

ALEKSANDER STOJANOV<sup>1</sup>  
DRAGAN UGRINOV<sup>2</sup>

Stručni rad  
UDC: 621.355.5.004.8

## Problematika prikupljanja i reciklaže istrošenih olovnih akumulatora

*U radu su izloženi problemi prikupljanja i reciklaže olovnih akumulatora u Srbiji, gde je situacija očajna. Ne postoje ni zakoni, ni šeme prikupljanja, a i svest ljudi u vezi sa tim je na veoma niskom nivou. Zato je neophodno povećati stepen reciklaže, kako bi se smanjila količina otpada koja se deponuje i skladišti, kroz zakonske regulative, stimulative mere, izgradnje postrojenja namenjena i opremljena za reciklažu istrošenih olovnih akumulatora i baterija kao kategorija opasnog otpada. Veliki je napredak u vidu prelaska običnih olovnih akumulatora na akumulator sa spiralnim ćelijama, što ćemo prikazati u radu.*

**KLjučne reči:** akumulatori, prikupljanje, reciklaža, opasan otpad, zakonska regulativa

### 1. UVOD

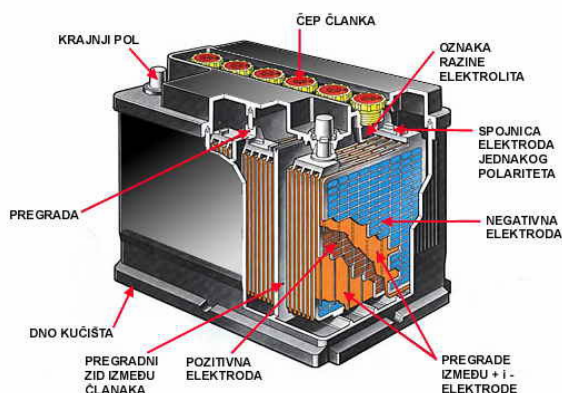
Širom sveta razvoj i ekspanzija industrijskih procesa i neprestano ulaganje u proizvodnju novih hemijskih proizvoda stvara sve veće količine opasnog otpada koji predstavlja potencijalnu pretnju životnoj sredini i javnom zdravlju. Ukoliko ne postoje odgovarajući zakoni, kompanije će se radije opredeljavati za najjeftinije i najpogodnije opcije odlaganja svog opasnog otpada – opcije koje mogu izazvati nepopravljivu štetu u životnoj sredini. Opasni otpad javlja se u raznim oblicima – od posuda sa tečnim hemikalijama pa do sijalica i baterija koje sadrže teške metale. I dok se smatra da su proizvodne industrije najveći izvor opasnog otpada, njegovom nagomilavanju doprinose i bolnice, laboratorije, vojne baze, farme, mala preduzeća, čak i domaćinstva. U Programu Ujedinjenih nacija o životnoj sredini procenjeno je da se u svetu stvara između 300 i 500 miliona metričkih tona opasnog otpada svake godine. Loše i neodgovarajuće odlaganje ovakvog otpada – često i u odsustvu politike i programa kojima bi se ono regulisalo – može imati teške posledice po životnu sredinu, javno zdravlje i privredu zemalja sveta.

### 2. OLOVNI AKUMULATORI KAO OPASAN OTPAD

Akumulator (kakav danas poznajemo) pronalazak je Francuza Gastona Plantea nastao još 1859. godine. No, iako su do tada već postojale različite vrste izvora struje, Plante se setio uroniti olovne elektrode u elektrolit (razređenu kiselinu) stvorivši tako akumulator koji se mogao puniti. Tako je još sredinom prošlog veka nastala baterija kakvu, iako prilično izmenjenu, koristimo i u današnjim automobilima (slika 1).

Akumulator je uređaj koji služi za proizvodnju električne energije neposrednim pretvaranjem hemijske

energije u električnu a fizikalno se temelji na principu rada galvanskog članka (baterije) koji se u najjednostavnijem obliku sastoji od 2 elektrode i elektrolita (elektrolit je rastvor, odnosno vodič). Akumulator spada u sekundarne galvanske članke, tj. one u kojima su promjene reverzibilne, što znači da se postupcima punjenja akumulator vraća u početno stanje i tako ponovno čini sposobnim za davanje struje. Elektrode u akumulatoru su sunderasta olovna ploča (elementarno olovo sive boje, negativna elektroda) i rešetka s olovnim dioksidom (tamno smeđa pozitivna elektroda), dok je elektrolit razređena sumporna kiselina (33% kiseline i 67% destilisane vode). Na temelju razlike potencijala između te dve elektrode dolazi do toka struje među njima. Osnovni element akumulatora je članak (tzv. "ćelija") (dve elektrode u elektrolitu međusobno odvojene pregradom) čiji je nazivni napon 2V i kojih ima više, a međusobno su spojeni serijski.

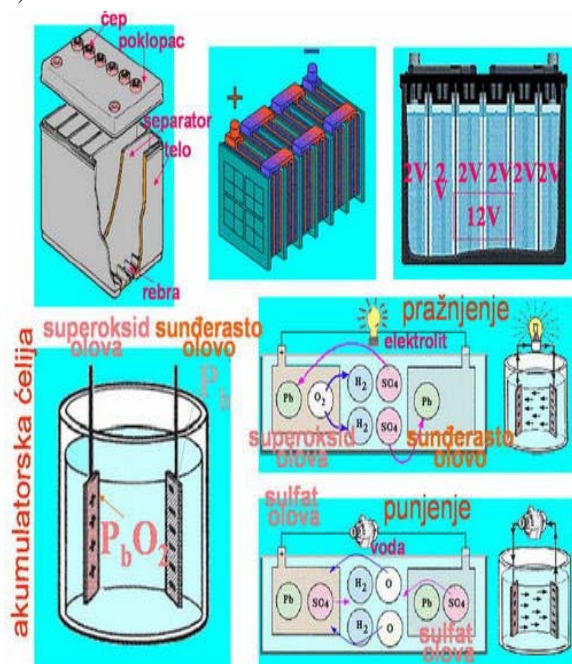


Slika 1 - Presek olovnog akumulatora

Tako su napravljeni akumulatori koji sa 6 članaka daju napon od 12V, no danas se koriste i oni od 6, pa i 24V. Kada se na akumulator priključi potrošač (elektro uređaji u automobilu) elektrode od olovnog dioksida se

Adrese autora: <sup>1</sup>Direkcija za građevinsko zemljište i izgradnju Beograd, J.P., Beograd, Njegoševa 84, <sup>2</sup>Zavod za javno zdravlje Pančevo

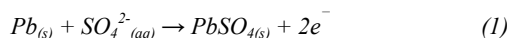
nabijaju pozitivno, a one od elementarnog olova negativno. Električna struja tada počinje teći s negativnih ploča, preko strujnog kola kroz potrošače, na pozitivne ploče i nazad u kiselinu. Hemijskom reakcijom se na površinu obe elektrode izlučuje olovni sulfat, pri čemu se sumporna kiselina veže s pločama, a elektrolit se pretvara u vodu. Kada se aktivna supstanca obe elektrode u potpunosti pretvori u olovni sulfat akumulator je prazan, tj. više ne može davati struju. Prilikom punjenja akumulatora električnom strujom događa se upravo obrnuta reakcija pri kojoj se olovni sulfat razgrađuje na elementarno olovo i olovni dioksid, a oslobađa se i sumporna kiselina. No, ovaj proces nije večan. S vremenom se na površinama elektroda u ćelijama počinje hvatati kora olovnog sulfata te akumulator postepeno postaje neupotrebljiv, odnosno, nije ga više moguće napuniti (slika 2).



Slika 2 - Hemijski procesi u akumulatoru

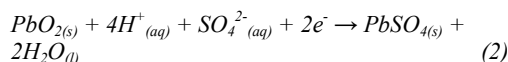
Prilikom pražnjenja odvijaju se sledeće elektrohemijske reakcije:

Anoda:



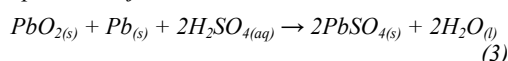
(oksidacija pri kojoj olovo prelazi u olovo-sulfat)

Katoda:



(redukcija pri kojoj olovo-dioksid prelazi u olovo-sulfat)

Ukupna reakcija:



Kada postanu neupotrebljivi, olovni i čelični akumulatori zahtevaju poseban tretman deponovanja i recikla-

že. Zbog svog sastava (olovnih ploča, sumporne kiseline i kadmijuma) akumulatori spadaju u grupu opasnih otpada sa toksičnim i nagrizajućim svojstvima opasnim po okolinu i zdravlje ljudi. Kad se kaže 'štetne', misli se na materije koje imaju toksična, kancerogena, mutagena i teratogena ili bioakumulativna svojstva, posebno one koje se sporo razgrađuju, ili su otporne i imaju bitno štetan uticaj na žive organizme. Teški metali poput bakra, olova, magnezijuma, kobalta, cinka, kadmijuma, žive, nikla.

### 3. NOVA TEHNOLOGIJA IZRADE OLOVNIH AKUMULATORA (SPIRALNE ĆELIJE)

Tehnologija spiralnih ćelija je radikalna rekonstrukcija klasičnih olovnih akumulatora. Primenom olovnih ploča visoke čistoće koji su umotani u obliku spirale, proizvode se akumulatori kod kojih je površina olova jako velika. Specijalna staklena vuna koja se nalazi između ploča, upija elektrolit i na taj način se stvara jako mali unutrašnji napon.

Zahvaljujući jedinstvenoj konstrukciji, akumulatori sa spiralnim ćelijama daleko nadmašuju veće klasične pločaste akumulatora u ekstremnim temperaturnim okolnostima (od  $-40^\circ\text{C}$  do  $+40^\circ\text{C}$ ). Snaga startovanja akumulatora na hladnoći izražava se u CCA (struja hladnog starta). To je merilo kojim se izražava koliko ampera se može proizvesti za 30 sekundi na temperaturi od  $-18^\circ\text{C}$ . Što se tiče te karakteristike, akumulatori sa spiralnim ćelijama imaju najbolje karakteristike. Vrlo brzo je u upotrebljivom stanju zahvaljujući velikoj površini elektroda i omogućavaju motoru da se startuje više puta, pa i onda kada startovanje predstavlja problem. Visoka temperatura je drugi faktor koji nepovoljno utiče na rad akumulatora. Kada se akumulator zagreje, elektrolit isparava i kapacitet akumulatora se smanjuje. Što se tiče ovog problema, akumulatori sa spiralnim ćelijama manje su podložni štetnim uticajima visokih temperatura u odnosu na klasične pločaste akumulatora.

Specijalna mikroporozna staklena vuna u celosti upija elektrolit između spiralnih ploča. Zbog toga i prilikom fizičkog oštećenja akumulatora, elektrolit ne može da iscuri, što rezultuje daleko veću sigurnost kako za rukovaoca, tako i za životnu sredinu. Izrada akumulatora sa elektrolitom absorbiranim u mikroporoznom staklenom separatoru, čini ovaj akumulator sigurnim i ekološki prihvatljivijim od standardnih pločastih akumulatora. Može se postaviti pod bilo kojim uglom, čak može biti okrenut naopako, bez opasnosti da dođe do curenja kiseline. Akumulatorska posuda osigurava dobru zaštitu, tako da baterija nastavlja sa radom čak i ako je jedna od ćelija oštećena.

Ne zahteva održavanje, vodonik i kiseonik koji se stvara unutar akumulatora, automatski se pretvara u vodu. Zato nema potrebe dopunjavati ćelije vodom. Akumulatori sa spiralnim ćelijama zbog minimalnog "samopražnjenja", mogu se skladištiti više od godinu dana, bez dodatnog punjenja.

Konvencionalne automobilske baterije omogućavaju 4000 startovanja, testovi su pokazali da akumulatori sa spiralnim ćelijama omogućavaju najmanje 12000 startovanja motora. Klasični pločasti olovni akumulator najviše oštećuje vibracije i truckanja. Otpornost spiralnih akumulatora na vibracije u visokoj meri povećava primena V-TECH tehnologije. Vibracioni testovi propisa SAE J930 (5.0G) pokazuju više od 70% veću otpornost na vibracije od klasičnih pločastih akumulatora. Testovi su pokazali da spiralni olovni akumulator može podneti vibracije od 4G(33Hz) tokom 12 sati i 6G tokom četiri sata. Kod pločastih akumulatora ti rezultati su četiri odnosno jedan sat. (Slika 3. Nam pokazuje novu generaciju akumulatora)



Slika 3 - Presek spiralnog olovnog akumulatora (Optima): 1. Kompaktni, liveni priključci, 2. Sa poklopcem uliveno plastično kućište koje štiti od hemijskih i fizičkih oštećenja, 3. Olovne ploče velike čistoće, 4. Sigurnosna slavina protiv požara, 5. Polovi zaštićeni protiv korozije, 6. Kompaktno umotane spiralne ćelije, 7. Specijalna mikroporozna staklena vuna koja u celosti upija elektrolit između spiralnih ploča.

#### 4. SISTEMI ZA RECIKLAŽU OLOVNIH AKUMULATORA

Ako redukcija na izvoru zagađenja nije izvodljiva, sledeća strategija je ponovno korišćenje ili recikliranje opasnog otpada. Reckliranje, ako se izvodi na način kojim se ne nanosi šteta životnoj sredini, umnogome daje one koristi koje su karakteristične i za smanjenje količina otpada. Reckliranjem se smanjuje potreba za tretiranjem ili odlaganjem otpada i čuvaju energija i resursi. Industrijski opasni otpad moguće je korisno ponovo upotrebiti u vidu pogodnih zamena netaknutih sirovina ili nekih komercijalnih hemijskih proizvoda.

Reciklaža je izdvajanje materijala iz otpada i njegova ponovna upotreba. Sakupljanje otpada, izdvajanje, prerada i izrada novog proizvoda su karike u lancu reciklaže. Otpad nije dovoljno samo smanjivati i izbegavati. Potrebno ga je razdvajati na mestu nastanka prema vrstama otpada jer samo odvojeno sakupljeni otpad može se iskoristiti.

Reciklaža je skup aktivnosti kojima se obezbeđuje ponovno korišćenje otpadnih materijala. Reciklažom se postižu sledeći strateški ciljevi:

**Štednja sirovinskih resursa** (svi materijali potiču iz prirode i ima ih u ograničenim količinama),

**Štednja energije** (nema trošenja energije u primarnim procesima, kao ni u transportu koji te procese prati, a dobija se dodatna energija sagorevanje materijala koji se ne recikliraju),

**Zaštita životne sredine** (otpadni materijali degradiraju životni ambijent, pa se reciklažom štiti čovekova okolina),

**Otvaranje novih radnih mesta** (procesu u reciklaži materijala podrazumevaju ulaganje znanja i rada, što stvara potrebu za radnim mestima).

U pogledu mogućnosti ponovnog iskorisćenja, materijali mogu biti:

**Reciklabilni** (mogu se iskoristiti ponovnim vraćanjem u proces proizvodnje),

**Nereciklabilni** (ne mogu se vratiti u proces i koriste se za dobijanje energije-spaljivanjem ili se na ekološki bezbedan način skladište),

**Opasni – hazardni** (materijali koji su štetni za čoveka i njegovo okruženje),

**Bezopasni** (materijali koji nisu štetni za čoveka i njegovo okruženje).

Reciklaže se dele po načinu vraćanja materijala u proces ponovnog korišćenja na:

**Primarna** (reciklaža kojom se posle odgovarajuće pripreme materijala isti koristi za dobijanje novih proizvoda ili se doradom korišćenih proizvoda omogućava njihova ponovna upotreba),

**Sekundarna** (reciklaža u kojoj se konvencionalno nereciklabilni materijali preraduju korišćenjem novih tehnologija do maksimalno mogućeg iskorišćenja). Znak recikličnosti mora se nalaziti na svakom olovnom akumulatoru. Tri strelice označavaju tri faze reciklaže u životnom veku proizvoda. U Evropskoj uniji ekološke oznake imaju znatan uticaj na tržište i plasiranje proizvoda na tržište. Osim što je obavezno označavanje opisano i precizno definisano zakonima i direktivama, zbog razvijene potrošačke svesti kompanije nastoje da ispune potrebne zahteve kako bi dobile pravo na isticanje neke od oznaka recikličnosti.

#### 5. RECIKLIČNOST KAO ZAHTEV PRI KONSTRUISANJU AKUMULATORA

Sve do nedavno su pri projektovanju i konstruisanju proizvoda dominirali zahtevi vezani za upotrebu (atabilnost) i izradu (tehnološkičnost) proizvoda. Pod pritiskom problema zbrinjavanja dotrajalih proizvoda proizvođači su primorani uvažavati i zahteve recikličnosti proizvoda, odnosno prikladnosti proizvoda recikliranju. Naime, odluke donešene u fazi konstruiranja proizvoda umnogome određuju prikladnost reci-

klijanju. Konstruktor bi trebao opšte uvažiti sve vrste i postupke recikliranja. Recikliranja proizvoda treba ostvariti prikladnost prikupljanja, rastavljanja, čišćenja, proveravanja, razvrstavanja dotrajalih delova i proizvoda, gde je recikliranje materijala, pogodnost prikupljanja, usitnjavanja, razdvajanja. U oba slučaja od važnosti ostvariti jednostavno rasklapanje proizvoda, tj. primeniti lakorastavljive spojeve.

## 6. HIDROSEPARACIJA

Ovaj postupak je visoko automatizovan, a različite firme imaju svoja specifična rešenja za način drobljenja, hidroseparacija, sušenje i transport produkata.

Olovni akumulatori sadrže dve osnovne frakcije:

- tešku (metalno Pb, Pb-Sb legura, sulfati i oksidi) i
- laku (plastika, ebonit, polietilen, polihlorvinil, fenolit, polipropilen i sl.).

Nakon drobljenja akumulatora, ove dve frakcije se mogu razdvojiti u suspenziji određene gustine (hidroseparacija). Pri gustini suspenzije od 1800 [kg/m<sup>3</sup>], razdvajaju se laka i teška frakcija u hidrociklonu.

Na ovaj način se dobijaju tri proizvoda:

1. Pb-Sb legura sa 91-92 [%]Pb
2. oksidno-sulfatna pasta i mulj sa 62-68 [%]Pb
3. laka, nemetalna frakcija.



Slika 13 - Osnovna tehnološka šema prerade akumulatora hidroseparacijom. Slične postupke hidroseparacije imaju sledeće firme: BBU – Austrija, "Tonoli" – Milano, kombinat – Trepča – Zvečan, "Humboldt" – Nemačka, "Pena-raja" – Francuska, "Gincvemet" – Rusija

Prikupljanje i reciklaža hemijskih baterija i olovnih akumulatora u evropskim zemljama je vrlo neujednačena. Iako već postoje neki zakoni, pred EEZ je obaveza da u što kraćem roku donesu što preciznije i što bolje zakone u vezi sa ovom oblašću. U nekim zemljama prikupljanje je podržano državnim programima za reciklažu, tako da se nov akumulator može nabaviti po sniženoj ceni uz povraćaj starog. Na slici 4. Možemo videti šemu prerade akumulatora hidroseparacijom.

Tehnološke parametre prerade alovnih akumulatora u Srbiji, možemo videti u tabeli 1.

Tabela 1 - Tehnološki parametri prerade Pb-akumulatora hidroseparacijom olovnih akumulatora u Republici Srbiji

Produkt	Izlaz, [%]	Sadržaj, [%]			Izvlačenje, [%]		
		Pb	Sb	Cl	Pb	Sb	Cl
Krupnije Pb	16,0	91,35	3,27	0,01	23,84	28,6	0,09
Sitnije Pb	17,3	89,26	5,80	0,08	25,23	54,7	0,79
Pasta	21,1	71,01	0,80	0,61	24,50	9,1	6,91
Mulj	23,1	66,88	0,57	0,35	25,28	7,1	4,47
Kutije	15,1	2,37	0,03	0,64	0,58	0,3	5,18
Separatori	7,4	4,73	0,05	20,71	0,57	0,2	82,61

Reciklaža starih akumulatora se kod nas za sada legalno vrši u topionici u Zajači (kapacitet od oko 10.000 tona/god.) i u fabrici akumulatora u Somboru (kapacitet od 2.000 tona/god). Postojanje nelegalnih objekata koji pretapaju olovo i druge metale a nemaju ni minimalne mere zaštite je činjenica.

## 7. USAGLAŠAVANJE DOMAĆEG ZAKONODAVSTVA SA DIREKTIVAMA EU

Predstoji revizija kako lokalne tako i nadležnih organa za implementaciju Bazelske konvencije i donošenje zakonodavno pravne regulative u oblasti upravljanja opasnim otpadom. Polazeći od Strategije upravljanja otpadom EU iz 1990. godine upućuje se na potrebu predlaganja sledećih strateških pravaca za upravljanje otpadom u Republici Srbiji:

- sprečavanje nastajanja otpada;
- reciklaža i ponovna upotreba;
- optimalno konačno odlaganje;
- regulisanje prenosa otpada;
- aktivnosti rešavanja upravljanja otpadom.

Osnovne direktive o otpadima upućuju, da pri harmonizaciji zakonodavstva sa zakonodavstvom EU treba doneti propise u skladu sa sledećim direktivama:

- Direktiva Saveta 75/442/EEC o otpadu (Okvirna direktiva)
- Direktiva Saveta 99/31/EC o deponijama otpada
- Direktiva Saveta 2000/76/EC o spaljivanju otpada
- Direktiva Saveta 91/157/EEC o baterijama i akumulatorima koji sadrže opasne supstance

## 8. ZAKLJUČAK

Pouzdan podaci o nastalim količinama baterija i akumulatora ne postoje. Akumulatori i baterije se ne sakupljaju niti prerađuju organizovano. U Srbiji postoji par registrovanih organizacija za preradu akumulatora, koje ih prerađuju. Potrebno je hitno stvaranje kapaciteta i/ili identifikovanje pravnih lica za sakupljanje, skladištenje, dekontaminaciju i plasiranje baterija i akumulatora na tržište. Naše fabrike su pune materijala koji se u budućnosti može reciklirati i na taj način sprečiti odliv znatnih finansijskih sredstava iz zemlje, a Srbija reciklira samo pet odsto otpada. Sada se medicinski, posebno farmaceutski otpad, izvozi u Nemačku i Švajcarsku, a pored ove dve zemlje otpad iz cele Evrope odlazi na termičku obradu u Francusku i Austriju. Zemlje Evropske unije obavezale su se da do 2010. godine uklone sve uređaje koji sadrže opasne, kancerogene PCB materije, a Srbija ima obavezu da to učini do 2015. godine. Svuda u svetu reciklaža otpada (opasnog) je profitabilan posao, pa što ne bi bila i kod nas? Ako se uđe u ovaj poduhvat kako treba, odnosno planski, to je profitabilan posao. Primarna uloga reciklaže je zaštita zdravlja i životne sredine i očuvanje prirodnih resursa. Sekundarna uloga reciklaže je otvaranje novih prerađivačkih kapaciteta. Ovo je delatnost koja treba da otvori nove proizvodno-prerađivačke kapacitete, kao i da revitalizuje postojeće na teritoriji Srbije. Da bi se recikliranje podiglo na viši nivo privredne delatnosti, pored edukacije na svim nivoima, pored novih investicija, neophodna je veća međuinstitucionalna povezanost. Potrebna su veća sredstva iz budžeta koja bi bila upotrebljena za stvaranje zdravih projekata za nove investicije.

### PREDLOG MERA:

- Izrada Nacionalnog programa upravljanja opasnim otpadima.
- Omogućiti kupcima da se nov akumulator ili baterija kupi po sniženoj ceni uz povraćaj starog.
- Stimulisati reciklažu akumulatora i baterija subvencijama države.
- Uspostavljanje efikasne stručne i administrativne institucije (nacionalni centar) za upravljanje opasnim otpadom.

- Izrada nedostajućeg zakonodavstva i harmonizacija sa direktivama EU.
- Izrada nedostajućih standarda i tehničkih propisa, kao i finansijskih mehanizama za kontrolu tokova opasnih otpada.
- Uspostavljanje informacionog sistema za opasne otpade, generatore, postojeća postrojenja za tretman opasnih otpada.
- Izrada plana reciklaže opasnog otpada na nivou Republike i na nivou generatora.
- Izrada plana reciklaže guma, otpadnih ulja, baterija i akumulatora, starih kola, plastike.
- Izrada plana postupanja i upravljanja opasnim otpadima na nivou svakog generatora.
- Uspostavljanje edukacije stanovništva.
- Uspostavljanje kontrole nad postojećim sistemima za preradu.
- Privatizacija preduzeća koja učestvuju u sprovođenju upravljanja opasnim otpadom od sakupljanja, transporta do prerade- ulaganje privatnog preduzetništva (privatnog kapitala), opštine (vlasnik zemljišta), države.

### LITERATURA

- [1] Ferrao, P., Amaral, J. „Models for recycling and reuse activities in the automotive industry: The Portuguese case study. Lisabon: Technical University, 2001.
- [2] Gruden, D. Traffic and environment. Berlin – Heidelberg: Springer-Verlag, 2003.
- [3] Ilić, M. Strateški okvir za politiku upravljanja otpadom. Beograd: Regionalni centar za životnu sredinu i Istočnu Evropu - Kancelarija u Jugoslaviji, 2002.
- [4] Milivojević, J., Arsovski, S., Đorđević, M. Pristup oceni postojećeg sistema reciklaže motornih vozila na kraju životnog ciklusa u Srbiji. Kvalitet, 2008, vol. 18, br. 7-8, str. 74-77.
- [5] Pavlović M., Ekološko inženjerstvo, TF “Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, 2004.
- [6] Zeljković, V., Jevtić, M., Janković, Ž., Nikolić, V., Glišović, S., Sektor prerade čvrstog komunalnog otpada - bezbednost, zaštita životne sredine i obrazovanja., Ecologica, Posebno izdanje, 2007. god. vol 14, str. 81-86.

## ABSTRACT

### PROBLEMS OF COLLECTING AND RECYCLING USED LEAD ACID ACCUMULATORS

*The paper presents problems of collecting and recycling lead acid accumulators in Serbia, where the situation is desperate. There are neither the laws, nor collection schemes, and awareness of people regarding the problem is on a very low level. Therefore, it is necessary to increase the level of recycling in order to reduce the amount of waste which is being disposed and stored, through law regulations, stimulant measures, building facilities designed and equipped for recycling used lead acid accumulators and batteries as a dangerous waste category. It is a great step forward in changing plain lead acid accumulators with accumulators with spiral cells, which will be shown in the paper.*

**Key words:** accumulators, collecting, recycling, dangerous waste, law regulations