen omdat dan een stijgend aantal producten aan het einde van hun “eerste leven” toe zijn.

Andere toepassingen van PVC, met een levensduur van 2 tot 15 jaar, rond de 15%, vindt men terug in de automobiellindustrie, de gezondheidszorg en als bestanddeel van een hele reeks sport- en vrijetijdsartikelen.

Een derde deel tenslotte, ongeveer 20%, wordt gebruikt voor kantoorbenodigdheden en voor het verpakken van voedsel en andere producten. PVC vormt een goede barrière voor lucht, zuurstof, vocht of geur. Dit zijn belangrijke eigenschappen voor o.a. de medische sector, waar het gebruikt wordt voor verpakking van geneesmiddelen, bloed en infuusoplossingen. Veel PVC-toepassingen kunnen meermaals en veelvoudig worden gebruikt. Producten voor éénmalig gebruik zijn meestal toepassingen waarin veiligheid en hygiëne de voornaamste overwegingen zijn.

#### **3.6.1.5.1.3 Inzamelen, reinigen en sorteren**

De PVC-industrie werkt mee aan inzamelprogramma's op voorwaarde dat die leefbaar zijn, want dat is de voorwaarde om op lange termijn te kunnen blijven verder werken.

- **Inzamelen**

In België zijn meerdere systemen in gebruik.

- **Terughalen**

Waarbij door commerciële bedrijven en gewestelijke of lokale overheden akkoorden worden gesloten over reststoffen en afval van bedrijven, b.v. Val-I-Pac, OVAM.

- **Ophalen**

Het huis aan huis ophalen bij particulieren van kunststofafval dat in een speciaal daarvoor bestemde zak wordt bijgehouden, b.v. Fost Plus-systeem.

- **Terugbrengen**

Waarbij de gebruiker wordt aangemoedigd zijn afval naar een container(park) te brengen.

- **Reinigen en sorteren**

Het zou ons te ver leiden hier op in te gaan in het kader van dit betoog. Het moge volstaan er op te wijzen dat hoe vuiler en hoe gemengder de reststroom is, hoe moeilijker en duurder het reinigen en sorteren wordt.

Interessant om te weten is het feit dat de aanwezige chloor als “markering” kan gebruikt worden om PVC te onderscheiden van andere kunststoffen in automatische sorteersystemen.

### **3.6.1.5.2. Recyclingtechnieken**

#### **3.6.1.5.2.1. Mechanische recycling**

Wordt ook fysische recycling genoemd.

Het is een vorm van materiaal-recycling waarbij een product op het einde van zijn gebruiksduur opnieuw wordt verwerkt tot dezelfde of alternatieve toepassingen. In het geval van PVC zal dat opnieuw verwerken bestaan uit smeltprocessen die ongeveer gelijk zijn aan de processen die worden gebruikt voor het oorspronkelijk product.

- **Enkelvoudige PVC-reststromen**

Mechanische recycling is ecologisch en economisch haalbaar als er een voldoende hoeveelheid gelijksoortig, gescheiden en gesorteerd materiaal aanwezig is.

Is dat het geval, dan is de kwaliteit van de teruggewonnen PVC vaak goed genoeg om er dezelfde of soortgelijke producten van te maken. Dit geldt o.a. voor buizen, vloer- en dakbedekking en raamprofielen. De chemische samenstelling blijft onveranderd.

De technologie die gebruikt wordt voor het produceren met nieuwe grondstof kan zonder meer aangewend worden voor de productie met gerecycleerd materiaal.

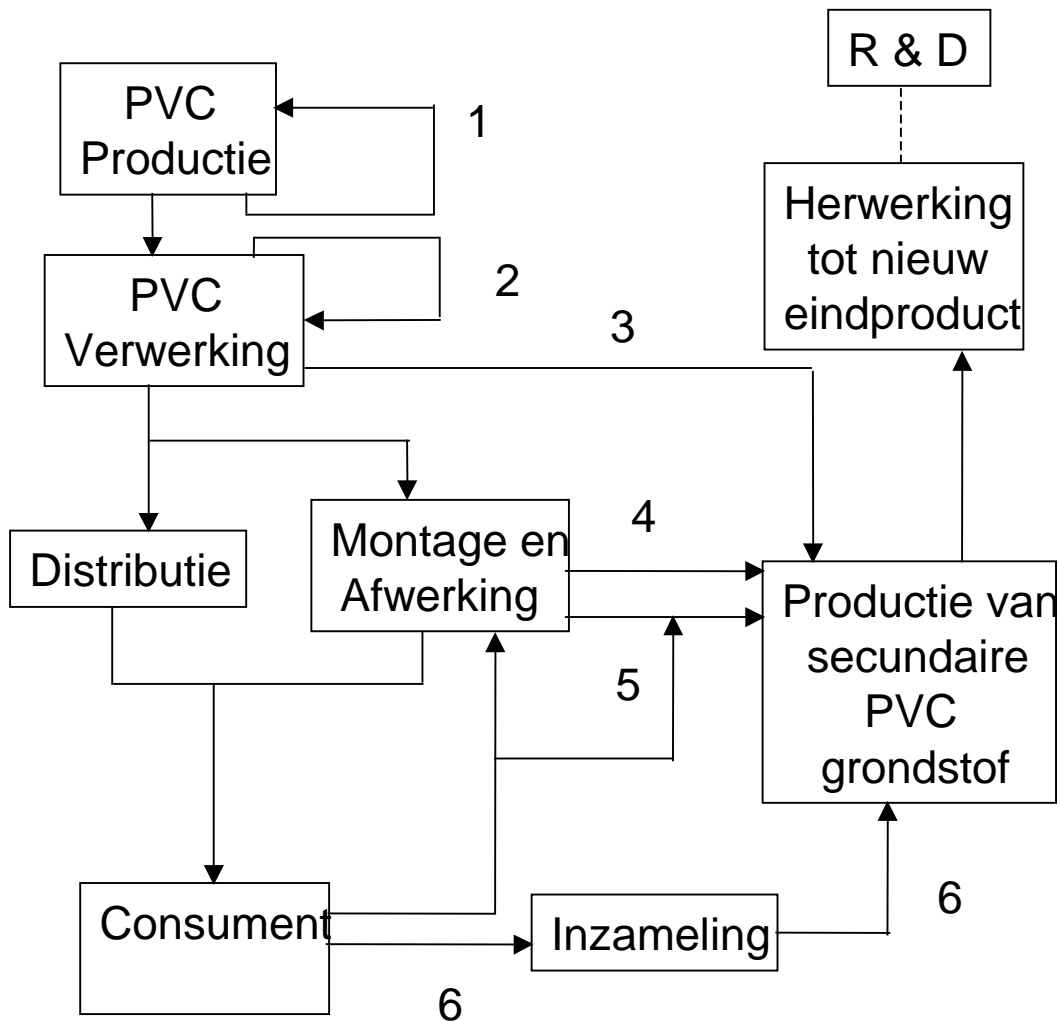
- **Meervoudige PVC-reststromen**

Heel wat voorwerpen zijn samengesteld uit twee of meerdere kunststoffen (PVC, PE, PET, PS) die al dan niet nog vermengd zijn met andere materialen als glas- en polyestervezels, metaal (draad), papier, textiel, rubber, ... De kracht die ze putten in hun “samen-stelling” tijdens hun normale leven, creëert, op het einde ervan, een probleem, nl. het weer uit mekaar halen van de diverse componenten.

Laminaatfilms, gecoate stoffen, imitatieleder voor schoenen en kledij, bekleding van dashboard en auto-interieur, zijn enkele voorbeelden van deze composietmaterialen. Recycling ervan kan mechanisch of chemisch (zie verder).

# MECHANISCHE RECYCLING KRINGLOOP

“gemakkelijk te recycleren producten”



1. Interne recyclage van productieafval
2. Interne recyclage van verwerkingafval
3. Externe recyclage van verwerkingsafval en hergebruik in verwerking
4. Externe recyclage van afvalmontage
5. Inlevering van consumentenafval
6. Inlevering van consumentenafval via een inzamelsysteem

- **Wat gebeurt er concreet ?**

De PVC-industrie is zich bewust van de behoefte aan betere sorteer- en recycleertechnieken en streeft naar het verbeteren van de situatie door steun te verlenen aan initiatieven in die zin.

- **In Europa**

De Europese producenten van PVC-bouwmaterialen hebben de verplichting op zich genomen om grote hoeveelheden van de door hen gefabriceerde en geleverde materialen bij het einde van hun gebruiksduur terug te nemen en mechanisch te recyclen. Dit engagement behelst het recyclen van minstens 50% van de beschikbare inzamelbare hoeveelheid tegen 2005.

Voor andere mogelijke toepassingen, zoals PVC-kabels, vloer- en dakbedekkingen, verplicht de industrie zich die ontwikkelingen te ondersteunen die leiden tot een geschikte logistiek, een betere technologie en talrijker en meer kwalitatieve toepassingen voor hergebruik.

- **In België**

In België werd een aanvang gemaakt met de concrete aanpak van de recyclage van PVC en andere kunststoffen.

- ***Kunststofbuizen***

Via terugnamepunten verspreid over het ganse land nemen de fabrikanten, verenigd in de vzw KURIO, gratis de kunststofbuizen terug die vrijkomen bij de renovatie van bestaande leidingen. De ingezamelde buizen gaan naar de recyclagecentra. Het gerecycleerd PVC wordt verwerkt in nieuwe rioolbuizen. Deze bestaan uit 3 lagen PVC, de zgn. multilagen. De middelste laag is het PVC-recyclaat, dat meer dan 50% van het volume van de buis vertegenwoordigt. Qua kwaliteit en milieuvriendelijkheid moet ze niet onderdoen voor de traditionele buizen in beton of gres.

- ***Raamprofielen***

Ook voor raamprofielen, rolluiken en andere PVC-bouwprofielen is een oplossing gevonden. Gemeentelijke en KMO-containerparken evenals de sorteerinstallaties van afvalverwerkers kunnen dit soort afval gratis kwijt aan een gespecialiseerd bedrijf, de firma RULO. Samen met FECHIPLAST, de vereniging van kunststofverwerkers, waarborgen zij dat de gerecupereerde materialen gerecycleerd worden tot hoogwaardige kunststoftoepassingen in de bouw, b.v. :

- raamprofielen: mengsel van recyclaat en nieuw product;
- bekleefde vensterbanken;
- decoratieve wandbekleding;
- vloerbekleding: vloerplaten, ondermat, die tot 70% recyclaat bevatten.

### - *Composietmaterialen*

Een belangrijke stap voorwaarts werd gezet met de ontwikkeling van een nieuwe techniek voor het terugwinnen van PVC uit blisterverpakkingen, kabelisolatie, autosturen, dashboards en gecoate stoffen (b.v. imitatieleder). Het gaat om een gesloten recyclingproces dat bestaat uit: het versnipperen van afval, het oplossen hiervan in een (biologisch afbreekbaar) oplosmiddel om de verschillende componenten te scheiden en het terugwinnen van de PVC door middel van neerslaan, scheiden en drogen. Het resultaat is PVC-poeder in zijn originele samenstelling met alle oorspronkelijke additieven. Bovendien is het van zeer goede kwaliteit. Het kan zonder verdere bewerking gebruikt worden. Het oplosmiddel is opnieuw bruikbaar en ook de andere fracties zijn recycleerbaar.

In feite gebeurt er geen scheikundige omzetting. Daarom ressorteert deze methode onder mechanische (fysische) recycling.

De techniek (die VINYLOOP heet) is klaar om op grote schaal te worden toegepast. Een eerste fabriek is opgestart begin 2002 in Ferrara (Italië) en heeft een capaciteit van 10.000 ton.

### - *Recyclage van PVC uit huishoudelijk verpakkingsafval*

Het gaat hier om PVC en andere kunststoffen afkomstig van huishoudelijk verpakkingsafval, zoals diverse recipiënten voor waters, dranken, huishoudproducten en sommige verpakkingen die verzameld worden in containerparken.

Het inzamelen is duur, want: veel volume, maar weinig gewicht en dus hoge vervoerskosten. Ook zijn allerlei kunststoffen door elkaar gemengd en vervuild. Bijgevolg: hoge reinigings-, sorteer- en personeelskosten.

Toch is men er bij de firma EKOL in gelukt door rigoureuus scheiden en opnieuw mengen, te komen tot een samengesteld granulaat dat 20 à 40% PVC bevat. Dit is geschikt om lineaire producten zoals balken en palen te maken die op dezelfde manier bewerkt kunnen worden als hout: zagen, nagelen, vijzen, boren, schaven, enz. Ze zijn een goed alternatief voor hout of beton. Je ziet ze in je omgeving :

- bij landschaps-, stads- en tuinarchitectuur: (meestal grijze) banken, tafels, bloembakken, verkeerseilanden, palissaden, geluidsbermen, b.v. autostrade Antwerpen-Brussel in Vilvoorde;
- bij graafwerken: beschermplaten op ondergrondse kabelgoten.

EKOL is gevestigd in Houthalen en heeft een capaciteit van 3000 ton per jaar.

### - *PVC in de afvalzak*

PVC en andere kunststoffen die als afval in de vuilzak terechtkomen worden op dit ogenblik, naargelang de lokaliteit, verbrand of gestort. Het is, voorlopig althans, de enige oplossing. Verbranding heeft het voordeel dat de energie, aanwezig in PVC, wordt afgegeven en gebruikt om de andere afvalstoffen te verbranden (zie ook 3.6.1.5.3).

### 3.6.1.5.2.2 Chemische recycling

Wordt ook grondstoffenrecycling genoemd.

Het is een vorm van recycling die bijzonder goed geschikt is voor gemengde reststromen.

Chemische recycling moet gezien worden als complementair aan mechanische recycling en dit om twee redenen :

- om de technologie in huis te hebben die geschikt is voor het recyclen van grote hoeveelheden gemengde en vervuilde reststromen en afval van kunststof;
- om de totale recyclagecapaciteit te vergroten die nodig zal zijn voor de steeds stijgende hoeveelheden te recyclen materiaal.

Er wordt gewerkt aan de ontwikkeling van technologieën voor chemisch recyclen: verbranden, vergassen, hydrogenatie, e.a.

Deze technologieën zijn allemaal gebaseerd op het principe van afbreken van composietmaterialen in hun chemische componenten. Deze worden apart teruggewonnen en kunnen vervolgens in diverse industriële processen als bouwstenen gebruikt worden voor de aanmaak van nieuwe producten. In feite komt het erop neer dat het chloor en de koolwaterstoffen opnieuw verwerkt worden op de plek waar ze zijn ontstaan: de petrochemische installatie.

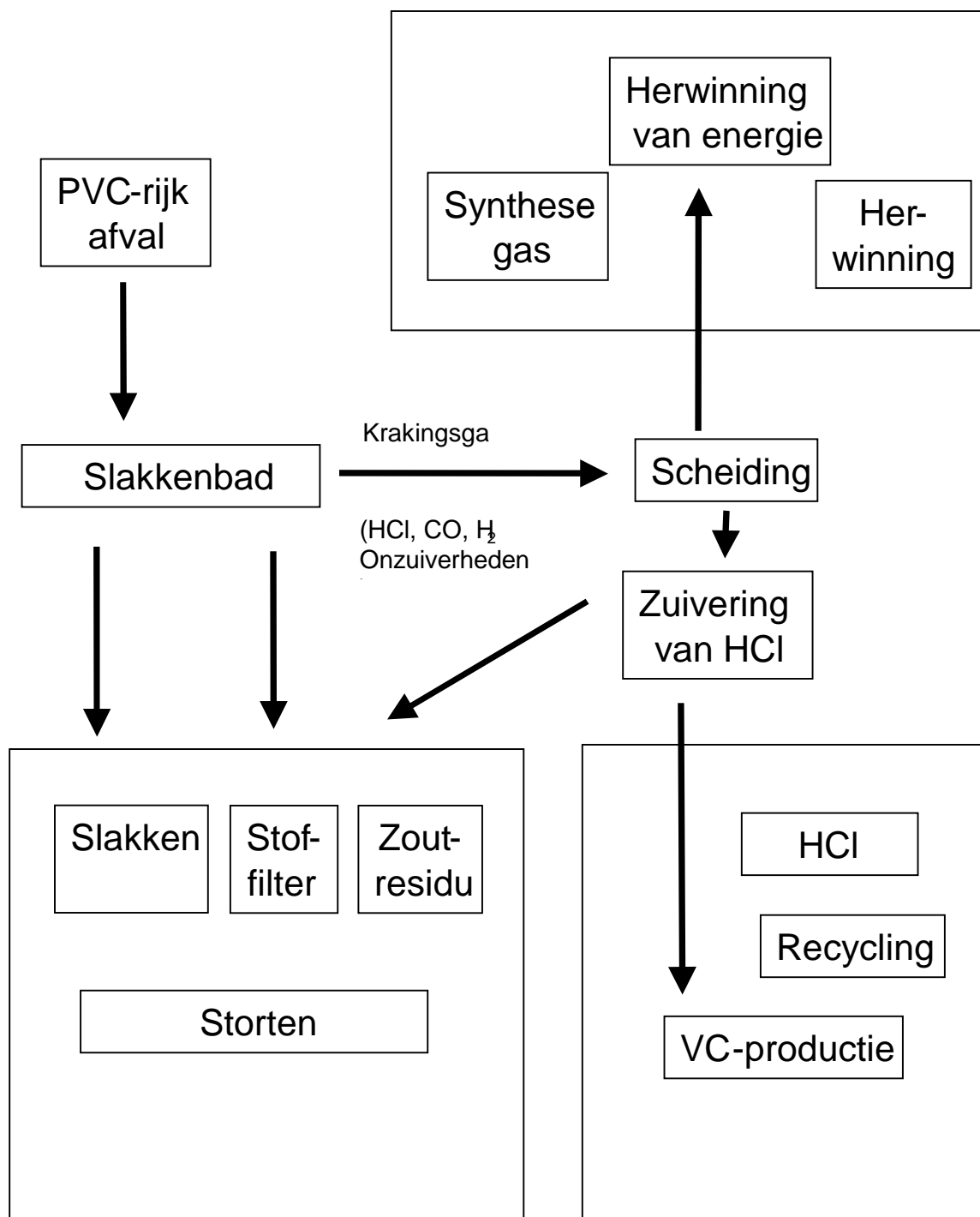
Momenteel staat geen enkele van die technieken echt op punt. Het probleem is steeds hetzelfde: economische en ecologische haalbaarheid, en (voorlopig nog) gebrek aan voldoende aanvoer van te recyclen materiaal.

Bovendien moeten er in functie van de te bouwen installaties keuzes gemaakt worden. In geval het basismateriaal rijk is aan PVC – zoals bij de voorbeelden van composietmaterialen hierboven vermeld en die meer dan 30% PVC bevatten – zal het vooral zoutzuur zijn dat via deze methode kan worden teruggewonnen. Het is dan zaak dat zoutzuur op een economische haalbare manier voldoende zuiver te krijgen en het voldoende (meer dan 20%) te concentreren om het geschikt te maken voor en opnieuw te laten dienen als grondstof voor de productie van VCM, de basisstof voor de aanmaak van “nieuw” PVC.

De PVC-producenten geloven in de mogelijkheden van deze technologie om PVC te ontbinden in zijn fracties: chloor en koolwaterstof. Zij hebben zich geëngageerd om te investeren in een proeffabriek met een capaciteit van 2000 ton per jaar om alle aspecten en voorwaarden voor een definitieve industriële technologie op grote schaal uit te zoeken. Om begrijpelijke redenen is een dergelijke grootschalige aanpak alleen op Europees vlak mogelijk.

Het principeschema toont de opstelling van de proeffabriek. Het PVC-rijk afval wordt gemengd met zand en in het zgn. slakkenbad gekraakt bij 1400 à 1600°C. Uit het krakingsgas wordt het zoutzuur afgescheiden.

## CHEMISCHE RECYCLING PRINCIPESHEMA



Afhankelijk van de bevindingen (die midden 2002 worden verwacht) zal worden beslist of er een fabriek komt op commerciële schaal.

Ondertussen worden nog andere chemische recyclingprocessen onderzocht op hun mogelijkheden. Men verwacht dat tegen 2005 het chemisch recycleren een aanzienlijke bijdrage zal leveren aan de verwerking van kunststofafval dat veel PVC bevat.

#### **3.6.1.5.2.4    *Besluit***

Technisch staat men al heel ver. Het grootste probleem is de aanvoer van voldoende en geschikt materiaal om te recycleren. Voortgezet onderzoek, aanvullende programma's voor zowel mechanische als chemische recycling, kunnen de totale hoeveelheid gerecycleerd PVC verder doen oplopen. Om een hoog recyclagevolume te bereiken is de steun van overheidsinstanties nodig voor het opstellen en organiseren van de inzameling van de reststromen van PVC, al dan niet vervat in composietmaterialen. Ook de medewerking van iedere burger is een absolute vereiste. Duurzame ontwikkeling omvat naast een ecologisch en economisch luik ook een sociale dimensie.

De producenten en verwerkers van PVC willen komen tot een geïntegreerde beheersstrategie voor de hele levensduur van het product met inbegrip van het einde van de levenscyclus en van het afvalstadium. Dit kan alleen door een gezamenlijke Europese aanpak.

### **3.6.1.5.3                    Verbranding met terugwinning van energie**

#### **3.6.1.5.3.1    *Energiereducatie***

Verbranding is een manier van recycleren. De calorische waarde van het oliederivaat dat werd gebruikt voor de productie van PVC, wordt teruggewonnen, zelfs na vele jaren nuttig gebruik van diezelfde PVC die nu gedumpt wordt. Deze energie wordt als het ware "geleased" door het PVC-object, voor de tijd van zijn nuttige levensduur.

Bijkomend voordeel: door PVC-afval te vermengen met het huisvuil vermindert de hoeveelheid energie die nodig is voor de verbranding van het totale afvalvolume.

#### **3.6.1.5.3.2    *Is verbranden van PVC-houdend afval schadelijk voor het milieu ?***

Onderzoek in 1999 door het onafhankelijke Nederlandse TNO Instituut voor Milieu, Energie en Procesinnovatie, als één van de vele gelijkaardige studies, leidde tot de conclusie dat de negatieve beoordeling van PVC in afvalverbranding niet wordt geschraagd door wetenschappelijk, financieel of ecologisch bewijs. Het onderzoek toonde eveneens aan dat een sterke vermindering of zelfs het volledig verwijderen van PVC uit de afvalstroom niet leidt tot een duidelijk milieuvoordeel.

Bij het verbranden van huishoudelijk afval heeft de aanwezigheid van PVC geen betekenisvolle invloed op de hoeveelheid gevormde dioxines. Sporen van chloriden zoals keukenzout in het afval, ontstaan opdat dioxines gevormd worden. De mate van dioxine-uitstoot is veeleer afhankelijk van de efficiëntie van het verbrandingsproces en de rookgaszuivering. De dioxine-

emissies van moderne verbrandingsinstallaties zijn zo miniem dat de impact op het milieu te verwaarlozen is.

De impact van PVC-verbranding op zure regen in systemen met was- en neutralisatieapparatuur is zeer klein. Zelfs zonder neutralisatie zou ze in België slechts 0,25% van de impact op zure regen uitmaken.

In Hamburg (Duitsland) werd recent een verbrandingsoven met een capaciteit van 790 ton in gebruik genomen waarbij de allernieuwste snufjes werden aangewend. Dit houdt in dat bij de input afval kan ingebracht worden met een chloorgehalte van 4%. Normaal is dat maximum 1%. Door optimalisatie van het verbrandingsproces bekomt men tevens een beter rendement van de neutralisatie. Resultaat: aan de output verkrijgt men zoutzuur met een concentratie van 30%, wat economisch interessant is. De kwaliteit van het zoutzuur is van die aard, dat het zelfs door de voedingsindustrie kan ingezet worden.

Meer hierover vindt U op:

<http://www.europa.eu.int/comm/environment/pvc/contributions/2mvr.pdf>

#### **3.6.1.5.3 Minder afvalresidu ? Dat kan !**

Moderne afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) zijn gebouwd volgens de BBT: de best beschikbare technieken. Zij werken volgens de strengste normen en zijn uitgerust met apparatuur voor het voorkomen van emissie van schadelijke stoffen. Toch blijft er altijd nog afvalresidu over.

Deze residu's ontstaan bij de reiniging van de rookgassen.

Het volume en de inhoud van het afvalresidu van AVI's die PVC-afval verwerken werd minutieus onderzocht. Men kwam tot de conclusie dat die afvalresidu's nog verder konden verminderd worden.

De nieuwe aanpak bestaat in het gebruik van natriumbicarbonaat (maagzout) i.p.v. kalk als neutraliserende stof. Tevens wordt de zuivering van rookgassen geïntegreerd met de behandeling van de residu's van het verbrande huisvuil. Met deze technologie kunnen de zouten die in de residu's zitten worden gerecupereerd en kunnen tegelijk de nog resterende afvalstoffen worden gestabiliseerd en verhard. De zouten worden hergebruikt in diverse chemische processen.

Deze innovatie maakt het mogelijk de te storten hoeveelheden afvalstoffen die nog overblijven na de rookgaszuivering, drastisch te verminderen: een ecologische en duurzame oplossing.

#### **3.6.1.5.4 Afvoer en storten van afval**

Welke de aard van het terugwinningproces ook is, er blijft altijd een klein gedeelte afvalresidu over dat niet recycleerbaar is: de as. Voor de finale afvoer van dit beperkt gedeelte komen enkel gecontroleerde afvalstortplaatsen in aanmerking.

Vanuit milieustandpunt is storten de minst wenselijke oplossing omdat het geen hergebruik van grondstoffen mogelijk maakt. Toch zullen er stortplaatsen moeten blijven bestaan voor producten zonder haalbare opties voor hergebruik.

Uit een drie jaar durend onderzoek terzake werd geconcludeerd dat afvalstortplaatsen niet per definitie moeten verworpen worden als een optie voor afvalbeheer van PVC. Het onderzoek van het gedrag van verschillende PVC-producten op lange termijn toonde aan dat PVC, dat op zichzelf inert is, bestand is tegen afbraak onder op stortplaatsen heersende omstandigheden en dat het geen vinylchloride produceert.

#### **3.6.1.5.5 Recycling van PVC – Algemeen besluit**

De PVC-industrie is bezig met het opzetten van daadwerkelijke oplossingen voor geïntegreerd beheer van zijn reststromen en afval. Dit geldt zowel voor PVC-producten met een korte als met een lange levensduur en zowel voor enkelvoudige als voor composietmaterialen.

Er zijn zowel in België als in de rest van Europa een aantal recyclageprogramma's effectief in werking. Bij de meesten hiervan is het mogelijk de capaciteit uit te breiden in geval de beschikbaarheid en de aanvoer van het te recycleren materiaal beter wordt.

De PVC-industrie streeft naar het maximaliseren van de mogelijkheden die bestaande recyclageprogramma's bieden. Zij steunt ook de ontwikkeling van nieuwe initiatieven terzake om te garanderen dat zij voldoet aan toekomstige behoeften. Door haar schriftelijk "Vrijwillig Engagement" wil ze een duurzame ontwikkeling binnen het kader van het Responsible Care programma van de chemische industrie (zie <http://www.pvcinitiative.com> en [www.plastics-in-ELV.org](http://www.plastics-in-ELV.org)

## 3.6.2 Polycarbonaten

Polycarbonaten zijn thermoplastische<sup>1</sup> kunststoffen die op vele manieren kunnen verwerkt worden. Ze worden gebruikt voor de fabricage van veranda's, lichtkasten en compact discs maar ook van valhelmen, brillenglazen en keukenapparaten.

Polycarbonaten bevatten geen chloor, maar worden wel met behulp van chloor geproduceerd.

Polycarbonaten zijn thermoplastische kunststoffen. Rond 1960 verschenen ze op de markt. Op wereldvlak wordt er jaarlijks zo'n 1.200.000 ton gebruikt.

### 3.6.2.1 Hoe worden polycarbonaten gemaakt?

Er bestaan diverse fabricagemethoden maar vandaag wordt bijna enkel de reactie op basis van bisfenol A en carbonylchloride (fosgeen) gebruikt. Dit gebeurt in een continu proces zodat de hoeveelheid van dit toxisch gas in de installaties laag blijft. De productie en verwerking zijn onderworpen aan zeer strenge veiligheidsnormen. Het bij de productie gebruikte chloor komt niet in het eindproduct terecht, maar wordt als een verdunde zoutzuuroplossing afgescheiden en teruggewonnen. Dit proces laat toe de eigenschappen van de polycarbonaten nauwkeurig af te stemmen op de eisen qua verwerking en toepassing.

Alternatieve productiemethoden worden onderzocht maar voldoen tot vandaag niet aan de technische eisen. Bovendien zijn ze een stuk duurder.

### 3.6.2.2. Wat zijn de eigenschappen van polycarbonaten?

- zeer transparant;
- goed warmtebestendig en dus ook steriliseerbaar;
- erg taai;
- vorm- en slagvast;
- goed bestand tegen veroudering;
- hoog elektrisch isolatievermogen;
- probleemloos recycleerbaar.

### 3.6.2.3. Wie zijn de gebruikers van polycarbonaten?

- De elektriciteits is met 38% de belangrijkste gebruiker van polycarbonaten. Die hebben daar, door hun specifieke elektrische eigenschappen, de klassieke materialen zoals keramiek en

---

<sup>1</sup> Thermoplast: kunststof die door verwarming week of plastisch gemaakt kan worden.

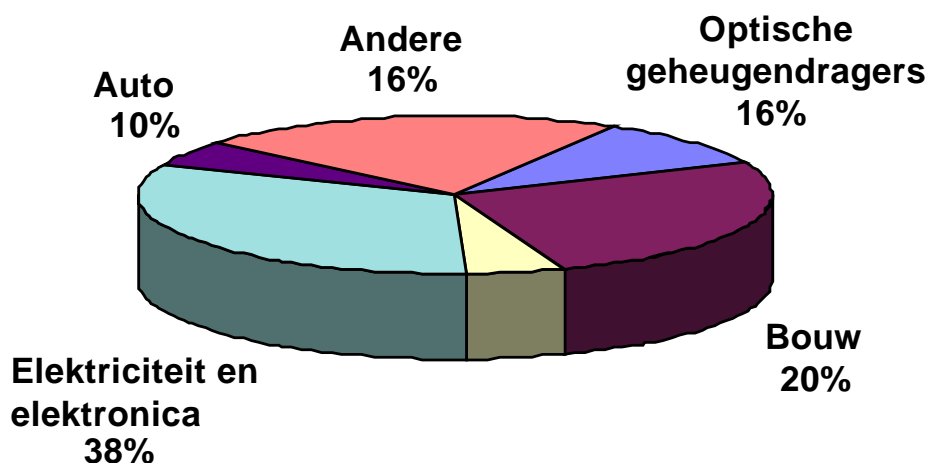
metaal grotendeels vervangen. Typische voorbeelden zijn lichtkasten en onderdelen van schakelaars en van huishoudapparaten;

- ook de bouwsector is met 20% een gretige afnemer van polycarbonaten. Je vindt ze in verbindingstukken en profielen. Het lichtere en sterkere polycarbonaat vervangt ook vaak glas of acryl in transparante daken en wanden van serres, koepels en veranda's. Sommige polycarbonaatplaten kunnen vergeleken worden met een spouwmuur of dubbele beglazing. In de zomer worden de zonnestrallen diffuus weerkaatst zodat de plaat ook tegen warmte isoleert maar toch genoeg licht binnenlaat. Het serre-effect is 46% lager dan bij glas.
- het gebruik als substraat in optische geheugendragers zoals compact discs (CD) en digital versatile discs (DVD) neemt met 16% de derde plaats in. Polycarbonaten voldoen aan de vereiste hoge kwaliteit, zuiverheid en optimale verwerkingsvoorwaarden;
- de auto-industrie is goed voor 10%. Ze gebruikt polycarbonaat voor krasvrije lenzen en optische blokken;
- de overige 16% van het polycarbonaatverbruik vind je in kleinere toepassingen zoals in de medische sector (kunstnieronderdelen), de optiek (brillenglazen), de automatisering (computeronderdelen), de veiligheidstoebehoren (valhelmen) en de verpakking (zuigflessen voor baby's, grote frisdrankflessen voor meermalig gebruik)..

#### 3.6.2.4. Kan je polycarbonaten recycleren?

Procedures voor de recyclage van producten op basis van polycarbonaten zijn in ontwikkeling. Zo bestaat er in Duitsland een installatie die gebruikte CD's verwerkt tot computerkasten. De aanvoer van te recycleren materiaal is voorlopig nog te klein om rendabel te zijn.

### Toepassingsgebieden polycarbonaten



### 3.6.3 Polyurethanen

Polyurethanen hebben een zeer breed toepassingsgebied dankzij hun veelzijdige eigenschappen. Zij worden wel eens de 'duizendpoot onder de kunststoffen' genoemd.

Voor de productie van polyurethanen wordt chloor gebruikt. Dat is echter nauwelijks of niet meer aanwezig in het eindproduct.

Polyurethanen zijn kunststoffen die reeds in de jaren veertig werden gemaakt. Hun aandeel in de markt van kunststoffen bedraagt 5%. De veelzijdige eigenschappen van polyurethanen maakt ze op vele manieren toepasbaar. De wereldproductie bedraagt jaarlijks 7,5 miljoen ton.

De grote doorbraak kwam er in de jaren zestig met hardschuim. Dit werd beroemd omwille van zijn warmte-isolerend vermogen en constructieve eigenschappen. Voor het zachtschuim was het wachten tot in 1985. Toen werd een nieuw mengproces ontwikkeld dat aan alle gewenste eigenschappen voldeed.

#### 3.6.3.1 Hoe worden polyurethanen gemaakt?

Chloor dient als hulpmiddel bij de aanmaak van bepaalde polyurethanen. Tijdens het productieproces wordt het weer afgescheiden en de eindproducten zijn zo goed als chloorvrij. Het chloorgehalte van polymeer-methaan-diphenil-di-isocynaat (PMDI) bijvoorbeeld, bedraagt slechts 0,15 à 0,25%.

Er zijn twee grondstoffen waaruit, wanneer je ze samenbrengt, polyurethaan ontstaat: polyolen en isocyanaten.

Chloor wordt gebruikt voor de productie van de isocynaatcomponenten. In de eerste fase van het productieproces reageert het chloor met koolmonoxide tot carbonylchloride (fosgeen). Dit wordt later door reactie met de gepaste amines tot isocyanaten omgezet. Het hulpmiddel chloor verlaat het reactiemengsel als gasvormig waterstofchloride of in een waterige oplossing als zoutzuur. Beide dienen op hun beurt als grondstof voor andere industrietakken (veevoeder- en metaalindustrie, productie van vinylchloride).

De veiligheid bij de productie van polyurethanen is enorm belangrijk.

Carbonylchloride is zeer giftig. Daarom is de grootste omzichtigheid geboden. De productie vindt plaats in gesloten installaties en de noodzakelijke hoeveelheid wordt maar geleidelijk aangemaakt. In de installatie zijn slechts minimale hoeveelheden aanwezig. Permanente veiligheidstests en technische beveiligingssystemen tegen lekkages (onder andere installatie-inkapseling met bewaking) vervolledigen het concept.

Tot nog toe zijn er voor de productie van de hoofdzakelijk aromatische isocyanaten geen industriële alternatieven zonder carbonylchloride (en dus zonder chloor).

Voor de minder gebruikte alifatische isocyanaten bestaan er wel chloorvrije processen.

Voor de bereiding van propeenoxide bestaat er een alternatief, chloorvrij productieproces. Propeenoxide is een grondstof voor de productie van polyolen en polyethers. Bij dit proces ontstaat als koppelproduct styreen of MTBE<sup>1</sup>. Dit proces is enkel interessant als het koppelproduct verwerkt kan worden in geïntegreerde locaties, of als het verkocht kan worden.

### **3.6.3.2 Wat zijn de eigenschappen van polyurethanen?**

Het polymeer is zeer slijtvast, veerkrachtig, licht en toch sterk en rekbaar. Het hecht goed en is klimaatbestendig.

De eigenschappen van polyurethanen kunnen aangepast worden aan een specifiek gebruik of doel. Dit wordt mogelijk door basisstoffen en procesparameters te variëren :

- compact of schuim;
- ultrazacht, zacht, halfhard of hard;
- gemodelleerd of als continu vervaardigde blokken of platen;
- als folie, vezel of weefsel;
- soortelijk gewicht van 10 tot 1100 kg/m<sup>3</sup>.

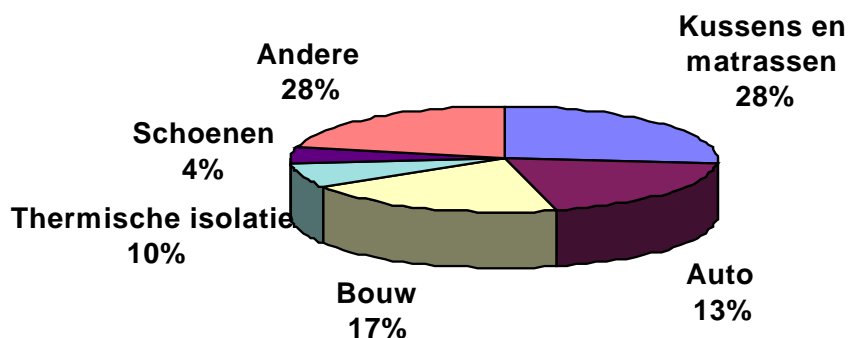
### **3.6.3.3 Wat kan je allemaal doen met polyurethanen?**

- schuim (zacht of hard) voor matrassen, zetels, sportmaterialen, thermische isolatie in de bouw, het vrachtvervoer en de koelindustrie;
- textielvezels;
- verf, hout-, beton- en metaalbewerking;
- harde en flexibele onderdelen voor de automobieliindustrie (stuur, bumpers, autozetels), vensterramen, ski's, schoenzolen, computeronderdelen tot zelfs meubels en moderne kunstwerken;
- textiel- en tapijtweefsels;
- lakken en producten voor houtbehandeling;
- kleefstoffen;
- dichtingspasta's;
- kunststofgebonden springstof (Engels: PBX: plastic bounded explosive).

---

<sup>1</sup> MTBE: methyl-tertiair butylether, wordt gebruikt als antiklop middel in benzine.

## Toepassingsgebieden van polyurethanen



### 3.6.3.4 Kan je polyurethanen recycleren?

Er bestaan verschillende recyclagemethodes voor polyurethanen. Sommige daarvan worden al in praktijk gebracht. Bij de oudste methode voor polyurethanenrecyclage worden knipresten van zacht schuimstof tot vlokken versneden. Na toevoegen van een bindmiddel worden ze opnieuw geperst tot schuim waarvan matten worden gemaakt die gebruikt worden bij gymnastiek en ook bij de veehouderij.

Het hergebruik van polyurethanen is evenwel nog niet ver gevorderd omdat het aanbod van te recycleren materiaal te klein is. Een zinvol alternatief is de gecontroleerde verbranding. Hierbij wordt de vrijgekomen energie gerecupereerd. De verbrandingsgassen worden schoongemaakt.



## 3.6.4 Epoxyharsen

Epoxyharsen behoren tot de meest succesrijke producten van de chemische industrie. Ze zijn erg veelzijdig, gemakkelijk te gebruiken en daarom universeel inzetbaar.

Epoxyharsen worden zowel toegepast in huishoudapparaten als in grote bouwconstructies, zowel in computers als in satellieten, zowel in blikjes als op scheepswanden, ...

Het epoxyhars heeft dan ook vele verschijningsvormen: het is lijm, verf, poeder, hars, laminaat, composiet,...

Epoxyharsen worden met chloor geproduceerd.  
Er bestaan geen alternatieve productiemethoden.

Op wereldvlak wordt jaarlijks ongeveer 830.000 ton epoxyharsen verbruikt. Het gros, zo'n 65%, wordt verwerkt tot decoratieve en beschermende verven en vernissen.

Sinds hun creatie in de jaren vijftig groeiden de epoxyharsen uit tot een van de meest succesvolle ontwikkelingen in de kunststofindustrie. Eigenlijk zijn epoxyharsen een tussenstap voor een hele reeks eindproducten, gaande van lijmen over poeders tot elektrisch isolatiemateriaal.

### 3.6.4.1 Hoe maak je epoxyharsen?

Epoxyharsen worden gemaakt door condensatie van bisfenol A en epichloorhydrine. Het proces begint bij propeen dat reageert met chloor en allylchloride vormt. Door verdere bewerking met achtereenvolgens hypochloriet en natronloog ontstaat epichloorhydrine. Dit is een basisproduct voor de scheikundige industrie dat onder meer gebruikt wordt bij de productie van glycerine. Verdere reactie van epichloorhydrine, natronloog en bisfenol A geeft, naargelang de verhoudingen, vloeibare of harde epoxyharsen.

Door contact met diverse materialen en scheikundige stoffen wordt voor elke specifieke toepassing een bepaald product gecreëerd. Vloeibare epoxyharsen worden uitgehard door toevoeging van verschillende soorten harders. De uitharding gebeurt zowel bij omgevingstemperatuur (de strijklag aan de binnenkant van een blik bijvoorbeeld), als bij hoge temperatuur en onder druk (de dekverflaag op een wasmachine).

Epoxyharsen mengen met oplosmiddelen en verdunners vermindert de viscositeit en vergemakkelijkt het gebruik in onder andere bouw- en verftoepassingen. 'Versnellers' bespoedigen de uitharding. Ook pigmenten, vul- en kleurstoffen kunnen bijgevoegd worden.

Welbepaalde fysische, mechanische of chemische eigenschappen krijg je dan weer door silicium, kwarts, grafiet of metaalpoeder toe te voegen.

Verwerking met glas- of koolstofvezels, al dan niet geweven, zorgt voor materialen met een uitzonderlijke mechanische weerstand: de zogenaamde gewapende kunststoffen en composieten.

Van groot belang zijn de *harders* waarmee de epoxyharsen uitgehard worden en die bepalen hoe en in welke toepassing het eindproduct wordt ingezet. De kennis hiervan is het resultaat van veel onderzoek en is dan ook meestal beschermd door brevetten met de nodige geheimhouding als gevolg.

### **3.6.4.2. Wat zijn de eigenschappen van epoxyharsen?**

- Uitgeharde epoxyharsen zijn supersterke materialen die nauwelijks krimpen.
- Zij isoleren prima de elektriciteit en zijn inzetbaar bij bedrijfstemperaturen van -80 tot +180 °C. Zij zijn chemisch zeer stabiel en buitengewoon goed bestand tegen breuken en scheuren.
- Vloeibare epoxyharsen zijn gekend om hun bijzonder hechtvermogen op alle mogelijke oppervlakken. Zij zijn steeds volledig luchtbellenvrij zonder dat hiervoor externe druk nodig is.
- Geperste of gegoten stukken, evenals composieten, wegen veel minder dan de klassieke materialen die zij vervangen in auto's en vliegtuigen. Hierdoor daalt het brandstofverbruik aanzienlijk, wat het milieu ten goede komt.

### **3.6.4.3 Wat kan je allemaal doen met epoxyharsen?**

#### **3.6.4.3.1 Lucht- en ruimtevaart**

Epoxyharsen worden gebruikt bij de productie van structurele onderdelen van vliegtuigen, raketten en satellieten. Voorbeelden zijn vleugel- en staartdelen, deuren, helikopterbladen, tot zelfs de volledige romp van kleine vliegtuigen. Het hechtvermogen leent zich prima voor het maken van honingraatverbindingen in vliegtuigvloeren en voor speciale vliegtuigverven.

#### **3.6.4.3.2 Bouw**

Epoxyvloeren zijn een aanrader als het gaat om slijtvastheid en ondoordringbaarheid. Bovendien zijn ze slipvrij en gemakkelijk te onderhouden. Dit is vooral van belang bij vloeren van garages, douches en opslagplaatsen voor gevaarlijke producten.

Epoxycoatings beschermen de stalen bewapening in betonnen gebouwen en bruggen tegen corrosie. Ze zijn het hechtmiddel bij uitstek voor mortel en pleisterwerk bij herstelling van historische gebouwen en kunstwerken, het waterdicht maken van tunnelwanden, het rookdicht maken van schouwen, enzovoort.

Epoxybitumencombinaties vormen veel gebruikte bindmiddelen voor roestwerende verven op scheepswanden, onderzeese leidingen en boorplatformen.

#### **3.6.4.3.3      Chemie**

Opslagtanks, buizen en pijpleidingen of hun binnen- en/of buitenbekleding zijn gemaakt van epoxyharsen.

#### **3.6.4.3.4.      Elektriciteit**

Epoxyharsen worden veel toegepast in elektrische installaties zoals transformatoren, turbines, transmissiegeleiders en schakelingen. Dit hebben ze te danken aan hun uitstekende elektrische isolatie en chemische weerstand.

Ze worden ook verwerkt in sier- en beschermende deklagen van elektrische huishoudapparaten zoals (af)wasmachines.

#### **3.6.4.3.5      Elektronica**

De elektronica gebruikt vaak epoxyharsen voor de aanmaak van gedrukte schakelborden en voor het inkapselen en bekleden van elektronische componenten.

Epoxyharsen spelen een belangrijke rol in de informatica: alle kaarten die dragers zijn van elektronische bestanddelen zijn ervan gemaakt. De elektronische bestanddelen zelf (chips, geheugen, ...) zijn ingekapseld in hoogtechnologische harsen, aangepast aan de specifiek toepassing.

#### **3.6.4.3.6      Vervoer**

In de snel evoluerende wereld van het vervoer ontsnapt nauwelijks een domein aan de epoxyharsen. Auto-onderdelen zoals de koppen van stroomverdelers en bladveren maar ook volledige carrosserieën van racewagens en speedboten zijn gemaakt met epoxyharsen.

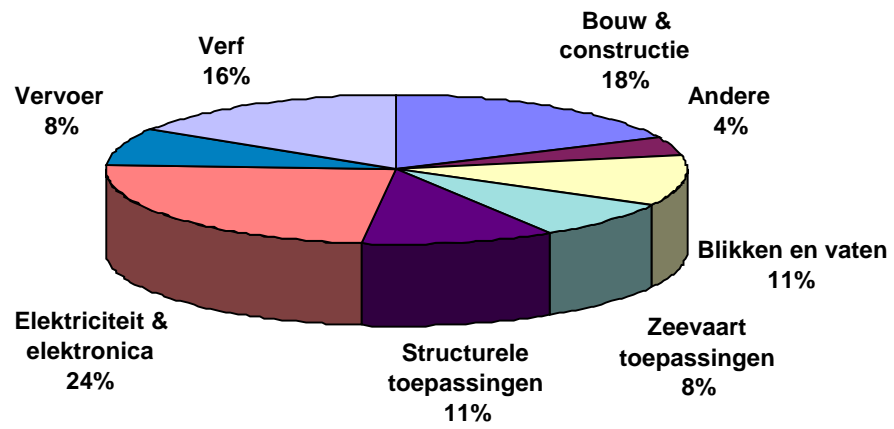
#### **3.6.4.3.7      Voeding en drank**

Frisdrankblikjes alsook opslagtanks en vaten voor wijn, bier en diverse levensmiddelen zijn voorzien van een epoxy binnenbekleding. Die draagt ertoe bij dat kwaliteit en smaak van de inhoud langer bewaard blijven.

#### **3.6.4.3.8      Sport en ontspanning**

Sommige sportdisciplines kenden revolutionaire veranderingen door het gebruik van epoxyharsen. Ski's, rackets, zeilplanken, zweefvliegtuigen, golfstokken, vislijnen en zelfs muziekinstrumenten zijn sterk verbeterd door de composietmaterialen. Deze zijn samengesteld uit epoxyharsen in combinatie met glas- of koolstofvezels.

## Toepassingen Epoxyharsen



## 3.6.5 Siliconen

Siliconen zijn polymeren met buitengewone eigenschappen die we aantreffen in bijna alle industriële sectoren maar evengoed in het dagelijks leven.

Ze danken hun succes aan de eenvoud in gebruik, denk maar aan de elastische voegdichting in bouw en sanitair.

Siliconen worden geproduceerd met behulp van chloor. Er bestaan geen alternatieve productiemethoden.

De naam *siliconen* staat voor een groot aantal technische producten. Polymeren waarin silicium en zuurstof in een stabiele configuratie aanwezig zijn, bepalen de bijzondere eigenschappen van siliconen. Door hun moleculaire structuur situeren ze zich tussen de anorganische silicaten en de organische polymeren. Siliconen hebben bijzondere eigenschappen die je niet kan realiseren met ander stoffen.

### 3.6.5.1 Hoe maak je siliconen?

De basiselementen voor de bereiding van siliconen zijn silicium en chloor. Via reactie met zuurstof en koolwaterstoffen wordt het silicium in het polymeer ingebouwd. Chloor is onder de vorm van gasvormig methylchloride in de synthesekringloop aanwezig: het silicium reageert bij 250 à 300°C en 1 à 5 atm. druk met deze organische chloorverbinding. Na distillatie ontstaat een chloorhoudend product dimethyldichloorsilaan, dat met water reageert tot siloxaan. Als bijproduct van deze reactie wordt waterstofchloride gevormd dat na afscheiding en reactie met methanol terug wordt omgezet tot methylchloride. Dit wordt herbruikt in het proces. In een moderne procesvariante gebeurt de omzetting van dimethyldichloorsilaan niet met water, maar onmiddellijk met methanol.

De chemische industrie kan een zeer uitgebreid gamma aan siliconen leveren door de moleculaire structuur ervan lichtjes te wijzigen.

Tot nog toe bestaan er geen alternatieve (chloorvrije) industriële processen voor deze synthese van siliconen.

### 3.6.5.2 Wat zijn de eigenschappen van siliconen?

- Siliconen komen voor als oliën, vetten, pasta's, rubbers en harsen.
- Bij het uitharden van de zogenaamde *siliconenkit*, ruikt het meestal naar azijnzuur. Eenmaal uitgehard, wordt het *siliconenrubber* genoemd.
- Siliconen zijn goed hitte- en weerbestendig.
- Ze blijven elastisch, ook bij lage temperaturen.
- Ze zijn goed elektrisch isolerend.
- Siliconen zijn uitgesproken water- en vetafstotend.

- Ze hebben een lage oppervlaktespanning.

### **3.6.5.3 Wat kan je doen met siliconen?**

- Siliconen danken hun succes aan hun eenvoud in het gebruik en aan hun veelzijdigheid.
- De lage elektrische geleidbaarheid is vooral belangrijk in bedrading.
- Siliconen dienen als hittebestendige metaalbekleding, scheidings- en glijmiddelen en producten voor de bouw zoals gevelbescherming.
- Iedereen kent siliconen van de elastische voegdichting in bouw en sanitair.
- Ook in voertuigen en elektronica is deze toepassing in opmars.
- Ze zorgen voor een optimale werking van pneumatische centrale vergrendelingen.
- In medische toestellen vinden we ze onder andere in dichtingen voor dialyseapparaten, zuigertjes van injectiespuiten en isolatie van de elektrodes in pacemakers.
- Andere toepassingsgebieden zijn verf, wasmiddelen, cosmetica en farmaceutica, maar ook beeldhouwers gebruiken siliconen om er hun mallen mee te maken.
- De tandarts maakt dan weer gebruik van een speciale siliconenkit met twee componenten: in een mum van tijd is de siliconenmassa in de mond uitgehard en is een perfecte afdruk van het gebit klaar.

### **3.6.5.4 Hoe worden afvalstoffen gerecycleerd of verwijderd?**

Afval van siliconen kan milieuvriendelijk met het huisvuil worden verwijderd. Toch krijgt gecontroleerde verbranding de zogenaamde thermische recyclage, de voorkeur. Hierdoor kan de afvalwarmte gerecupereerd worden, en ontstaan opnieuw de natuurlijk voorkomende producten als kiezelzuur, koolzuur en water.