



16. posvetovanje rudarskih, geotehnoloških in okoljskih strokovnjakov
ob 49. SKOKU ČEZ KOŽO, Ljubljana, 11.04.2025

ANALIZA EFEKTIVNOSTI PROCESA RECIKLAŽE KOMUNALNE ODPADNE PLASTIKE NA ZMANJŠANJE POTREBE PO NJENEM SEŽIGANJU

Analysis of the efficiency of utilizing post- consumer
plastic waste recycling methods to reduce the amount of
plastic waste intended for combustion

Igor MADON, vodja lokalnega CERO 2002 – 2024,
Komunalno- stanovanjska družba Ajdovščina

Osnovno vprašanje :

Kdaj je določeni material smiselno reciklirati?

Strokovno- znanstveni pristop:

IZVEDBA KVANTITATIVNIH KOMPARATIVNIH ANALIZ

Primerjamo učinkovitost antagonistično zasnovanih integralnih sistemov
upravljanja z odpadkom (INTGO):

- INTGO, ki prakticira recikliranje
- INTGO, ki ne prakticira recikliranja

Analiza mora upoštevati :

- celotno pot konkretnega odpadka na njegovi poti od zibelke do groba
- posredne efekte zaradi zmanjšane potrebe po prim. surovinah ali gorivih

1. OKOLJEVARSTVENI ASPEKT :

Boljši je tisti sistem, ki sumarno emitira manj onesnažil v okolje in generira
manjša okoljevarstvena in zdravstvena tveganja.

2. GOSPODARSKI ASPEKT :

Boljši je tisti sistem, ki je ekonomsko učinkovitejši.

UVELJAVITEV "UNIVERZALNO VELJAVNIH" ETIČNIH NAČEL

Najboljši je takšen sistem INTGO, ki temelji na principih, kot so :

- **trajnostni razvoj in krožno gospodarstvo**
- **onesnaževalec plača** (tudi iz naslova t.i. "podnebne pravičnosti")
- **podaljšana proizvajalčeva odgovornost**
- **hierarhija prednostnih metod ravnanja z odpadki** (vključno s sledenjem "zero waste" idealu)
- **"ničelna" toleranca do okoljskega in zdravstvenega tveganja**
- **upoštevanje interesov prihodnjih generacij, katerim je treba zapustiti neokrnjeno naravo**
- **pregledno izvajanje OJS varstva okolja z doslednim upoštevanjem principa varstva potrošnikov kot končnih uporabnikov**

Na teh pricipih sta bili zasnovani današnja odpadkovno- okoljevarstvena zakonodaja in regulativa. Hud problem: neučinkovitost sistema zaradi prevlade ideologije in parcialnih interesov nad stroko ob implementaciji tolikšne množice le pogojno medsebojno kompatibilnih etičnih načel v zakonodajo in prakso.

RAZTEGLJIVOST POJMA RECIKLABILNOST

Definicija:

Število tehnološko izvedljivih reciklov, ki jih je v zaprtem sistemu možno izvesti **na ekonomsko sprejemljiv način**. Za PKOP velja:

Tehnološko izvedljiva reciklabilnost >> ekonomsko izvedljiva reciklabilnost

Tehnološko izvedljiva reciklabilnost >> okoljevarstveno efektivna reciklabilnost

Ker so bila etična načela implementirana na doktrinarni način, ima danes recikliranje sistemsko prednost pred energetske izrabo tudi v primeru PKOP. Posledice:

Ekonomsko smiselna r. (deležniki v sistemu) >> Ekon. smiselna r. (družba kot celota)

Količina reciklirane PKOP je kljub temu veliko nižja od 10%, kvaliteta gorljivih odpadkov kot nezaželenih preostankov okoljevarstveno slaba, vrednost odpadka pa na umetni način zmanjšana tudi na (-) 200 Eur/t. Cena lignita pa je ~(+) 200 Eur/t (!?!).

Na tak način koncipiran sistem se med drugim odraža kot fenomen kopičenja raznih frakcij PKOP in reciklatov po odprtih in zaprtih skladiščih. Ti odpadki končajo svojo pot v takšnih ali drugačnih kurilnih napravah, in to potem, ko so bili zanje predhodno že potrošena velika sredstva ravno zato, da ne bi končali na sežigu.

Viri za pokrivanje tovrstnih nesmiselnih odlivov v družbi:
realno gospodarstvo (embalažnina), gospodinjstva (višja smetarina), pa tudi višja cena toplotne energije, višja cena cementa, proračun, okoljske takse, idr.

NESKLADJE INTERPRETACIJ GLEDE PRIMERNOSTI OBSTOJEČEGA NAČINA GOSPODARJENJA S "PKOP"

5

"MAIN STREAM" RAZLAGA

1. Proizvodnja reciklatov iz PKOP ima iz okoljskega ter stroškovnega vidika prednost pred proizvodnjo TGO.
2. V Nemčiji se reciklira preko 35% generirane OP.
3. Koncept PRO na področju ravnanja s PKOP pomembno vpliva na stopnjo reciklaže PKOP.
4. Vsaka reciklirana tona PKOP pomeni eno tono PKOP manj, ki bi jo sicer morali odstraniti s sežigom.
5. Reciklaža PKOP zmanjša potrebe po eksploataciji in rafinaciji deviških surovin.

KRITIČNA RAZLAGA

1. Regulatorno favoriziranje recikliranja PKOP na račun energetske izrabe ima negativen učinek na okolje in ekonomijo.
2. OP v nemških izdelkih predstavlja ~16% mase. Delež PKOP je še veliko manjši.
3. Stopnja reciklaže PKOP je tako nizka, da bi jo zlahka dosegli tudi brez uvedbe potratnega koncepta PRO.
4. Reciklaža PKOP skorajda nič ne vpliva na zmanjšanje potrebe po sežigu PKOP, vsaj ne na dolgi rok.
5. Reciklaža PKOP ne zmanjša potrebe po eksploataciji in rafinaciji deviških surovin.

6

KONSTRUKCIJA KOMPARACIJSKEGA MODELA ZA OCENITEV VPLIVA RECIKLAŽE "PKOP" NA ZMANJŠANJE POTREBE PO NJENEM SEŽIGU

Primerjamo materialne tokove surovin na vhodu v proizvodnjo plastičnih izdelkov in PKOP na izhodu iz sistema ravnanja z odpadki, značilnih za tri vrste ekonomij:

1. Obstoječe **krožno g.**, ki je regulatorno zasnovano na konceptu zbiranja LZF ter obdelave MKO z nominalnim ciljem doseganja čim višje stopnje reciklaže
 - a.) **mlado k.g.** (v inicialni fazi takoj po vzpostavitvi)
 - b.) **zrelo k.g.** (krožni sistem je saturiran z materialom, ki je v preteklosti že bil večkrat recikliran)
2. Trajnostno **linearno g.**, zasnovano na sistemu zbiranja $LZF_{\text{mokri}} / \text{suhi}$ in favoriziranju proizvodnje kvalitetnih TGO_{SRF} za cementarne in TE-TO

Cilj:

Primerjati količine PKOP divergirane v sežig primerjajoč delovanje omenjenih gospodarstev med seboj.

KONSTRUKCIJA KOMPARACIJSKEGA MODELA ZA OCENITEV VPLIVA RECIKLAŽE "PKOP" NA ZMANJŠANJE POTREBE PO NJENEM SEŽIGU

7

Zasnova primerjalnega modela in odstranitev "šumov" :

1. Natančna definicija pojmov linearno in krožno gospodarstvo
2. Pretok materiala skozi sistem se kvantificira kot konstanten tok 100 masnih enot plastike na dolžino časa, ki mora preteči, da se zaključi en cikel zamenjave plastične mase, ki se nahaja v uporabi znotraj določene družbe

Povsem linearno gospodarstvo

16,7 m.e./leto $\xrightarrow{100 \text{ m.e.} / 6 \text{ let}}$ 16,7 m.e./leto

Povsem krožno gospodarstvo

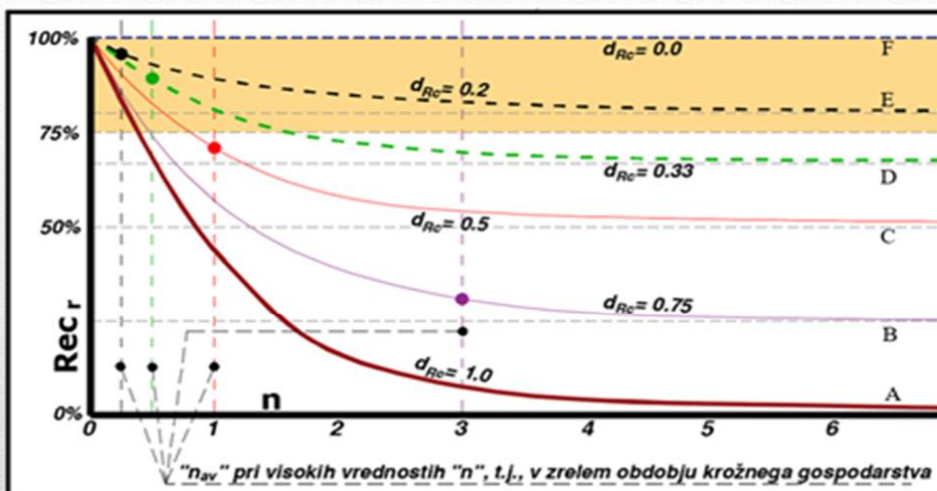
100 m.e. / 5,5 let
18,2 m.e./leto $\xrightarrow{109,1 \text{ m.e.} / 6 \text{ let}}$ 18,2 m.e./leto

Realistično krožno gospodarstvo

100 m.e. / 5,9 let
80% $\xrightarrow{101,8 \text{ m.e.} / 6 \text{ let}}$ 80%
20% $\xrightarrow{17,0 \text{ m.e./leto}}$ 20%

IZRAČUN POVPREČNE ŽIVLJENJSKE DOBE RECIKLIRANIH PROIZVODOV

8



$d_{Re} = 1$		$d_{Re} = 0.75$		$d_{Re} = 0.5$		$d_{Re} = 0.33$		$d_{Re} = 0.20$	
n	Rec _r	n	Rec _r	n	Rec _r	n	Rec _r	n	Rec _r
0.5	0.66	0.5	0.74	0.5	0.82	0.5	0.89	0.5	0.93
1	0.43	1	0.57	1	0.71	1	0.81	1	0.89
2	0.18	2	0.39	2	0.59	2	0.73	2	0.83
3	0.08	3	0.31	3	0.54	3	0.70	3	0.81
4	0.04	4	0.27	4	0.52	4	0.68	4	0.81
8	0.00	8	0.25	8	0.50	8	0.67	8	0.80

IZRAČUN POVPREČNE ŽIVLJENJSKE DOBE RECIKLIRANIH PROIZVODOV IN MASNEGA TOKA PLASTIKE SKOZI KROŽNI SISTEM

a) Relativne vrednosti

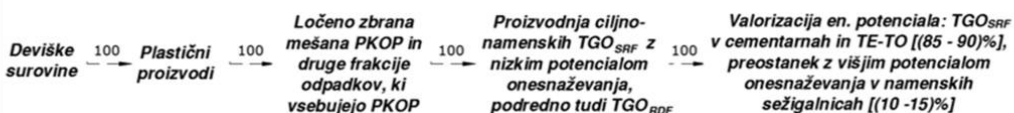
$d_{RC} = 1$			$d_{RC} = 0.75$			$d_{RC} = 0.5$			$d_{RC} = 0.33$			$d_{RC} = 0.20$		
n_{av}	t_{RC}	F_r	n_{av}	t_{RC}	F_r	n_{av}	t_{RC}	F_r	n_{av}	t_{RC}	F_r	n_{av}	t_{RC}	F_r
1	0.29	3.45	0.75	0.52	1.92	0.50	0.72	1.39	0.33	0.84	1.19	0.20	0.91	1.1
3	0.05	20.0	1.73	0.37	2.70	0.86	0.66	1.52	0.48	0.82	1.22	0.25	0.91	1.1
∞	0.00	∞	3.00	0.29	3.45	1.00	0.65	1.54	0.50	0.82	1.22	0.25	0.91	1.1

b) Absolutne vrednosti

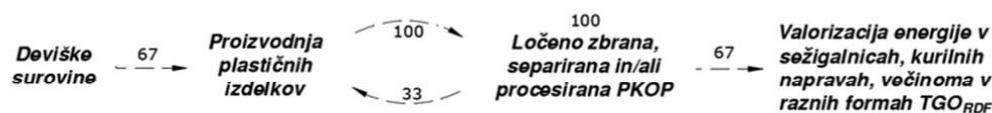
Dosežena stopnja v evoluciji staranja krožnega gospodarstva	$d_{RC} = 1$		$d_{RC} = 0.75$		$d_{RC} = 0.5$		$d_{RC} = 0.33$		$d_{RC} = 0.20$	
	$t_{LS, av}$ [leta]	Q_{sistem} [m.e./6 let]	$t_{LS, av}$ [leta]	Q_{sistem} [m.e./6 let]	$t_{LS, av}$ [leta]	Q_{sistem} [m.e./6 let]	$t_{LS, av}$ [leta]	Q_{sistem} [m.e./6 let]	$t_{LS, av}$ [leta]	Q_{sistem} [m.e./6 let]
Mlado	1,74	345	3,12	192	4,32	139	5,04	119	5,46	110
Tranzicija	0,30	2000	2,22	270	3,96	152	4,92	122	5,46	110
Zrelo	0,00	∞	1,74	345	3,90	154	4,92	122	5,46	110

MATERIALNI TOKOVI PLASTIKE SKOZI ANTAGONISTIČNO KONCIPIRANA SISTEMA RAVNANJA S PKOP

PRIPOROČENO, TRAJNOSTNO ZASNOVANO LINEARNO GOSPODARSTVO NA PODROČJU RAVNANJA S PKOP



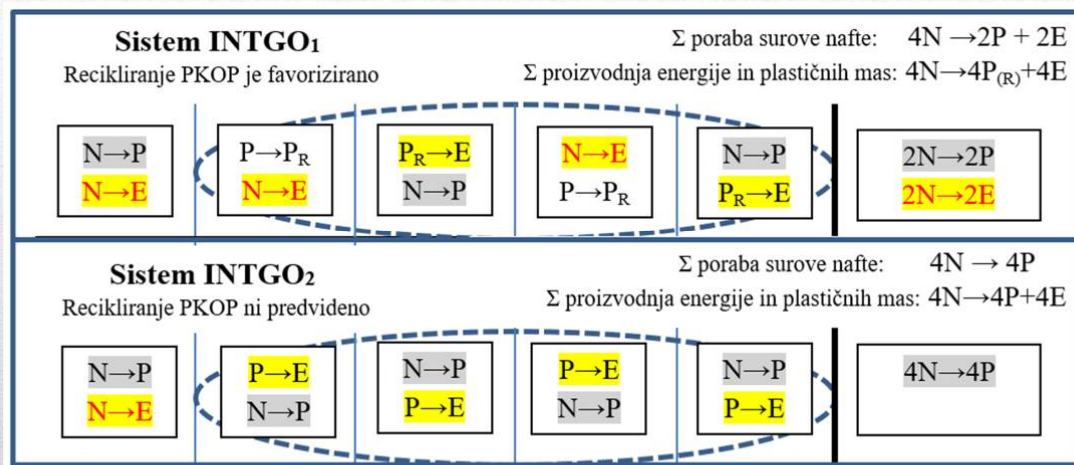
Inicialna faza obratovanja krožnega gospodarstva



Zrela faza obratovanja krožnega gospodarstva



PRIMERJAVA MASNO- ENERGETSKIH BILANC ZNAČILNIH ZA SISTEME "INTGO" Z- IN BREZ IZVAJANJA RECIKLAŽE "PKOP"



Slika: Relativna poraba primarne surovine/ goriva primerjajoč dva sistema INTGO med seboj

ZAKLJUČEK

1. Okoljevarstveniki, ki favorizirajo recikliranje PKOP, so prepričani, da vsaka tona odpadne plastike, ki se jo divergira v reciklažo, pomeni eno tono odpadne plastike manj, ki bi jo sicer morali odstraniti s sežigom. Poskušali smo ugotoviti, ali ta teza drži.
2. Skonstruirali smo ustrezen komparacijski model primerjajoč materialne tokove značilne za linearno, mlado- in zrelo krožno gospodarstvo ter izvedli izračune na podlagi realnih vhodnih podatkov iz strokovne literature.
3. Ugotovili smo, da teza okoljevarstvenikov drži za zelo mlado krožno gospodarstvo. V zrelem obdobju krožnega gospodarstva pa je količina PKOP, divergirane v sežig, praktično enaka, kot bi le ta bila v okolju povsem linearnega gospodarstva. To bi še zlasti veljalo v primeru, da bi stopnjo reciklabilnosti PKOP poskušali povečati na več- deset %, v skladu z ambicijami, ki jih imajo v EU, zlasti v Nemčiji.
4. Dva fenomena ultimativno botrujeta takšnemu rezultatu izvedene komparativne analize:
 - skrajšanje življ. dobe rec. plastike vgrajene v izdelkih (skrito dinamično skladiščenje)
 - forsiranje anti- zdravo-razumske ideje, da je nizko reciklabilnost PKOP možno z zakonodajo umetno povečati, primernost za sežig pa umetno zmanjšati (vidno kopičenje PKOP v sistemu in/ali absurdno visoki stroški sežiga PKOP frakcij, kar je deloma upravičeno, saj niso bile proizvedene v formatu TGO_{SRF}).
5. Ultimativni zaključek: **Sistem INTGO, v katerem se forsira reciklažo PKOP, generira dodatne emisije v okolje, dodatna okoljevarstvena tveganja in dodatne stroške, ki jih sistem, ki favorizira energetska izrabo trdnega goriva iz odpadkov, ne pozna.**