



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

# ZBRINJAVANJE POLIMERNOG OTPADA

***Studij:* EKOINŽENJERSTVO**

Predmetni nastavnik:

**Dr. sc. Zlata Hrnjak – Murgić, red. prof.**  
**[zhrnjak@fkit.hr](mailto:zhrnjak@fkit.hr)**

## ■ PLAN IZVOĐENJA NASTAVE

Kolegij se sastoji od

- predavanja
- seminara

Polaganje ispita:

- pismeni ispit

# LITERATURA

- O. P. Springer, Ed., *Ekološki leksikon*, Barbat, Zagreb, 2001.
- N. L. Nemerow, *Waste Treatment, in: Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, H.F. Mark, N.M. Bikales, C. G. Overberger, G. Menges, J.Wiley, N. Y. 1986, **17**, 699.
- Z. Milanović, S. Radović, V. Vučić, *Otpad nije smeće*, Gospodarstvo i okoliš, Zagreb, 2002.
- M. Šercer, D. Opsenica, G. Barić, *Oporaba plastike i gume*,  
■ Mtg topgraf d.o.o, Zagreb, 2000.
- J.D.Hamilton, R.Sutcliffe, *Ecological Assessment Polymers: Strategies for Products Stewardship and Regulatory Programs*,  
■ J.Wiley & Sons, New York, 1996.

- J.Scheirs, *Polymer Recycling: Science, Technology and Applications*, J.Wiley & Sons, Brisbane, 1998
- H.Alter, *Disposal and Reuse of Plastics*, in Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, H.F.Mark, N.M.Bikales, C.G.Overberger i G.Menges, , J.Wiley & Sons, New York, 1986, 5, p 103.
- A. L. Andrady, «*Plastics and the Enviroment*», J.Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2003.
- A. Azapagic, A. Emsley, I. Hamerton ”*Polymers, the Enviromental and Sustanible Development*” J. Wiley & Sons, N.Y. 2003.
- P. Sutanto, F. Picchioni, L.P.B. Janssen, K.A.J. Dierkes, J.W.M. Noordermeer, *Intern. Polym. Process.* 2 (2006) 211.

# Sveučilišni priručnik - skripta

“Gospodarenje polimernim otpadom”,

Zlata Hrnjak-Murgić,

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu,

ISBN: 978-953-6470-74-7, Zagreb 2016.

## SADRŽAJ

- 1. UVOD
- 2. ZAŠTITA OKOLIŠA
- 3. CJELOVIT SUSTAV GOSP. OKOLIŠEM
- 4. NAČELA ZAŠT. OKOLIŠA

- 5. UVOD U POLIM. KEM.
- 6. POLIMERNI OTPAD
- 7. GOSPODARENJE P. O.
- 8. RECIKILRANJE

# UVOD U POLIMERNU KEMIJU

- **PRIMJENA POLIMERA**
- **SINTETSKI POLIMERI**
  - SINTEZA POLIMERA
    - 5.2.1. Adicijska polimerizacija
    - 5.2.2. Kondenzacijska polimerizacija
  - MOLEKULSKE MASE
  - NOMENKLATURA POLIMERA
  - OSNOVNA OBILJEŽJA POLIMERA
  - PRERADA POLIMERA
- **POLIMERNE MJEŠAVINE**

# Izvori nastajanja polimernog otpada

## Primjena polimera u svakodnevnom životu

### ODJEĆA

Odjeća izrađena je od **prirodnih ili sintetskih polimera**, koji su prerađeni u vlakna.

**Prirodna vlakna:** celulozna (pamuk), svila, vuna.

**Sintetska vlakna:** najlon, poliesterska, poliamidna, polietilenska, polipropilenska.



# OBUĆA

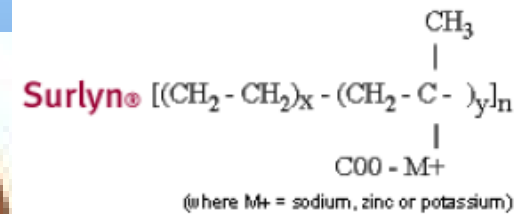
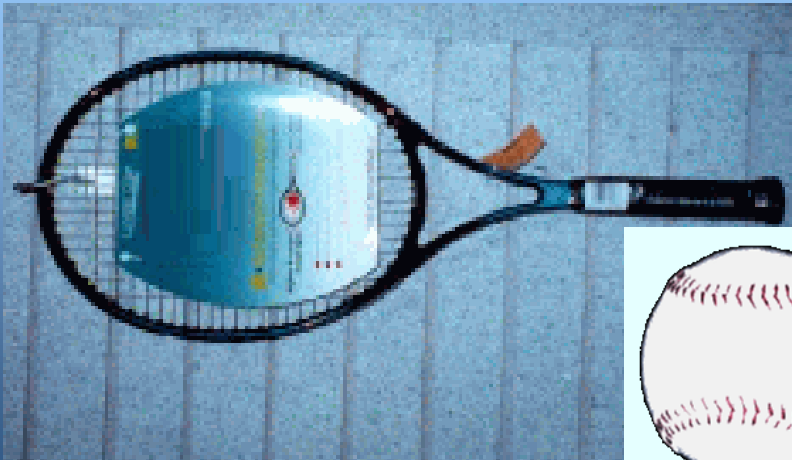
- Sva prikazana obuća izrađena je od neke vrste **polimera**
- Cipele su izrađene od **kože** - prirodni polimer
- Tenisice su izrađene od **kože, najlona, poliesteru, gume (SBS, stiren-butadien-stiren)**, a često su đonovi izrađeni od **poliizoprenske ili prirodne gume te poliuretana**.





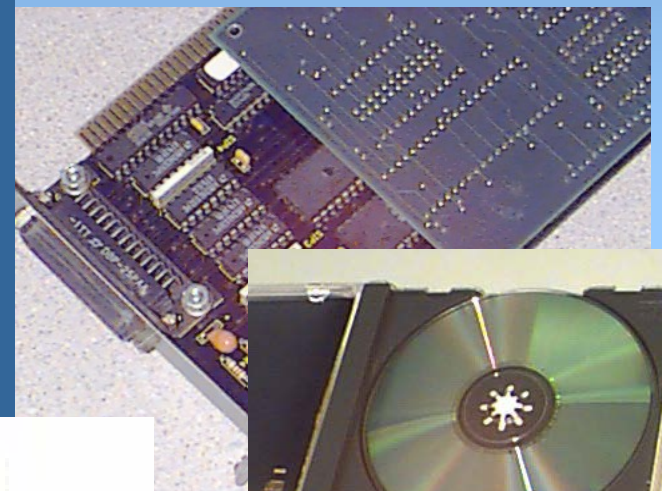
# SPORTSKA OPREMA

- Teniska loptica – sastoji se od nekoliko vrsta polimera - vanjski sloj koža, šavovi od pamuka, a u unutrašnjosti se nalazi pamuk i prirodna guma
- Košarkaška lopta - izvana je izrađena od kože ili gume,, unutrašnjost je izrađena od izobutilenske ili butilne gume .
- Vanjski sloj loptice za golf izrađen je od surlyn, to je materijal ionomera termoplastične smole na bazi etilena /metakrilne kiseline.
- Teniski reket – okvir i drška su izrađeni od polikarbonata, a žice su od najlona.



# DIGITALNA ELEKTRONIKA

- izolatori
- Vanjska kutija CD *plejera* izrađena je od plastike, npr. **polistirena** dok je unutrašnji dio izrađen od **epoksi smola**, kao što je to slučaj i kod *kompjutora*.
- CD disk je izrađen iz **polikarbonata**
- Telefon od **stiren-akrilonitrila**
- Kabeli se izrađuju se od **polietilena** i **poliisoprena**, poli(viniliden klorida).



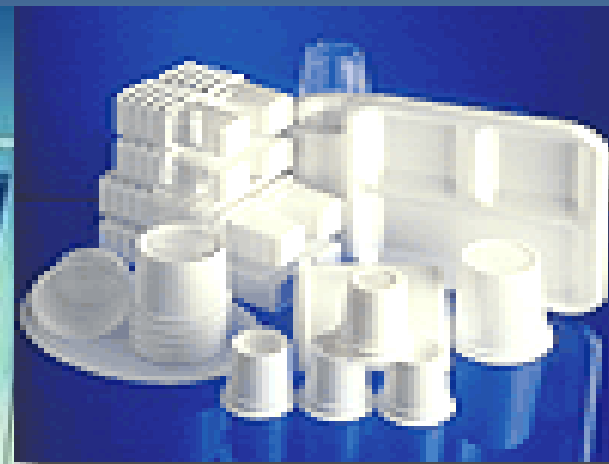
# AMBALAŽA ZA HRANU I POSUDE U KUĆANSTVU

Zdravstvena ispravnost

Hrana se često pakira u plitice izrađene od ekspanirajućeg **polistirena** (PS), poznatog pod nazivom *stiropor*.

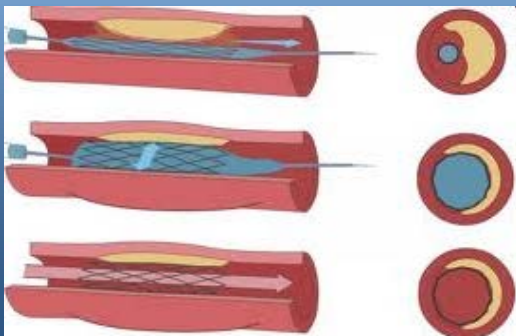
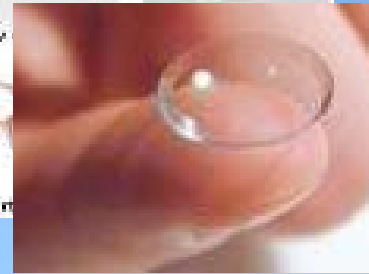
Pribor za jelo je od **PS** kao i čaše za jogurt

**Polietilenske** (PE) folije, **PET** i **PE** boce. Posudice za margarin **polipropilena** (PP), podloga za u bombonjeri je iz **PET-a**, kao i čaše za sladoled.

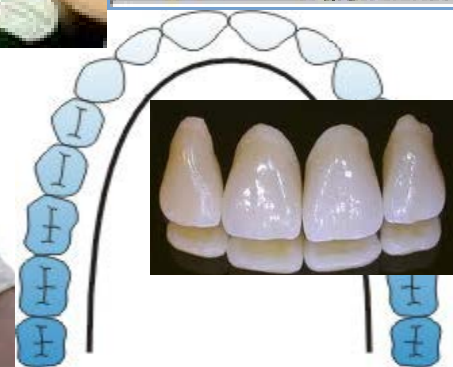


# MEDICINA

- **Kontaktne leće**, zatim **vene**, kao i **kosti** izrađuju se od polimera -**BIOKOMPATIBILNI**
- **Umjetni kukovi** izrađuju se od **HDPE** ili danas sve više u kombinaciji s anorganskim materijalima.
- **Umjetni zubi i zubne plombe (akrilati)** kao i **kapsule lijekova** također su izrađene od polimera.
- **Naočale** se uglavnom izrađuju od specijalnih vrsta **polikarbonata**, **kontaktne leće** izrađuju od hidrogela (hidroksietil metakrilata, pHEMA) silikonskog hidrogela od polidimetilsiloksana.
- **Kateteri** od **silikona**



ugradnja umjetne aortalne valvule putem katetera kroz žilu u preponi



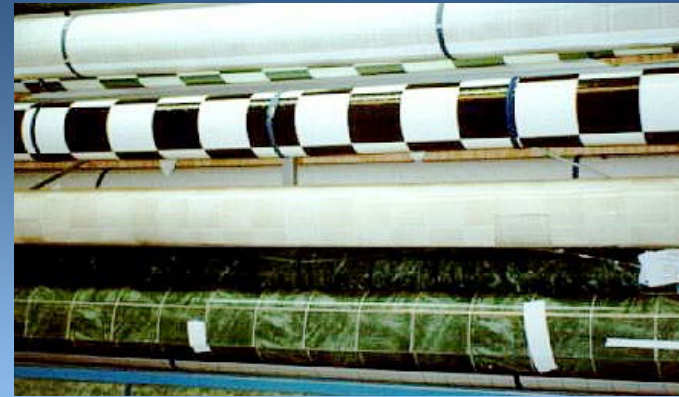
# KOZMETIKA

- **Di**lake četkice za zube izrađene su od **najlona**, a drška od **polietilena**.
- Različite **bočice** za šampone i drugu kozmetiku izrađuju se od polietilena visoke gustoće (**HDPE**).
- Šamponi sadrže **hidroksi etil celulozu**, kao emulgator .



# GRAĐEVINSKI MATERIJALI

- Tepisi za kućanstvo izrađuju se od **najlona**, a mogu se obraditi s **poli(tetraflor- etilenom)** čime postaju otporni na mrlje.
- Tepisi se danas proizvode i od **polipropilena**, naročito oni za vanjsku upotrebu.
- Linoleum je vrsta tepiha pogodna za primjenu u kuhinjama i kupaonicama, a izrađuju se od **poli(vinil-klorida) (PVC)**.
- Kanalizacijske cijevi se izrađuju od **PP, PVC i HDPE**
- Termoizolacija fasada – **stiropor**.



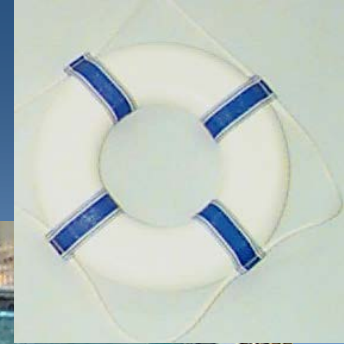
# BAZENI i OPREMA ZA VODU

Bazeni su se izrađivali iz betona i onda oblagali nepropusnim materijalima dok danas se oblažu **blokovicim a stirena** ili se čak direktno na iskopanu zemlju polaže deblja **folija** izrađena od **PVC**.

Površina kade u sauni presvučena je **poli(metil-metakrilatom)**.

- Kolut za *spašavanje* izrađen je od **PS**, a uža na njemu od najlona.

Polimeri i gume, općenito, nepropusni za vodu i vlagu.



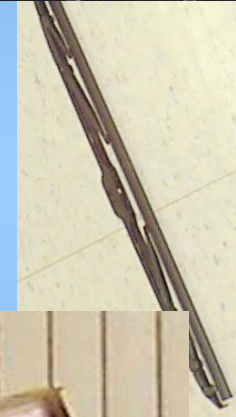
# DIJELOVI ZA AUTOMOBILE I AVIONE

- Polimeri - u proizvodnji automobila, a naročito aviona i raketa Prednosti polimernih materijala - imaju dobra svojstva, (kvalitetni su), lagani, relativno jeftini.
- Masa automobila od početne je smanjena za 1/3 što značajno pridonosi smanjenju potrošnje goriva.

Da bi ukupna masa automobila bila što manja mogao bi se koristiti npr. aluminij, ali je on skup i za određene primjene nedovoljno tvrd.

Zatim, određeni polimeri iznimno dobro podnose niske temperature (-50), a da pritom ne postanu kruti i lomljivi.

U kombinaciji s drugim materijalima stvaraju kompozite što im omogućuje postizanje iznimne tvrdoće i primjenu u širokom temperaturnom području.



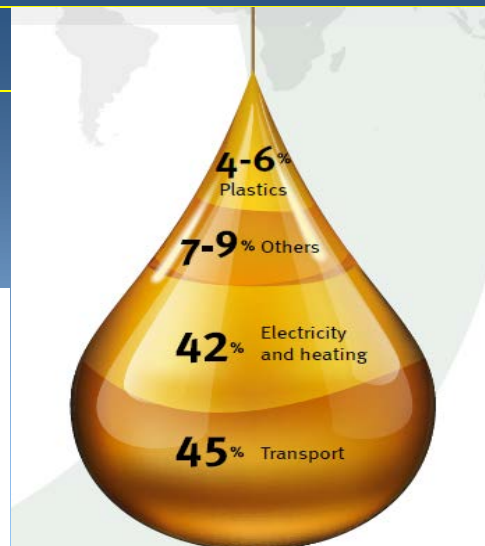


# PREGLED TIJEKA DOBIVANAJ POLIMERNIH MATERIJALA

OSNOVNI IZVORI	MONOMERI Prerada nafte	POLIMERI SINTEZA	KRAJNI PROIZVOD	POSTUPCI PRERADE
NAFTA	PROPILEN	PP	PLASTIKA	EKSTRUZIJA PREŠANJE
	ETILEN	PE	GUMA/ KAUČUK	KALANDIRANJE PREŠANJE
PRIRODNI FLIN	STIREN	PS	VLAKNA	PREĐA VLAKNA
KLOR	VINIL KLORID	PVC	LJEPILA, BOJE I PREMAZI	PREVLAČENJE
DUŠIK FLOR	CIKLOHEKSAN	PA	CELULARNI MATERIJALI	EKSPANDIRANJE PJENJENJE



## Za dobivanje POLIMERA troši se 4-6 % NAFTE



Potrošački ugljikov trag (CO2 ekv) (Rujnić-Sokele M., 2011)  
s obzirom na potrošnju nafte

# POLIMERNI MATERIJALI

- PLASTIKA, GUMA, BOJE I LAKOVI, LJEPILA, VLAKNA,  
CELULARNI materijali (spužve, ekspanzirani PS)

## Nedostatak polimera

- neobnovljiv izvor sirovine
- nisu biološki razgradljivi

## Prednost polimera

- polimeri su izvor energije,
- mogu se reciklirati

Napredak suvremenih **tehnologija direktno** snažno je povezan sa razvojem **novih materijal**.

Tako su u povijesti periodi razvoja društva nazvani po materijalima:

**-kamenno doba, brončano doba, željezno doba.**

Najvažniji materijali **modernog doba** su:

**- plastika, keramika i čelik.**

# ŽIVOTNI CIKLUS PLASTIČNIH MATERIJALA

Plastični materijali na kraju životnog ciklusa i dalje predstavljaju vrijednu sirovinu koja se može pretvoriti u

- materijal
- energiju



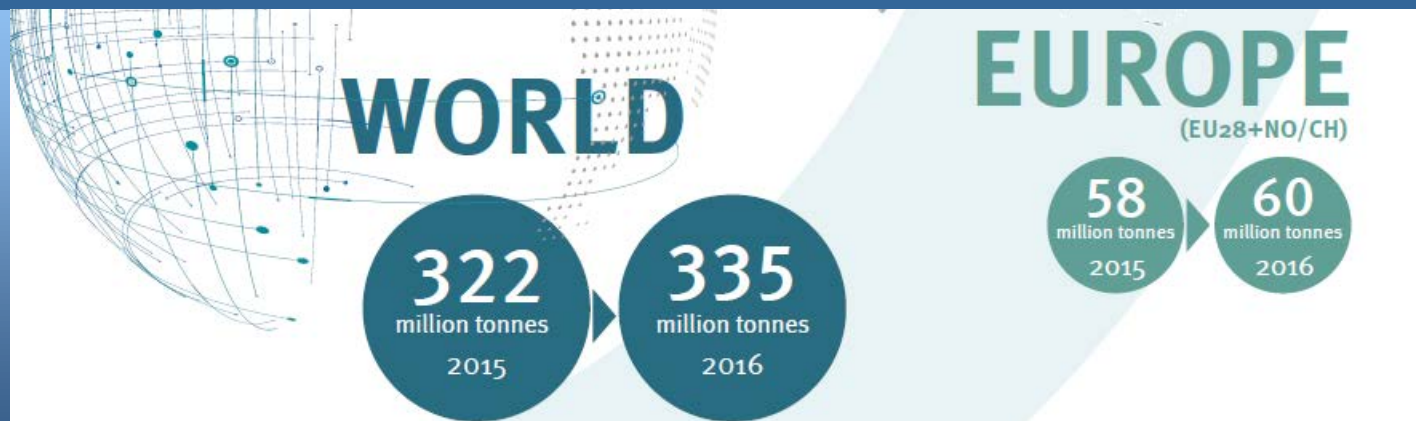
Izvor. Plastics Europe, udruženje proizvođača plastike u Europi, 2016.

# EKONOMSKI UČINCI PROIZVODNJE PLASTIČNIH MATERIJALA U EU28

Industrija plastičnih materijala uključuje: proizvodnju polimera, preradu, recikliranje, proizvodnja strojeva.

- Zapošljavanje - više od 1.5. milion radnih mjesta
- Tvrtke - 60. 000
- Obrt novca - 350 milijardi eura (2016.)
- trgovinska bilanca - 15 milijardi eura

## ▪ PROIZVODNJA PLASTIKE

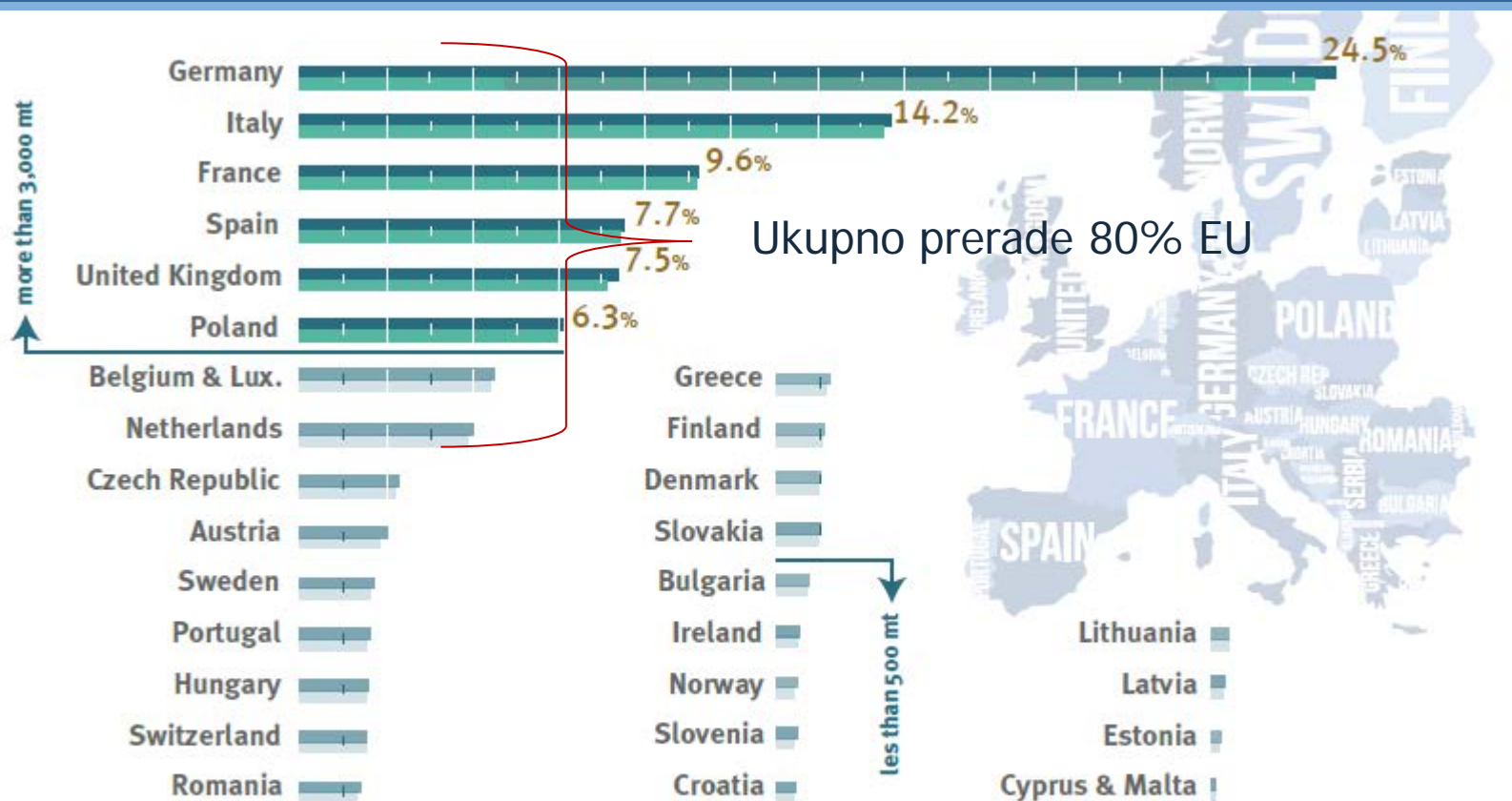


# PROIZVODNJA PLASTIČNIH POLIMERNIH MATERIJALA (2016.)



# PRERADA PLASTIČNIH POLIMERNIH MATERIJALA PO DRŽAVAMA (2016.)

Preradi se cc 50 miliona tona plastičnih materijala: uključeni su termoplasti, termoseti, ljepila, boje i lakovi, nisu uključena sintetska vlakna



49.9  
m t

The six larger European countries and the Benelux cover almost 80% of the European demand in 2016

2016  
2015

# PRERADA PLASTIČNIH POLIMERNIH MATERIJALA po gospodarskim granama (2016.)

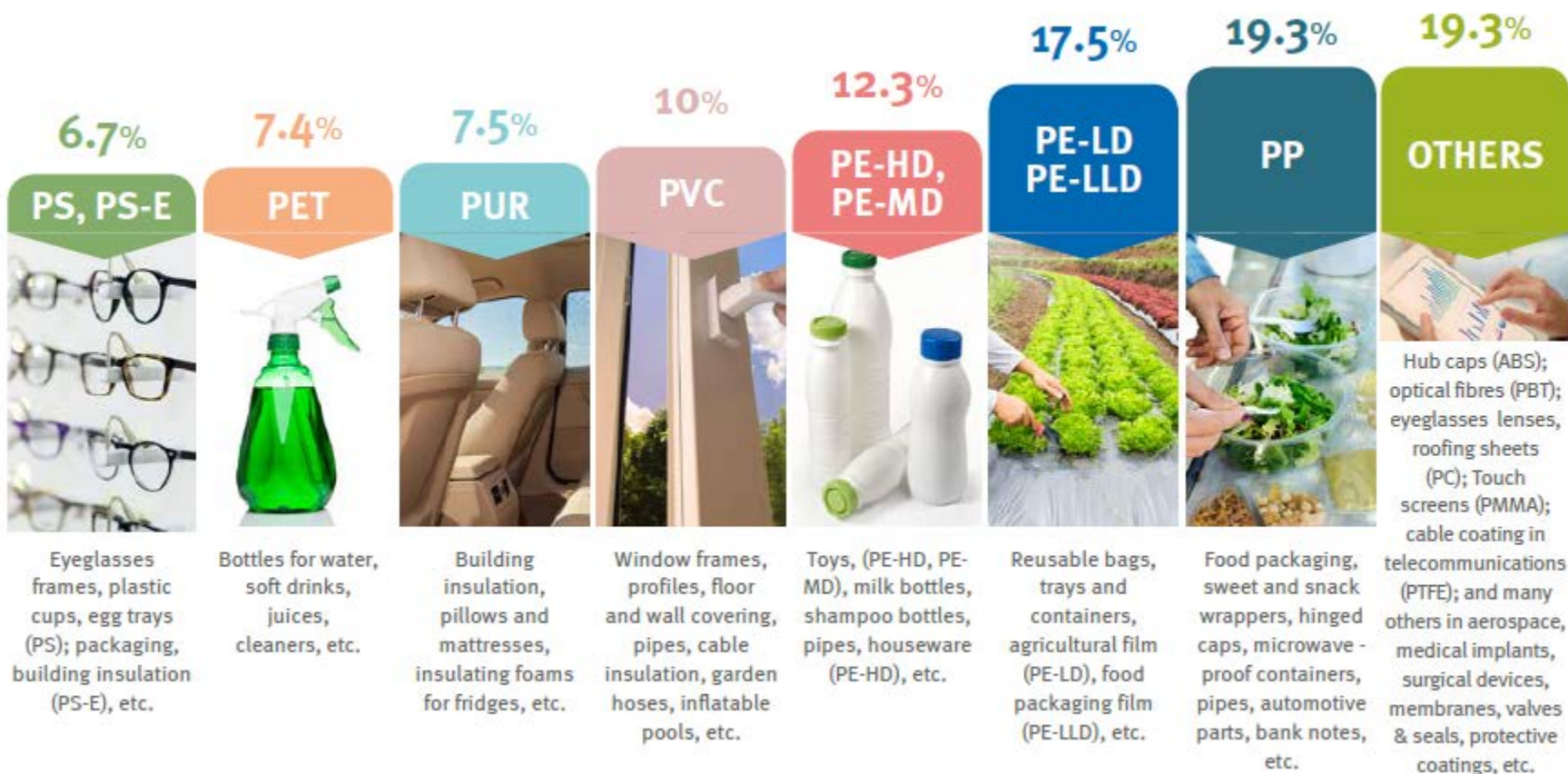
49.9  
mt





# PRERADA PLASTIČNIH POLIMERNIH MATERIJALA po VRSTI POLIMERA (2016.)

49.9  
mt



# PRERADA PLASTIČNIH POLIMERNIH MATERIJALA po gospodarskim granama i po vrstama polimer (2016.)

Ambalažni materijali, građevinarstvo I automobilska industrija  
upotrijebe i do cca 70 % svih polimernih materijala

