

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

ZBRINJAVANJE POLIMERNOG OTPADA

Porastom primjene polimernih materijala porasle su i količine polimernog otpada, a time i problem njegovog zbrinjavanja.

Neodgovorno odbačena plastika/gume/odjeća, ... vidljivo i dugotrajno onečišćuje okoliš.

Odgovorno zbrinjavanje polimernog otpada - je neophodno provesti, a podrazumijeva njegovo recikliranje, **donosi ekonomsku dobit i štiti okoliš od onečišćenja.**

Napredne tehnologije zbrinjavanja otpada omogućuju različito recikliranje polimernih materijala ovisno o svojstvima:

- **materijalni** - iskorištenje materijala/ tvari
- **biološki** – uključivanje u kružni tok u prirodi (biorazgradnja),
- **energetski** – iskorištenjem energije

Zbrinjavanje se provodi u funkciji smanjenja:

- a) količine otpada koju se mora odložiti**
- b) smanjenje upotrebe prirodnih resursa**
- c) zaštita okoliša (*niži pritisak na okoliš*)**
- d) pokretanje novih gospodarskih aktivnosti.**

Ciljevi oporavka i recikliranja

■ 2008 ciljevi EU

- Oporavak spaljivanjem u spalionicama otpada uz energetske oporabu, min. 60%

- Recikliranje: 55-80%

- staklo 60%
- papir i karton 60%
- metal 50%
- **plastika** 22.5% (Direktiva 2014, 0% plastike na odlagališta)
- drvo 15%

■ OKVIRNI CILJ:

- **RECIKLIRANJE AMBALAŽNOG OTPADA:**

- 55 % do 2008
- 80% do 2015

- od toga reciklirano **60% mase svakog ambalažnog materijala** sadržanog u ambalažnom otpadu osim drva

Ciljevi oporavka i recikliranja plastike

■ 2020 ciljevi EU

- 0% plastike na odlagališta
- Reciklirati materijalno ili energetske oporaviti

■ 2013. EU

- proizvedeno cca 57 M tona plastike / godini
- nastaje **25 Mt** plastičnog otpada / godini
- 6,6 Mt se reciklira - 26,3%
- 8,9 Mt energetske se oporavi - 35,6 %
- 9,6 Mt na odlagališta - 38,1,8

■ 2016.

- proizvedeno cca 60 M tona plastike / godini
- nastaje 27,1 Mt
- reciklira - 31,1%
- energetske se oporavi - 41,6 %
- odlagališta - 27,3 %

Ciljevi oporavka i recikliranja

HR ciljevi

Planom gospodarenja otpadom RH za 2017. - 2022.
(„Narodne novine“; broj: 3/2017)

ciljevi su isti kao i u EU:

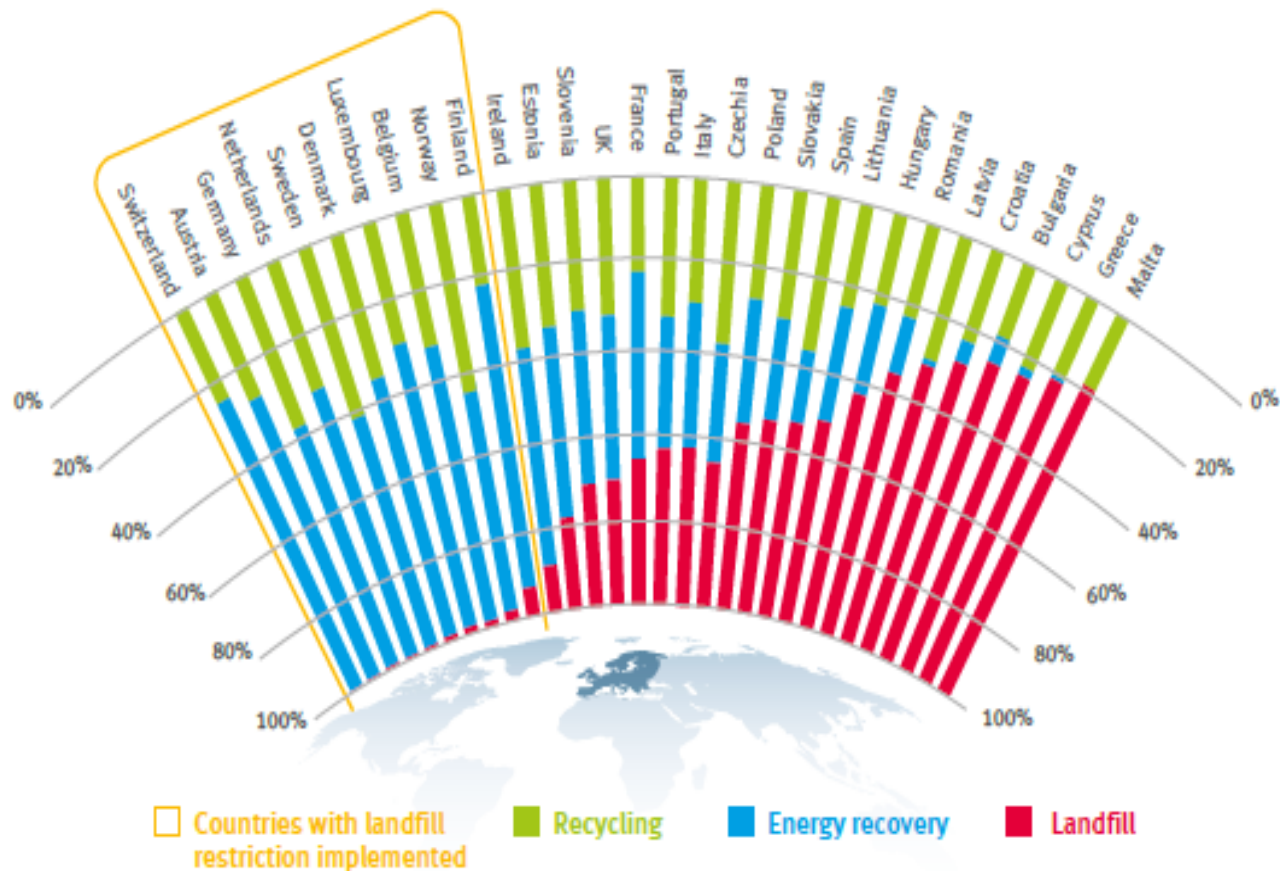
minimalno recikliranje **ambalažnih** materijala iz otpada:

- 60% stakla,
- 60% papira i kartona,
- 50% metala,
- **22,5% plastike** i
- 15% drvo.

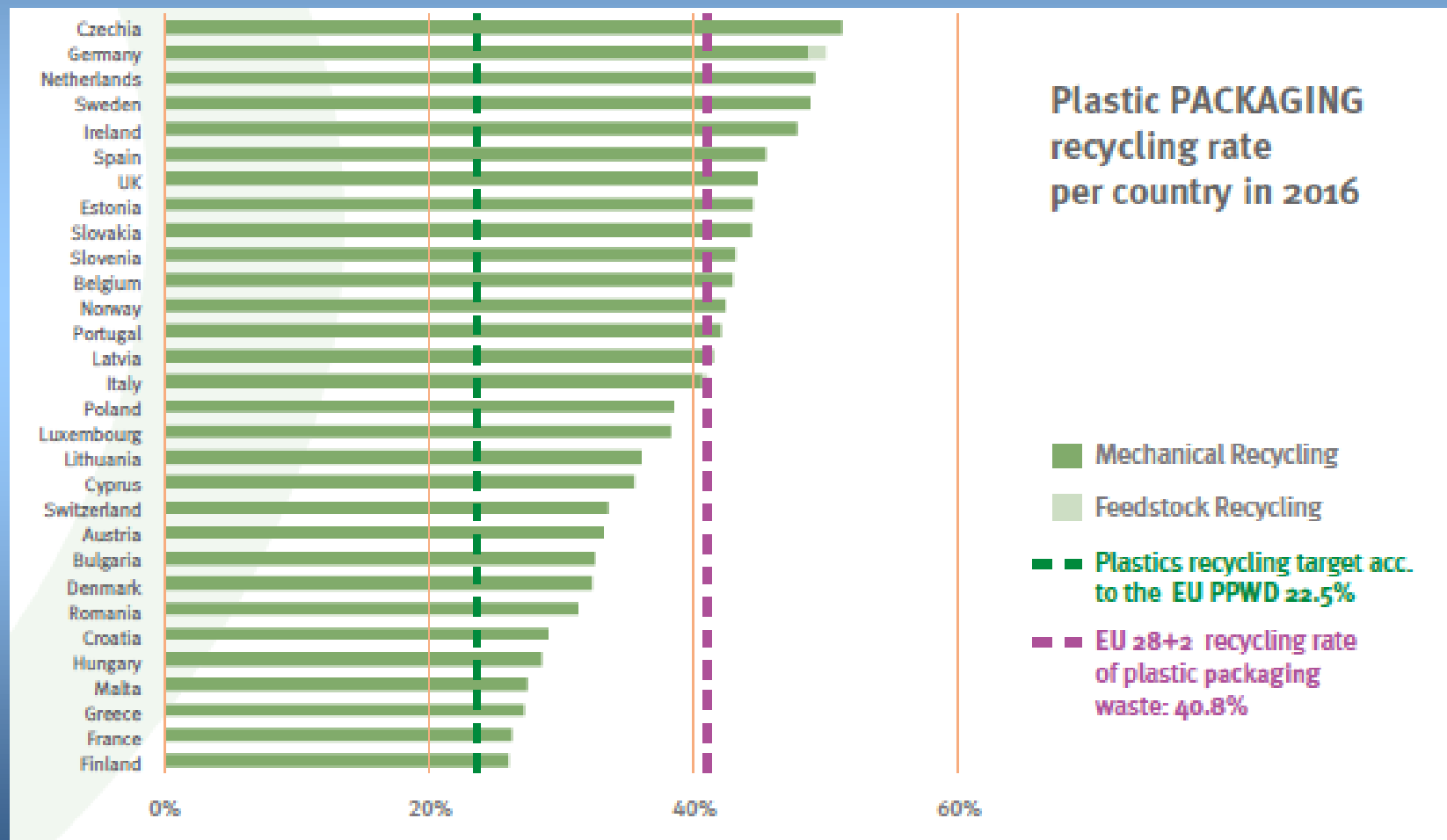
Uredba od 2018. zahtijeva odvojeno prikupljanje

RECIKLIRANJE I ODLAGANJE PALSTIČNOG OTPADA u EU po pojedinim zemljama, 2016

Plastic post-consumer waste rates of recycling, energy recovery and landfill per country in 2016

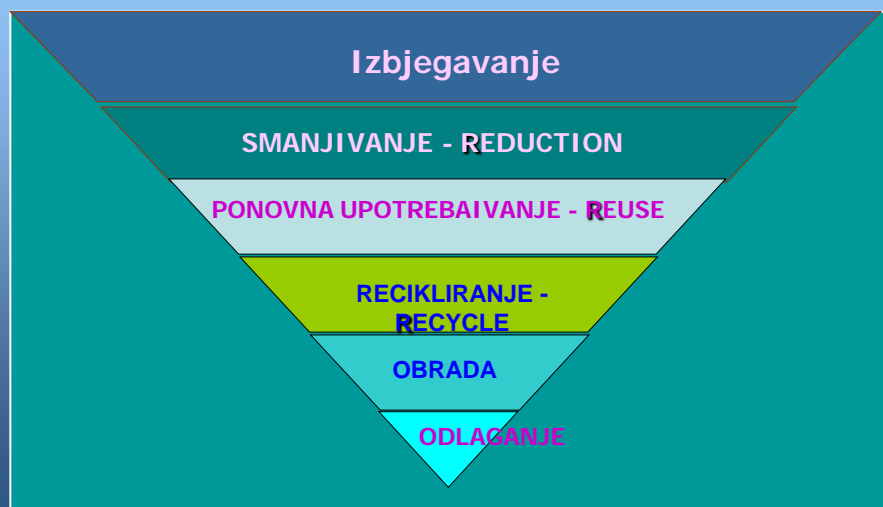


RECIKLIRANJE **AMBALAŽNOG** OTPADA u EU po pojedinim zemljama, 2016



Gospodarenje otpadom

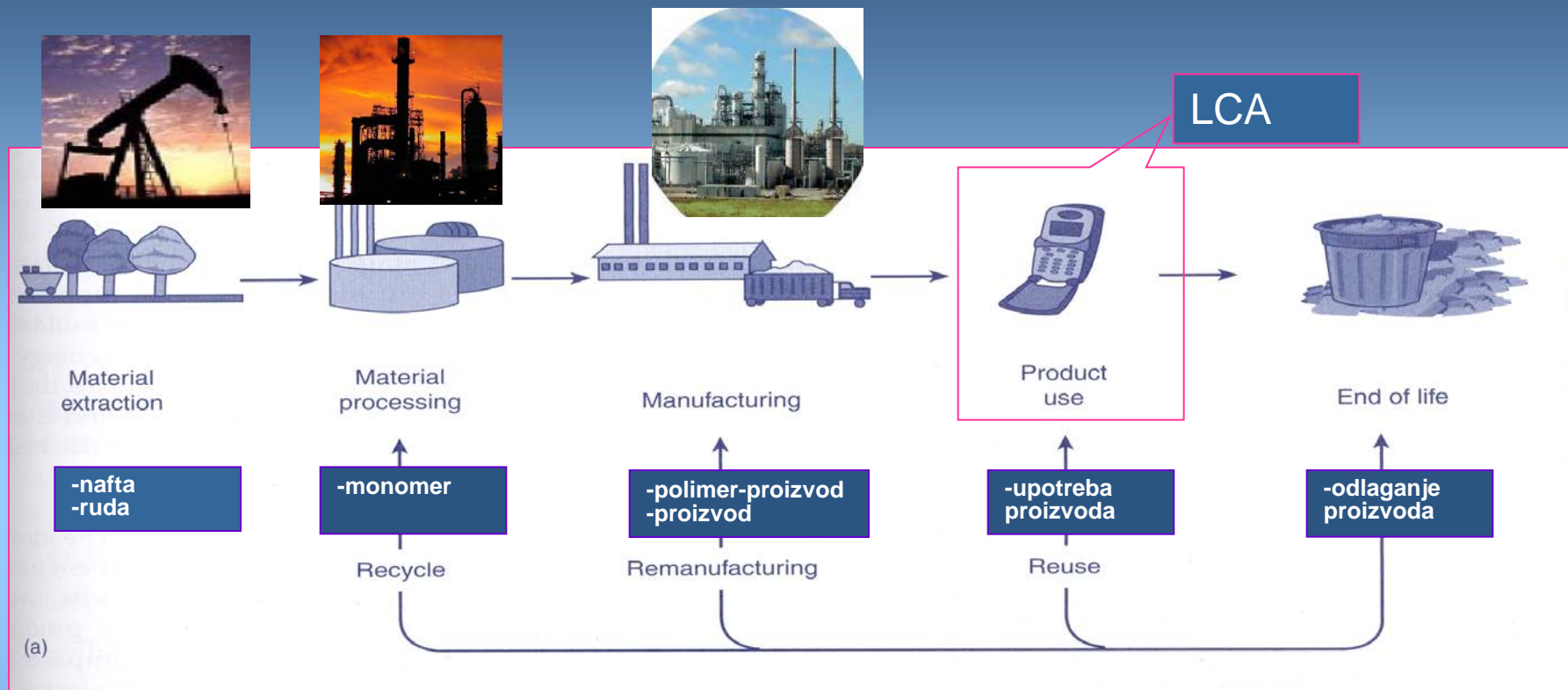
- podrazumijeva po okoliš razumno upravljanje cjelokupnim životnim vijekom/ciklusom otpada,
- podrazumijeva brigu o otpadu koji nastaje
- u svim fazama nastajanja proizvoda (tijekom proizvodnje sirovine, tijekom proizvoda i tijekom prerada proizvoda).
- Odgovorno gospodarenje otpadom omogućuje -
 - Održivi razvoj.



OSNOVNI PRINCIP POSTUPANJA S OTPADOM:

- smanjivanje otpada,
- ponovnu upotrebu,
- predobrada / obrada
- recikliranje (pravilo 3R) i
- odlaganje.

ANALIZA ŽIVOTNOG CIKLUSA (LCA) PROIZVODA



LAC analiza potrošnju i utjecaje na okoliš / zdravlje

a) Masa sirovine/materija (kg)

b) Energije (MJ)

c) Globalno zatopljenje (g)

d) Zdravlje

e) Onečišćenje zraka

f) Onečišćenje voda

g) Odlaganje nakon upotrebe
-end of the life

Održivi razvoj

Skup izazova koje treba pomiriti da se postigne

CJELOVIT SUSTAV GOSPODARENJA otpadom ujedanjuje djelovanje svih čimbenika i svih aktivnosti koje doprinose održivom razvoju.

Sudionici:

- sirovina-materijala,
- proizvodnje,
- dobavljače,
- potrošače,
- zakonodavstvo, a sve u korist **ZAŠTITE OKOLIŠ.**

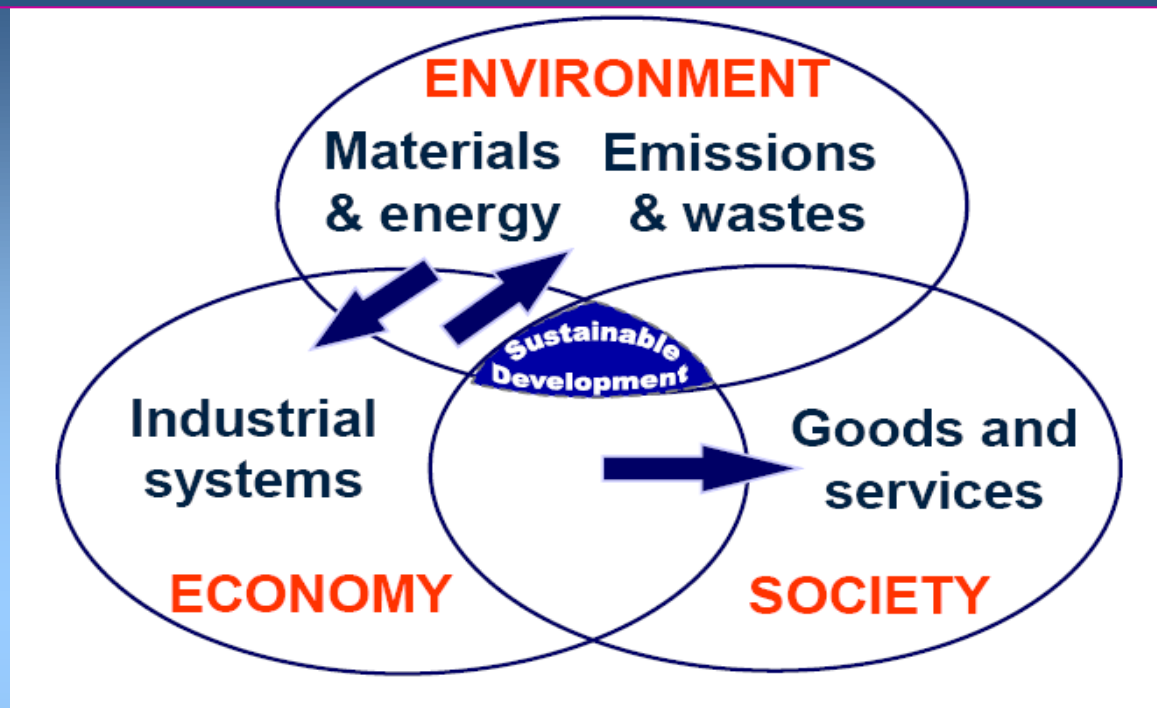
Smanjenja onečišćenja uz što manje troškove - optimiranje.

Manji utrošak:

- sirovina,
- vode i
- energenata *te sniženje troškova*
- **gospodarenjem** otpadom

Strategija zbrinjavanja temelji se na **PRIKUPLJANJU** i **RECIKLIRANJU**, kontroliranom odlaganju otpada te **PREVENCIJI** nastajanja otpada.

Tehnološki napredak ovisi o ODRŽIVOM RAZVOJU

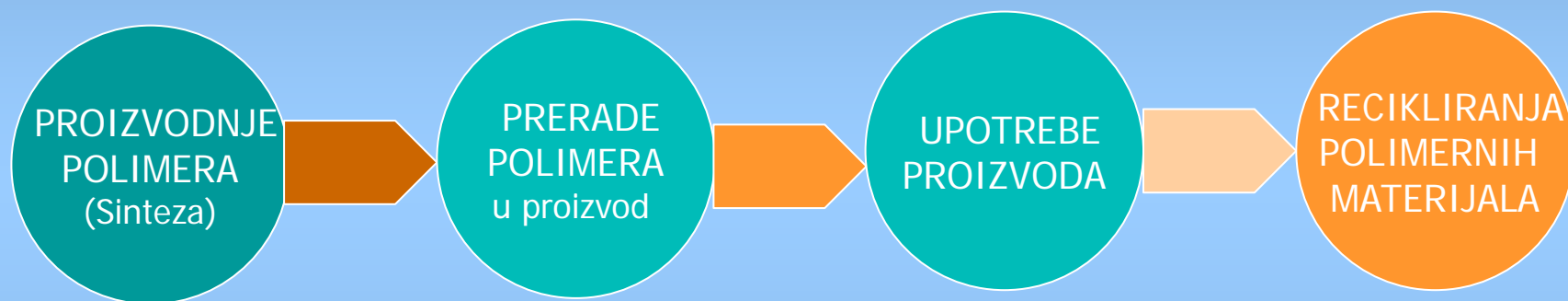


Održivi razvoj se smatra - uravnoteženi tehnološki napredak održivi ekonomski razvoj i unapređenje socijalne jednakosti društva i kvalitetan okoliš.

Glavni izazov održivom razvoju su :
prirast stanovništva, tehnološki razvoj, urbanizam, kvaliteta vode i zraka, promjena klime, korištenje energije (proizvodnja, transport, grijanje ...), zdravlje ljudi, upravljanje otpadom, proizvodnja hrane, kemikalija i materijala.

INDUSTRIJA PLASTIKE

- 7 je industrija po zaradi u EU, kao i farmaceutska industrija
- sastoji se od



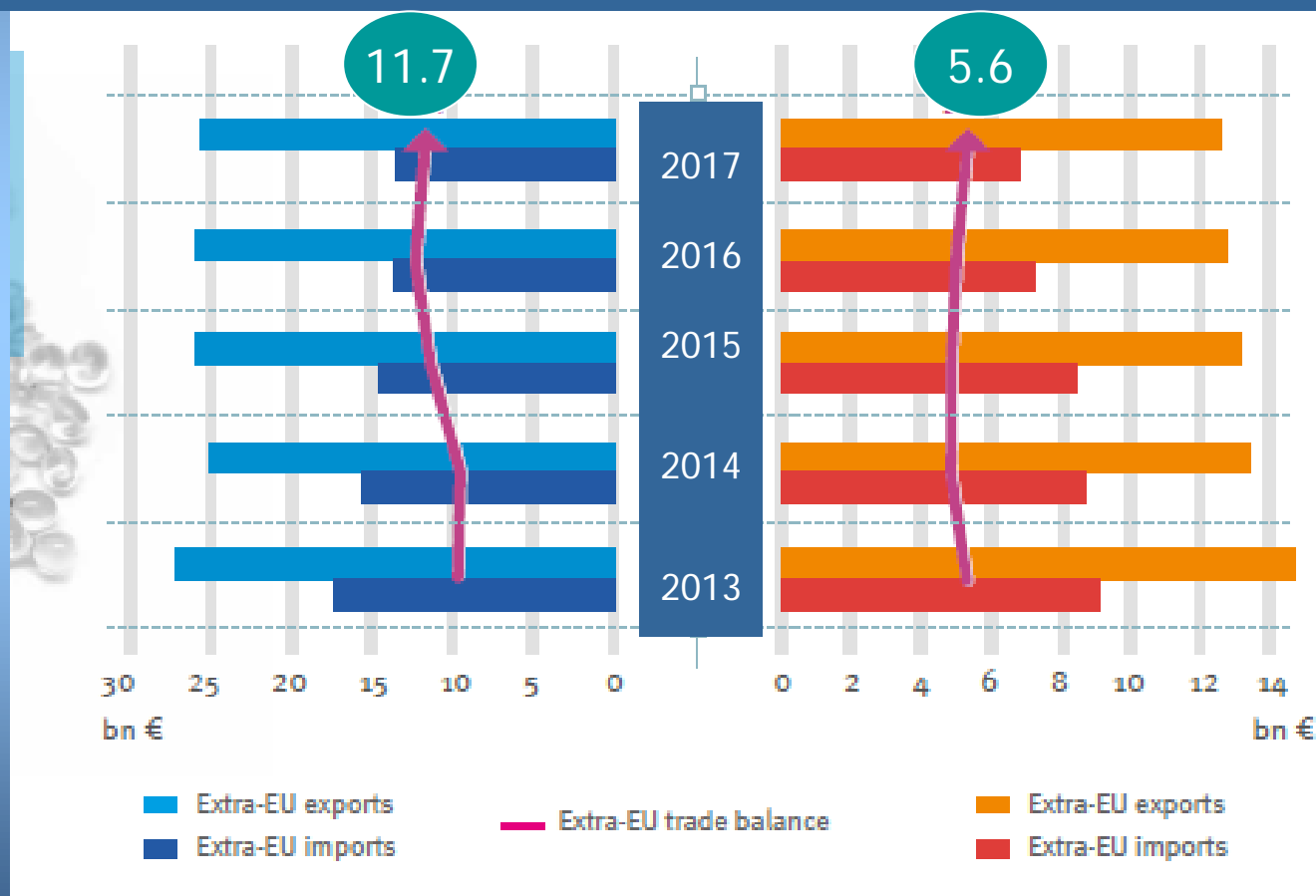
Količine polimernog/ plastičnog otpada mogu se procijeniti iz količina **proizvodnje materijala i proizvoda**, ali je tu potrebno dodati i **količine uvoza i izvoz plastičnih materijala**.

Mogu se izvoziti gotovi proizvodi, ali i **ambalaža s uvozom-izvozom robe**.

POSLOVANJE EU INDUSTRIJE PLASTIKE uvoz - izvoz u odnosu na SVIJET

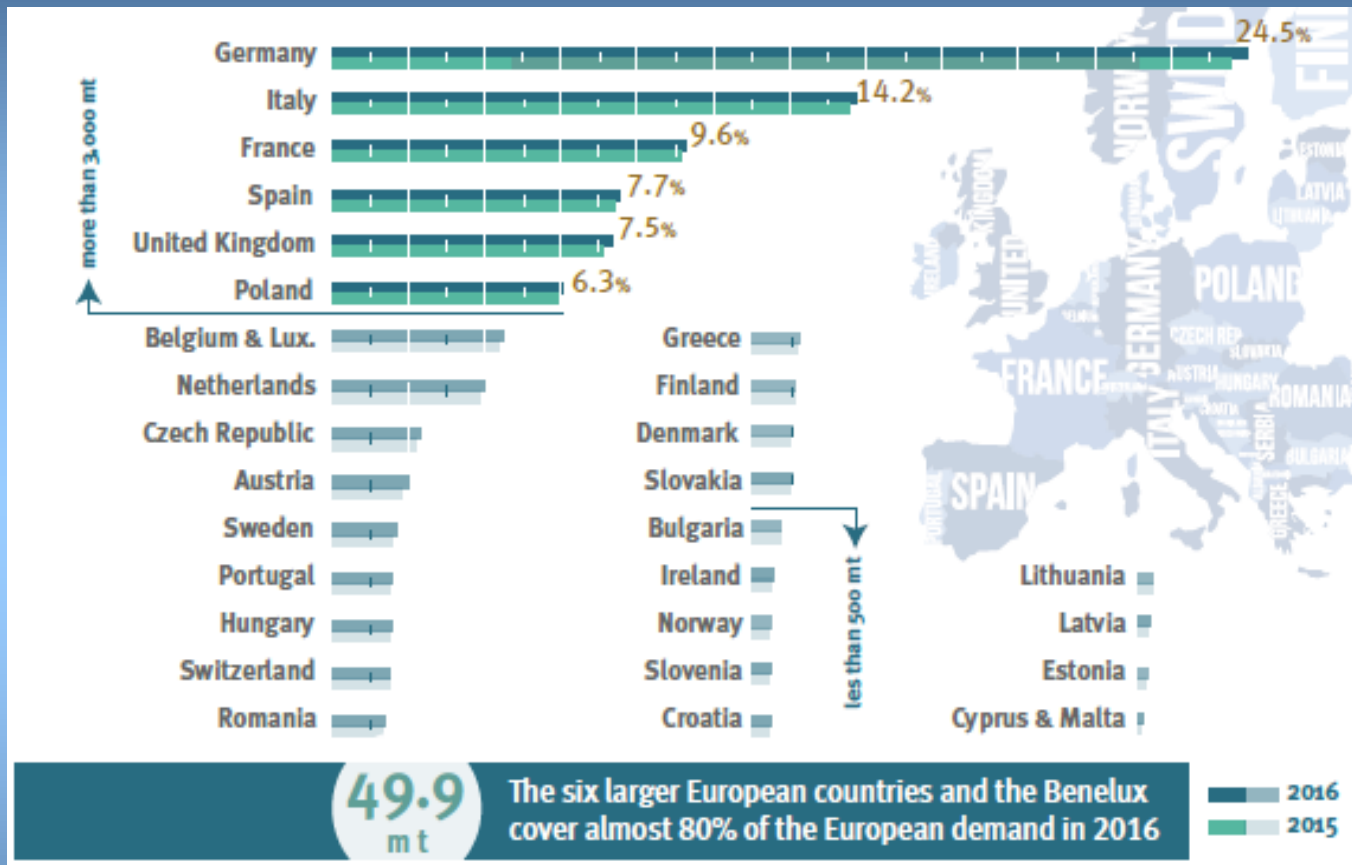
Proizvodnja polimera (PLASTIKE) EU 28

Prerada polimera EU 28



Izvoz smanjuje količinu otpada za recikliranje i obrnuto, uvoz povećava

Potrošnja plastike u pojedinim zemljama EU 2015. i 2016 godine u (kt)



Važno je primiti da je potrošnja plastike u različitim zemljama EU različita, a ovisi o industriji (GOSPODARSTVU) svake zemlje.

Npr. Švedska i Finska imaju razvijenu industriju papira, a Njemačka i Italija ... industriju plastike.

Pregled najvažnijih vrsta polimera po potrošnji u 2015/16. u EU



- **Plastični otpad** sastoji se uglavnom od: LDPE, HDPE, PP, PET, PS i PVC, a to su ambalažni materijali (otpad).
- 60% plastičnog otpada čini plastični **ambalažni** otpad

Područja primjene polimernih materijala po industrijskim granama (2017)

Total converter demand **51.2 m t**

PACKAGING



BUILDING & CONSTRUCTION



AUTOMOTIVE



OTHERS

medical equipment, plastic furniture and furniture equipment, technical parts used for mechanical engineering or machine-building, etc.



ELECTRICAL & ELECTRONIC



HOUSEHOLD, LEISURE & SPORTS

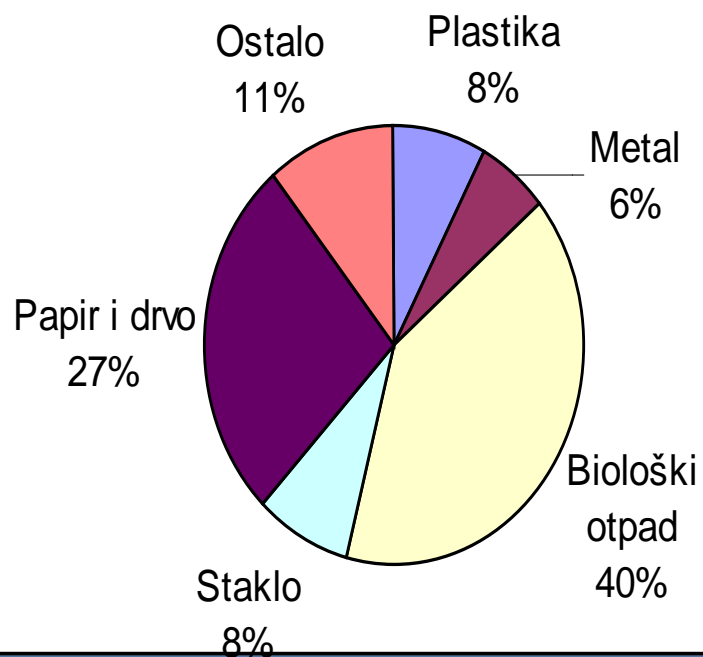


AGRICULTURE

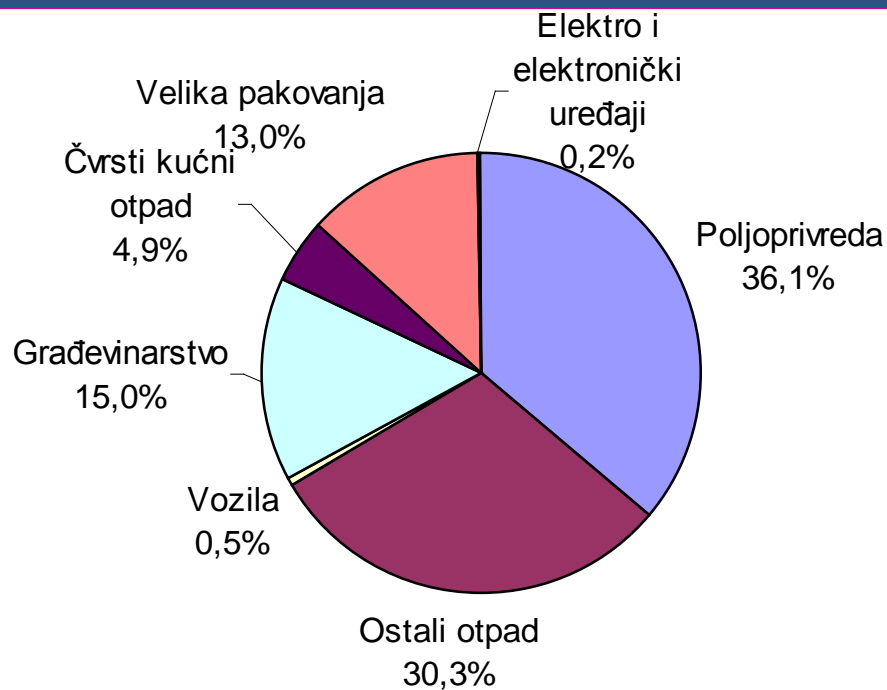


UDIO POLIMERNIH MATERIJALA U OTPADU

Udio pojedinih otpadnih materijala u ukupnom otpadu



Udjeli pojedinih vrsta otpada po gospodarskim područjima (Zapadna Europa, 1994.)

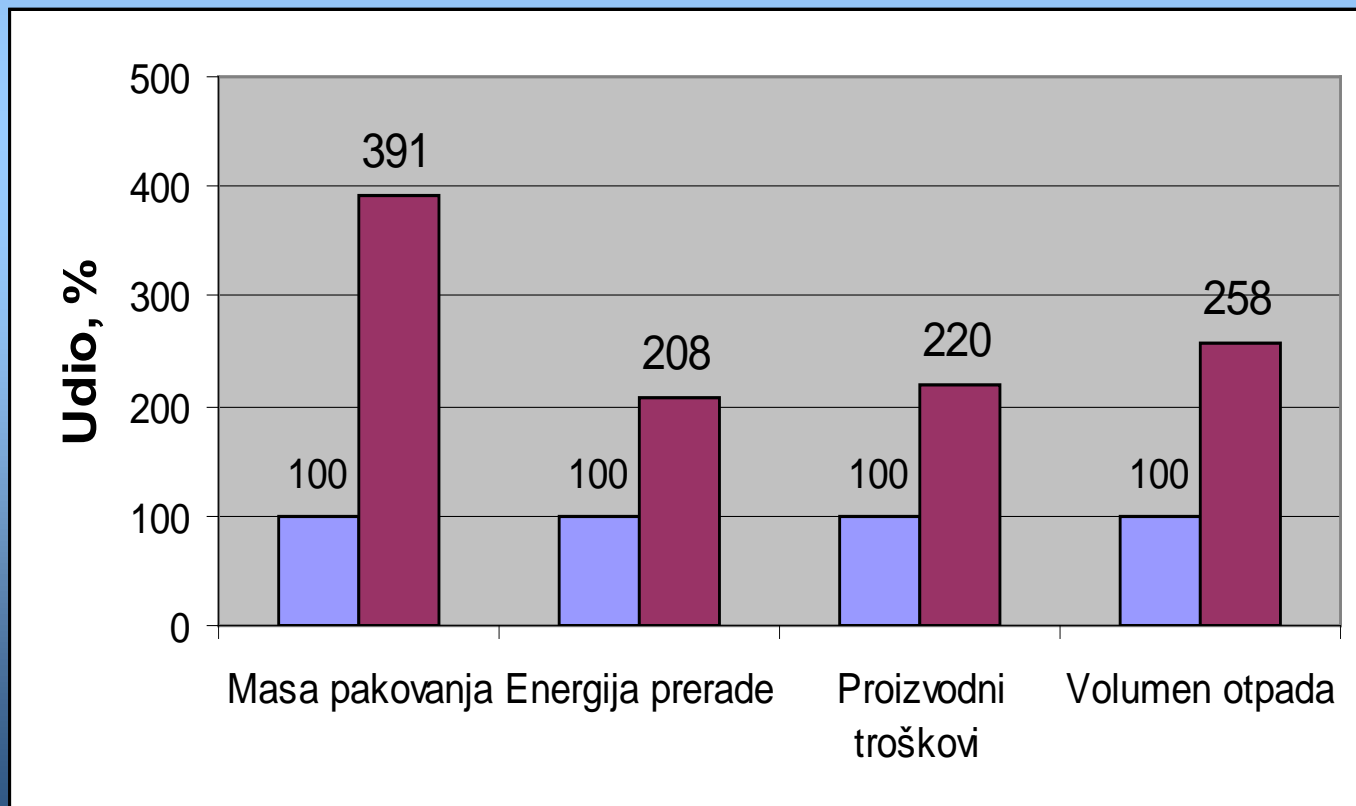


Morfološki sastav kućnog otpada u RH 2007.

Komponenta otpada	mas %, kontinentalni dio	mas %, priobalje	mas %, srednja vrijednost	mas %, biorazgradivi udio
Kuhinjski i biootpad	43,1	41,0	42,1	74,5
Papir i karton	19,6	20,3	20,0	
Koža i kosti	3,0	3,1	3,1	
Drvo	1,3	1,2	1,3	
Tekstil	7,8	8,2	8,0	
Staklo	6,6	7,0	6,8	
Metali	4,1	4,0	4,1	
Inertni	1,5	2,2	1,9	
Plastika	11,6	12,3	12,0	
Guma	0,9	0,5	0,7	
Posebni	0,4	0,2	0,3	

Posljedice ukidanja plastične ambalaže pokazala je studija načinjena u SR Njemačkoj (1998.), da bi njezino ukidanje imalo za **posljedicu dramatično povećanje:**

- mase ambalaže od 291%,
- povećanje potrošnje energije od 108%,
- volumen tako nastalog otpada porastao bi 158%,
- proizvodni troškovi bi porasli 128%



Područja primjene polimernih materijala

MIKROPLASTIKA



shutterstock.com • 1315254689

U KOZMETICI U INDUSTRIJI ULJA I MAZIVA

- EMULGATORI
- FLUIDI / ADITIVI – za reguliranje viskoznosti
- ABRAZIVI - u pastama za zube

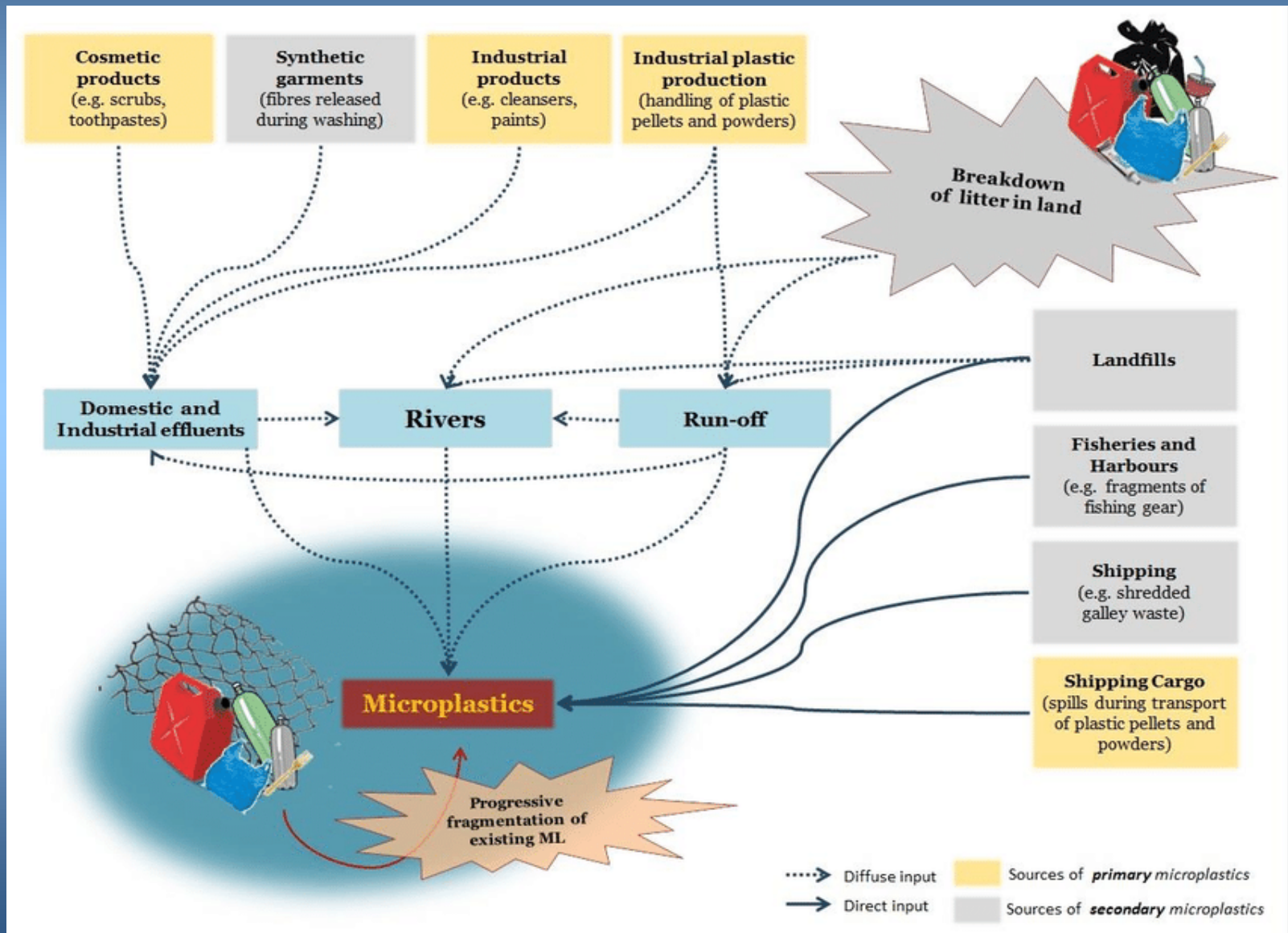
MIKROPLASTIKA

TEKSTILNA VLAKNA nastala tijekom pranja rublja
PLASTIKA nastala degradiranjem i usitnjavanjem plastičnog proizvoda u prirodi

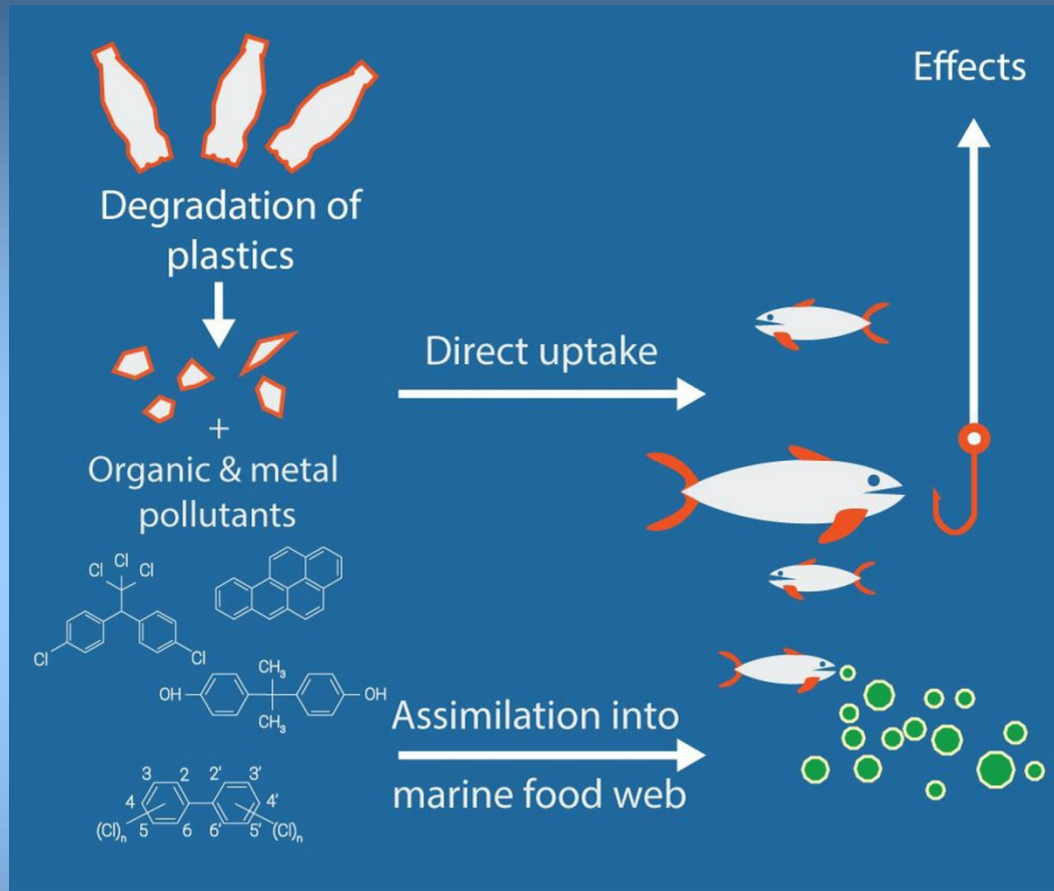
Mikroplastika su sve čestice polimernih materijala < 5 mm

Završavaju u tlu ili vodama (rijeke, mora, jezera)

MIKROPLASTIKA



MIKROPLASTIKA



- Mikroplastika je “dobar” adsorbens za onečišćenja prisutna u vodi, tako postaje opasni otpad
- Kao adsorbens može se koristiti kao metoda uklanjanja toksičnih onečišćenja iz vode, filtriranjem mikroplastike

Problem prekomjernog korištenja plastičnih vrećica

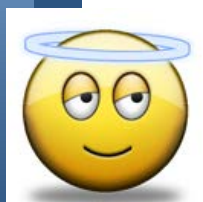
Procjena:

- godišnja svjetska potrošnja - 500 i 1000 milijardi plast. vrećica
- godišnja potrošnja u Hrvatskoj - 250 i 300 milijuna vrećica
najčešće se koriste **jednokratno**
- reciklira se **1-2%** plastičnih vrećica, bilo spaljivanjem (energija) bilo da se oporavi materijalno
- udio plastičnih vrećica u komun. otpadu je **manji od 1%**
- vizualno čine "veliko" onečišćenje



Alternativa jednokratnim PE-HD vrećicama

- plastične (PE-LD ili PP) **vrećice za višekratno** korištenje
- biorazgradive vrećice (biopolimeri)
- papirnate vrećice
- platnene vrećice



Prednosti i nedostaci **plastičnih vrećica**

Prednosti:

- **niska** potrošnja **energije** kod proizvodnje
- **nisko** onečišćenje **zraka i voda**
- trajna i čvrsta
- **niska cijena**
- mogu se iskoristiti kao vreće za otpad (**reuse**)

Nedostaci:

- za dobivanje koriste se **fosilna goriva**
- **nisu** biorazgradljive
- **vizualno onečišćavaju i dugo zaostaju** okolišu
- **visoki troškovi** transporta otpada
- predstavljaju **opasnost** za životinje u okolišu

Prednosti i nedostaci biorazgradljivih vrećica

Prednosti:

- razgrađuju se tijekom kompostiranja, djelovanjem mikroorganizama i djelovanjem UV zraka (sunca)
- vrijeme razgradnje od 18 mjeseci do 2 godine

Nedostaci:

- razgradnjom plastike na bazi škroba u vodi troši se kisik što dovodi do nedostatka O₂ za žive organizme u podmorju
- Visoka cijena proizvodnje
- problem pri recikliranju zbog miješanja s običnim PE vrećicama

Prednosti i nedostaci **papirnatih** vrećica

Prednosti:

- sirovina za proizvodnju je drvo (*celulozna pulpa*) obnovljivi izvor sirovine
- pogodne su za recikliranje
- biorazgradljive su i mogu se kompostirati

Nedostaci:

- proizvodnja papira je energetski zahtjevna i troši velike količine vode
- Koriste se štetne kemikalije za ekstrakciju celuloze i izbjeljivanje...
- oko 16 % svjetske godišnje potrošnje drveta koristi se za proizvodnju papira

Prednosti i nedostaci **platnenih** vrećica

Prednosti:

- **izrađuju se iz obnovljivih izvora** (*najčešće pamuka i jute*)
- biorazgradljive su i mogu se **kompostirati**
- odlikuje ih trajnost i čvrstoća
- višekratno korištenje

Nedostaci:

- koriste se **pesticidi** pri uzgoju biljaka koje su sirovina za proizvodnju (*onečišćenje tla*)
- velika potrošnja **vode** za navodnjavanje prilikom uzgoja sirovine
- **visoka cijena** proizvodnje

Sintetska vlakna – najčešće se koriste za dobivanje platnenih vrećica.

Analiza opterećenja okoliša **plastičnim** i **papirnatim** vrećicama

	Plastične vrećice	Papirnatih vrećica
Masa	6,80 kg	65,50 kg
Volumen	0,011 m ³	0,481 m ³
Cijena	210 kn	1380 kn
Trošak transporta	18 kn	168 kn
Ukupna cijena	228 kn	1548 kn
Potrošnja goriva za transport	0,227 litara	2,19 litara
Emisija CO₂ – ekv. pri proizvodnji	292,05 kg	1451,25 kg
Utrošena energija pri proizvodnji	190,02 kWh	476,97 kWh

Proračun na bazi 1000 vrećica

Relativni utjecaj vrećica na okoliš s obzirom na jednokratnu PE-HD vrećicu

Usporedba opterećenja okoliša **plastičnim** i **papirnatim** vrećicama

Indikator utjecaja na okoliš	Jednokratna PE-HD vrećica	Višekratna PE-LD vrećica	Papirnata vrećica
Potrošnja fosilnih goriva	1	0,1	1,1
Potrošnja vode	1	0,1	4,0
Emisija stakleničkih plinova	1	0,1	3,3
Zakiseljavanje atmosfere (kisele kiše)	1	0,1	1,9
Kvaliteta zraka (stvaranje prizemnog ozona)	1	0,1	1,3
Eutrofikacija vodenih tokova	1	0,1	14,0
Proizvodnja čvrstog otpada	1	0,1	2,7
Rizik povećanja količine otpada	1	0,4	0,2

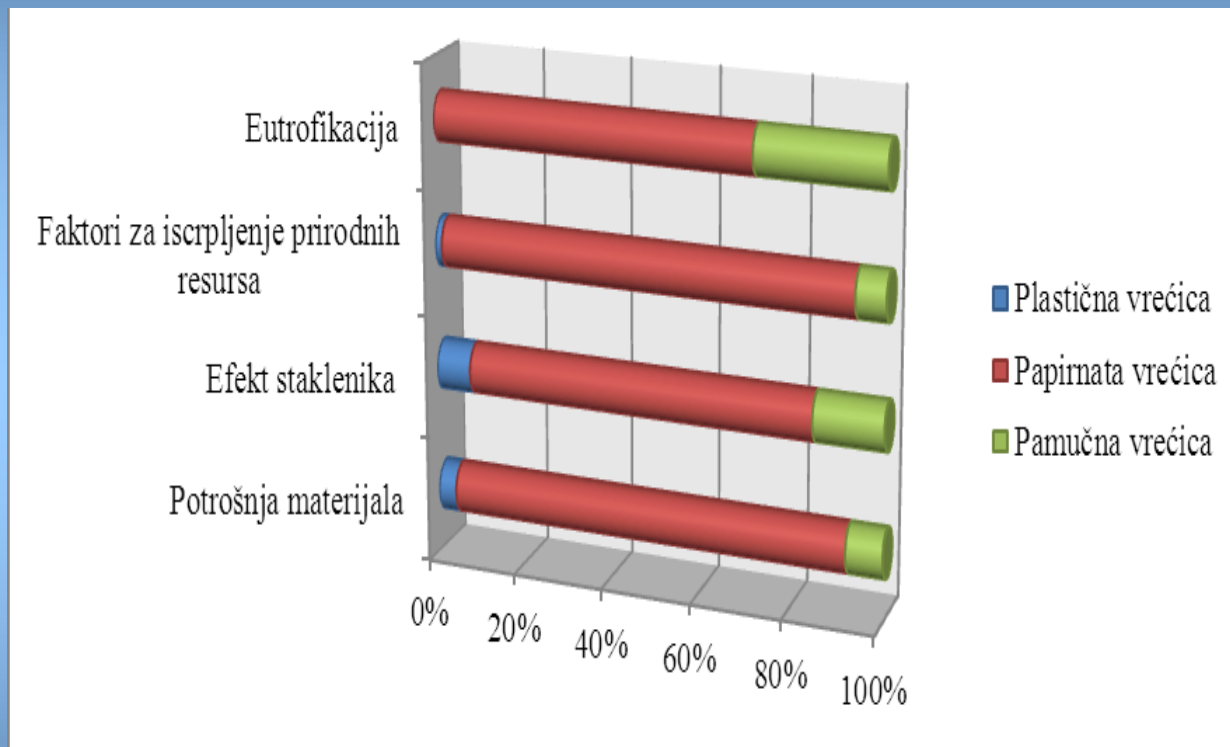
Analiza životnog ciklusa vrećica od različitih materijala (2)

Biorazgradljive vrećice

Materijal	Potrošnja materijala, kg	Efekt staklenika, kg CO ₂ -ekv.	Eutrofikacija, kg PO ₄ -ekv.	Indikator trajnosti otpada u morskim sredinama, kg/god.	Indikator trajnosti otpada na kopnu, kg/god.
Škrob-PBSA	3,12	2,5	0,00273	$4,26 \times 10^{-5}$	0,078
Šrob-PE	3,12	4,74	0,00406	$4,26 \times 10^{-5}$	0,078
PE-dodatak	3,12	6,31	0,00236	0,0039	0,078
PLA	4,21	16,7	0,00911	$5,75 \times 10^{-5}$	0,078
PE-HD	3,12	6,13	0,00246	0,0078	0,312
Papir	22,15	30,2	0,0266	0,000302	0,078
PP	0,21	1,95	0,00126	0,000241	0,00187
Tkani PE-HD	0,22	0,63	0,000231	0,000107	0,00148
Pamuk	1,41	6,42	0,00795	$3,09 \times 10^{-5}$	0,00164
PE-LD	1,04	2,76	0,00114	0,00257	0,00746

Parametri utjecaja na okoliš

Usporedba utjecaja na okoliš različitih vrsta vrećica



Politika reduciranja potrošnje plastičnih vrećica

- **uvođenje naknada za vrećice** – primjer Irske (PlasTax) – korištenje vrećica je smanjeno za 90%.
- **zabrane vrećica** – potpuno se zabranjuje se proizvodnja i distribucija plastičnih vrećica – pojedine azijske i afričke države, pojedini gradovi u SAD
- EU od 2020 za tanke vrećice
- **edukacija** - djelovanje preko medija, izrada letaka sa informacijama o potrebi odvojenog sakupljanja, mjestima i mogućnostima odlaganja, obavijesti o pozitivnim efektima



Politika reduciranja potrošnje plastičnih vrećica

Plastične vrećice (PE, PP)

- nisu štetan **"problematičan"** materijal
- mogu se **oporabiti i materijalno i energetski** – dobiju se visoko vrijedni produkti recikliranja; materijal ili energija
- **rješenja** se nalaze u dobroj organizaciji gospodarenja otpadom
- EU direktiva iz 2014 – nalaže **0% plastike na odlagališta**
- **danas-** razvijene zemlje EU-a (Njemačka, Austrija....) u potpunosti zbrinjavaju **plastični otpad** i dostigli su zadane ciljeve direktive
- nerazvijene zemlje **bez organiziranog zbrinjavanja** (prikupljanja) **otpada** donose **zabrane korištenja** plastičnih vrećica **budući da sve završavaju u okolišu.**