

**TRDNI ODPADKI**

# DANAŠNJE PREDAVANJE

- Kaj so odpadki ?
- Slovenski pristop/zakonodaja.
- Vplivi odpadkov na okolje ?
- Kako ravnamo z odpadki ?
- Deponije
- Kako zmanjšati količino odpadkov ?
- Prihodnost odpadkov ?

# KAJ JE ODPADEK ?

## definicija

Odpadek je vsaka snov, ki nam v danem trenutku več ne koristi in bi se je zato radi znebili.

## nova definicija ?

Odpadek je vse tisto, česar danes še ne znamo ali nismo pripravljeni izkoristiti.

# TIPI TRDNIH ODPADKOV

- Odpadki iz gospodinjstev - komunalni odpadki
- Nevarni odpadki - odpadki iz industrije
- Kužni odpadki - odpadki iz bolnišnic

# TIPI TRDNIH ODPADKOV

## komunalni odpadki

- Odpadki iz gospodinjstev, šol in drugih ustanov,
- Gradbeni inertni odpadki,
- Ulični odpadki.

Porast njihove količine v zadnjih 50. letih: **10 X**

- spremenjen način življenja,
- novi izdelki,
- novi embalažni materiali (plastenke, pločevinke...)

# TIPI TRDNIH ODPADKOV

## nevarni odpadki

- Strupeni za ljudi, živali in rastline,
- Korozivni,
- Vnetljivi,
- Eksplozivni,
- Burno reagirajo v običajnih pogojih
- Kancerogeni,
- Teratogeni.....

### Nevarni gospodinjski odpadki:

- baterije,
- loščila za čevlje,
- barve, topila, razredčila,
- zdravila,
- embalaža teh produktov.

### Nevarni industrijski odpadki:

- kovinsko-predelovalna,
- kemijska,
- fitofarmaceutvska,
- farmacevtska industrija,
- proizvodna barvil,
- rafinerije,
- gumarska industrija.

# TIPI TRDNIH ODPADKOV

## kužni odpadki

- Nastanejo med postopki diagnostike in zdravljenja ljudi ali živali.
- Vsebujejo:
  - rezila, črepinje, injekcije,
  - anatomske odpadke (tkiva, kri, balto, urin...),
  - kulture,
  - povoji,
  - zdravila,
  - Radioaktivni,
  - kemikalije (nevarni odpadki).
- Nevarni za ljudi in okolje: širjenje bolezni.
- Statistika: 25% odpadkov v bolnišnicah je kužnih.

# VRSTE ODPADKOV

## slovenska zakonodaja

Zakon o varstvu okolja (1996) 

- Komunalni odpadki: gospodinjstva, njim podobni
- Inertni odpadki: fizikalno, kemijsko, biološko se ne spremenijo, izlužki ne vplivajo na podzemne in površinske vode.
- Nevarni odpadki: vsi, ki niso nenevarni
- Biorazgradljivi odpadki: aerobna, anaerobna razgradnja (hrana, vrt, papir...)
- Gradbeni odpadki: gradnja, rušenje...



# ODLAGANJE ODPADKOV

## slovenska zakonodaja

Zakon o varstvu okolja (1996) 

- Odlagališče odpadkov - deponija:
  - Objekt/del objekta, kjer proizvajalec odlaga odpadke na mestu nastanka.
  - Stalen objekt/del objekta, kjer se odpadki skladiščijo več kot 1 leto.
- Deponija ni:
  - Objekt/del objekta za pripravo odpadkov za prevoz v predelavo, skladiščenje ali uničenje.
  - Objekt/del objekta za skladiščenje pred predelavo do 3 leta.

# ODLAGANJE ODPADKOV

## slovenska zakonodaja

Zakon o varstvu okolja (1996)

5/2000  
41/2004  
43/2004

### • Vrste odlagališč odpadkov - deponij:

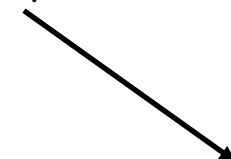
- Za nevarne odpadke,
- Za nenevarne odpadke,
- Za inertne odpadke.



- vrednosti v odpadkih
- vrednost v izlužkih
- gradbeni odpadki



- vrednosti v odpadkih
- vrednost v izlužkih



- vrednosti v odpadkih
- vrednost v izlužkih

# ODLAGANJE ODPADKOV

## slovenska zakonodaja

Zakon o varstvu okolja (1996) → 5/2000  
→ 41/2004  
→ 43/2004

- Odpadki, ki jih ne smemo odlagati:

- Ne sodijo med prej navedene,
- Tekoče (razen recikla izcednih vod),
- Eksplozivne, vnetljive, oksidativne odpadke,
- Tlačne posode,
- Snovi, ki burno reagirajo z vodo,
- Infektivne odpadke (bolnice, živalski odpadki...),
- Laboratorijski odpadki raziskovalne in pedagoške dejavnosti z neznanim vplivom na okolje, človeka,
- Gume
- Muljasti, pastozni in drobnozrnati odpadki, ki vplivajo na stabilnost odlagališča ali sistemu odvajanja izcednih vod.

Redčenje ali mešanje odpadkov ni dovoljeno.

# ODLAGANJE ODPADKOV

## slovenska zakonodaja

Zakon o varstvu okolja (1996) 

- Ocena odpadkov: da/ne na odlagališčeh
  - Oznaka,
  - Naziv,
  - Opis,
  - Lastnosti,
  - Določeni parametri v odpadku in izlužkih v skladu z zakonodajo,
  - Opis posledic odlaganja teh odpadkov (stabilnost deponije...),
  - Potrebna predhodna obdelava in zakaj,
  - Določitev nevarnih lastnosti odpadka.

# ODLAGANJE ODPADKOV

## slovenska zakonodaja

Zakon o varstvu okolja (1996) 

- Zakon predpisuje:
  - Kemijske analize odpadkov,
  - Pogostost kemijskih analiz,
  - Načine vzorčevanja odpadkov in priprave izlužkov,
  - Naloge upravljalca deponija - mala tovarna.
- Kje ne sme biti deponija:
  - Vodovarstveno območje (pitna, termalna),
  - Poplavno območje,
  - Ogroženo območje zaradi gibanja zemeljskih mas (plazovi...),
  - Razpokana kamninska podlaga, dobra vodna propustnost z nepoznanimi podzemnimi tokovi,
  - Ozemlje z visoko podtalnico.

# ODLAGANJE ODPADKOV

## slovenska zakonodaja

Zakon o varstvu okolja (1996) → 5/2000  
→ 41/2004  
→ 43/2004

- Načrtovanje deponije:

- Stran od parkov, zdravilišč, rekreacijskih površin, kmetijskih površin in vodotokov,
- Ni v vidnem polju balkonov, hiš,
- 600 m (300 m) stran od šol, zdravstvenih domov...,
- Vodopropustnost tal,
- Neovirano izcejanje izcednih vod (zbiralniki).
- Urediti temelje, tesnenje,
- Prekrivanje, površinsko tesnenje,
- Lovljenje in sežig plinov (**Zakaj ?**),
- Onemogočen dostop ljudi in divjadi.

# ODLAGANJE ODPADKOV

## slovenska zakonodaja

Zakon o varstvu okolja (1996)

5/2000  
41/2004  
43/2004

### Je deponiranje tisto pravo ?

- Pomembno, da zakonodaja spodbuja:

- Sortiranje odpadkov,

- Recikliranje sekundarnih surovin,

- Kompostiranje.

selekcioniranje

posebna obdelava

- Poleg odlaganja tudi sežig.

# ODLAGANJE ODPADKOV

## slovenska zakonodaja

Zakon o varstvu okolja (1996) 

- Zaprtje deponije:

- Odlagališče primerno zakrito, urejeno tesnenje in površinsko odvajanje padavinskih vod in razplinjevanje,

10-letni nadzor

- Določiti upravljalca,
- Vzdrževanje in varovanje zaprtega odlagališča,
- Izvajanje trajnih in občasnih meritev,
- Redne preglede telesa deponije,
- Izdelati poročila o stanju in predpisanih meritvah vsako leto
- **Velike spremembe**: 7 dni za obvestitev pristojnega organa



# DEPONIJA ODPADKOV

## komunalnih

### Zgradba deponije

- Na dnu trdna-neprepustna podlaga
- Kompozitna tkanina (trdnost, izcedne vode)
- Zbiralni sistem za izcedne vode (perforirane cevi)
- Zbiralni sistem za nastale pline
- Zastirka, s katero zmanjšamo vtok deževnice

Dnevno delo na deponiji:

- 📄 Polnjenje celice (zavzema predviden dnevni V odpadkov)
- 📄 Kompaktiranje (redukcija V)
- 📄 Zastiranje celice s tanko plastjo zemlje ali drugega materiala):
  - smrad
  - veter
  - pobiranje smeti
  - glodalci...

# DEPONIJA ODPADKOV

## komunalnih

### Sestava odpadkov pred ločevanjem

- Pomemben je volumen odpadkov, bolj kot masa.
- Gostota:  
325 - 700 kg/m<sup>3</sup>
- Reciklaža papirja in plastike zmanjša volumen za 50%.
- Voda zavzema do 10-20% vhodnega volumna.
- Z razgradnjo se lahko razgradi 25-40% komunalnih odpadkov.

# STABILIZACIJA ODPADKOV

## Fizikalni - kemijski - biološki procesi:

- Fizikalna razgradnja:

- zlomi in premiki komponent,
- difundiranje vode,
- dispergiranje vode,
- izpiranje snovi.

- Kemijska razgradnja:

- hidroliza,
- raztapljanje,
- obarjanje,
- sorpcija/desorpcija,
- kompleksiranje,
- ionska izmenjava

- Večja gibljivost komponent
- Večja homogenost deponije

- Biološka razgradnja:

- aerobni pogoji,
- anaerobni pogoji
- anoksični pogoji.

- Sproščanje snovi
- Nastanek intermediatov

# FAZE STABILIZACIJE ODPADKOV

## 5 faz

- Faze trajajo različno dolgo, odvisno od vrste odpadkov in vlage,
- Niso homogene po celem telesu deponije,
- Kontrolo je potrebno prilagoditi procesom v deponiji.

# FAZE STABILIZACIJE ODPADKOV

## 5 faz

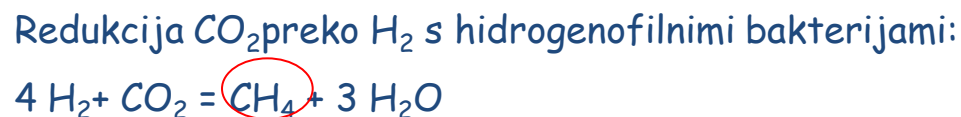
- Prva faza -nekaj dni:
  - **aerobna**, možna difuzija kisika
  - $CO_2$ , voda, amonij
- Druga faza:
  - **anaerobna faza - kislina faza**
  - pojavijo se fermentativne in acetogene bakterije,
  - hidroliza in fermentacija kompleksnih organskih spojin v hlapne maščobne kisline, vodik in  $CO_2$ ,
  - pH pade na 5,5-6,5,
  - nižji redoks potencial,
  - manj sulfata.
- Tretja faza:
  - **anaerobna faza - začetna metanogena faza**
  - nastale produkte pretvori v očetno kislino, vodik in  $CO_2$ ,
  - Pojavi se metan, koncentraciji vodika in  $CO_2$  upadata,
  - pH se dvigne na 7-8,
  - zmanjša se topnost težkih kovin, ki se kasneje lahko izločijo kot sulfidi.

# FAZE STABILIZACIJE ODPADKOV

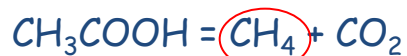
## 5 faz

- Četrta faza - nekaj mesecev do nekaj let:

- anaerobna - metanska faza
- konstantna produkcija  $\text{CH}_4$ : 50-65%,
- zmanjša se koncentracija maščobnih kislin in vodika,
- organske kisline se pretvarjajo v  $\text{CH}_4$  preko vmesnih stopenj,
- je več možnih reakcij:



Razpad očetne kisline z acetofilnimi bakterijami:



- vsi nastali intermediati se takoj pretvorijo naprej v metan.

- Peta faza:

- le še težko razgradljive organske snovi,
- delež metana pade, v plinu se pojavlja dušik, ki difundira iz atmosfere,
- v zgornjih plasteh depoije imamo lahko spet aerobno fazo.

# SESTAVA IZCEDNIH VOD

- Sestava je odvisna od procesov, ki v deponiji potekajo.
  - Pomembne so koncentracije organskih snovi, ki se spreminjajo glede na fazo.
- 
- Za kislno fazo (**mlade deponije**) je značilno:
    - lahko razgradljive snovi:  $BPK_5/KPK$  je več kot 0,4,
    - visoka koncentracija organskih kislin,
    - nizek pH,
    - dobra topnost nekaterih anorganskih snovi: kovine, sulfatni kalcij....

# SESTAVA IZCEDNIH VOD

- Za izcedne vode **stare deponije** pa je značilno:
  - pH se poviša na 7-8,
  - Poveča se količina slabo ali pa nerazgradljivih snovi: BPK<sub>5</sub>/KPK je lahko manj kot 0,1,
  - razgrajujejo se tudi aromatske spojine,
  - Dušik se pretvarja iz organsko vezane oblike v amonij, koncentracija obeh pa se s časom zmanjšuje.
  - S staranjem se povečuje količina visokomolekularnih snovi.

Nihanja s staranjem : Nihanja zaradi sezonskih procesov



# SESTAVA IZCEDNIH VOD

## dejavniki, ki vplivajo na sestavo izcednih vod

- Sestava odpadkov:
  - hitrost procesov v deponiji,
  - **gospodinjstva**: organski odpadki,
  - **industrija**: težke kovine, manj razgradljivo, strupene snovi.
- Temperatura deponijskega telesa:
  - rast MO,
  - hitrost biokemijskih reakcij,
  - topnost soli narašča z rastočo temperaturo.

*Arrheniusov zakon:*  
 $k = A \exp(-E_a/RT)$

- Debelina odloženega sloja:
  - voda dlje časa potuje,
  - Več se izluži.
- Način odlaganja odpadkov:

**Zmleti odpadki**: več izluževanja, več razgradnje, ker je večja aktivna površina.

**Trdni odpadki +blato**: več vlage, več razgradnje.

**Komunalni odpadki + sorptivni (pepel, apno)**: zmanjša mobilnost nevarnih komponent (adsorpcija, sorpcija...).

# SESTAVA IZCEDNIH VOD

## dejavniki, ki vplivajo na sestavo izcednih vod

- Starost deponijskega polja:
  - **2 - 3 leta:** koncentracija polutantov narašča,
  - Koncentracija anorganskih komponent pada počasneje (izpiranje) kot koncentracija organskih (razgradnja, izpiranje),
- Vlaga v deponijskem telesu:
  - delovanje MO,
  - izmenjava substanc,
  - Na režim vlage v telesu deponije vpliva: način polnjenja deponije, način odlaganja odpadkov in klimatske razmere.

### Malo vlage:

- zmanjša mobilnost komponent,
- slabše delovanje MO.

### Veliko vlage:

- nestabilnost deponije,
- hitro ozpiranje topnih snovi,
- izpiranje MO.

# ČIŠČENJE IZCEDNIH VOD

- **Problem** deponijskih izcednih vod:
  - spremenljiva sestava,
  - spremenljiva količina.

## Biološko čiščenje:

- ▣ razprševanje na odpadke, samočiščenje,
- ▣ z dispergirano biomaso,
- ▣ z anaerobnimi postopki v dispergiranim sloju...

## Kemijski postopki:

- ▣ obarjanje kovinskih soli ali hidroksidov,
- ▣ flokulacija s polielektroliti,
- ▣ oksidacija (Fenton, WAO, UV/Fenton)...



**Običajna rešitev:** kombinacija

## Fizikalni postopki:

- ▣ adsorpcija na AO, sintetičnem adsorbentu,
- ▣ ionska izmenjava,
- ▣ membranski postopki (reverzna osmoza, ultrafiltracija...)
- ▣ sedimentacija....

# DEPONIJSKI PLIN

- Sestava deponijskega plina:
  - 53 % metana
  - 47%  $CO_2$ , sledovi  $N_2$ ,  $O_2$ ...
  - hlapi organskih snovi (benzen toluen, halogenirane organske snovi...), ki lahko reagirajo do dioksinov in furanov (strupeni). Temu se izognemo s sežigom pri visoki T.
  - proizvaja se 30 let po deponiranju, 80% v prvih 15 letih.
- $CH_4$  kot toplogredni plin ?
- Eksplozivnost metana.
- Sežig deponijskega plina ?

Slabši sežig in večje emisije kot naravni plin

# KOMPOSTIRANJE ODPADKOV

- Z ločevanjem odpadkov lahko kompostiramo doma:
  - **Domače kompostiranje:** zmanjšamo stroške zbiranja odpadkov.
  - **Kompostiranje v zbiralnici:** zmanjšamo volumen zbranih odpadkov, kontrola plinskih emisij...
- **Kompostiranje:** aerobna razgradnja organskih odpadkov v kontroliranih pogojih, tako da dobimo uporaben produkt: kompost.



## Kontrolirani pogoji:

- krajši čas,
- manj prostora,
- manj smradu...



## Kompost:

- veliko organskih snovi,
- premalo nutrientov (N, P K), zato moramo dodati še gnojila.

# KOMPOSTIRANJE ODPADKOV

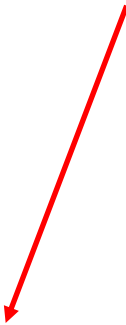
- Kompostiramo v kupih: 2 m (v) x 3-4 m (š) x 10 m (d).
- Kompostiranje v reaktorjih: mešanje, zračenje.
- Kombinirano kompostiranje:
  - ▣ prva faza: reaktor,
  - ▣ druga faza: kup.
- Organizmi kompostiranja:
  - ▣ bakterije,
  - ▣ glive,
  - ▣ makroorganizmi (nematodi, glistice, črvi...).

Pomen višjih organizmov ?

Razbijejo večje koščke, da jih MO lahko napadejo.

# KOMPOSTIRANJE ODPADKOV

## ■ Bistveno za kompostiranje:

- temperatura,
  - vlaga,
  - pH,
  - vsebnost nutrientov,
  - kisik.
- 

### Temperatura:

- začetna faza: **mezofilni organizmi** (bakterije, glive): 25 - 45 st. C.
- eksotermna reakcija, T se dviga.
- nad 45 st. C prevladajo **termofilni organizmi**: 45 - 70 st. C.
- T nato raste, dokler je dovolj E in nutrientov za termofile.
- Patogeni: **72 h nad 55 st. C.**
- Ko nutrientov zmanjka, termofili odmrejo, prevladajo spet mezofilni organizmi, ki do konca pretvorijo nastale medprodukte v stabilne končne produkte.

# SEŽIG ODPADKOV

- Količina sežganih odpadkov se zmanjšuje:
  - ZDA: 1960 - 30 %  
1980 - 10 %  
1990 - 16 % (boljša tehnologija sežiganja, manj deponiranja)
  - Japonska: 2000 - 60 %
  - Francija, VB: 2000 - 30/40 %
- **Prednosti sežiga:**
  - zmanjšanje volumna,
  - takojšnje uničenje odpadkov,
  - manj prostora (cena),
  - uničenje nevarnih odpadkov,
  - energijsko ugoden proces.
- **Slabosti sežiga:**
  - slab sežig, nastanek dioksinov,
  - Slabše kot recikliranje.



# MANJ ODPADKOV ?

R-R-R

## Reduce (zmanjšaj):

- količino porabljenih surovin,
- energijsko zahtevnost procesov,
- njihov škodljiv vpliv na okolje, ljudi,
- količino odpadkov.

## Reuse (ponovno uporabi):

- manj potroši,
- bolj kvalitetni produkti,
- količino odpadkov.

## Recycle (recikliraj):

- zberi,
- predelaj,
- izkoristi energijo.

**zero waste management**

# MANJ ODPADKOV ?

## Proizvajalci:

- izbira materialov,
- izbira tehnologij.



- ✿ manj surovin,
- ✿ manj odpadka,
- ✿ manjša poraba energije,
- ✿ manjše emisije,
- ✿ boljši produkti.



## Potrošniki:

- Ali to res rabim ?
- Je izdelek okolju prijazen ?
- Ali moram izdelek res zamenjati ?
- Kam gre embalaža ?
- Kam gre po uporabi izdelek ?

# NIČ ODPADKOV

## zmanjšaj količino !

- Trajni produkti:
  - Izberemo tiste z daljšo življenjsko dobo.
  - Popravljamo izdelke.
  - Moda ?
  - Nove tehnične izboljšave ?
- Trajni materiali:
  - Tudi če izdelek ni več uporabe, so notri materiali, ki so še uporabni, se jih da reciklirati.
- Izbira materialov:
  - cena surovin,
  - način priprave, pridobivanja, kako obremeni okolje,
  - razni kompoziti nadomeščajo kovine (baterije, kabli...)
  - Izberemo manj strupene, kancerogene...
- Zmanjšanje količine surovin:

# NIČ ODPADKOV

## recikliraj !

- **Definicija:** Zberemo snovi in jih porabimo kot surovino za nove produkte.
- Proces recikliranja:
  - zberemo materiale,
  - jih ločimo, sortiramo,
  - predelamo,
  - prodamo naprej.
- Dva tipa recikliranja:
  - **pred uporabo:** ostanki pri izdelavi izdelka, še preden nastane izdelek,
  - **po uporabi:** ko izdelek pristane med odpadki, a je njegov del primeren za predelavo.
- Delež recikliranja narašča v zadnjih 20 letih

# RECIKLIRANJE PAPIRJA

- Za:

- časopise,
- karton,
- izolacija.

1 tona starega papirja = 17 dreves

1 drevo absorbira 125 kg CO<sub>2</sub> letno

1 tona starega papirja sprosti pri sežigu 850 kg CO<sub>2</sub>

- Učinkovitost recikliranja papirja (EU, 2004):

- škatle: 56 %
- časopisi: 46 %
- pisarniški papir: 37 %
- tiskani reklamni papir: 20 %
- revije: 18 %
- ....

- Postopki les/star papir primerljivi (barvila, plastificiranje).

- Postopek ne gre v neskončnost, ker se vlakna poškodujejo, zato mora iti na deponijo ali v sežig.

# RECIKLIRANJE PLASTIKE

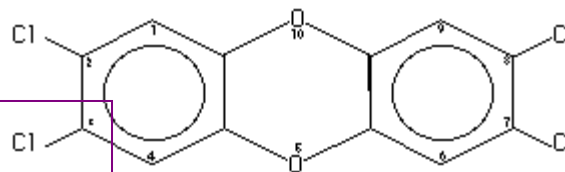
- Trenutno stanje:
  - Na deponijah 9,3 % celotne mase predstavlja plastika. Ker je običajno bolj voluminozna, zavzame več prostora.
  - Le 3,5 % jo dejansko recikliramo (EU, 2003).
- **Plastika = polimeri** z različnimi lastnostmi in namenom.
- Možnost recikliranja:
  - PETE (polietilen tereftalat) - plastenke za pijačo: 26 %
  - HDPE (polietilen visoke gostote) - voda, detergenti, motorna olja: 6 %
  - PVC (polivinil klorid) - olja za kuho, kreditne kartice, folije: 0 %
  - LDPE (polietilen nizke gostote) - nakupovalne vrečke: 0,1 %
  - PP (polipropilen) - slamice, margarina: 6 %
  - ....
- Pomembno za recikliranje:
  - barva,
  - tisk,
  - absorbcija snovi, s katerimi so v stiku

# RECIKLIRANJE PLASTIKE

- Uporaba reciklirane plastike:
  - **PET steklenice:** vlakna za oblačila, surfe, borde, tudi za nove platenke, kjer dajo plast iz reciklirane plastike med dve plasti iz nove plastike.
  - **HDPE, LDPE:** platenke za čistila, kante za odpadke, drenažne cevi.
  - **PVC:** lahko uniči celo šaržo plastike za recikliranje. Vsebuje Cl atome, ki tvorijo pri segrevanju/sežigu HCl (strupen).

**PVC:** potrebujemo **dioksin:**

- kancerogen,
- strupen,
- hormonski motilec,
- stabilen,
- akumulira v materinem mleku...



# RECIKLIRANJE STEKLA

- Edini material, ki se ga res manj pojavlja v odpadkih zadnjih 20 let.
- Reciklira se večinoma samo steklenice, ne pa ostalega stekla (šipe, keramika, porcelan...):
  - pivovske steklenice in steklenice za sok: 29 % (ZDA, 1998)
  - kozarci za hrano: 19 %
  - steklenice za žganje in vino: 24 %
- Ločujemo po barvi (belo, zeleno, rjavo), ki je posledica dodanih permanentnih barvil.



# RECIKLIRANJE ALUMINIJA

- Najbolj učinkovito se reciklira.
- Zakaj? 1 tona aluminija = 10 x dražje kot 1 tona PET:
- 1 tona aluminija = 20 x učinkovitejše zbiranje kot 1 tona stekla, papirja
- Ko predelujemo recikliran aluminij, rabimo le 2-3 % energije, ki bi jo rabili za proizvodnjo iz boksita.
  - pločevinke za pivo in brezalkoholne pijače: 63 % (ZDA, 1998)
  - folije in pokrovčki: 1 %