

Екол. Зашт. Живот. Сред.	Том 7	Број 1-2	стр. 85-92	Скопје 2000/1
Ekol. Zašt. Život. Sred.	Vol.	No.	p-p	Skopje

## MI NI MI ZI RAWE I RECI KLI RAWE NA CVRSTI TE OTPADOCI - PRI MARNI ELEMENTI VO SI STEMOT ZA UPRAVUVAWE SO CVRSTI TE OTPADOCI

Perica PAUNOVI } i Svetomir HAXI -JORDANOV  
Tehnološki fakultet - Skopje

### I ZVOD

Paunovi }, P. i Haxi Jordanov, S. (2000/1). Mi ni mi zi rawe i reci kl i rawe na cvrsti te otpadoci -pri marni elementi vo si stemot za upravuvawe so cvrsti te otpadoci. Ekol. Zašt. Život. Sred. Tom 7, Br. 1/2, 85-92, Skopje.

Vo trudot se izneseni pri marni te aktivnosti na si stemot za **upravuvawe so cvrsti ot otpad (UCO, ang. Solid Waste Management)** i toa: **mi ni mi zi rawe na sozdavawe na otpadot (Waste Reduction)** i **recikl i rawe (Waste Recycling)**. Predložena e {ema za uspeš no f unkcioni rawe na UCO, koja treba da ovozmo` i maksimal no izvl ekuvawe na korisni te komponenti od otpadot, kako i maksimal no razgraduvawe na ostatokot pred kone~noto odl agawe. Isto taka, dadeni se podatoci za osnovni te karakteristiki i efekti od spomenati te aktivnosti vo nekoi zemji, { to davaat pottik za pri mena i vo na{ ata zemja.

**Klu~ni zborovi:** Cvrsti otpadoci, materijali, upravuvawe so cvrsti ot otpad (UCO), mi ni mi zacija na cvrsti ot otpad, reci kl i rawe

### ABSTRACT

Paunovi }, P. i Had`i Jordanov, S. (2000/1). Minimizing and recycling of solid waste-primary elements in the solid waste management. Ekol. Zašt. Život. Sred., Vol. 7, No.1-2, 85-92, Skopje.

The main goal of this paper is to define basic activities of the **Solid Waste Management (SWM)** concept - **Waste Reduction** and **Waste Recycling**. The proposed scheme of SWM provides maximal recovery of Solid Waste usefull components as well as maximal decomposition of Solid Waste before its final disposal. The worldwide data of activities given in this paper give stimulus for their application in our country.

**Key words:** Solid Waste, Materials, Solid Waste Management, Waste Reduction, Waste Recycling

### VOVED

Vo sovremeni te uslovi na `i veewe (masovno proizvodstvo na stoka za { i roka potro{ uva~ka i preglomana nasel enost) se poremetuva ci kl usot na dvi `ewe na materijali te vo pri rodata, pri { to taa ve}e ne e vo sostojba da go razlo`i otpadot koj ~ovekot sekojdnevno enormno go sozdava.

Spored literaturni te soznani ja, dnevната produkcija na cvrst komunal en otpad (CKO) se procenuva na 1-2 kg po `itel (Hunsicker 1996; Europe's Environment - The Dobriš Assesment 1995). Vo Evropa vo 1990 godi na se producirani okol u 250 mi lioni toni CKO, za 20% pove}e vo odnos na 1985

godina (Europe's Environment - The Dobriš Assessment 1995). Od druga strana, zal i hi te na surovi ni te i energija vo pri rodata sé pove}e se i scrpuvaat. Spored neкои procenki na{ ata generacija }e go do` i vee i scrpuvaweto na rudi te na neкои metal i, kako kal ajot, ol ovoto, ci nkot i bakarot, slednata na manganot, mol i bdenot i ni kel ot, po nea kobal tot, ` el ezoto i tn (Janke & Savov 1997).

Za razgraduvawe na enormni te koli ~ini na cvrst otpad, potrebni se dopol ni tel ni akti vnosti na ~ovekot, so

{ to bi se zatvoril krugot na dvi `ewe na materijal i te vo pri rodata. Za ovaa cel razvi ena e posebna nau~no~i n` enerska di sci pl i na - **Upravuvawe so cvrstiot otpad (UCO)**. Pri marna cel na ovaa di sci pl i na e da se sozdava { to e mo` no pomal ku otpad i vtoro, od otpadot da se i zvl e~e i povtor~no upotrebi { to e mo` no pogol em del . So vra}aweto na cvrsti te otpadoci vo procesot na proi zvodstvo na materijal i, se posti ga za{ teda na surovi ni i energija i { to e podednakvo va` no, se namal uva zagaduvaweto na ~ovekovata okol i na.

## 1. UCO-ALKA VO CI KLUSOT NA DVI @EWE NA MATERI JALI TE

Vo pri rodni te ekosistemi , postojano se odvi va ci kl us na razmena i transf ormaci ja na materijata i energijata od eden obl i k vo drug. Pri toa se odr` uva ramnote` a vo sistemot, { to zna~i deka koli ~inata na materijata i energijata ne se menuva. Sproti vno na kru` ni te procesi na dvi `ewe na materijata vo pri rodni te ekosistemi , procesi te na proi zvodstvo i potro{ uva~ka na materijal i te koi se rezul tat na ~ovekovi te akti vnosti , ne se ci kl i ~ni , tuku se ovi vaat vo edna nasoka. Za proi zvodstvo na materi jal i te, koi se neophodni za zadovol uvawe na potrebi te na ~ovekovoto ` i veewe, potrebni se surovi ni i energija { to se zemat od pri rodni te ekosistemi . Po ni vnoto konsumi rawe i li otkako }e i m pomi ne up

otrebната vrednost, materijal i te se i sf r~laat kako otpad. Zna~i, surovi ni te kako po~eten obl i k na materijata na krajot od ci kl usot se pretvoraat vo otpad, ~i j pogol em del , bl agodareni e na sovremeni te dosti gnuvawa na hemijata ne mo` e brzo i ednostavno da se razgradi vo pri rodata. Taka, ~ovekovi te akti vnosti go preki nuvaat pri rodni ot kru` en proces na dvi `ewe na materijal i te i ja naru{ uvaat ramnote` ata vo pri rodata. Pri toa se nametnuvaat dva problema: 1. ~ovekot tro{ i mnogu pove}e materija i energija otkol ku { to pri rodata mo` e da obezbedi bez da se naru{ i ramnote` ata na ekosistemot i 2. ~ovekot sozdava mnogu pove}e otpad otkol ku { to pri rodata mo` e da razgradi .

Tab. 1 Porast na nasel eni eto na Zemjata so tek na vremeto (Janke & Savov 1997).

Година	До 1860	1930	1960	1980	1990	2000
Број на жители (милијарди)	1	2	3	4	5	6

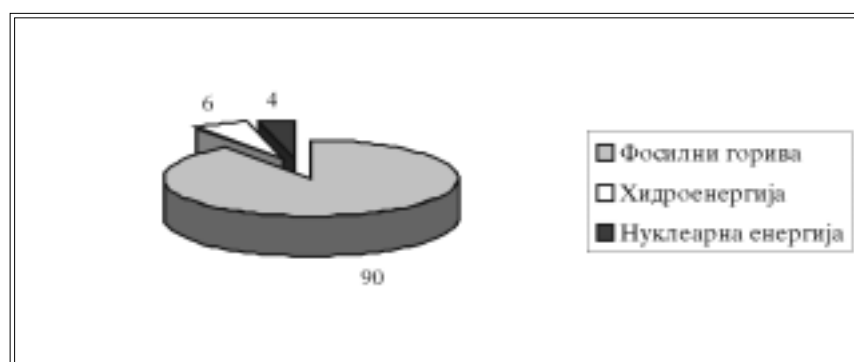
Osovnata pri ~i na za dvata probl ema e pregol emata nasel enost na Zemjata. Kako { to se gl eda od Tab. 1, za dosti gawe na prvata mil i jarda ` iteli bil potreben enormno dol g peri od, dodeka posl ednata mil i jarda e posti gnata za samo 10 godi ni .

Potrebata za materijal ni dobra e sé pogol ema, a surovi nski te i energetski

resursi sé pobrzo se i scrpuvaat. Spored prognozi te za vmetraeweto na zal i hi te na rudi te na neкои metal i, pri ka` ani vo Tab. 2, ne e dal eku vremeto koga }e se i scrpat zal i hi te na gol em broj metal i. Najpovol na e sostojbata so rudi te na magnezi u~mot~negovi te zal i hi se predvi duvaat za u{ te 4500 godi ni .

Tab. 2 Vremetraewe na zal i hi te na rudi te na nekoj metal i bez reci kl i rawe (Janke & Savov 1997)

Метал	Времетраење на залихите [години]	Метал	Времетраење на залихите [години]
Калај	14	Никел	105
Олово	29	Кобалт	130
Цинк	38	Железо	190
Волфрам	55	Хром	370
Бакар	56	Алуминиум	375
Манган	90	Ванадиум	570
Молибден	95	Магнезиум	4500



Sl. 1 Zastapenost (%) na poedni energetski resursi vo vkupni ot energetski potenci jal na Zemjata (Janke & Savov 1997)

Od Sl. 1 se gl eda deka najgol emi ot del od vkupni ot energetski potenci jal na Zemjata go so~i nuvaat f osi l ni te gori va- 90%, koi se neobnovl i v energetski resurs, dodeka obnovl i vi te-hi droenergijata i nukl earnata, se zastapeni samo so 6, odnosno 4%. Sevkupnata energija { to e potro{ ena ot kako postoi ~ove{ tvoto, vo sredi nata na naredni ot vek }e se tro{ i za samo tri godi ni (Janke & Savov 1997).

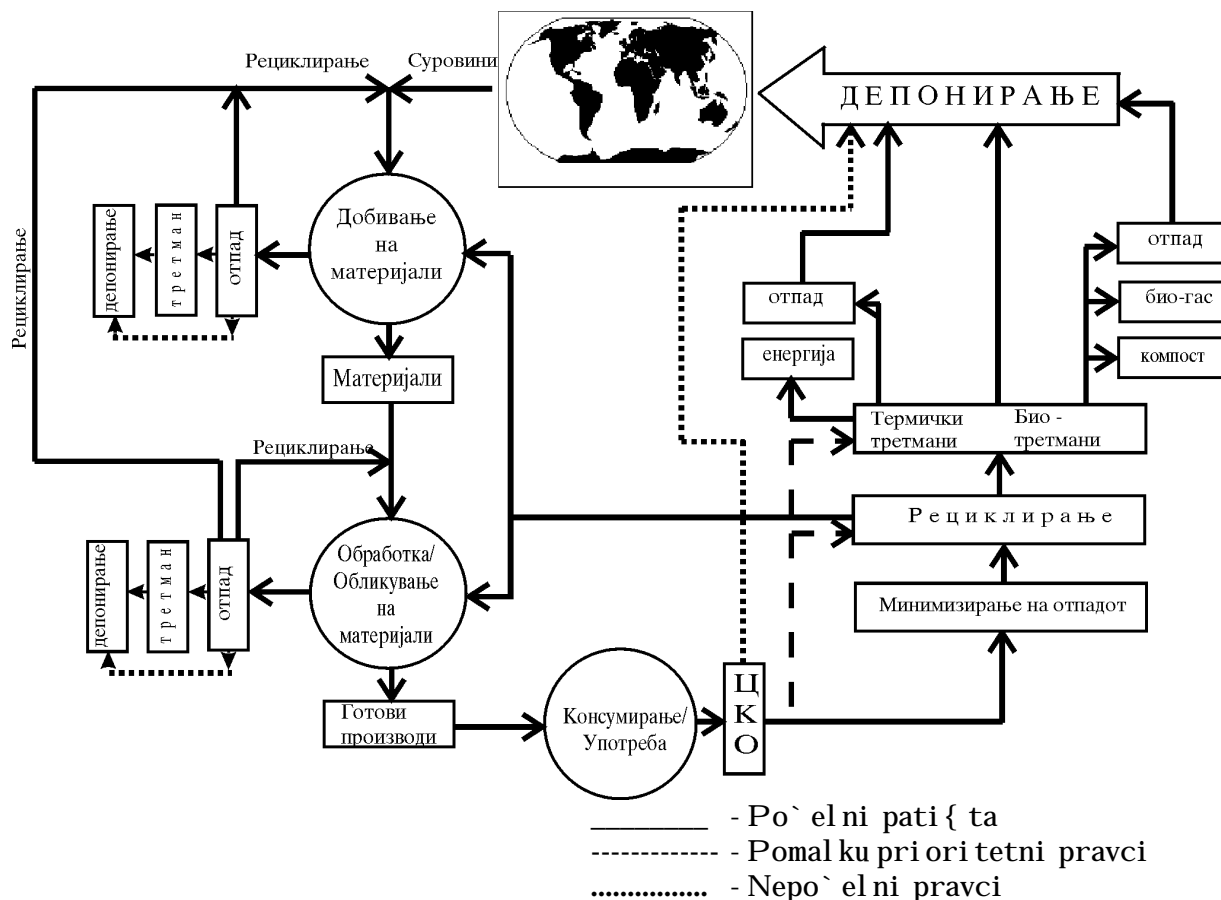
Zatoa, se nametnuva potrebata ~ove-kot so dopol ni tel ni akti vnosti da gi vrati otpadni te materijal i vo ni vnata pojdvna sostojba, za da se zatvori ci kl usot na dvi `ewe na materijal ite, i da se odr `i ramnote `a vo pri rodата. Na Sl. 1 e pri ka `ana { emana kru `ewe na materijal i te vo pri rodата i toa vo pove }e vari janti na tretman na CKO me|u negovoto sozdavawe i kone~no odl agawe (di rektno odl agawe, del umen i cel osen tretman). Od { emata se gl eda deka pri cel osen tretman se ovozmo `uva maksimal no i zvl ekuvawe na korisni te komponenti (materijalni i en-

ergetski ) kako i maksimal no razgraduvawe na otpadot pred negovoto deponi rawe.

Upravuvaweto so cvrsti ot otpad e rel ativno nova nau~no-i n `enerska di sci pl i na koja go i zu~uva sozdavaweto, pri bi raweto, sel ekcijata, transportot, tretiraweto i kone~no odl agawe na cvrsti ot otpad. Za negovo uspe{ no f unkcioni rawe e potreben kompl eksen pri od i toa od nau~en, tehni ~ko-tehnol o{ ki , ekonomski , praven i pred sé ekol o{ ki aspekt. Gl avni te negovi akti vnosti se odvi vaat po sl edni ot hi erarhi ski redosl ed:

1. mi ni mi zi rawe na sozdavawe na cvrst otpad,
2. reci kl i rawe,
3. tretirawe (konverzi ja na otpadot - termi ~ko i bi o tretirawe) i
4. sani tarno deponi rawe.

Vo sredi ni so vi sokorazvi en si stem na UCO se i nsi sti ra na stri ktna pri mena na ovaahierarhi ja, pa taka reci kl i raweto se razgl eduva otkako }e se i scrpat si te mo `nosti za mi ni mi zi rawe na otpadot.



Sl. 2 [ema na kru`ewe na materijali te pri uspe{no funkcionirawe na Sistemot za UCO

Isto taka kon tretirawe na otpadot se pristapuva otkako e postignat maksimalno mo`en stepen na reciklirawe. Nezavisno od toa kolku integralni ot sistem za UCO bil efikasen vo prethodnite trifazi, sekoga{ostanuva pogolema ili pomala

koli~ina na otpad koj mora se deponira. Pristapot kon ova pra{awe se menuva od dr`ava vo dr`ava ili od grad vo grad i se prilagoduva na konkretnite lokalni uslovi.

## 2. MINIMIZIRAWENA CVRSTI OT OTPAD

Pod **minimizirawe na cvrsti ot otpad (Waste Reduction)**, se podrazbiraat aktivnosti za namaluvawe na negovata koli~ina i toksinost od strana na site faktori vo dr`avata, od vladata, proizvoditelite, javnite ustanovi i prtprijati-ja, do doma}instvata. Vladata so soodvetna zakonska regulativa (stimulativna i kaznena) gi obvrzuva site ostanati faktori vo sproveduvawe na oviemerki i aktivnosti. Posebno va`ni se aktivnostite za zabranu ili ograni~ena upotreba na neкои {tetni ma-

terijali pri proizvodstvo na produkti za sekojdnevna upotreba. Naprimervo visokorazvieni te zemjive}ese izbegnuva kori stewena poli etilen teraftalat (PET) ili mena ambala`a za bezalkoholnijaloci i sé pove}ese izvezuvana pazari te na ponera zveni te zemjike de sé pomasovna upotrebata na ova nerazgradli va, {tetna, a za potro{uva~ot se pak "atraktivna" ambala`a. Proizvo ditelite svoite aktivnosti vo pogled na minimizirawe na otpadot gi ostvaruvaat preku dizajni rawe, proi z-

vodstvo i pakuvawe na proi zводи pri { to se posti gnuva ni vna mi ni mal na toksi ~nost, mi ni mal en vol umen i prodol ` en vek na upotreba. I stovremeno se te ` nee preku os-ovremenuvawe na tehnol ogi i te, proi zvodstvoto da se odvi va so mi ni mal no sozdavawe otpad. Doma}i nstvata preku sel ekti vno kupuvawe na produkti { to mo ` e da se reci k li raat i prozvidi so namal ena toksi ~nost, pogolema upotrebna vrednost i reci kl abi l na ambala ` a i ni vno raci onl no kori stewe ili konzumi rawe, pri donesuvaat vo akti vnosti te za mi ni mi zaci ja na otpadot.

Vo zemji te koi i maat vi sokorazvi en i odamna pri menet sistem na UCO, se poka ` uvat poziti vni ef ekti od akti vnos-

ti te za mi ni mi zi rawe na otpadot. Taka, pri i spi tuvawata vo obl asta Dol na Saksoni ja - Germani ja, vo 1995 godi na e regi stri rano namal uvawe na CKO od doma}i nstvata za 5% i reci kl abi l ni ot CKO za duri 20% vo odnos na 1994 (Anonym). Namal uvaweto na reci kl abi l ni ot otpad se dol ` i na razvi eni te sistemi za reci kl i rawe, taka { to ovi e otpadoci di rektno se vra}aat vo procesot na proi zvodstvo i voop{ to ne se pojavuvaat kako otpad. Vo Tab. 3 se navedeni podatoci za produkci ja na otpadot vo Ham-burg vo peri odot od oktombri 1986 do noemvri 1987 i kako { to mo ` e da se vi di vkup-noto namal uvawe na otpadot vo i spi tuvani -ot ednogodi { en peri od i znesuva 28% (Heil-mann & Wagner 1996).

Tab. 3 Produkci ja na cvrsti ot otpad vo Hamburg (Heilmann & Wagner 1996).

Период на испитување	Рециклабилни компоненти [kg/жител год.]	Био-отпад [kg/жител год.]	Останато [kg/жител год.]	Вкупно [kg/жител год.]
Октомври 1986	124	76	3	203
Ноември 1987	94	50	2	146
Вкупно намалување [%]	24	34	33	28

### 3. RECI KLI RAWE NA CVRSTI OT OTPAD

Koga }e se iscrpat si te mo ` nosti za mi ni mi zi rawe na otpadot, nareden ~ekor vo strategijata na si stemot na UCO e **reci kl i raweto**.

Pod poi mot reci kl i rawe se podrazbi -ra vra}awe na otpadni te materij ali vo procesot na proi zvodstvo i potro{ uva~ka. Toa ovozmo ` uva zatvorawe na pri rodni ot krug na dvi ` ewe na materij ali te, koi se transf ormi raat od eden obl ik vo drug, no na krajot kvanti tati vno ne se menuvaat.

Reci kl i raweto se odvi vaa vo nekol ku f azi, kako na pri mer, **1. sobi rawe i sorti rawe**, **2. prerabotka** i dobi vawe nov proi zvod i **3. negov plasman** (tri te strel ki na znakot na reci kl i rawe gi simbol izi raat tokmu ovi e tri osnovni f azi vo procesot na reci kl i rawe). Sé dodeka ovi e f azi ne

se pomi nat i ne se "zatvori krugot", materi -jal ot ne se smeta za reci kl i ran. Si te f azi vo procesot na reci kl i rawe gubat smi sol ako reci kl i rani te proi zvidi ne se prodad. Toa zna~i deka ne mo ` e da se reci kl i ra sé { to e tehni ~ki i zvodl i vo. Zna~i pokraj **tehni ~ko-tehnolo{ ki ot limiti ra~ki faktor** na reci kl i raweto, se javuva i **ekonoms-ki limiti ra~ki faktor**. Kako i kaj drug-ite pazari, taka i na pazarot na reci kl i -rani materij ali va ` at zakoni te na ponuda i pobaruva~ka. Vo zemji te so vi sokorazvi -en si stem na UCO, so soodvetna zakonska regul ati va se sti mul i ra i pomaga razvojot na ovoj pazar. Taka, pobaruva~i te i od dr ` avni ot i od privt ni ot sektor se naso~uvaat kon kupuvawe proi zvidi od reci kl i rani materij ali.

Spored toa, se razli kuvaat dva ti pa na proi zvodstvo: **pri marno**, pri { to materijal i te se proi zveduvaat kori stej}i pri rodni surovi ni i **sekundarno**, so koe se i skori stuvaat otpadni te materijal i i se i zbegnuva potro{ uva~kaata na pri rodni te materijalni resursi. Na primer, pod sekundaren ~elik se podrazbi ra metal proi zveden od otpaden ~eli~en materijal, dodeka pri marni ot ~elik se dobi va od `el ezna ruda. Pri sekundarnoto proi zvodstvo se posti gnuvaat zna~itel ni ekonomski i ekolo{ ki prednosti vo odnos na pri marnoto. Kaj primerot so ~elikot, se posti gnuvaat sledni te ef ekti: se za{ teduva

74% od energijata za proi zvodstvo na primaren ~elik, 97% za{ teda na ruda, 90% za{ teda vo koristewe dopol nitel ni surovi ni, 40% za{ teda vo koristewe voda, 86% namal eno zagaduvawe na atmosferata i 76% namal eno zagaduvawe na vodi te (Szekely & Traoaga 1995). Vo Tab. 4 se prik a` ani za{ tedi te vo potro{ uva~kata na energija i voda i namal uvawe na zagadenosta na atmosferata i vodi te pri proi zvodstvo na neкои sekundarni materijal i. Kako { to mo` e da se vidi, se posti gnuvaat zna~itel ni ef ekti vo za~uvuvawe na energetski te resursi (duri do 95% kaj al umi ni umot) i za{ ti ta na `i votnata sredi na.

Tab. 4 Za{ tedi { to se posti gnuvaat pri sekundarno proi zvodstvo na materijal i (Janke & Savov 1997; Szekely & Traoaga 1995; The Solid Waste Handbook 1986)

Рециклиран материјал	Заштеда на енергија [%]	Заштеда на вода [%]	Намалување на загаденоста на атмосферата [%]	Намалување на загаденоста на водите [%]
Алуминиум	95		95	97
Железо и челик	74	40	85	76
Бакар	85			
Олово	65			
Цинк	60			
Стакло	29	50	20	
Хартија	65	58	74	35
PVC	32			
Полиетилен	61			

**Sposobnosta za reciklirawe (reciklabilnost)** e merka koja poka` uva kol ku od proi zvedeni ot materijal mo` e da se reci kl i ra i kol ku treba da se otf rli kako rezul tat na tehni ~kata nevoz~mo` nost za reci kl i rawe. Taa se i zrazuva vo procenti. Ako nekoj materijal e 100% reci kl abi len, zna~i deka cel ata kol i~i na od otpadni ot materijal mo` e da se reci kl i ra. Takov primer e ~elikot. Treba da se pravi razli ka pome|u mo` nosta da se reci kl i raat ednorodni materijal i i smesi na materijal i. Na primer, ~isti te metal i se reci kl i raat ednostavno so pretopuvawe, dodeka pri reci kl i rwe na legurite, ili treba da se

vkl u~i proces na razdvojuvawe na metal i te koj ne e mnogu ednostaven, ili reci kl i raaweto }e treba da i ma za cel proi zvodstvo na legura so isti ot sostav kako i onaa koja se pretopuva, { to vo odredeni slu~ai i ne e po` el no. Isto taka, neкои materijal i kako ve{ ~ta~ki te pol i meri, kompozitni materijal i, te{ ko se reci kl i raat. Opti mal no re{ eni e za tretirawe na vakvi te materijal i e termi ~ki ot tretman, pri koj mo` e da se i skori sti topl otnata energija osl obodena od procesot.

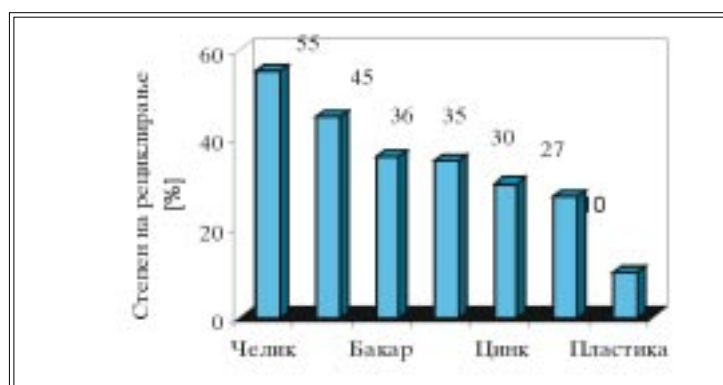
Tendencijata kon povi soki stepeni na reci kl i rawe bi trebalo da go obnovi op{ toto pri fa}awe na metal i te kako

tradi ci onal en materi jal { to ja odbel e-` al i stori ja ta na ~ove{ tvoto ("bronzena era", `` el ezna era"), naspro ti ekspl ozi vni ot razvoj i upotreba na poli meri te koi se te{ ko razgradl i vi materi jal i.

**Stepen na recikl i rawe** pretstavuva odnosot na reci kl i rani ot materi jal so vkupno proi zvedeni ot materi jal . Sekoga{ se te` nee kon maxi mal en stepen na reci kl i rawe. Toj zavi si pred sé od razvi enosta na sistemot na UCO, od tehni ~ki te mo` nosti za reci kl i rawe na odredena kat egori ja materi jal i , kako i od ekonomski te

zakoni tosti na pazarot, mo` nosta za pla si rawe na reci kl i rani te proi zvod i poba ruva-kata na odreden vi d na materi jal i.

Na Sl. 3 e pri ka` an stepenot na reci kl i rawe na neko i materi jal i , vkl u-uvaj} i gi i komunal ni ot i i nustriski ot sektor. Od di jagramot se gl eda deka najgol em stepen na reci kl i rawe i ma ~eli kot, a najmal plasti kata, { to naveduva na zakl u-ok deka stepenot na reci kl i rawe e vo di rektna f unkcija od reci kl abi l nosta t.e. tehni ~kata sposobnost za reci kl i rawe na materi jal i te.



Sl. 3 Stepen na reci kl i rawe na neko i materi jal i (svetski prosek) 1993 god. (Janke & Savov 1997; Szekely & Traoga 1995)

Za razl i ka od prethodnoto: "**Da se re ciklira sé { to mo` e da se reciklira**", sovremeni ot svetski trend kon i ntezi vi rawe na reci kl i ra~ki te akti vnosti i upo

treba na reci kl i rani materi jal i , so cel da se so~uvaat pri rodni te materi jal ni i ener getski resursi , go nametnuva mototo: "**Sé { to se proi zveduva da se reci kl i ra**".

## ZAKLU^OK

So pri mena na mi ni mi zi rawe i reci kl i rawe na cvrsti ot otpad, kako del od i ntegralni ot sistem na Upravuvawe so cvrsti ot otpad, se posti gnuvaat sl edni te ef ekti :

**1. Za{ teda na pri rodni te surovini** preku vra}awe na otpadni te materi jal i vo procesot na proi zvodstvo.

**2. Za{ teda na energija** - vo slu~ajot na dobi vawe na sekundaren al umi ni um se za{ teduva i do 95 % od energi jata potrebna za proi zvodstvo na pri maren al umi ni um.

**3. Za{ tita na atmosferata i vodite** - pri proi zvodstvoto na sekundarni materi jal i

mnogu pomal ku se zagaduva vozduhot i vodi te otkol ku pri marnoto proi zvodstvo.

**4. Za{ tita na zemjinite povr{ ini** - so vra}awe na otpadot vo procesot na proi zvodstvo se namal uvaat kol i ~i ni te na otpad namenat za deponi rawe.

**5. Financi ska za{ teda i otvorawe na novi vrabotuvawa** - so sami ot f akt deka se za{ teduvaat materi jal ni te i ener getski te resursi , pri sekundarnoto proi zvodstvo se ostvaruvaat i pozi ti vni f i nansi ski ef ekti , a istovremeno vo procesot na pri bi rawe i sel ekcija na otpadni te materi jal i , kako i ni vnata prerabotka se otvoraat novi rabotni mesta.

## LI TERATURA

Anonym, Enstorgungspraxis, 3/97, p.9.

Europe's Environment - The Dobriř Assesment (1995). Edited by Daveid Stammers and Philippe, Bourdeau, EEA, Kopenhagen.

Heilmann, A. & Wagner, A. (1996). Termische Restabfallbehandlung /hrsg. von Bernd Bitlitewski...- Berlin: Erich Schmidt/, p.78-91.

Hunsicker, M.D. (1996) J.Hazar.Mater., Vol.47, 31-42.

Janke, D. & Savov, L. (1997). Circulation of Materials. Erstes Freiburger Europa Seminar: Recources for Tommorow - Materials Recycling, TU Bergakademie, December.

Szekely, J. & Traoaga, G. (1986). J. Mater. Res., Vol. 10, No9, p.2178-2196.

The Solid Waste Handbook (1986). A Practical Guide, edited by W.D. Robinson, John Wiley & Sons.