

# RECYKLACE TERMOPLASTŮ, TERMOSETŮ A PRYŽÍ

RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.

[pospisil@polymer.cz](mailto:pospisil@polymer.cz)

# Časový plán

1	20.9.	<i>Dovolená – bude nahrazeno EXKURZÍ I</i>
2	27.9.	Úvod do předmětu, legislativa a názvosloví, anglická terminologie, literatura
3	4.10.	Sběr, identifikace třídění odpadu. Operace na mokré a na suché cestě.
4	11.10.	Zpracovatelské technologie v tavenině. Aditiva pro recykláty.
5	18.10.	Recyklace termosetů – vložím jen přednášku, budu v Číně
6	25.10.	Recyklace termoplastů. Recyklace PET.
7	1.11.	Recyklace vulkanizátů.
8	8.11.	Chemická recyklace
9	15.11.	Metody termického rozkladu. Energetické využití.
<b>10</b>	<b>22.11.</b>	<b>Problémy a perspektivy recyklace a likvidace polymerního odpadu.</b>
11	29.11.	Recyklace versus biodegradace
12	6.12.	Praktické příklady z literatury a praxe
13	13.12.	<b>REZERVA</b>
<b>14</b>	<b>20. 12.</b>	<b><i>Máte ještě v tomto týdnu výuku? Budete chtít přijít?</i></b>
<b>14</b>	<b>Leden</b>	<i>EXKURZE I (náhrada za 20. 9. 2010) – termín po vzájemné dohodě</i>

# Věštírna v Delfách

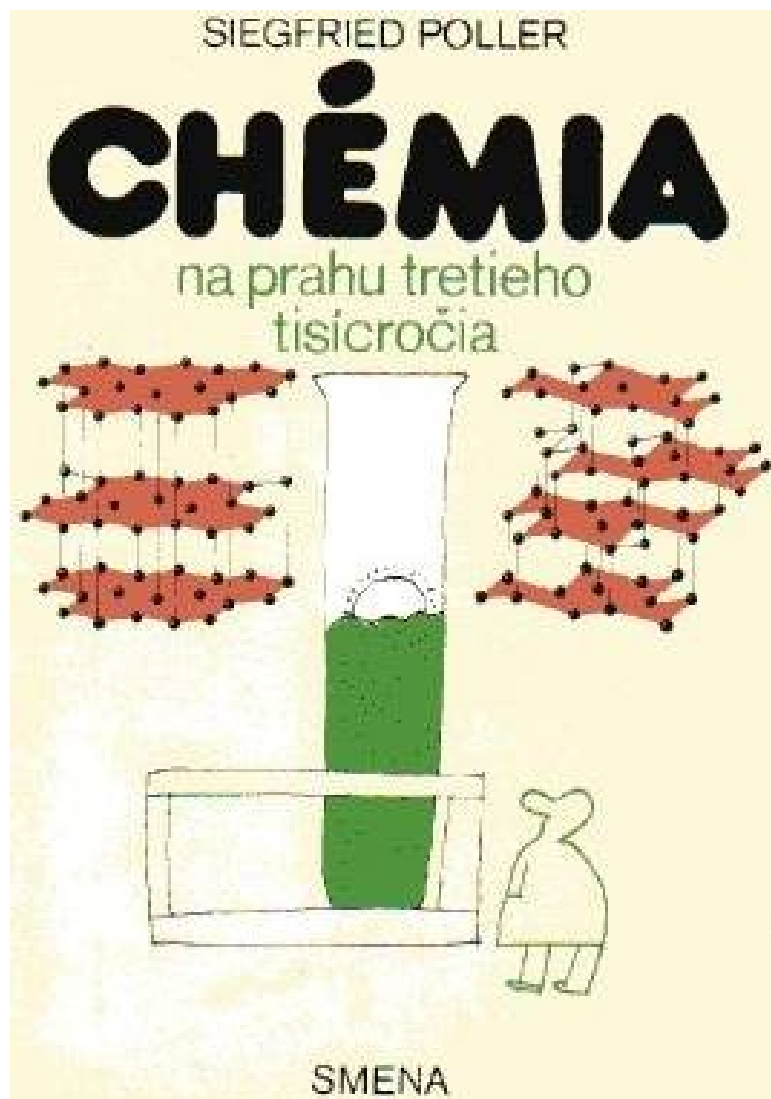


Umělecké ztvárnění Pýthie sedící na trojnožce; z pukliny pod ní stoupají výpary (**prý etylén**), které ji měly pomoci k viděním



# Co byl stav roku 1987?

PERSPEKTÍVY  
CHÉMIE  
MATERIÁLŮV



22.11.2010

Recyklace 9 2010

# Perspektivy chemie materiálov v roke 1987

Plasty dobývajú svet	/143
Na každý účel vhodný materiál	/144
Plasty v stavebníctve	/148
Vyššie, ďalej, rýchlejšie	/151
Budú autá z plastov?	/154
Čo bude s gumou?	/156
Odevy z retorty	/161
Ako dlho bude ešte drevo moderné?	/166
Papier budúcnosti — z čoho a na čo	/168
Sklo je starý materiál, ale má veľké perspektivy	/172
Iné kremičitanové a im podobné materiály	/181
Vysoká pec na konci 20. storočia	/185
Paleta materiálov sa stále rozširuje	/188
Boj proti korózii	/192
Čo sa čím nahrádza	/196

**O RECYKLACI ANI SLOVO V CELÉ KNIZE!**

# ČSN 64 0003 Plasty – Zhodnocení plastového odpadu – Názvosloví

Česky	anglicky
<p><b>Primární recyklace plastů, primární recyklování plastů</b> Proces, při němž se z plastového odpadu získává materiál či výrobek z tohoto materiálu, který má stejné nebo podobné vlastnosti jako materiál či výrobek původní</p>	<p><b>Primary recycling</b></p>
<p><b>Sekundární recyklace plastů, sekundární recyklování plastů</b> Proces, při němž se z plastového odpadu získává materiál či výrobek, jehož vlastnosti jsou značně odlišné od materiálu původního</p>	<p><b>Secondary recycling</b></p>

# ČSN 64 0003 Plasty – Zhodnocení plastového odpadu – Názvosloví

Česky	anglicky
<p><b>Průmyslový plastový odpad</b> Materiál známého složení pocházející z vnitropodnikových technologických operací, nezhodnocený používáním výrobku; může obsahovat plast jednoho druhu či typu nebo směs plastů</p>	<p><b>Industrial plastic waste, Industrial plastic scrap</b></p>
<p><b>Technologický plastový odpad</b> Materiál známého složení pocházející z technologické operace, nezhodnocený používáním výrobku; <u>obsahuje pouze plast jednoho druhu či typu</u></p>	<p><b>Industrial <u>single material</u> plastic scrap</b></p>

# Jak zhruba vypadala před rokem 1990 recyklace plastů a pryže I

**Nemysleme si, že se tehdy všechnen odpad vyhazoval  
na skládky:**

- **Primární recyklace plastů, primární recyklování plastů**
- **Technologický plastový odpad > zpět do technologie**
- **Průmyslový plastový odpad > nenáročné výrobky, např. ...**
- **Prodej do zahraničí, např. ataktika z polymerace PP > export jako aditivum do asfaltů**
- **Skládkování bylo ale rozhodně dosti rozšířené**



# Jak zhruba vypadala před rokem 1990 recyklace plastů a pryže II

- **JZD Slušovice**

- Uživatelský odpad (LDPE pytle od hnojiv)
- Technologický odpad (PP vlákna)
- Oboje skončilo nezdarem

- **Sběr HDPE lahví od motorových olejů**

- Uživatelský odpad
- Problémy recyklace, snahy o řešení (PIB, Kamaplast), příčiny nezdaru
- Možná technologická řešení v budoucnu ..

# Věštění versus předpovídání

- **Předpovídání počasí se studuje dokonce na MF fakultě Univerzity Karlovy, ale přesto často ne vychází. PROČ?**
- **Předpovídání ekonomického vývoje se také studuje vysokých školách a vychází ještě hůře! PROČ?**
- **Předpovídání vývoje vědy a techniky se nikde nestuduje (jako obor na vysoké škole) a vychází spíše lépe než hůře! PROČ?**
- **Kdy se vývoj vědy a techniky nedá předpovědět a proč?**
- **„Problémy a perspektivy“ – synonymum „Předpovídání vývoje „**

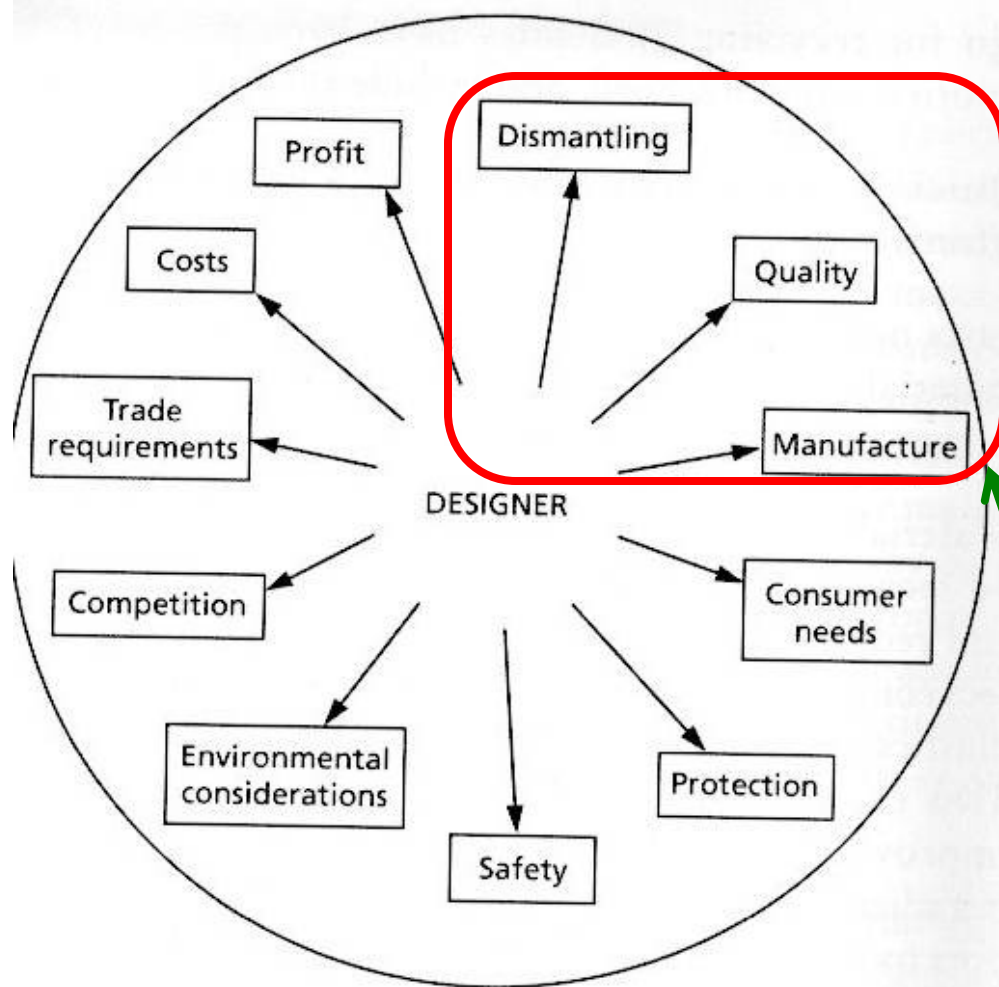
# Problémy a perspektivy má smysl probírat!

- **Revoluce versus evoluce** (*elektronka versus tranzistor*)
- **Co z toho lze předpovědět?**
- **Co lze předpovědět v oblasti recyklace plastů a pryže?**
  - **JEN EVOLUCI!**
    - **KAM SMĚŘUJE?**

# Co lze předpovědět v oblasti recyklace plastů a pryže?

- **LEGISLATIVNÍ VÝVOJ BUDE PATRNĚ HLAVNÍM ČINITELEM URČUJÍCÍM VÝVOJ V OBORU (označování, recyklační kvóty, atd.)**
- **Spor obchod (pohyb zboží) X snadná recyklace a vratné obaly – zatím vítězí obchod**
- **Postupné zlepšování postoje veřejnosti – na to bych já nevsadil!**

# Co ovlivňuje recyklovatelnost výrobku



Co z toho může nejvíce ovlivnit chemik či materiálový inženýr?

Figure 9.1 Design considerations for recycling

# Stav v Evropě před 10 lety

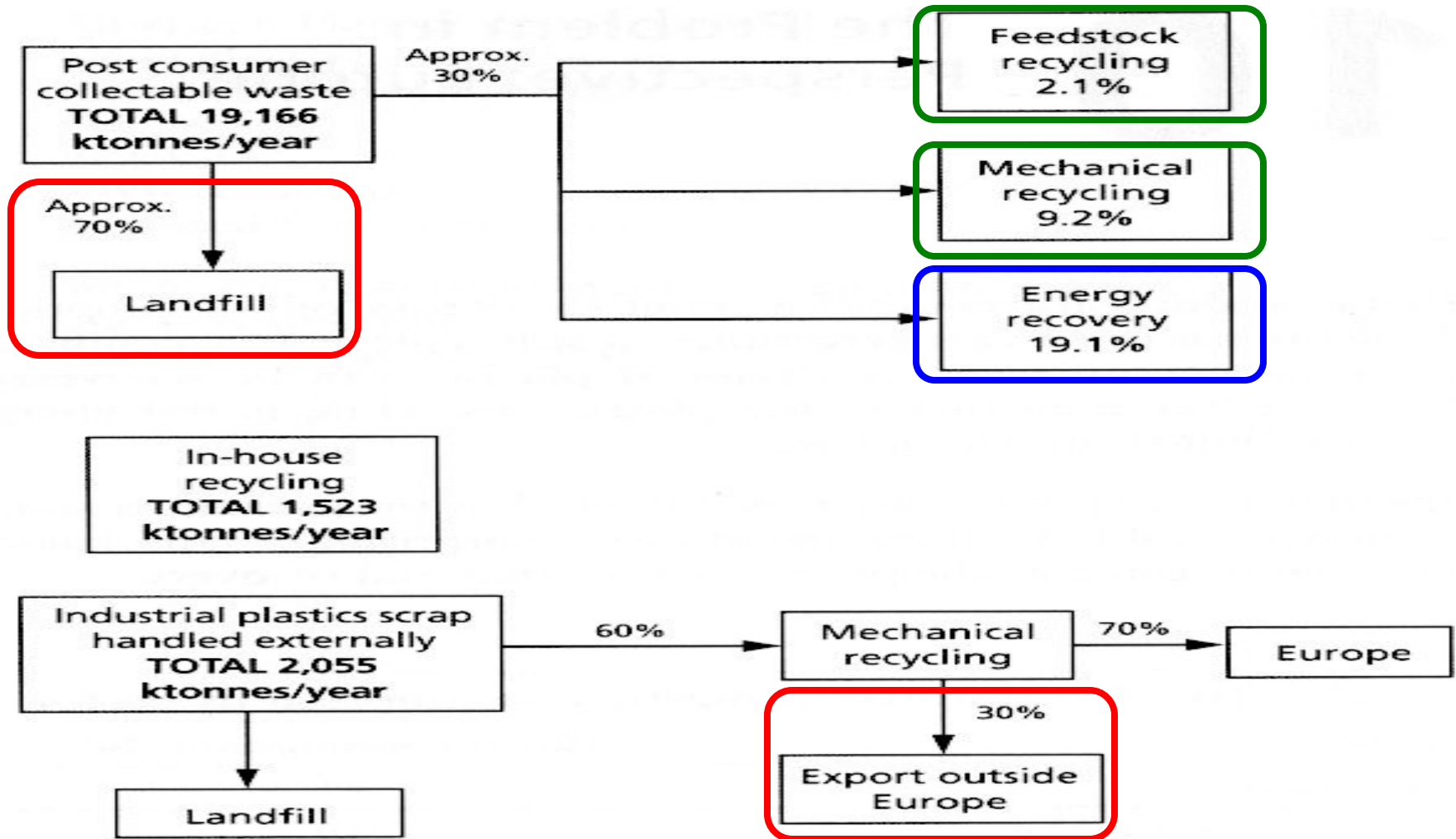


Figure 10.1 Plastic waste recovery routes in Europe in 1999.  
(Source: APME, 2001)

# LEGISLATIVNÍ VÝVOJ

- **Zatím situace vypadá tak, že právě LEGISLATIVA je rozhodující!**
  - **Tlak veřejnosti**
    - **ODBORNÁ STANOVISKA KVALIFIKOVANÝCH LIDÍ > TO MUSÍTE BÝT PŘÁVĚ VY!**
- **Lze očekávat sjednocování legislativy uvnitř EU, i když tomu tak zatím vždy není**

**Table 10.2 Difference in EU legislation/instruments for plastic packaging recycling in 1996 [3]**

Country	Materials	Objectives	Instruments
Belgium	Packaging waste	50% of packaging waste by 2001	'Cost-plus' system: collection of household waste financed by a fee.
Finland	All packaging waste	70%-85% of packaging waste recovered by 2001	Charges on non-refillable containers. Voluntary deposit-refund on plastic bottles. Shared producer responsibility.
Germany	Packaging	64% plastic recycling	Mandatory deposit/refund system. 'DSD' system responsible for collection and recovery of packaging.
Italy	Beverage containers, packaging waste	Recycling rate of 40% plastic, 15% plastic packaging waste recovery	Mandatory consortium. Raw material charge of 10% on virgin PE sold for film production. Waste disposal charges.

**Různé  
legislativní  
cesty v  
minulosti a  
výhledy  
(snahy) do  
budoucná  
HLAVNÍ  
SNAHA:  
OMEZIT  
MNOŽSTVÍ A  
ZVÝŠIT  
PODÍL  
RECYKLACE**



# Přehled použití plastů do různých oblastí

Table 10.1 Breakdown of plastic consumption by sector

Sector	Plastic consumption (%)
Packaging	41
Building/construction	19
Household	18
Electrical/electronics	8
Automotive	7
Other	7

Postupný průnik plastů do obalů začal u nás někdy v období 1955 - 1960

- **Co má největší naději na zvýšení podílu materiálové recyklace?**
- **Kde naopak dát přednost energetickému využití?**
- **Co se asi bude muset skládkovat i nadále?**

# Packaging and Packaging Waste Directive 94/62/EC (1 790 000 záznamů na Google)

- The recovery and recycling targets set by the original Directive for packaging waste were revised in 2004 by an amending Directive 2004/12/EC, increasing the recycling targets to be met by Member States by 2008 to:
  - **60% overall recovery of packaging waste; and**
  - **55% minimum and 80% maximum recycling of packaging waste.**
- The amending Directive set material specific recycling targets by weight, as follows: glass (60%), paper and board (60%), metals (50%), **plastics (22.5%)**, and wood.
- Next stages in the Directive
- **31 December 2007 – Official deadline set in the Directive for setting targets for the next 5 year period (2009-2014)\***
- **31 December 2008 - UK deadline for meeting targets set by amending Directive 2004/12/EC**
- **31 December 2011 - Derogation states deadline for meeting new targets (Portugal, Greece, Ireland)**
- **31 December 2012-15 - Extended deadline for new Member States to meet the Directives 2008 targets.**

# Waste Electrical and Electronic Equipment Directive (WEEE Directive) 2002/96/EU (248 000 záznamů na Google)

Directive 2002/96/EC on [waste electrical and electronic equipment \(WEEE\)](#) which, together with the [RoHS Directive](#) 2002/95/EC, became [European Law](#) in [February 2003](#), setting collection, [recycling](#) and recovery targets for all types of [electrical goods](#).

The directive imposes the responsibility for the disposal of waste electrical and electronic equipment on the manufacturers of such equipment. Those companies should establish an infrastructure for collecting WEEE, in such a way that "Users of electrical and electronic equipment from private households should have the possibility of returning WEEE at least free of charge". Also, the companies are compelled to use the collected waste in an ecologically-friendly manner, either by ecological disposal or by reuse/refurbishment of the collected WEEE.

# RoHS Directive 2002/95/EC

The **Directive on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment** 2002/95/EC ( [listen](#) ([help](#)·[info](#))); commonly referred to as the **Restriction of Hazardous Substances Directive** or **RoHS**) was adopted in February 2003 by the [European Union](#).<sup>[1]</sup> The RoHS [directive](#) took effect on 1 July 2006, and is required to be enforced and become law in each member state. This directive restricts the use of six hazardous materials in the manufacture of various types of electronic and electrical equipment. It is closely linked with the [Waste Electrical and Electronic Equipment Directive](#) (WEEE) 2002/96/EC which sets collection, recycling and recovery targets for electrical goods and is part of a legislative initiative to solve the problem of huge amounts of toxic [e-waste](#).

- **RoHS** is often referred to as the lead-free directive, but it restricts the use of the following six substances:
- [Lead](#) (Pb)
- [Mercury](#) (Hg)
- [Cadmium](#) (Cd)
- [Hexavalent chromium](#) (Cr<sup>6+</sup>)
- [Polybrominated biphenyls](#) (PBB)
- [Polybrominated diphenyl ether](#) (PBDE)
- PBB and PBDE are flame retardants used in several plastics.
- The maximum permitted concentrations are 0.1% or 1000 [ppm](#) (except for cadmium, which is limited to 0.01% or 100 ppm) by weight of *homogeneous material*. This means that the limits do not apply to the weight of the finished product, or even to a component, but to any single substance that could (theoretically) be separated mechanically—for example, the sheath on a cable or the tinning on a component lead.

# WEEE a plasty

Table 10.3 Composition of WEEE waste stream

Material	% wt
Metal: ferrous	49
Metal: non-ferrous	7
Plastic	22
Glass	5
Others	13

**PROBLÉMY:**  
**Mnoho**  
**druhů plastů**  
**Často**  
**drobné díly**  
**Zástřiky**  
**kovů**

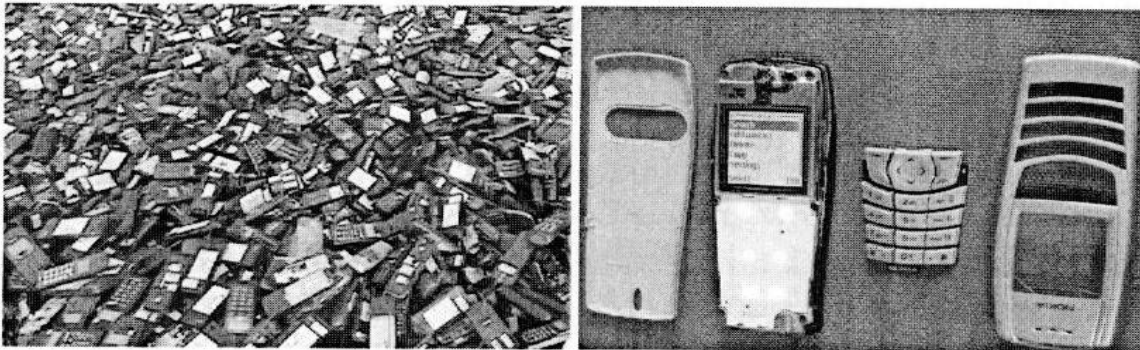


Figure 10.2 Waste Mobile phone mountain (left), mobile phone pieces (right) (Source: N. Goodship)

# **End of Life Vehicles (ELV) Directive (2000/53/EC)**

**Directive 2000/53/EC is meant to minimize the impact of the end of life of vehicles on environment by restricting the use of certain heavy metals in new vehicles from 1 July 2003. The objective is to ensure that 85% of an end of life vehicle by weight will be recycled by the year 2006, increasing to 95% by the year 2015 with additional de-pollution tasks being progressively introduced.**

- prohibits the use of lead, mercury, cadmium and hexavalent chromium. These heavy metals should only be used in certain applications according to a list which will be regularly reviewed. This will help to ensure that certain materials and components do not become shredder residues, and are not incinerated or disposed of in landfills.**
- introduces a “certificate of destruction” for scrapped vehicles;**
-

# **End of Life Vehicles (ELV) Directive (2000/53/EC)**

- **requires producers to mark certain vehicle components to aid recycling;**
- **requires producers to make available dismantling information in respect of new vehicles;**
- **states that producers must provide free take back for vehicles put on the market from 1 July 2002, if such vehicles have a negative value when scrapped;**
- **requires that ELVs can only be scrapped ('treated') by authorised treatment facilities, which must meet tightened environmental standards.**
- **The annexe II of the EC Directive 2000/53/EC is amended by the Decision 2002/525/EC, which specifies that the use of Cr(VI) is forbidden except for corrosion preventing of key components not exceeding a maximum of 2 g of Cr(VI) per vehicle.**

# Kde získat skutečně poslední informace o plastech – výroba, spotřeba, recyklace?

- **The Compelling Facts About Plastics 2009”**
- **An analysis of European plastics production,  
demand and recovery for 2008  
Published September 2009**

**PlasticsEurope**

**Association of Plastics Manufactures**

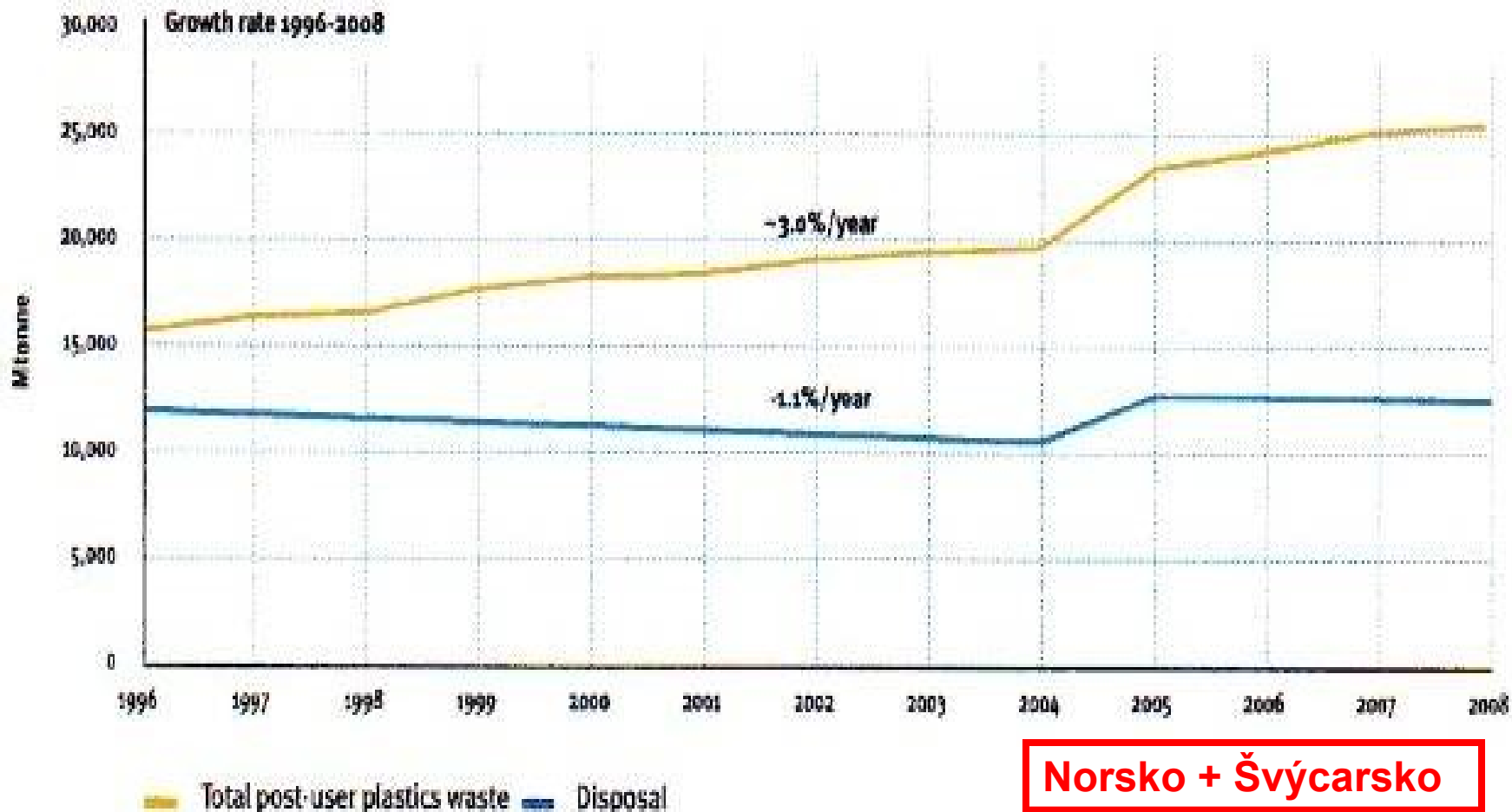
**[www.plasticseurope.org](http://www.plasticseurope.org)**

**Dříve: [www.apme.org](http://www.apme.org) (adresa už není aktivní)**

**[www.plastics2020challenge.com](http://www.plastics2020challenge.com) > výhled do roku 2020**



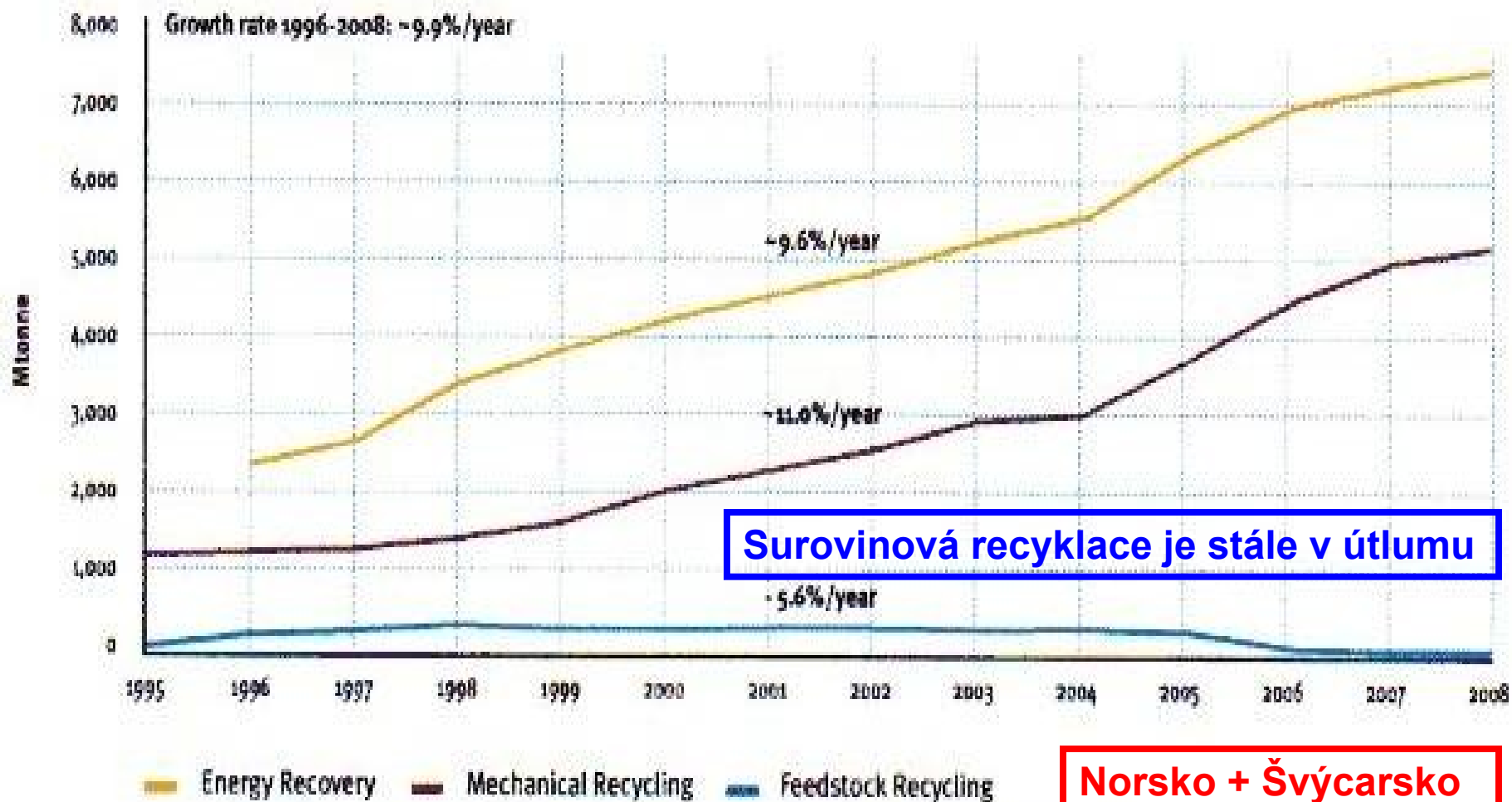
Figure 11. Continued decoupling of plastics waste and landfill



**Norsko + Švýcarsko**

The figure shows the history for EU15+NO/CH until 2004 and for EU27+NO/CH from 2005 onwards.

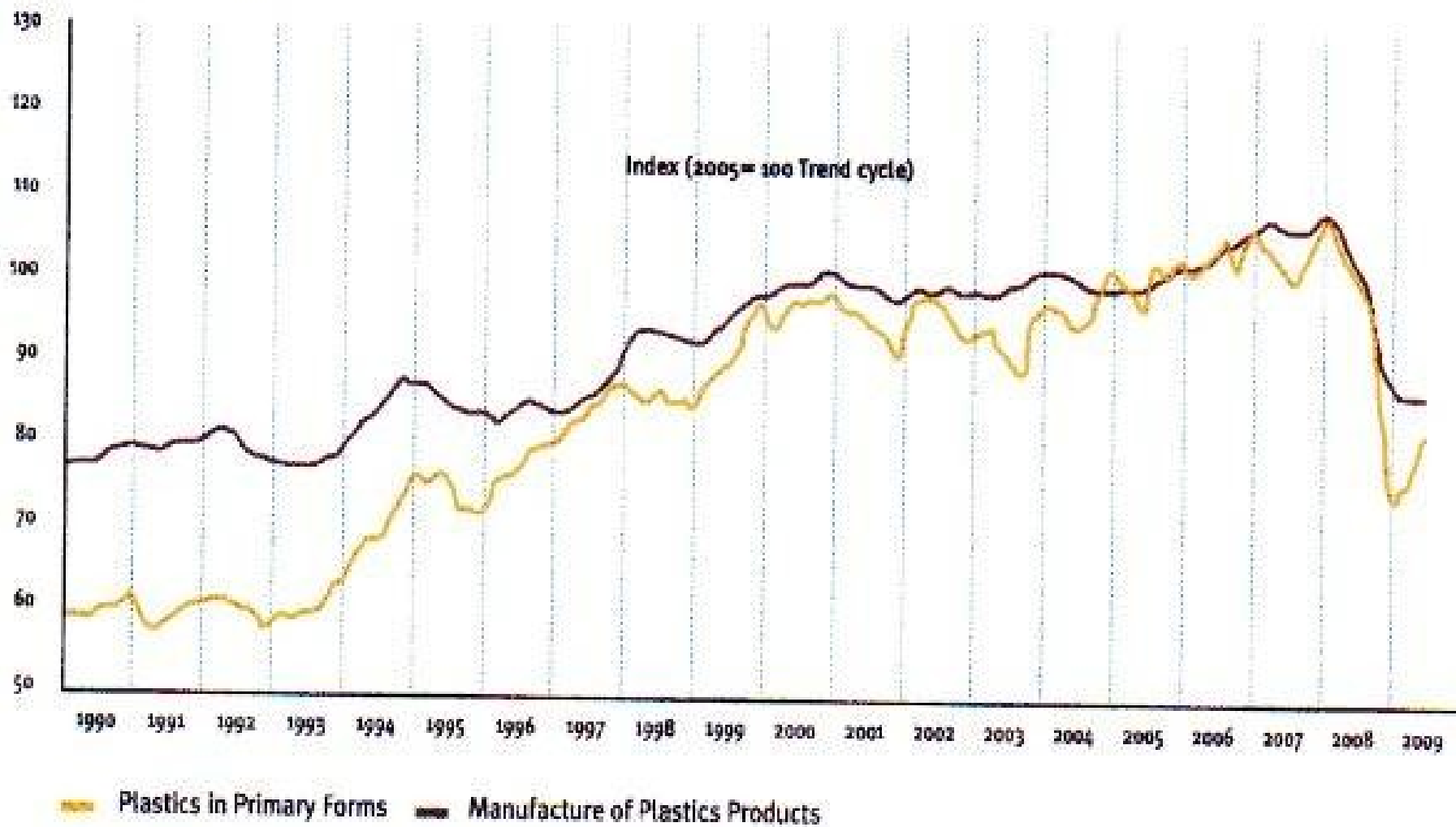
Figure 12. Strong continued growth of recycling and energy recovery



The figure shows the history for EU15+NO/CH until 2004 and for EU27+NO/CH from 2005 onwards.

Figure 15. Plastics industry production in EU27

Source: Eurostat/PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG)



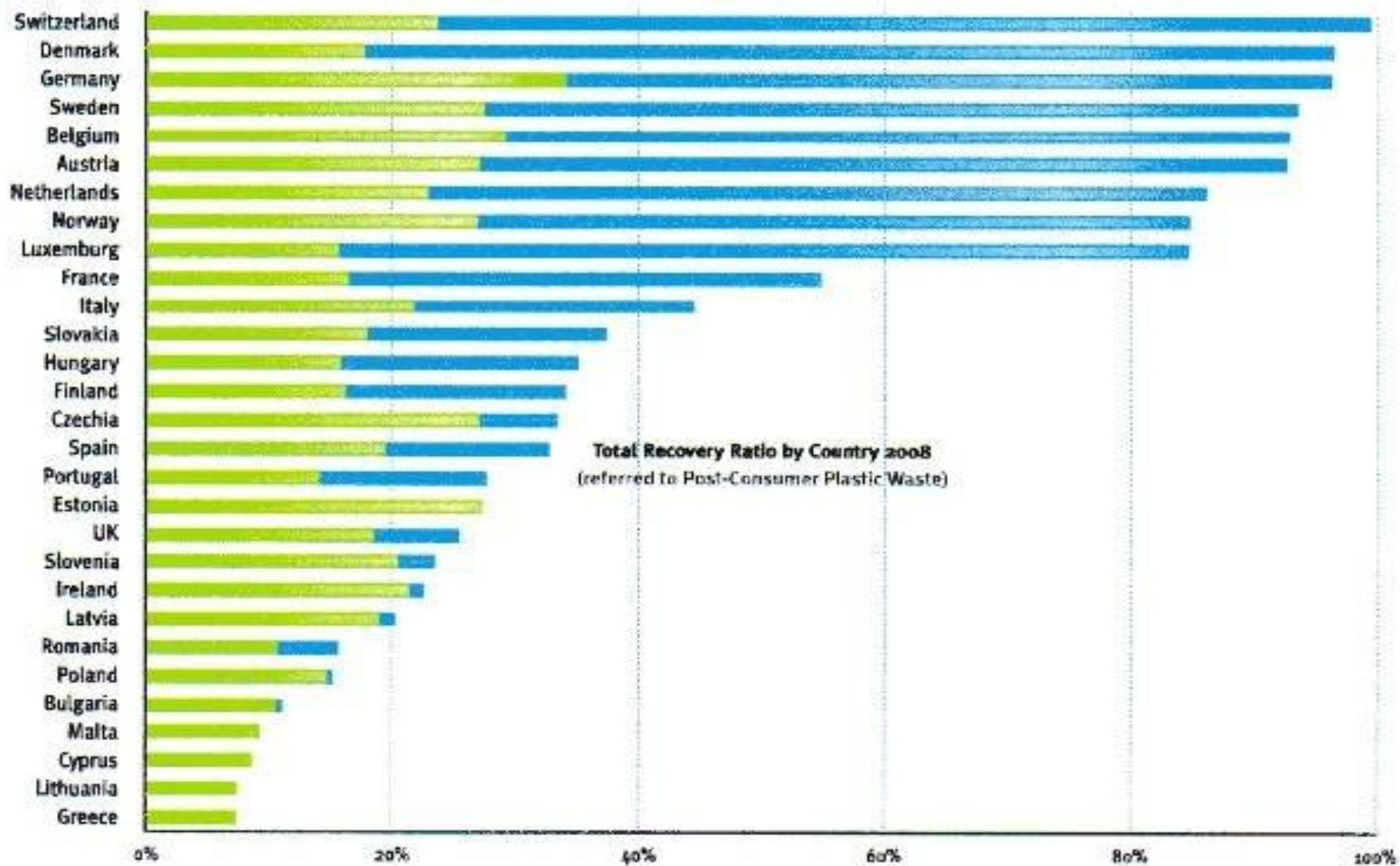


Figure 13. Recycling and energy recovery rate per country

■ Recycling rate 2008   
 ■ Energy Recovery rate 2008

1 <http://www.prognos.com/Singleview.306+M5c828d79ff6.o.html>

# Jak to odhaduji já?

- Rozhodující bude legislativní tlak, patrně na úrovni EU > minimalizovat skládkování
- Surovinová recyklace bude dále v útlumu
- Energetická recyklace poroste a nahradí skládkování
- Materiálová recyklace poroste

# Energetická recyklace

- **Bude dominovat u pryží**
- **Bude dominovat u termosetů**
- **Bude cca. polovinou v recyklaci obalů**
  - PETP
  - HDPE
  - LDPE
- **Druhá polovina termoplastů, hlavně styrenové plasty z obalů a vícevrstvé obaly > energetická recyklace**

# Surovinová recyklace

- **Přírodní zdroje uhlovodíků stále nejsou dost drahé, aby tato cesta byla ekonomicky soběstačná, tj. provozovatelná bez dotací**
- **Pokud se neobjeví nové postupy dělení výsledných surovin, budou problémy trvat**
- **Zbytky po rozkladu asi budou spalovány jako nebezpečný odpad a popel solidifikován a skládkován**

# Materiálová recyklace

- **Nyní v krizi následkem dumpingových cen prvotních plastů (PE, PP)**
- **Bude se rozvíjet recyklace PETP, ale budou zde problémy s novými kopolymery, např. PETP**
- **Výrazný růst zaznamená recyklace výpočetní a kopírovací techniky**
- **Výrazný růst zaznamená recyklace domácích spotřebičů**



# Ambiciózní mladý chemik a RECYKLACE polymerního odpadu

- Analýza vstupů a výstupů jednotky
- Kinetika a katalýza procesů
- Čištění produktů
- Procesy likvidace zbytků po recyklaci (plasma?)
- *Procesy a aparáty – spíše věc pro strojaře a chemické inženýry*