



Fakulteta za
strojništvo

Energijska izraba nenevarnih odpadkov

N. Samec , F. Kokalj



Univerza v Mariboru

Bled, 3. junij 2022

Uvod – izhodišča energijske izrabe odpadkov

- vir energije v odpadkih je organska snov, ki vsebuje kemijsko energijo,
- lahko je namenjena snovni predelavi ali energijski izrabi,
- kam z nerekiclabilnimi odpadki? (vprašljiva uporabna vrednost reciklatov??)
- povečanja deleža obnovljivih virov energije (OVE) v končni rabi energije - NEPN
- evropski zeleni dogovor, zmanjševanje izpustov CO₂ - del goriv iz odpadkov je biogenega izvora

Izzivi Evrope

Evropa uvaža veliko več snovi in energentov iz naravnih virov kot jih izvaža

Evropa je izpostavljena velikim nihanjem cen surovin in energentov

Evropa proizvede letno približno pet ton odpadkov na leto na prebivalca. Samo dobra tretjina od tega je učinkovito reciklirana

Evropa mora zagotoviti varne, konkurenčne, cenovno dostopne in trajnostne energetske vire

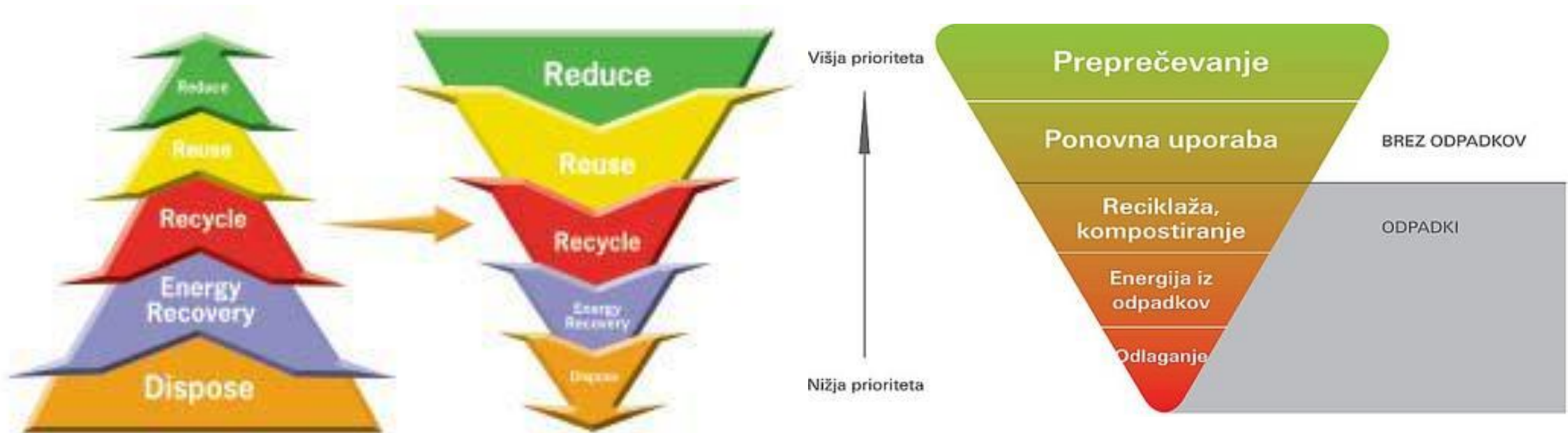
Zakonodaja: kaj je govorila prva evropska direktiva o odpadkih pred več kot 45. leti?

3. člen te direktive, je nalagal, da morajo države članice **sprejeti potrebne ukrepe, da spodbudijo preprečevanje, recikliranje in obdelovanje odpadkov, pridobivanje surovin in morda energije iz odpadkov** ter kakršne koli druge postopke za ponovno uporabo odpadkov.

Direktiva tudi nalaga, da je potrebno Evropsko Komisijo obvestiti o vsakem osnutku predpisov v ta namen in predvsem o vsakem osnutku predpisov glede:

- a. uporabe izdelkov, ki bi lahko predstavljali vir tehničnih težav glede odstranjevanja ali povzročali prekomerne stroške odstranjevanja;
- b. spodbujanja:
 - **zmanjševanja količin določenih odpadkov,**
 - **obdelave odpadkov za njihovo recikliranje in ponovno uporabo,**
 - **predelavo surovin in/ali pridobivanje energije iz določenih odpadkov;**
- c. uporabe nekaterih naravnih virov, vključno z energetske viri, na področjih, kjer jih je mogoče nadomestiti s predelanimi materiali.

Hierarhija ravnanja z odpadki



Kaj pravi evropska direktiva 2008/98/ES?

- Drugi odstavek 4. člena omogoča državam članicam pri uporabi hierarhije ravnanja z odpadki iz prejšnjega odstavka, da sprejmejo ukrepe za spodbujanje možnosti, ki skupaj zagotavljajo **najboljši izid za okolje**. To lahko zahteva **odstopanje od hierarhije za določene tokove odpadkov**, kjer je to **upravičeno z življenjskim krogom**, ob upoštevanju **celostnih vplivov** nastajanja takšnih odpadkov in ravnanja z njimi.
- Države članice morajo tudi v skladu s členoma 1 in 13 direktive o odpadkih upoštevati splošna načela varstva okolja, tj. **načelo previdnosti in trajnostnega razvoja, tehnično izvedljivost in ekonomsko smiselnost ter varovanje virov, kakor tudi splošne okoljske, ekonomske in družbene vplive ter vplive na zdravje ljudi**.
- Države članice sprejmejo, **v sodelovanju z drugimi državami članicami** kadar je to potrebno ali priporočljivo, **ustrezne ukrepe za vzpostavitev integriranega in ustreznega omrežja naprav za odstranjevanje odpadkov in naprav za predelavo mešanih komunalnih odpadkov**, zbranih iz zasebnih gospodinjstev, vključno tudi kadar takšno zbiranje vključuje mešane odpadke drugih povzročiteljev, ob upoštevanju najboljših razpoložljivih tehnik.

SLO hierarhija ravnanja z odpadki

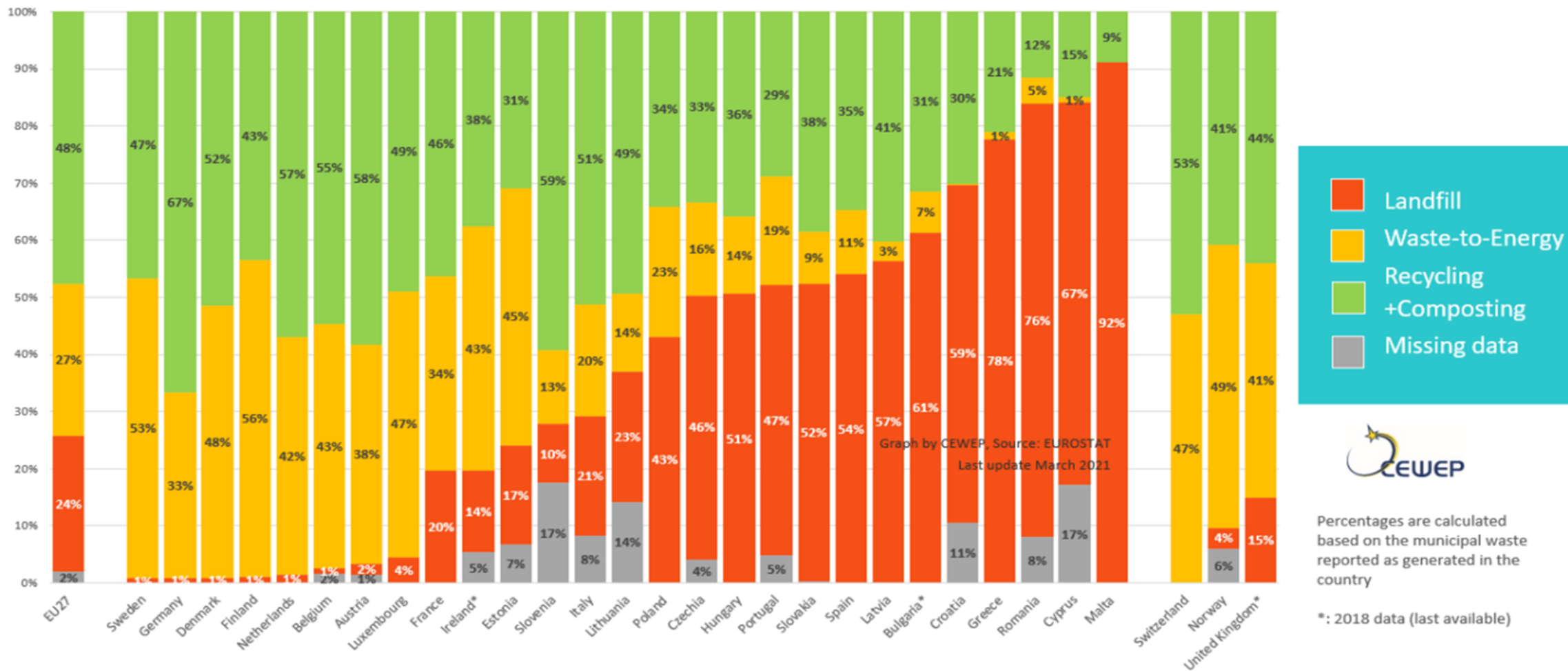


Pogled EU v prihodnost na področju odpadkov:

Kaj nas čaka na področju ravnanja z odpadki v prihodnje:

- Skupni cilj EU do leta 2030 je recikliranje 65% komunalnih odpadkov;
- Skupni cilj EU do leta 2030 je recikliranje 75% odpadne embalaže;
- Zavezujoč cilj je zmanjšati odlaganje odpadkov na največ 10% komunalnih odpadkov, do leta 2030;
- Prepoved odlaganja ločeno zbranih odpadkov;
- Spodbujanje ekonomskih instrumentov za odvrčanje odlaganja odpadkov;
- Poenostavljene in izboljšane definicije ter usklajene metode za izračun stopnje recikliranja odpadkov po vsej EU;
- Konkretni ukrepi za spodbujanje ponovne uporabe in spodbujati industrijsko simbiozo – pretvarjanje stranskega proizvoda ene industrije je v surovino druge industrije;
- Gospodarske spodbude za proizvajalce da dajo na trg bolj „zelene“ izdelke in podpora shemam za predelavo in recikliranje (na primer za embalažo, baterije, električno in elektronsko opremo, vozila).

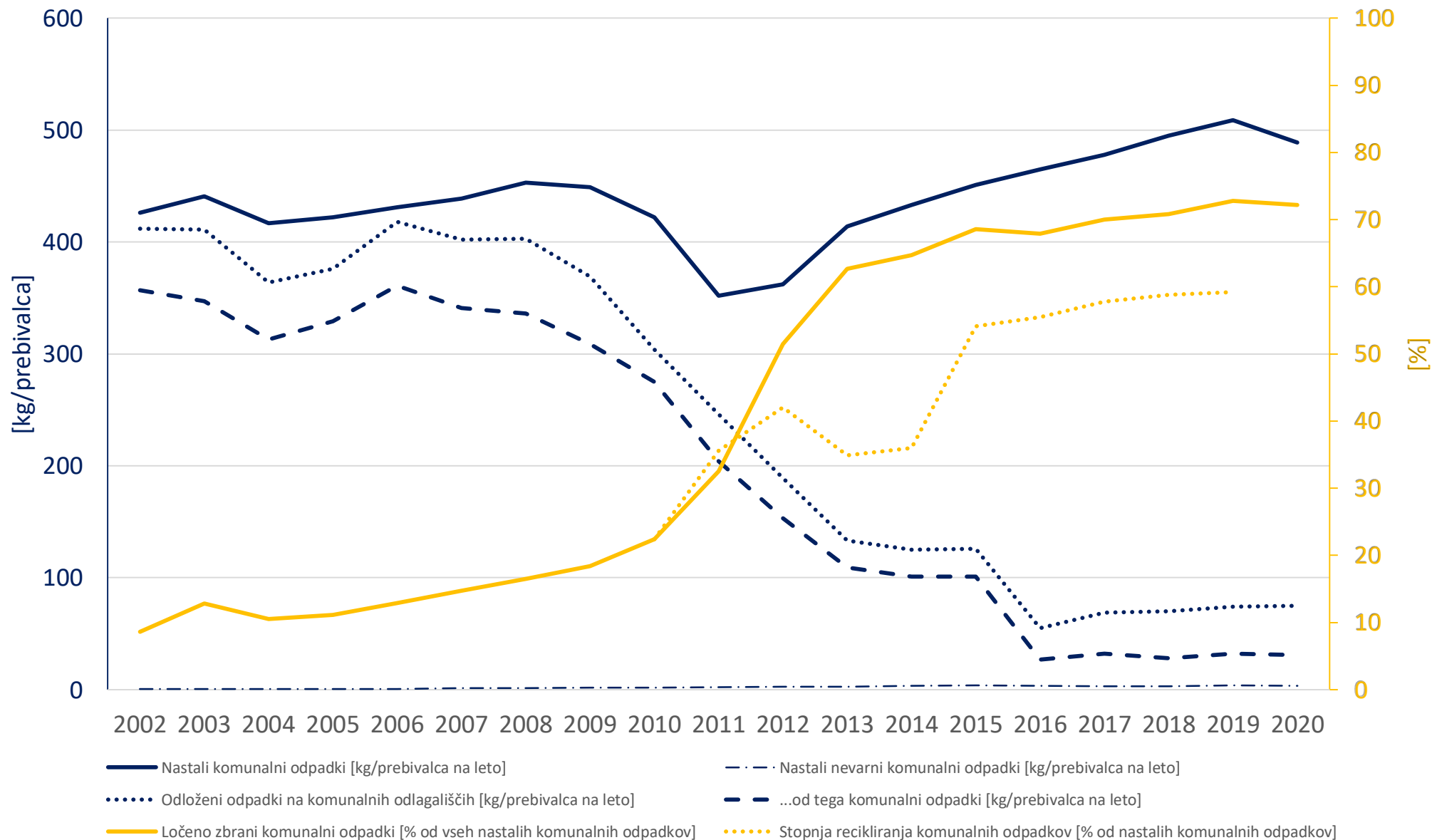
Ravnanje s komunalnimi odpadki v EU



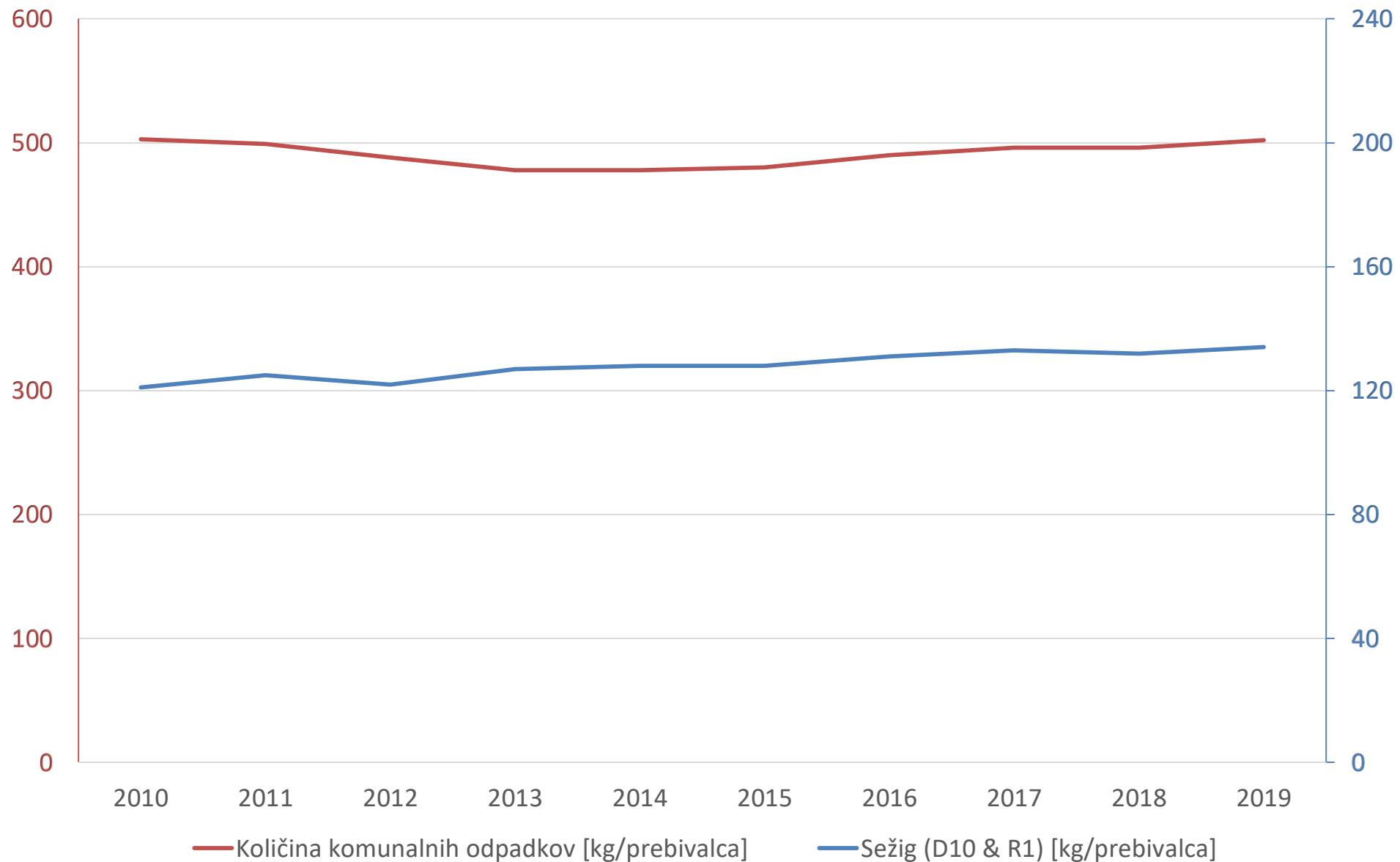
Percentages are calculated based on the municipal waste reported as generated in the country

*: 2018 data (last available)

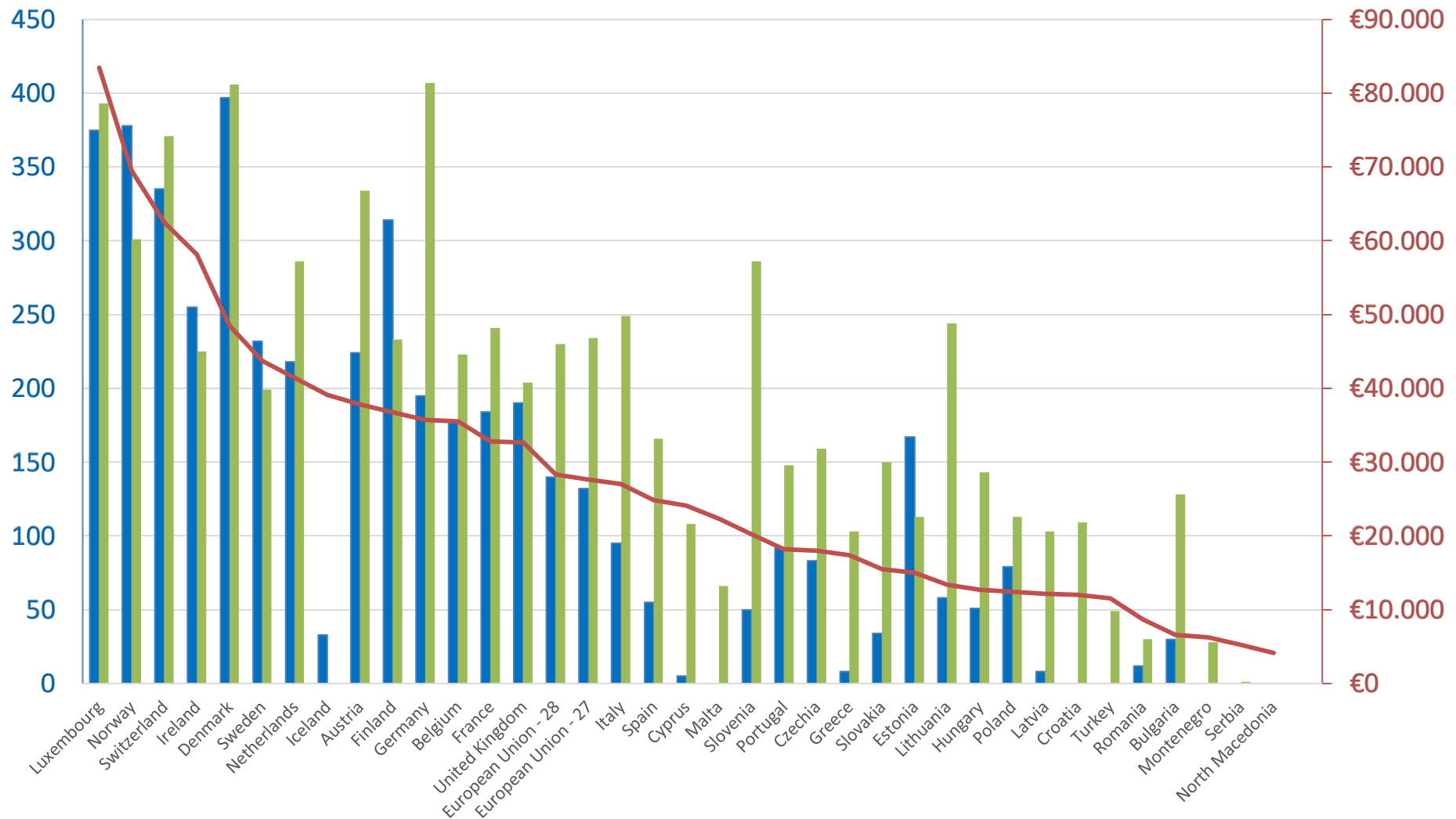
Ravnanje s komunalnimi odpadki v Sloveniji



Količina komunalnih odpadkov in sežig v EU-27



Recikliranje, sežig in BDP



Politika EU na področju W-t-E



Brussels, 26.1.2017
COM(2017) 34 final

**COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN
PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL
COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS**

The role of waste-to-energy in the circular economy

Energijska izraba odpadkov

1. Anaerobna obdelava odpadkov
2. Proizvodnja goriv
3. Sežig
4. Sosežig

Examples of waste-to-energy processes

Anaerobic digestion of organic waste where the digestate is recycled as a fertiliser

Waste incineration and co-incineration operations with a high level of energy recovery
Reprocessing of waste into materials that are to be used as solid, liquid or gaseous fuels

Waste incineration and co-incineration operations with limited energy recovery
Utilisation of captured landfill gas



Uradna stališča EU glede energijske izrabe (jan. 2017)

- izraba samo nerekiclabilnih (gorljivih) odpadkov
- kapaciteta naprav za energijsko izrabo
- porazdelitev naprav znotraj EU
- tehnološka sodobnost naprav
- združevanje teh tehnologij z drugimi sektorji

Anaerobna presnova biorazgradljivih odpadkov

Več vrst obdelave odpadkov: suhi, pol-suhi, moker postopek,...

S pomočjo mikroorganizmov razpad dolgih ogljikovodikovih molekul na enostavne: CO_2 , in CH_4 . To sta tudi glavni sestavini bioplina.

Temperatura: odvisna od tehnologije, nekoliko nad sobno temperaturo

Bioplinski potencial je odvisen od vrste odpadkov.

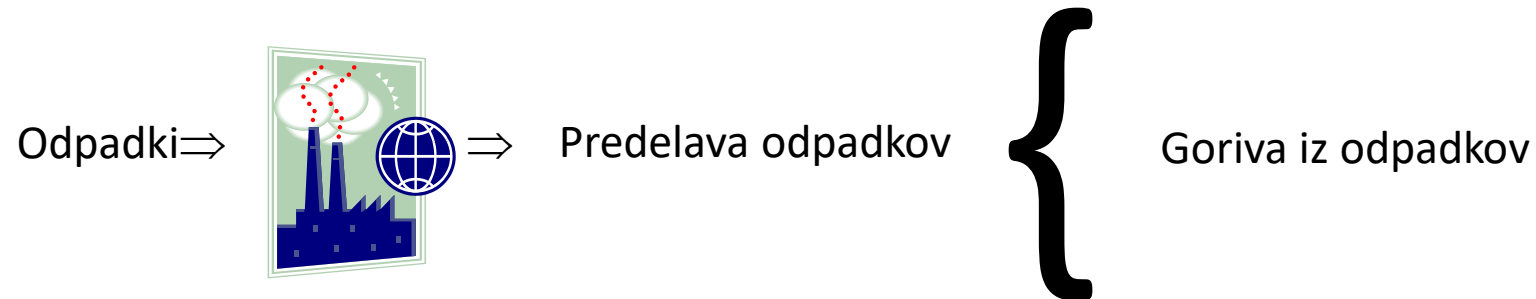


Proizvodnja goriv

Potrebno je ločiti med gorivi in „gorivi“ iz odpadkov!

Za proizvodnjo goriv lahko uporabljamo samo čiste organske snovi

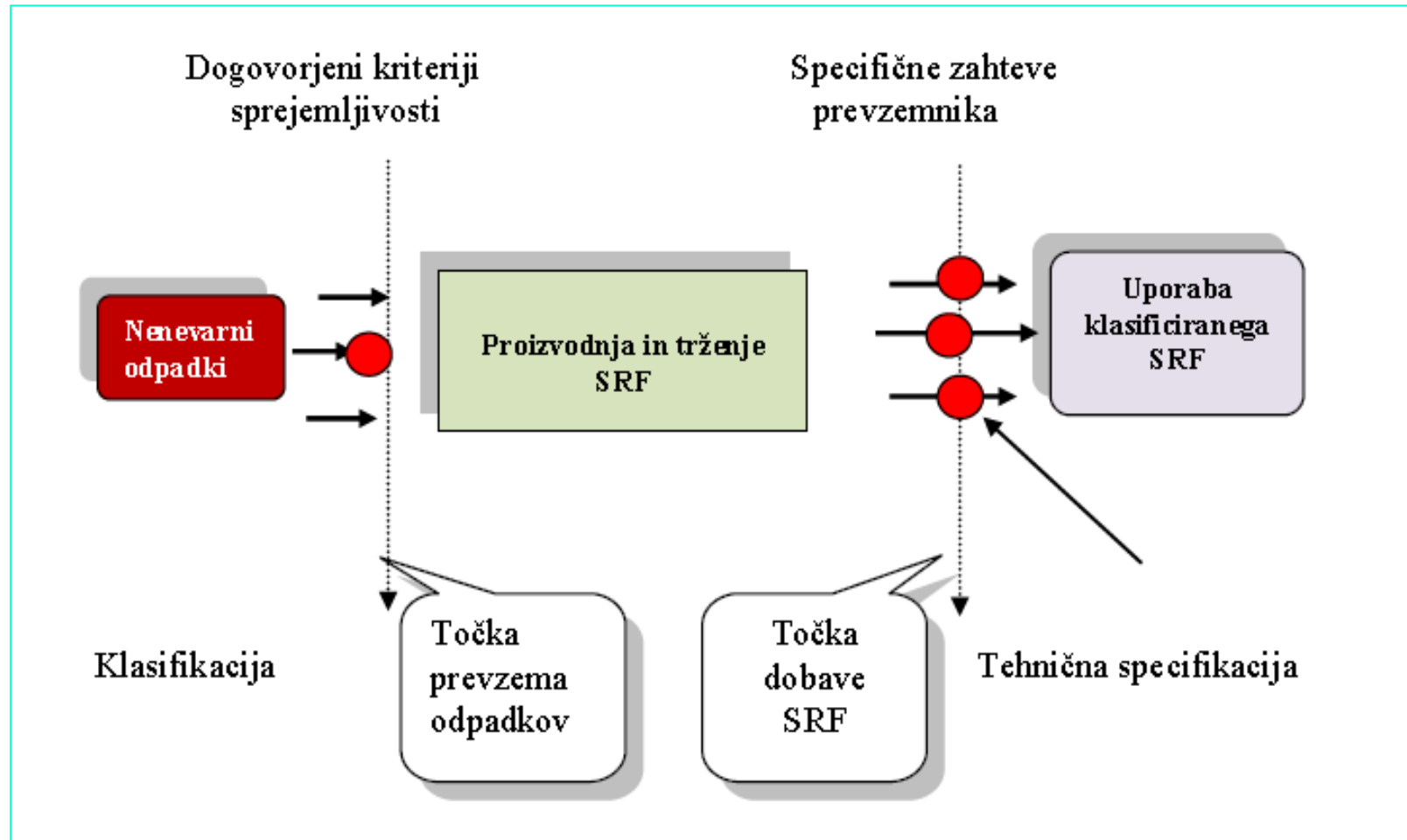
Vsa ostala proizvodnja je predelava odpadkov v energent, ki ima status odpadka in se ga sme uporabiti samo za sežig ali sosežig.



Goriva iz odpadkov

- Refuse Derived Fuel – RDF,
- Solid Recovered Fuel – SRF,
- Recovered Fuel – REF,
- Packaging Derived Fuel – PDF,
- Paper and Plastic Fraction – PPF,
- Processed Engineered Fuel – PEF,
- Processed Refuse Fuel – PRF,
- Waste Derived Fuel – WDF.

Proizvodnja goriv iz odpadkov - standardi



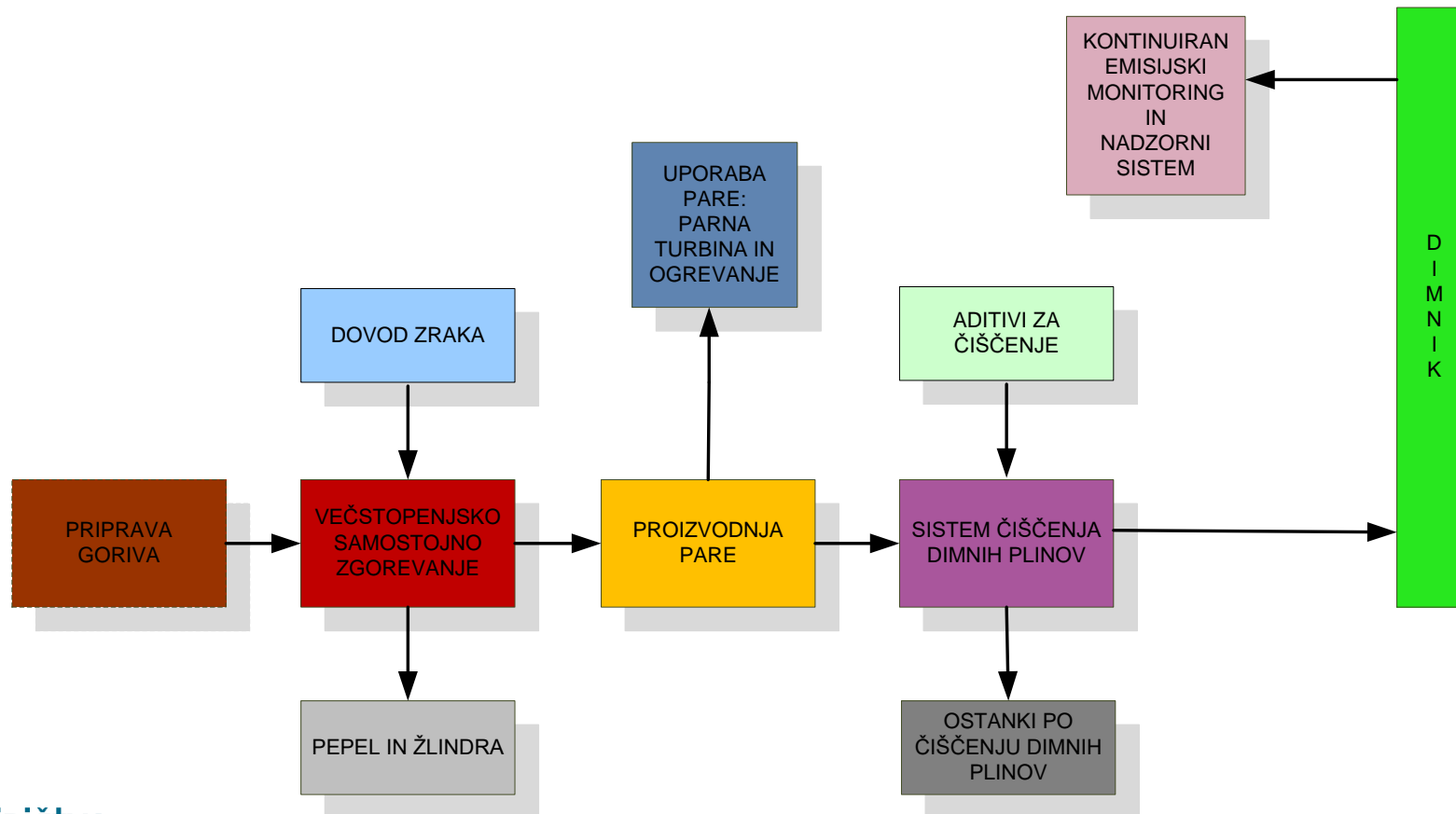
Postopki energijske izrabe (EI)

- **Sežig**
 - na rešetki
 - v lebdečem sloju
 - v rotacijski peči
- **Uplinjanje (oksidacijsko, plazemsko)**
- **Piroliza**
- **Kombinirani postopki**
- **Sosežig**

Popolna oksidacija organskih snovi

Ogljik in vodik iz odpadkov oksidirata z zrakom oziroma kisikom.

Temperatura: več od zakonsko določenih 850 °C oziroma 1100 °C (>1% Cl); eksotermne reakcije, izkoriščanje sproščene toplote, reakciji popolnega zgorevanja $H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$ in $C + O_2 \rightarrow CO_2$

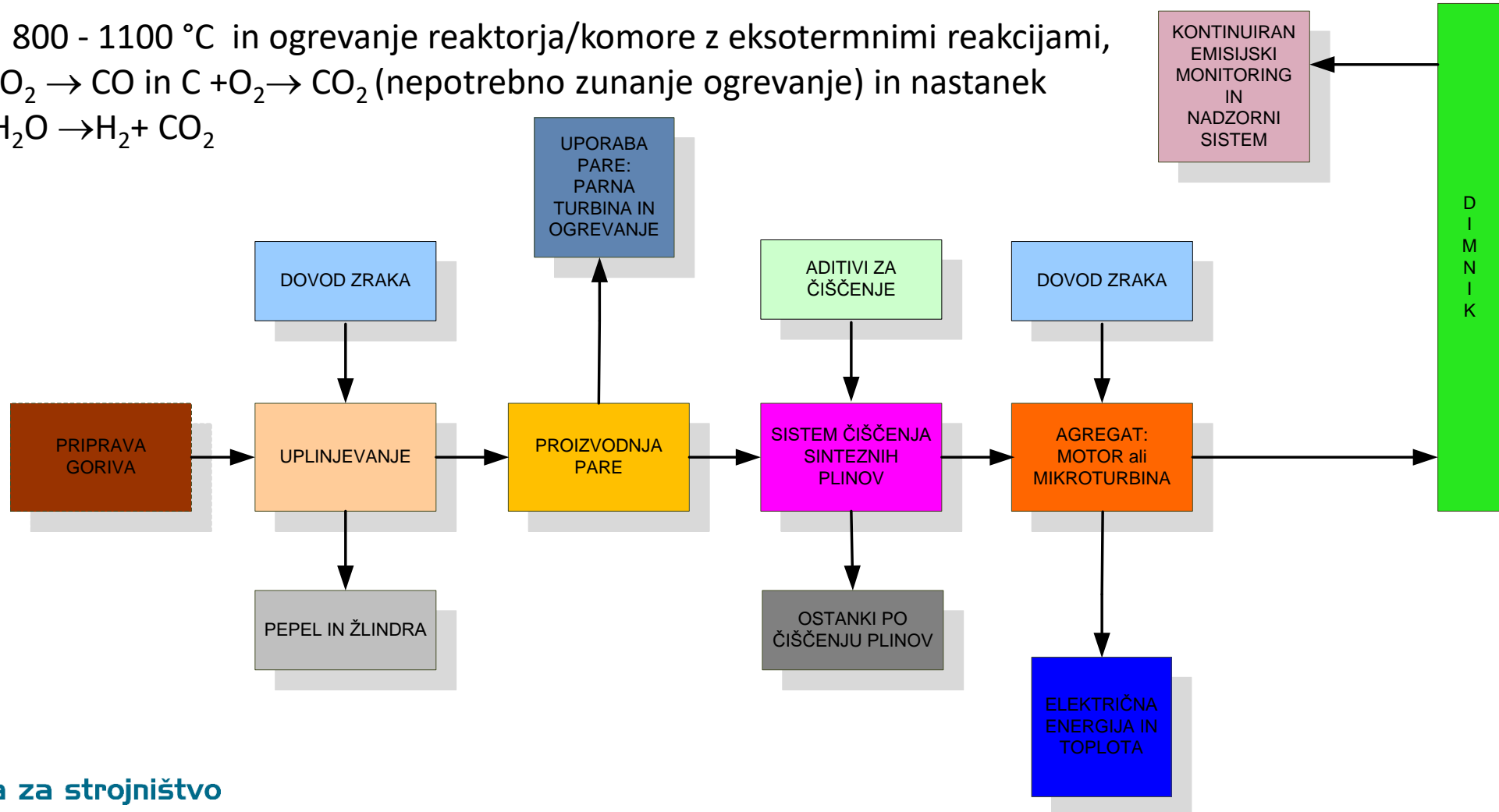


Uplinjanje

Delna oksidacija organskih snovi

Večino ogljika in vodika iz odpada se pretvorita v sintezni plin pri uplinjanju z zrakom ali čistim kisikom oziroma plazmo

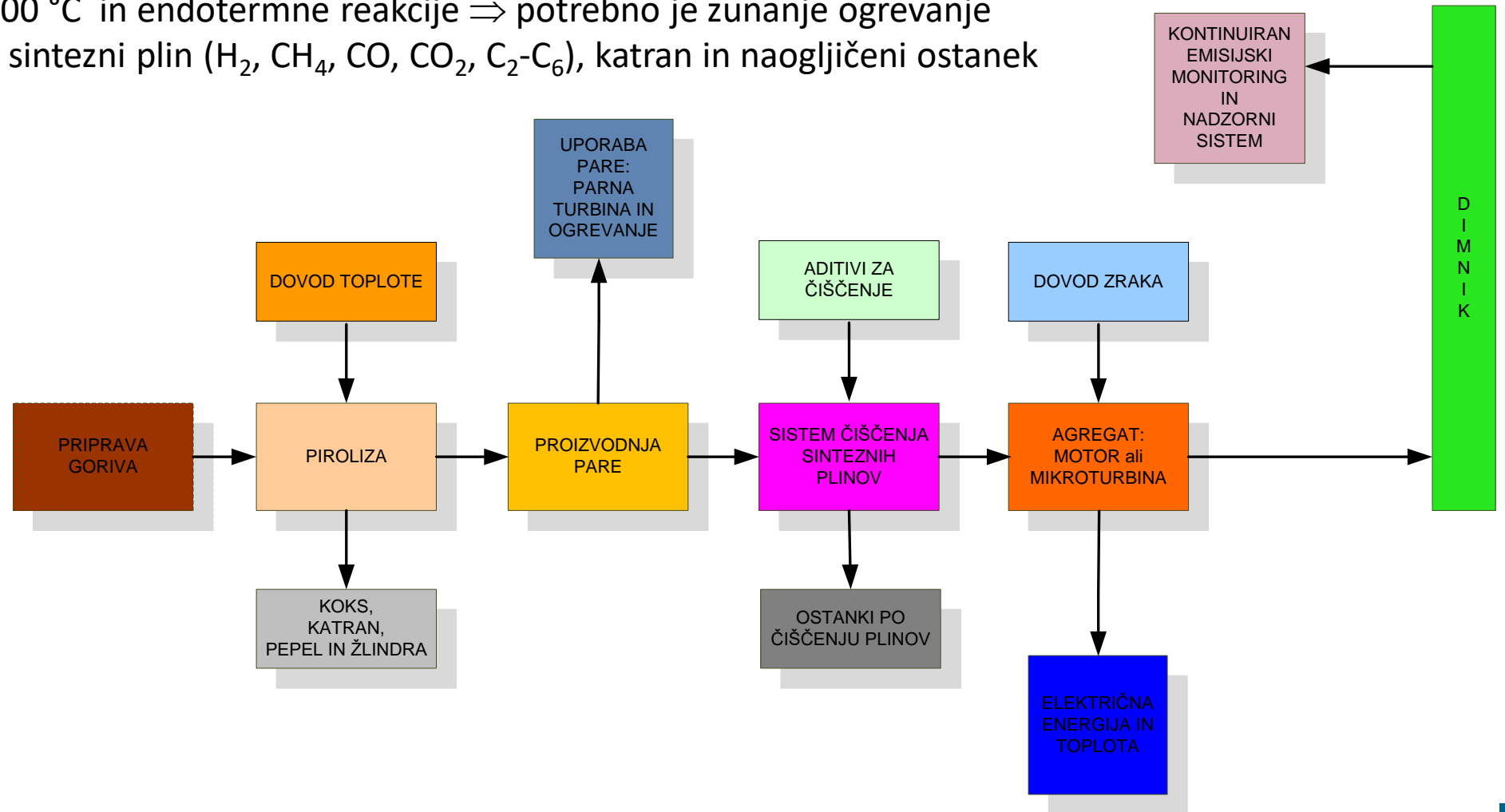
Temperatura: 800 - 1100 °C in ogrevanje reaktorja/komore z eksotermnimi reakcijami, kot sta $C + 1/2O_2 \rightarrow CO$ in $C + O_2 \rightarrow CO_2$ (nepotrebno zunanje ogrevanje) in nastanek vodika: $CO + H_2O \rightarrow H_2 + CO_2$



Piroliza

Termični razpad organskega materiala brez prisotnosti zraka (kisika)

Temperature: 400-800 °C in endotermne reakcije \Rightarrow potrebno je zunanje ogrevanje reaktorja nastaja pa sintezni plin (H_2 , CH_4 , CO , CO_2 , C_2-C_6), katran in naogljčeni ostanek



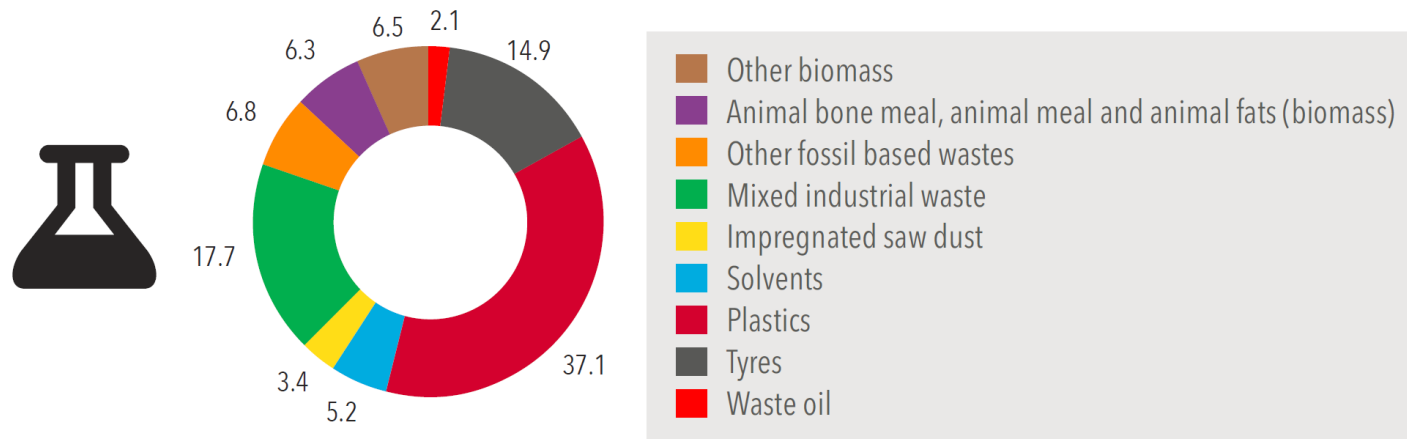
Sosežig

- Cementarne (RDF-191210, SRF-191212...- WDF)
- Termoelektrarne na premogov prah (TE) (SRF-191212-WDF)
- Toplarne na lesno biomaso (lesni odpadki)
- Plavžne peči (nekaterne vrste WDF)
- Peči za žganje apna (nekaterne vrste WDF)
- Industrijske peči (višje kalorični WDF)
- Elektro obločne jeklarske peči (kovinski odpad iz MBO-jev)

Sosežig bolj tehnološki kot okoljski problem!!!

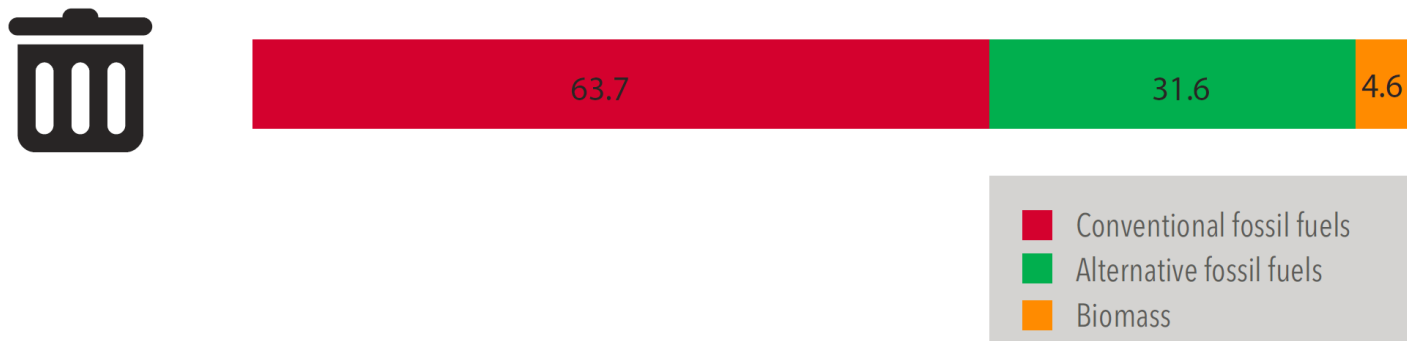
Sosežig v cementarnah

BREAKDOWN OF ALTERNATIVE FOSSIL FUELS, EU28

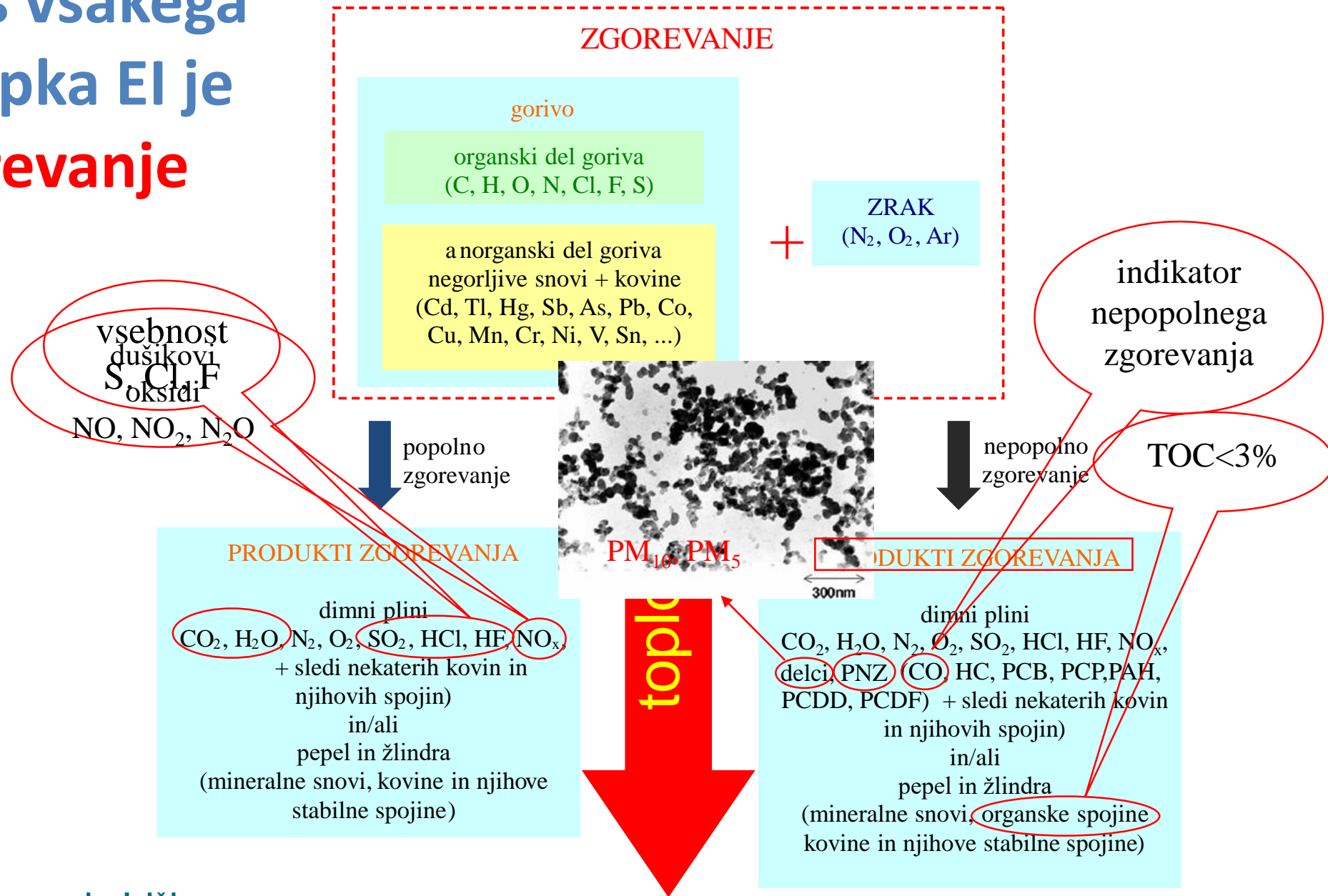


Source: Getting the Numbers Right (GNR) 2012

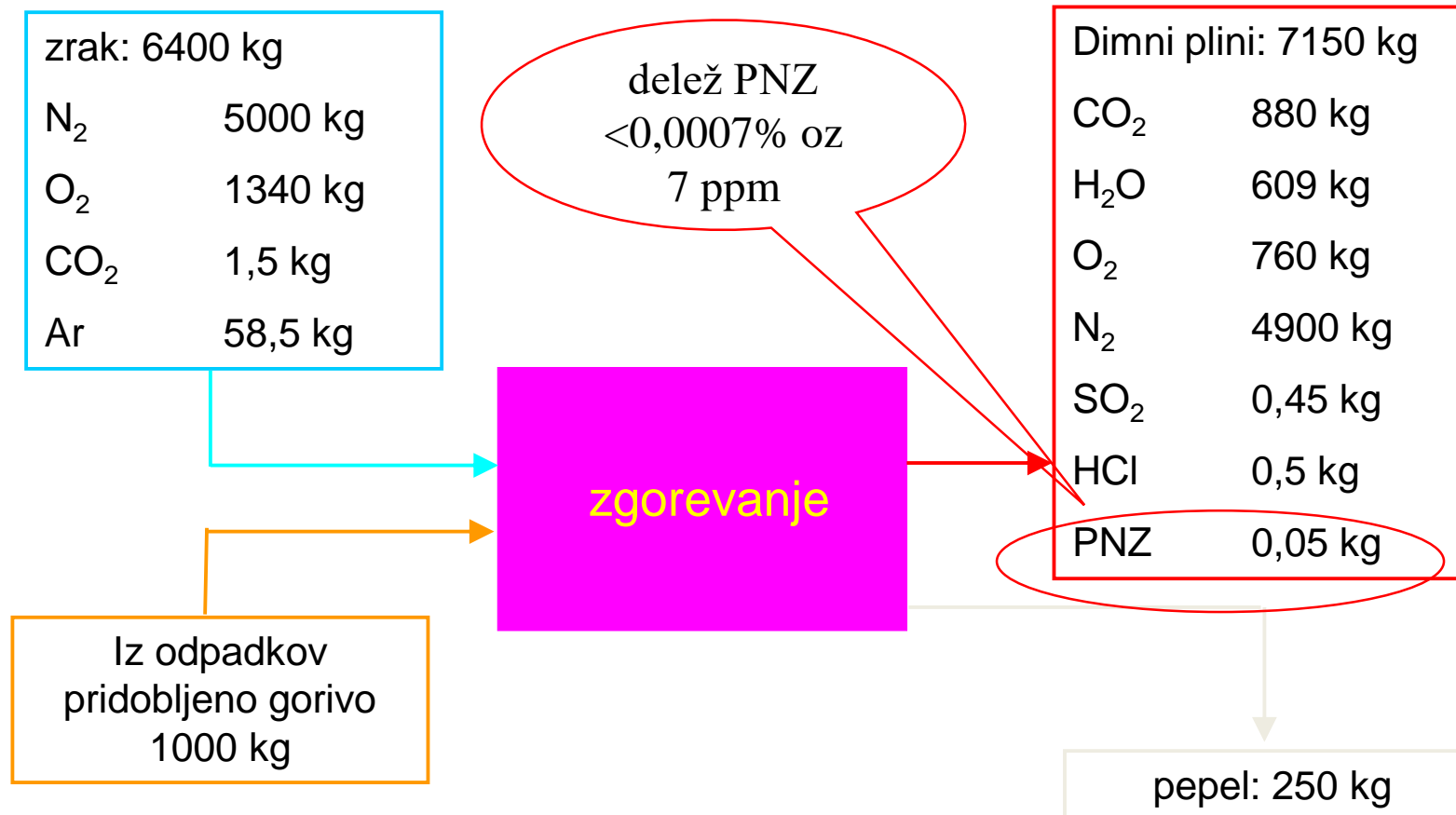
BREAKDOWN OF MAIN FUEL TYPES, EU28



Proces vsakega postopka EI je **zgorevanje**



Produkti zgorevanja WDF



CO₂ emisija: 0,880 kg/kg

CO₂ emisija z upoštevanjem 85% biodiverzibilnosti : 0,132 kg/kg

Referenčni dokumenti najboljših razpoložljivih tehnik

- <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>

Objective	Responsibility of
<ul style="list-style-type: none"> • Destruction of organic substances • Evaporation of water • Evaporation of volatile heavy metals and inorganic salts • Production of potentially exploitable slag • Volume reduction of residues 	Furnace
<ul style="list-style-type: none"> • Recovery of useable energy 	Energy recovery system
<ul style="list-style-type: none"> • Removal and concentration of volatile heavy metals and inorganic matter into solid residues, e.g. flue-gas cleaning residues, sludge from waste water treatment • Minimising emissions to all media 	Flue-gas cleaning

Source: [1, UBA 2001], [64, TWG 2003]



JRC SCIENCE FOR POLICY REPORT

Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration

*Industrial Emissions Directive
2010/75/EU
(Integrated Pollution
Prevention and Control)*

Frederik Neuwahl, Gianluca Cusano,
Jorge Gómez Benavides, Simon Holbrook,
Serge Roudier

2019



Kaj pravi evropska direktiva 2010/75/ES o industrijskih emisijah:

- „odpadki“ pomenijo odpadke, kot so opredeljeni v točki 1 člena 3 Direktive 2008/98/ES;
- „sežigalnica odpadkov“ pomeni kakršno koli **nepremično ali premično tehnično enoto** in opremo, namenjeno toplotni obdelavi odpadkov z izkoriščanjem pridobljene zgorevalne toplote ali brez njega, **s sežigom z oksidacijo odpadkov in drugimi postopki toplotne obdelave, kot so piroliza, uplinjanje ali obdelava v plazmi, če se snovi, ki nastanejo pri obdelavi, naknadno sežgejo**
- „naprava za sosežig odpadkov“ pomeni kakršno koli nepremično ali premično tehnično enoto, katere **glavni namen je proizvodnja energije ali materialnih izdelkov in ki uporablja odpadke kot običajno ali dodatno gorivo** ali v kateri se odpadki termično obdelajo z namenom odstranitve s sežigom z oksidacijo odpadkov in drugimi postopki toplotne obdelave, kot so piroliza, uplinjanje ali obdelava v plazmi, če se snovi, ki nastanejo pri obdelavi, naknadno sežgejo;

Sežigalnice po EU

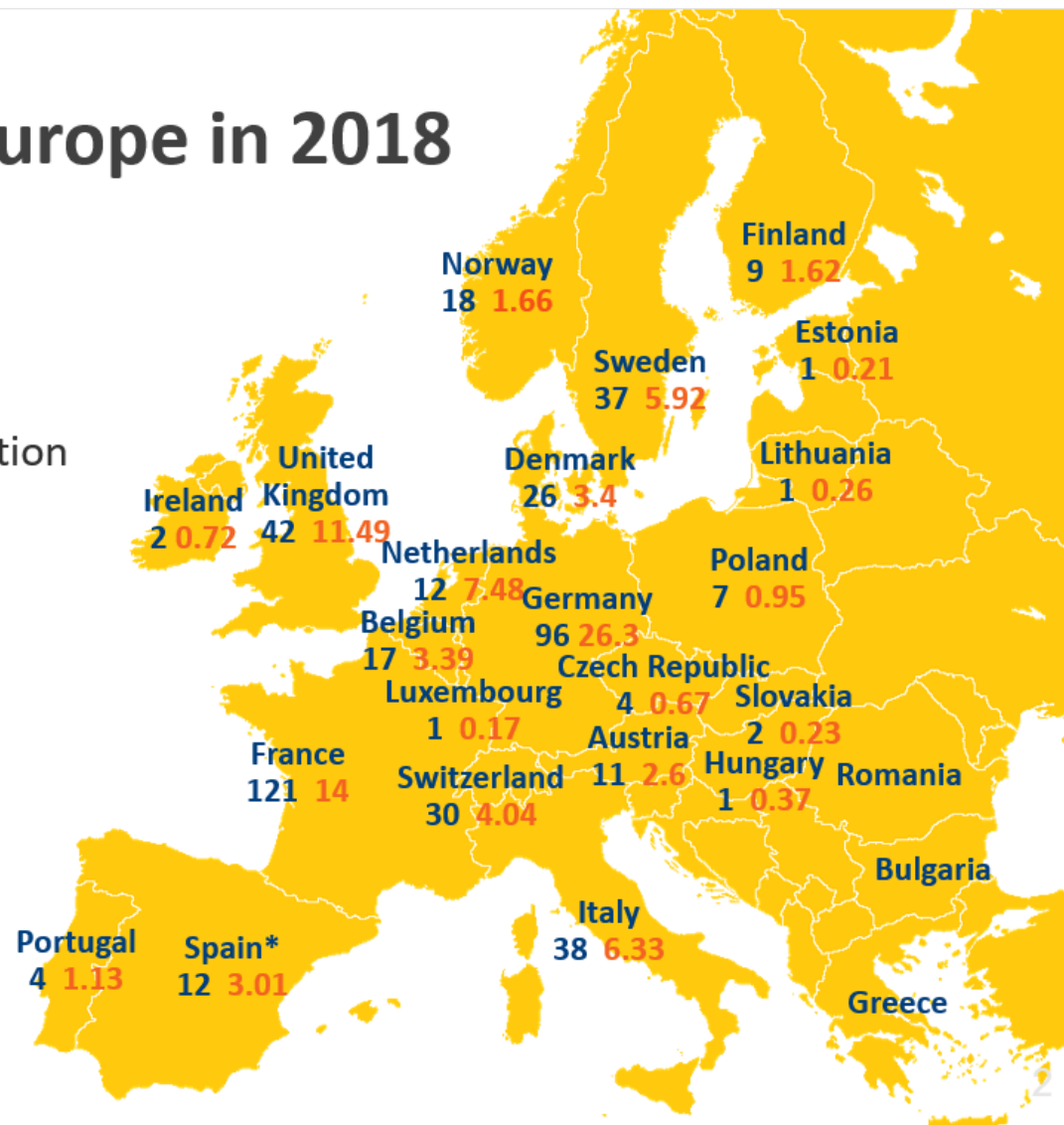


Waste-to-Energy in Europe in 2018

- WtE Plants operating in Europe (not including hazardous waste incineration plants) : **492**
- Waste thermally treated in WtE plants (in million tonnes): **96**

Data supplied by CEWEP members and national sources

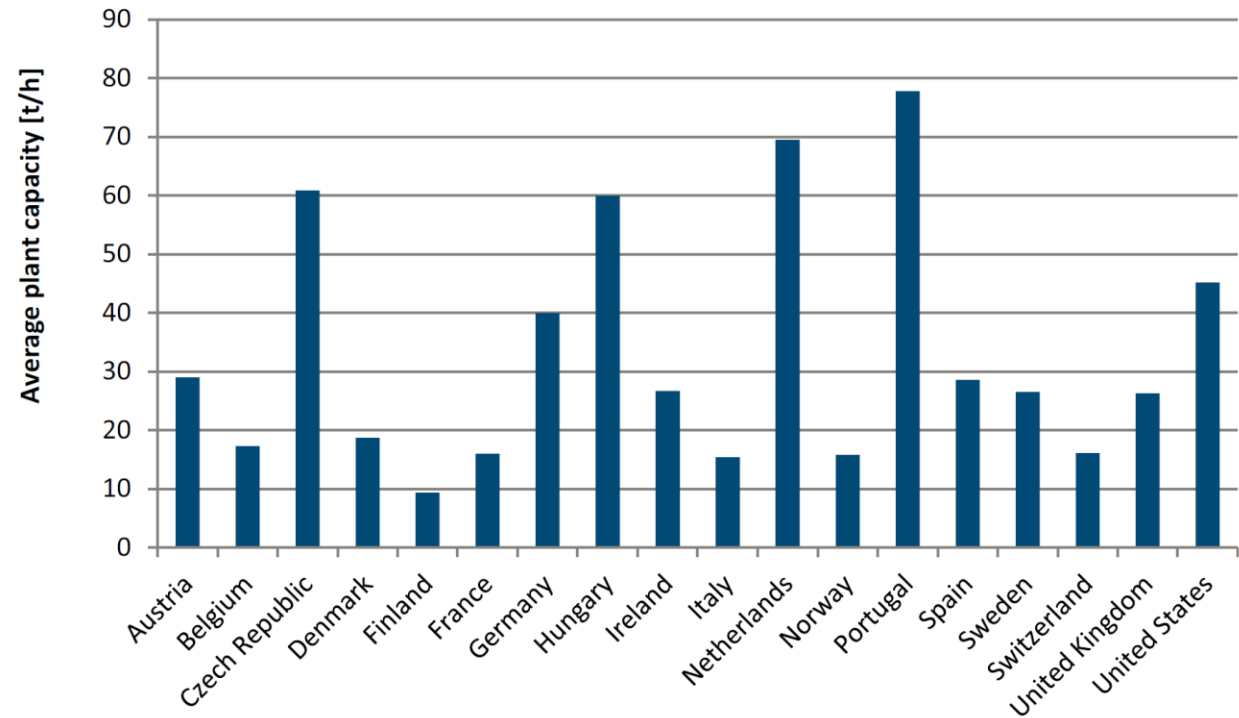
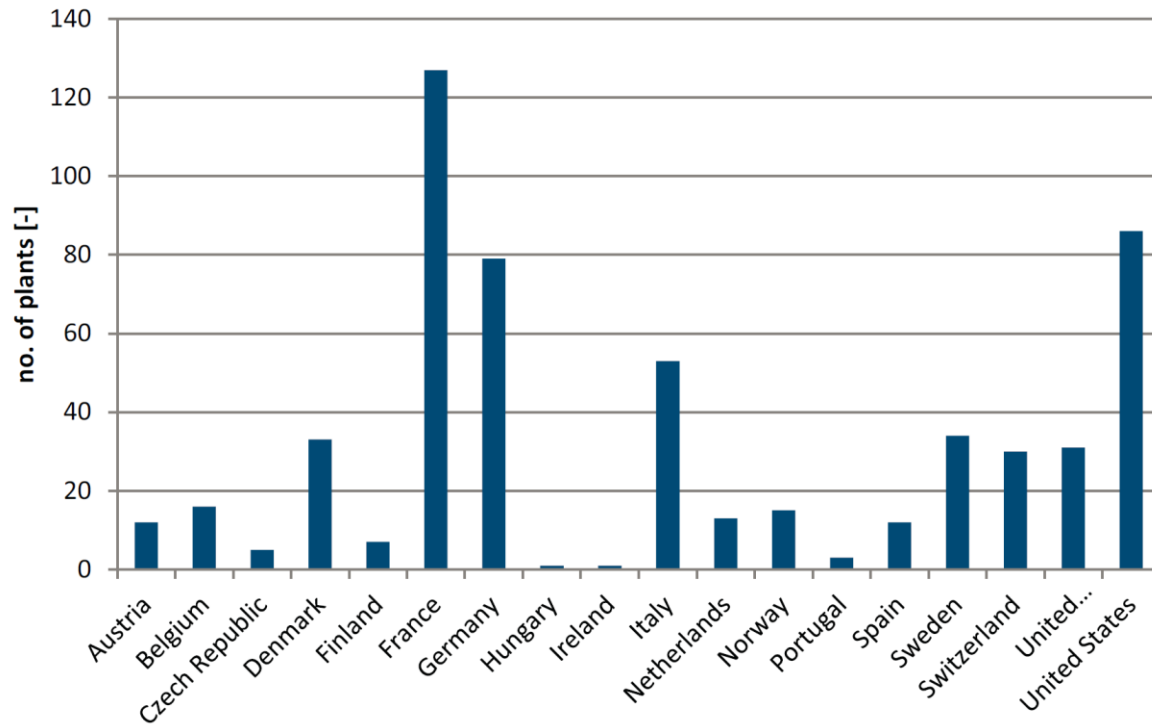
* Includes plant in Andorra and SAICA plant



Sežigalnice po EU

- Obrati za energijsko izrabo odpadkov (W-t-E) pretvarjajo odpadke, ki jih ni mogoče reciklirati, v električno energijo, toploto in paro.
- 18 milijonov evropskih državljanov letno prejme električno energijo, 15 milijonov pa ogrevanje, pridobljeno z energijsko izrabo odpadkov (W-t-E). Poleg tega večina obratov za energijsko izrabo odpadkov (W-t-E) v Evropi izvaja postopek dobave pare lokalnim industrijskim objektom in nadomešča uporabo kotlov na fosilna goriva.
- Leta 2019 so v Evropi obrati za energijsko izrabo odpadkov (W-t-E) proizvedle okoli 40 milijard kWh električne energije in 90 milijard kWh toplote.
- Kovine, kot so železo, jeklo, aluminij, baker in cink se lahko pridobi pepela ali izloči pred obdelavo odpadkov. Preostali del pepela se se lahko uporablja v gradbeništvu, za cestogradnjo ali kot agregat za beton.

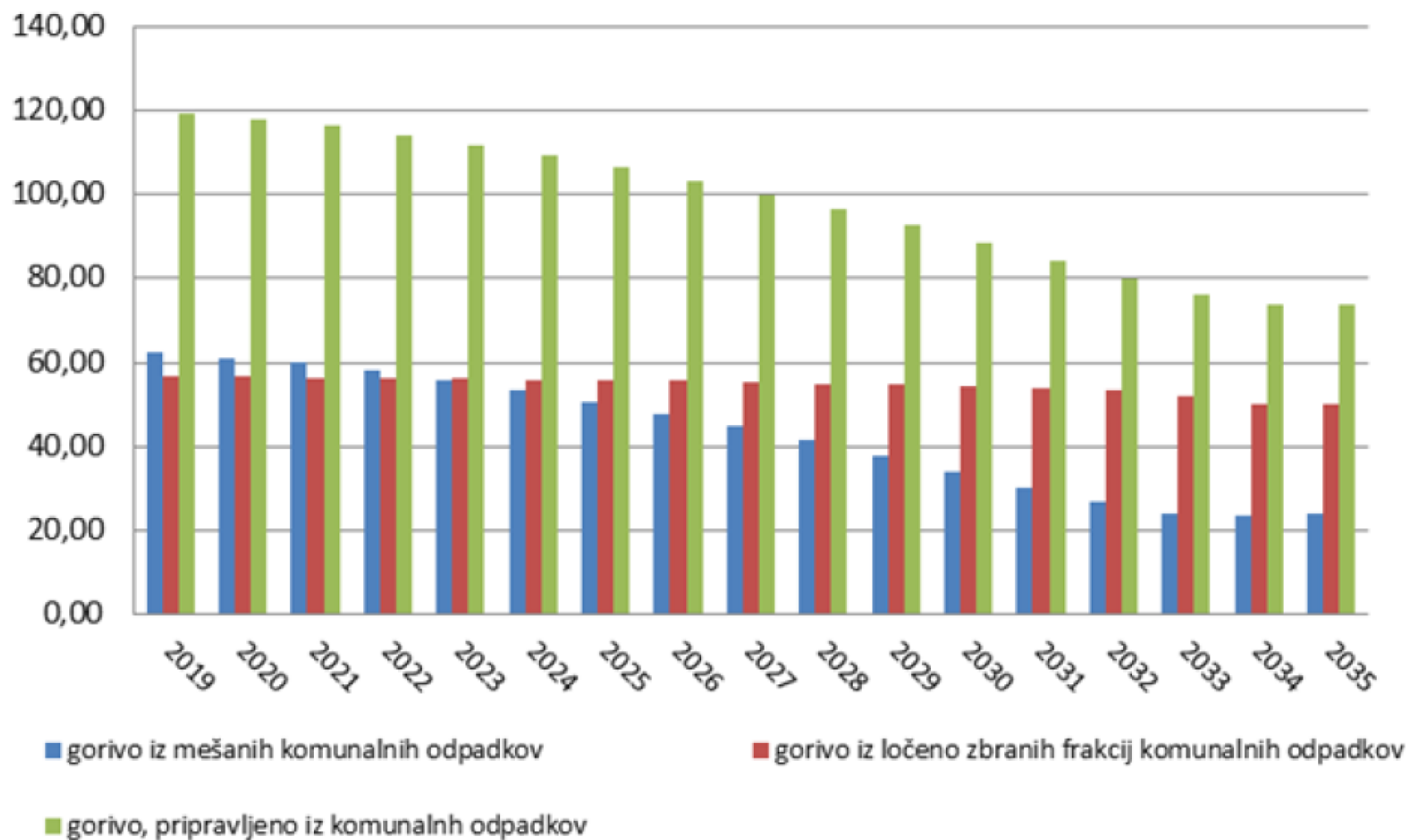
Število in kapaciteta sežigalnic



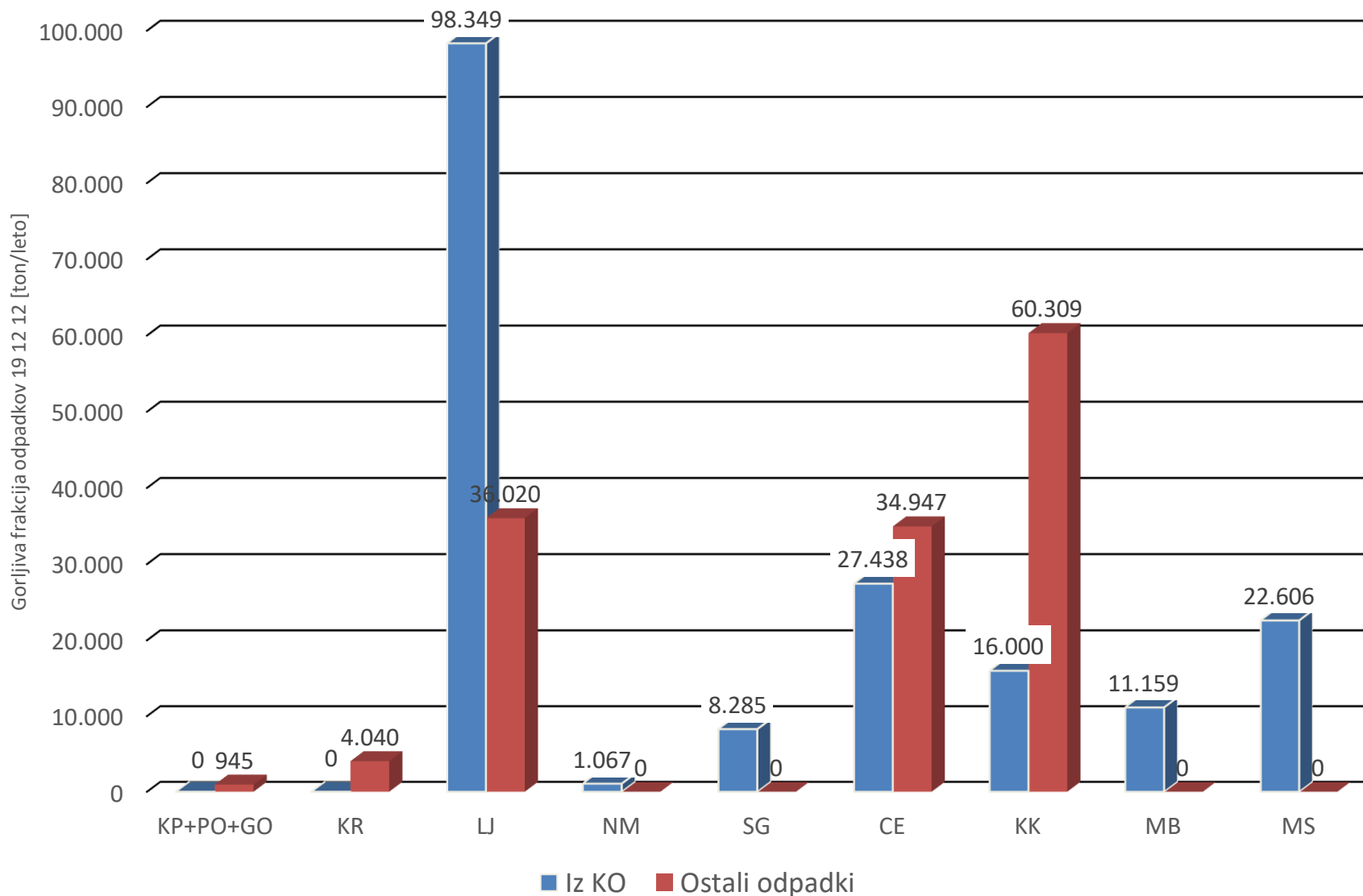
Izdana okoljevarstvena dovoljenja za sežig in sosežig

- **Albaugh in Rače**
- **Energetika Celje**
- **Lek Lendava**
- **Lek Mengeš**
- **Salonit Anhovo**
- **Vipap Videm Krško**

Sedanje in bodoče potrebe po objektih za energijsko izrabo odpadkov v Sloveniji



Količine gorljivih frakcij (leto 2018)



Izvoz gorljivih frakcij (leto 2018)

R/D	19 12 10	19 12 12	Skupna vsota
D10		1.885,12	1.885,12
R1	44.340,18	112.624,40	156.964,58
R12		38.753,32	38.753,32
R3	168,72	14.804,71	14.973,43
Skupna vsota	44.508,90	168.067,55	212.576,45

država izvoza	19 12 10	19 12 12	Skupna vsota
AT		72.540,26	72.540,26
BA	15.098,22		15.098,22
HR		3.544,34	3.544,34
HU	29.410,68	74.634,13	104.044,81
SK		17.348,82	17.348,82
Skupna vsota	44.508,90	168.067,55	212.576,45

Zakon o varstvu okolja (ZVO-2) ‡

Določbe 34. do 40. člena, 42. do 44. člena, 46. in 47. člena ter določbe 50. do 53. člena se začnejo uporabljati s 1. januarjem 2023, razen določb prvega do sedmega odstavka 34. člena, prvega do četrtega odstavka 35. člena, prvega do šestega odstavka 36. člena, tretjega in četrtega odstavka 37. člena, četrtega do devetega odstavka in enajstega odstavka 38. člena, prvega odstavka 40. člena tega zakona, ki se začnejo uporabljati z dnem začetka veljavnosti tega zakona (glej 321. člen).

● Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 44/22)

Naslov ang. Environmental Protection Act

Datum sprejetja	16.03.2022	EVA	2020-2550-0094
Datum objave	29.03.2022	EPA	2317VIII
Datum začetka veljavnosti	13.04.2022	SOP	2022-01-0873



Opozorilo: Besedilo osnovnega predpisa

ZAKON O VARSTVU OKOLJA (ZVO-2)

X. OBVEZNE GOSPODARSKE JAVNE SLUŽBE VARSTVA OKOLJA

232. člen (obvezne državne gospodarske javne službe varstva okolja)

(1) Obvezne državne gospodarske javne službe varstva okolja (v nadaljnjem besedilu: državna javna služba) so:

1. sežiganje določenih vrst komunalnih odpadkov;
2. ravnanje z živalskimi odpadki, ki so po predpisih na področju veterinarstva stranski živalski proizvodi kategorije 1 in 2, ter
3. zbiranje, predelava ali odstranjevanje določenih vrst drugih odpadkov.

Aktivnosti MOP na področju sežiga komunalnih odpadkov

- V marcu 2019 MOP preko treh združenj občin – ZMOS, SOS in ZOS posreduje „Pobudo za razpravo o postavitvi sežigalnice“.
- Do junija 2019 MOP prejme odziv 5 zainteresiranih občin
- MOP poleti 2019 oblikuje delovno skupino in prične z aktivnostmi
- MOP decembra 2019 prične sodelovanje s FS UM za pregled ustreznosti potencialnih lokacij za termično obdelavo preostanka komunalnih odpadkov

Odziv občin

Na poziv MOP so zainteresiranost izrazile naslednje občine (zapisane po abecednem redu):

- Jesenice,
- Kočevje,
- Ljubljana,
- Maribor in
- Ptuj.

Sklep pregleda lokacij

- Pregled ustreznosti posameznih lokacij je predstavljal precejšen izziv zaradi zelo različne kvalitete posredovanih informacij in težko primerljivih podatkov.
- Takratne razmere niso omogočale osebnega obiska lokacij – COVID-19.
- V Sloveniji imamo trenutno okrog 185.00 ton odpadkov, ki so proizvedeni iz mešanih komunalnih odpadkov v okviru GJS in jih je ponovno potrebno termično obdelati v okviru GJS.
- Količine so velike in za zagotovitev regijskega pristopa bo potrebno natančno določiti prispevna območja ter tako omogočiti trajnostno delovanje bodočih objektov za energijsko izrabo odpadkov.
- Na osnovi prejetih informacij in dokumentacije s strani potencialnih ponudnikov lokacij za izvajanje javne gospodarske službe sežiga odpadkov lahko ugotovimo, da primerne pogoje za učinkovito energetska predelavo odpadkov v celoti izpolnjujejo Energetika Ljubljana in Energetika Maribor, v veliki meri Kočevje, delno (morebiti samo zaradi premalo posredovanih informacij) pa Jesenice in Ptuj. Ptuj sicer ocenjujemo kot zelo primerno lokacijo za izvajanje mono sežiga blata.

Aktivnosti MOP na področju sežiga komunalnih odpadkov

- V aprilu 2022 sprejet nov Program ravnanja z odpadki in Program preprečevanje odpadkov Republike Slovenije
- V maju 2022 sprejeta Uredba o o opravljanju obvezne državne gospodarske javne službe sežiganja komunalnih odpadkov
- Razpis za koncesije bo ???
- Nepovratna EU sredstva ???

Zaključek

Energetska izraba odpadkov:

- **zniževanje okoljskega vpliva odpadkov,**
- **trajnostna,**
- **nizko ogljična,**
- **stroškovno učinkovita,**
- **zanesljiva,**
- **lokalni energetski vir,**
- **zamenjava za fosilna goriva,**
- **pomaga pri preusmeritvi odpadkov z odlagališč**
- **generira službe (neposredno dela v W-t-E sektorju v EU 28.000 ljudi)**