

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FERIT OSIJEK**

**RECIKLIRANJE**  
**ELEKTROTEHNIČKIH**  
**PROIZVODA**  
**(SIAE401-17)**

**Osijek, rujan 2021.**



**NASTAVNIK**

**Doc. dr. sc. Goran Rozing**

**Soba: 1-14**

**Tel. (031) 224-710**

**[goran.rozing@ferit.hr](mailto:goran.rozing@ferit.hr)**

s a d r ť a j

- 1. UVOD**
- 2. DEFINIRANJE POJMOVA**
- 3. OČUVANJE OKOLIŠA**
- 4. POVRATNI TOKOVI MATERIJALA**
- 5. POSTUPCI RECIKLIRANJA**
- 6. MODEL VREDNOVANJA RECIKLIČNOSTI**
- 7. LEGISLATIVA**
- 8. EKONOMSKO-EKOLOŠKA ANALIZA**
- 9. OPASNI OTPAD**
- 10. KONSTRUKCIJSKE SMJERNICE RECIKLIČNOSTI**



**PREDAVANJA (30 sati)**

**AUDITORNE VJEŽBE (15 sati)**

**LABORATORIJSKE VJEŽBE (15 sati)**



# Vrednovanje recikličnosti proizvoda



## 1. ANALIZA RECIKLIČNOSTI ELEKTROTEHNIČKIH PROIZVODA

## 2. EKONOMSKO-EKOLOŠKA ANALIZA REKILIRANJA



### Nastavni sadržaji vezani za vježbu:

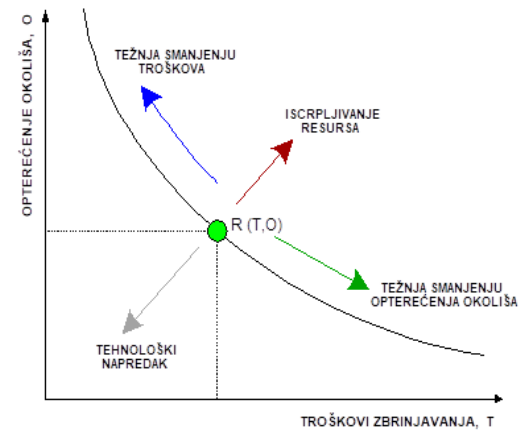
- Inženjerski materijali
- Mehanička svojstva materijala
- Električna svojstva materijala
- Toplinska svojstva materijala
- Spojni elementi i veze

### Opis eksperimentalnog postupka:

Model vrednovanja recikličnosti proizvoda temelji se na:

- analizi rastavljanja dotrajalog proizvoda
- određivanju elementarnih pokazatelja
- izračunavanju složenih pokazatelja

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n b_i \cdot m_i \cdot r_i}{M \cdot r_{max}}$$



### Nastavni sadržaji vezani za vježbu:

- Inženjerski materijali
- Reciklati
- Tehnologije recikliranja
- Troškovi
- Prihodi

### Opis eksperimentalnog postupka:

Ovaj se model temelji na izračunu troškova i dobiti za pretpostavljeni način zbrinjavanja proizvoda.

Model pruža korisniku podatke o apsolutnoj i relativnoj dobiti (gubitku) za promatrane varijante zbrinjavanja odbačenog proizvoda.

### Osnovna mjerna oprema:

- ručni alat i pribor
- pomično mjerilo
- analitička vaga
- štoperica
- predlošci i tablice potrebni za analizu

Redni broj	Naziv elementa	Vrsta elementa (PE, FE, SK)	Vrsta materijala / komponente	Masa elementa	Komada po proizvodu	Štapači mek. i tvrdi	Masa elementa (g)	Recikličnost elementa (r%)
				g/kom.	kom.	0...5	g/kom.	m · b · n
i	j	k	l	m	b	f	m · b	m · b · n
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	POKLOPAC	R=0,93						
	PREDNJA MASKA	PE	POLIMER	400,0	1	2	400,0	800,0
	VIJAK M3x8	SE	FE	0,3	6	5	1,8	9,0
	POKLOPAC LIMENI	PE	FE	3008,0	1	5	3008,0	15040,0
					8		3409,8	15849,0

### Zadaci:

- Izmjeriti vrijeme potrebno za rastavljanje pojedinih spojeva te za odvajanje i odlaganje dijelova
- Odrediti naziv elementa za pojedinačni dio ili sklop u nekom proizvodu te utvrditi vrstu materijala
- Izmjeriti masu elementa vaganjem (pojedinačnih dijelova i nerastavljivih sklopova)
- Odrediti recikličnost pojedinog dijela ili sklopa (r<sub>i</sub>), korištenjem tablice s ocjenom recikličnosti i primjerima
- Izračunati recikličnost proizvoda (R), kao omjer sume recikličnosti dijelova ponderiranih masom u odnosu na maksimalnu recikličnost proizvoda

### Što bi studenti trebali naučiti iz eksperimenta?

- Primijeniti metodu vrednovanja recikličnosti proizvoda
- Kvantificirati potencijal recikličnosti proizvoda te različite vidove analiza njezina poboljšanja

### Osnovna mjerna oprema:

- predlošci i tablice potrebni za analizu
- aktualne cijene reciklata na tržištu

Vrsta reciklata	Masa reciklata, kg	Cijena reciklata, €/t	PRIHOD OD REKILIRANJA						
			Prihod od prodaje reciklata, P, €	Ušteda energije od recikliranja, E, €	Prihod od uštede energije, P <sub>en</sub> , €	Štednja emisije, E <sub>en</sub> , €/kg	Prislobo za emisiju, P <sub>e</sub> , €/kg	Prihod od smanjenja emisije, P <sub>e</sub> , €	UKUPNI PRIHOD, P <sub>e</sub> , €
1	2	3	4=2·3	5	6=2·5	7	8	9=2·7·8	4+6+9
Polistren	0,80	0,10	0,09	0,020	0,02	1,7	0,80	1,16	1,26
Plastika, mješana	1,240	0,09	0,11	0,020	0,02	1,7	0,80	1,88	1,82
Željezo	0,830	0,20	0,17	0,300	0,25	4,5	0,80	2,99	3,40
Bakar	0,230	3,10	0,78	0,800	0,20	2,700	0,80	0,54	1,62
UKUPNO	3,170								8,00

	VAR 1	VAR 2
Ukupni troškovi, T, €	2,52	3,55
Ukupni prihodi, P, €	8,10	8,00
Dobit, P <sub>T</sub> , €	5,58	4,45
Relativna dobit, P <sub>T</sub> , €	3,21	2,25

VAR 1 - djelomično rastavljanje (do razine podsklopova)  
VAR 2 - detaljno rastavljanje (i podsklopova)

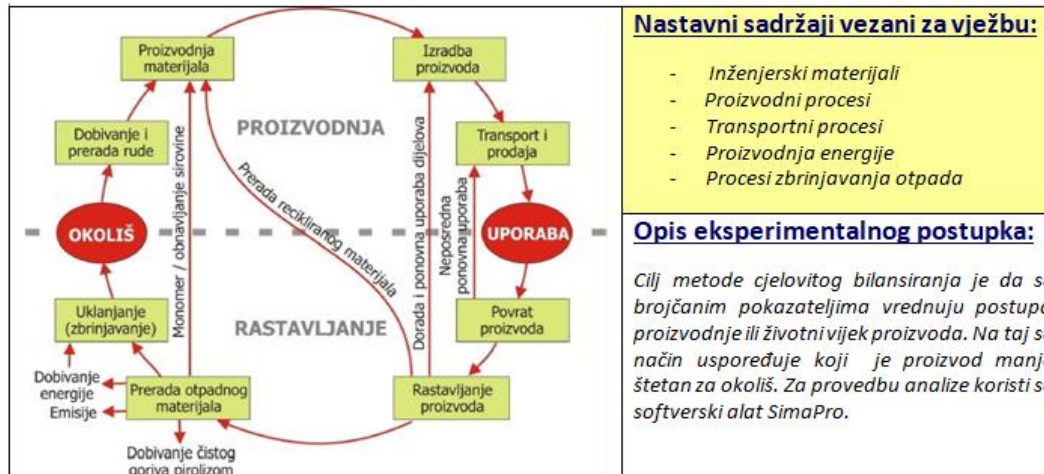
### Zadaci:

- Izračunati troškove zbrinjavanja koji se sastoje od troškova rastavljanja, usitnjavanja, recikliranja i odlaganja
- Izračunati prihode od recikliranja koji se sastoje od prihoda prodaje reciklata, uštede energije i smanjenja emisija
- Izračunati apsolutnu i relativnu dobit recikliranja proizvoda

### Što bi studenti trebali naučiti iz eksperimenta?

- Primijeniti ekonomsko-ekološku analizu recikliranja u cilju objektivizacije stanja i smanjenja prostora za obmanu potrošača o recikličnosti proizvoda
- Prikazati pokrivenost ekoloških i ekonomskih utjecaja procesa zbrinjavanja proizvoda

# Cjelovito bilanisanje na primjeru EE uređaja



## Nastavni sadržaji vezani za vježbu:

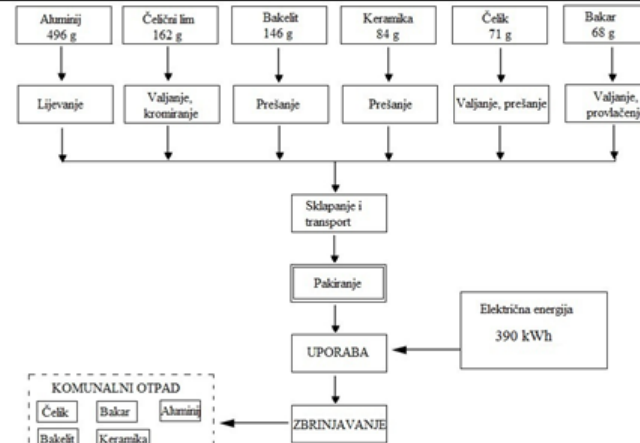
- Inženjerski materijali
- Proizvodni procesi
- Transportni procesi
- Proizvodnja energije
- Proces zbrinjavanja otpada

## Opis eksperimentalnog postupka:

Cilj metode cjelovitog bilansiranja je da se brojčanim pokazateljima vrednuju postupci proizvodnje ili životni vijek proizvoda. Na taj se način uspoređuje koji je proizvod manje štetan za okoliš. Za provedbu analize koristi se softverski alat SimaPro.

## Osnovna mjerna oprema:

- ručni alat i pribor
- pomično mjerilo
- analitička vaga



## Zadaci:

Kod računanja eko-indikatora preporučuje se pet koraka kroz koje proizvod prolazi:

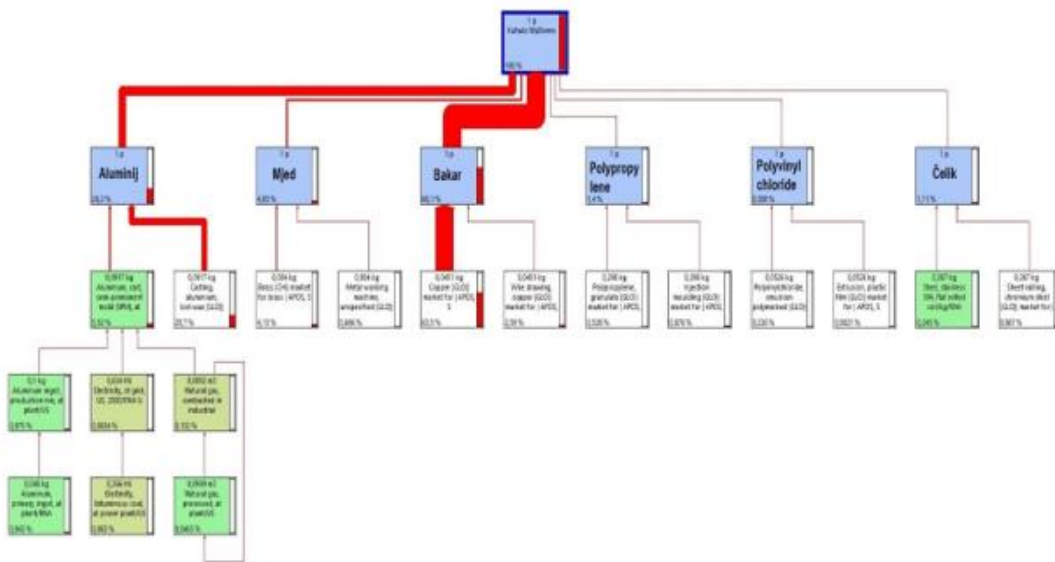
- Opisivanje proizvoda
- Definiranje životnog ciklusa proizvoda
- Kvantificiranje materijala i procesa
- Izračunavanje bodova
- Analiziranje rezultata

## Što bi studenti trebali naučiti iz eksperimenta?

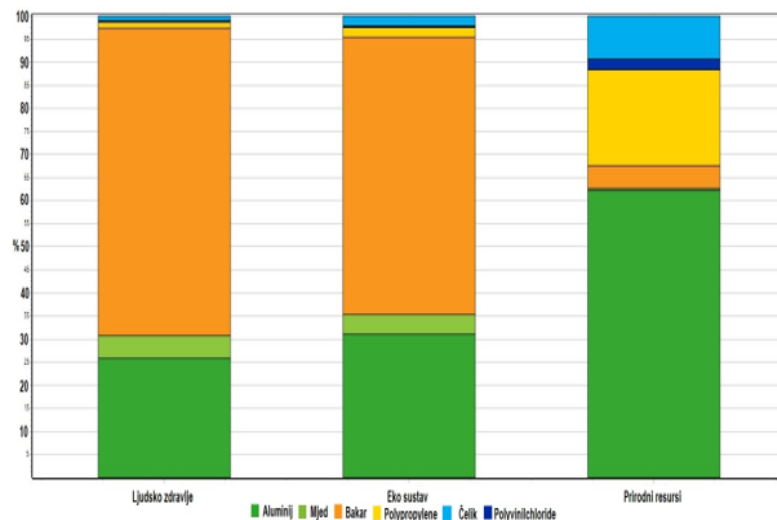
Primjeniti LCA metodu tijekom projektiranja ili usporedbe proizvoda. Pomoću alata SimaPro, na lak način mogu odabrati materijale i procese koji imaju male bodove eko-indikatora, a uz to i manji utjecaj proizvoda na okoliš.

# Programski alat SimaPro

- SimaPro je profesionalni alat za prikupljanje, analizu i nadzor podataka o učinku održivosti proizvoda i usluga u njihovom životnom ciklusu, primjenom LCA metode.



Stablo procesa LCA analize kuhala za vodu



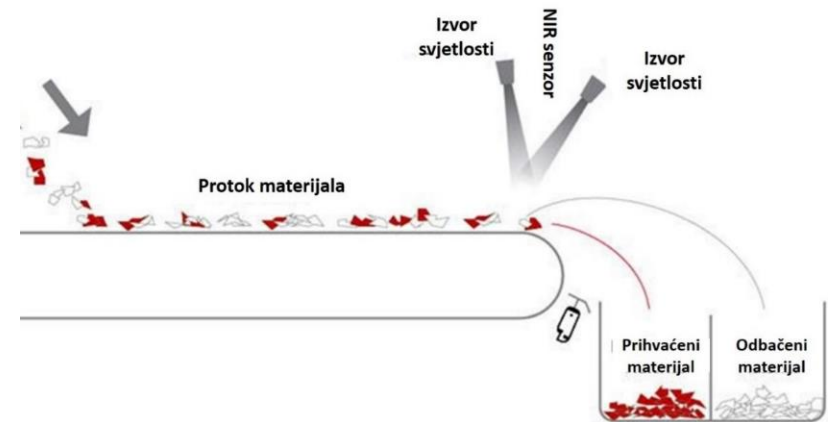
Grafički prikaz utjecaja materijala i procesa obrade

- Programski alat SimaPro omogućuje niz radnji kao što su:
  - modeliranje i analiziranje životnog ciklusa proizvoda na sustavan i transparentan način,
  - mjerenje utjecaja proizvoda i usluga na okoliš u svim fazama životnog ciklusa,
  - utvrđivanje opterećenja okliša na svim vezama opskrbnog lanca, od procesa proizvodnje materijala do gotovog proizvoda, distribucije, upotrebe te odlaganja i zbrinjavanja proizvoda.



# Suvremene tehnologije recikliranja otpada

- Primjena optičkog sortiranja u procesu razvrstavanja otpada

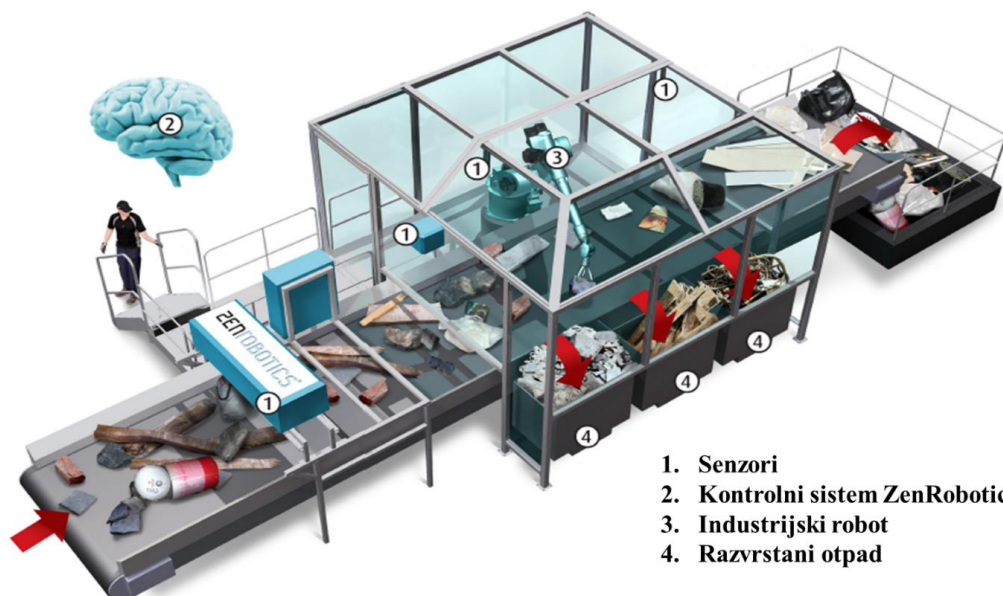


- Optički senzori koji se upotrebljavaju u procesima razvrstavanja otpada:
  - NIR (infrared) senzori - koriste se za razlikovanje polimera (PET, HDPE, PVC, PP i PS)
  - VIS (senzori vidljive svjetlosti) - koriste se za prepoznavanje materijala na bazi boje
  - XRF (X-ray Fluorescence) - koristi se za razlikovanje metala/legura (npr, bakar od željeza)
  - XRT (X-ray Transmission) - prepoznaje materijale na temelju gustoće materijala

# Primjena robota u razvrstavanju otpada

- maksimalna brzina uzimanja predmeta iznosi 4000 kom./h
- duljina manipulatora je 9,5 m uključujući sigurnosni kavez
- cijena sustava je 495 000 EUR

ZRR Fast Picker (2-robot)

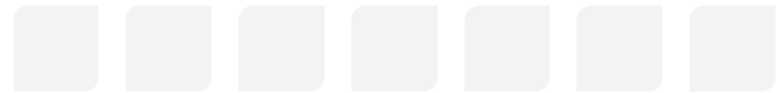


# KONTROLE ZNANJA

Kontrolne  
zadace

Obavljanje  
LV

Završni  
usmeni ispit





# Ishodi učenja



1. prepoznati utjecaj čovjeka na okoliš i ulogu povratnih tokova materijala u očuvanju okoliša;
2. opisati postupke recikliranja dotrajalih proizvoda;
3. predvidjeti postupke prerade otpada električnih i elektroničkih uređaja (EE-otpada);
4. odrediti stupanj recikličnosti proizvoda;
5. opisati legislativu zbrinjavanja EE-otpada;
6. predvidjeti konstrukcijske smjernice poboljšanja recikličnosti EE-uređaja.

**Radujem se suradnji**

