

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni študij vodarstva in
komunalnega inženirstva

Kandidat:

Marko Degenek

Zbiranje in ravnanje z odpadnimi baterijami

Diplomska naloga št.: 140

Mentor:

izr. prof. dr. Viktor Grilc

Ljubljana, 2010

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **MARKO DEGENEK** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»ZBIRANJE IN RAVNANJE Z ODPADNIMI BATERIJAMI«.

Izjavljam tudi, da se za potrebe elektronske separatoteke FGG odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela.

Ljubljana, _____2010

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so pregledali naslednji učitelji smeri Vodarstva in komunalnega inženirstva:

BIBLIOGRAFSKA – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 628.4(043.2)
Avtor: Marko Degenek
Mentor: izr. prof. dr. Viktor Grilc
Naslov: Zbiranje in ravnanje z odpadnimi baterijami
Obseg in oprema: 112 str., 7 pregl., 32 sl., 5 graf., 2 pril.
Ključne besede: gospodinjske baterije, postopek reciklaže odpadnih baterij, Direktiva 2006/66/ES, Li-ionska baterija, nevarni odpadki

Izvleček

V diplomskem delu smo se osredotočili na zbiranje in ravnanje z odpadnimi gospodinjskimi baterijami. Baterije lahko vsebujejo nevarne snovi, zato je njihovo zbiranje in kasnejše recikliranje koristno tako z ekonomskega vidika kot tudi z vidika vnovičnega pridobivanja dragocenih surovin. Problem baterij je aktualen in potreben temeljite analize in razprave.

Neustrezno odložene baterije so lahko velik in pereč problem v okolju, saj odložene na neprimerna odlagališča ogrozijo podtalnico in posledično pitno vodo. Veliko nevarnost za okolje predstavljajo tudi v primeru, če so pomešane z drugimi odpadki, ki jih nameravajo sežgati ali odlagati na kmetijske površine.

Vsi torej vsakodnevno uporabljamo baterije, še zmeraj pa so za ljudi velika neznanka. Da temu ne bi bilo več tako, bomo skozi diplomsko nalogo »baterijo« spoznali vse od njenih zasnov pa do zahtevnih postopkov ravnanja z njimi. Prikazane so vrste in tipi baterij, oblike, sestava, lastnosti in delovanje, direktive in uredbe o ravnanju z odpadnimi baterijami; opisane so nevarne snovi in negativni vplivi na okolje, postopki zbiranja in ločevanja ter številni reciklažni postopki, ki jih že izvajajo drugod po svetu. Na podlagi teh postopkov in upoštevajoč EU direktive, uredbe in zakonodajo, smo na koncu diplomske naloge analizirali stanje na področju zbiranja in ravnanja z odpadnimi baterijami pri nas in izdelali sistem (od ozaveščanja ljudi pa do končne predelave), ki bi bil najučinkovitejši in najprimernejši za Republiko Slovenijo.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 628.4(043.2)
Author: Marko Degenek
Supervisor: assoc. prof. dr. Viktor Grilc
Title: Waste battery collection and handling
Notes: 112 p., 7 tab., 32 fig., 5 graph., 2 ann.
Key words: household batteries, waste battery recycling process, Directive 2006/66/EC, Li-ion battery, hazardous waste

Abstract

In the following thesis, we focused on waste battery collection and handling. Since batteries are known for their possible containing of dangerous substances, it seems sensible to collect and reuse them - not only from the perspective of economy, but also when it comes to regaining some valuable raw materials. That is why the battery issue is not only topical, but also in need of thorough analysis and discussion.

Wrongly disposed batteries are a huge environmental issue, since they pollute groundwater and eventually our drinking water. In case they are burned or disposed along with other waste materials onto agricultural areas, they also represent immense environmental hazards.

Batteries are being used on a daily basis by everyone, however, people are still not familiar with all of their characteristics and their proper use. To improve the current situation, we concentrated on some basic facts (sorts, types, structure, characteristics and functioning of batteries) throughout this final thesis. Moreover, we presented directives and decrees concerning waste battery handling, and described dangerous substances and their negative influences on the environment. There is a presentation of already existing waste battery collecting, selecting and recycling processes in some parts of the world. Based on these, and taking EU directives, decrees and legislation into account, the situation in Slovenia was analysed and a system (starting with making people aware of the issue and ending with the reuse of waste materials) considered most effective and most appropriate for Slovenia was invented.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem:

- **mentorju izr. prof. dr. Viktorju Grilcu** za pomoč pri nastajanju diplomske naloge, natančen pregled in konstruktivne kritike, njegovo izredno hitro odzivnost, nenehno pripravljenost in prijaznost;
- **vsem zaposlenim** na katedri, ki so mi omogočili prijetno delovno vzdušje, še posebej pa **gospo Lidiji Živanovič**, naši tajnici, ki me je vedno znova nasmejala in udobrovoljila, me spodbujala in mi pomagala iz zagate, kadar sem kaj »zamočil«;
- **študijskim kolegom** za pestre ure na fakulteti in izven nje, zapiske, rešene izpite in vaje;
- **Silvi Šuc**, ki je natančno pregledala in lektorirala diplomsko nalogo; brez njene pomoči zagotovo ne bi bila tako berljiva;
- svojim **najboljšim prijateljem** za debate in spodbudne besede; imen ne bom navajal, saj sami točno vedo, o kom govorim.

Posebno zahvalo sem seveda dolžan super in nezamenljivi **družini**. Mami, oči in Nina - skozi vsa leta študija ste mi potrpežljivo nudili pomoč, me bodrili, ko je bilo najtežje, in mi popestrili vsakdanjik, da je bil lepši, bolj sončen. Predvsem ti, sestra Nina, si mi skozi vsa leta šolanja in študija pomagala, da sem prebrodil težave, ki so bile seveda posledica moje lenobe. Prav rad pa se zahvalim še **teti Vlasti**, doktorici znanosti, ki mi je s svojimi študijskimi izkušnjami in nasveti olajšala prenekatero zadrego, hkrati pa venomer poudarjala, da je študij neke vrste »uživancija«, kar sem morda še preveč dosledno upošteval.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	ELEKTRIČNA BATERIJA	2
2.1	Uvod	2
2.2	Kratka zgodovina baterije	3
2.3	Sestava baterije	5
2.4	Delovanje baterije	7
2.5	Oblike in velikosti baterij	11
2.6	Vplivi na karakteristike baterije	12
2.7	Nasveti za rokovanje z baterijami	14
2.8	Uvod v problematiko ravnanja z odpadnimi baterijami	14
2.8.1	Velike akumulatorske baterije	15
2.8.2	Manjše gospodinjske baterije	17
2.8.2.1	Primarne baterije	17
2.8.2.2	Sekundarne baterije	23
2.8.2.3	Končni pregled glavnih skupin baterij, njihove uporabe in napetosti	31
3	EVROPSKA DIREKTIVA, UREDBA, OPERATIVNI PROGRAM, INFORMACIJSKI SISTEM	32
3.1	Direktiva 2006/66/ES	32
3.2	Direktiva 2008/12/ES	34
3.3	Uredba o baterijah in akumulatorjih ter odpadnih baterijah in akumulatorjih	34
3.3.1	Splošne določbe	35
3.3.2	Proizvodnja in dajanje baterij in akumulatorjev v promet	36
3.3.3	Obveznosti končnega uporabnika	37
3.3.4	Obveznosti izvajalca javne službe	37
3.3.5	Obveznosti distributerja prenosnih baterij in akumulatorjev	37
3.3.6	Obveznosti proizvajalca prenosnih baterij in akumulatorjev	38
3.3.7	Obveznosti zbiralca odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev	38

3.3.8	Obveščanje končnega uporabnika in označevanje baterij in akumulatorjev	39
3.3.9	Obdelava in recikliranje odpadnih baterij in akumulatorjev	40
3.3.10	Poročanje Evropski komisiji	41
3.3.11	Nadzor	41
3.3.12	Prehodne in končne določbe	41
3.4	Operativni program ravnanja z odpadnimi baterijami	42
3.4.1	Uvodne ugotovitve in prikaz sestavin operativnega programa	42
3.4.2	Končne ugotovitve in predlogi potrebnih dopolnil	44
3.5	Javni informacijski sistem o baterijah	45
4	VPLIV ODPADNIH BATERIJ NA OKOLJE IN OPCIJE RAVNANJA	47
4.1	Uporabniki	47
4.2	Težke kovine in nevarne snovi	48
4.2.1	Težke kovine	48
4.2.2	Potencialno nevarne snovi po vrstah baterij	49
4.3	Vpliv nepravilno odloženih odpadnih baterij na podtalnico	50
4.4	Vpliv sežiganja odpadnih baterij na okolje	51
4.5	Opcije ravnanja z odpadnimi baterijami	52
4.5.1	Odlaganje odpadnih baterij	53
4.5.1.1	Alternative končnega odlaganja baterij	54
4.5.2	Zbiranje in sortiranje odpadnih baterij	54
4.5.2.1	Postopki zbiranja in sortiranja gospodinjskih baterij	55
4.5.3	Recikliranje odpadnih baterij	57
4.5.3.1	Metode recikliranja baterij	58
4.5.3.1.1	Pirometalurški postopek	59
4.5.3.1.2	Hidrometalurški postopek	60
4.5.3.2	Pregled reciklažnih postopkov odpadnih baterij po svetu	61
5	PREDLOGI ZA IZBOLJŠANJE SISTEMA RAVNANJA Z ODPADNIMI BATERIJAMI V REPUBLIKI SLOVENIJI	83
5.1	Predlogi za načrtovanje in uvajanje programa zbiranja in ravnanja	83
5.2	Količine baterij in akumulatorjev v Republiki Sloveniji	86

5.3	Sistem ravnanja z odpadnimi baterijami z vidika direktiv in uredb	90
5.4	Sedanji sistem ravnanja z odpadnimi baterijami v Republiki Sloveniji	93
5.5	Predlogi za izboljšanje sistema ravnanja z odpadnimi baterijami v Republiki Sloveniji	96
5.5.1	Predlog tehnološkega postopka predelave baterij v Republiki Sloveniji	98
6	ZAKLJUČKI	101
	VIRI	104
	PRILOGE	
	Priloga A: Obrazec letnega poročila o zbranih odpadnih baterijah in/ali akumulatorjih in ravnanju z njimi	
	Priloga B: Obrazec za registracijo proizvajalcev baterij in akumulatorjev	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Kemična analiza alkalne baterije

Preglednica 2: Pregled glavnih tipov primarnih baterij po sestavi, velikosti, obliki in uporabi

Preglednica 3: Pregled vseh tipov baterij, oznak, napetosti in uporabe

Preglednica 4: Vsebnost toksičnih težkih kovin v tipičnih gospodinjskih baterijah

Preglednica 5: Kovine iz različnih tipov baterij, ki jih je možno reciklirati

Preglednica 6: Količine prodanih, zbranih, predelanih in odstranjenih baterij in akumulatorjev
v Republiki Sloveniji

Preglednica 7: Vrste nastalih odpadnih baterij in akumulatorjev v Republiki Sloveniji

KAZALO SLIK

- Slika 1: Glinasti vrč
- Slika 2: Prvi primer baterije
- Slika 3: Prečni prerez cinkove baterije
- Slika 4: Galvanski člen
- Slika 5: Daniellov galvanski člen
- Slika 6: Polnitev in izpraznitev baterije
- Slika 7: Oblike gospodinjskih baterij
- Slika 8: Svinčev akumulator
- Slika 9: Prečni prerez alkalne baterije
- Slika 10: Prečni prerez litijeve baterije
- Slika 11: Prečni prerez (cilindrične) NiMH baterije
- Slika 12: Li-ionska baterija
- Slika 13: Znak za ločeno zbiranje baterij in akumulatorjev
- Slika 14: Obnova materialov odpadnih baterij
- Slika 15: Shema BATENUS postopka (ionsko-izmenjevalna tehnika)
- Slika 16: Shema BATINTREC postopka
- Slika 17: Prikaz delovanja Sumitomo postopka
- Slika 18: Shema Recytec postopka
- Slika 19: Kadmij (+99,95 % čistost)
- Slika 20: Rotacijska talilna peč
- Slika 21: Prikaz delovanja Waelz postopka
- Slika 22: Vakuumska toplotna reciklažna enota TERA
- Slika 23: Prikaz delovanja TERA postopka
- Slika 24: Shema mehanskega postopka pridobivanja Ni zlitin iz baterij
- Slika 25: Shema reciklažnega postopka za Li-ionske baterije
- Slika 26: Bobnasto sito
- Slika 27: Separacija z bobnastim sitom
- Slika 28: Shema reciklažnega postopka litijevih baterij
- Slika 29: Primeri zbirnih posod nameščenih v trgovinah
- Slika 30: Shema tehnološkega postopka predelave svinčevih akumulatorjev v MPI d.o.o.

Slika 31: Postopek in obveznosti ravnanja z odpadnimi baterijami

Slika 32: Predlog tehnološkega postopka predelave odpadnih baterij v Republiki Sloveniji

KAZALO GRAFIKONOV

- Grafikon 1: Krivulja praznjenja
- Grafikon 2: Izkoristek in življenjska doba glede na temperaturo
- Grafikon 3: Volumetrične in gravimetrične energijske gostote za posamezno baterijo
- Grafikon 4: Količine prodanih, zbranih, predelanih in odstranjenih baterij in akumulatorjev v Republiki Sloveniji
- Grafikon 5: Vrste nastalih odpadnih baterij in akumulatorjev v Republiki Sloveniji

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Ag	srebro
Al	aluminij
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
Cd	kadmij
Cu	baker
EBRA	Evropsko združenje za reciklažo baterij
EDBM	elektroliza z biopolarnimi membranami
EEO	električna in elektronska oprema
EK	Evropska komisija
EPBA	European Portable Battery Association
EU	Evropska unija
Fe	železo
GRB	Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien
Hg	živo srebro
K	kalij
Li	litij
LSI	družba
Mn	mangan
MOP	Ministrstvo za okolje in prostor
MSW	Municipal solid waste
Ni	nikelj
OEEO	odpadna električna in elektronska oprema
Pb	svinec
PVC	polivinilklorid
RCRA	Resource conservation and recovery act
UV	ultravijoličen
ZDA	Združene države Amerike
Zn	cink
ZVO	Zakon o varstvu okolja
CURS	Carinska uprava Republike Slovenije

SLOVAR MANJ ZNANIH BESED IN TUJK

absorbirati	vsrkati, vsesati, vpijati, vsrkavati
adsorbirati	spodobnost nekaterih snovi, da privlačijo na svojo površino posamezne ione ali molekule, ki so razpršene v tekočini ali plinu
agens	povzročja, pospešuje kako dogajanje ali delovanje - gibalo
akumulator	priprava za zbiranje in hranjenje energije (električni, parni akumulator)
anion	negativno naelektren ion
anoda	elektroda za dovajanje električnega toka
aplikacija	prilagoditev čemu
aparatura	sestav iz večih aparatov, ki tvori funkcionalno celoto
atmosfera	ozračje, zračna ovojnica (plast) okrog zemeljske oble
cink	težka kovina modrikasto bele barve
deponija	prostor za odlaganje večjih količin materiala, navadno odvečnega - odlagališče
destilacija	termodifuzijska operacija, pri kateri ločujemo komponente na osnovi njihovih različnih hlapnosti, izraženih s temperaturo vrelišč
detekcija	odkrivanje, ugotavljanje, iskanje
direktiva	smernica, navodilo za delo, ravnanje, ki ga daje višji organ nižjim
distributer	razdeljevalec, razpošiljalec
ekosistem	sistem odnosov med živimi bitji in neživo naravo
eksperiment	znanstveni postopek, s katerim se kaj ugotovi, dokaže - poskus
ekstrahirati	izločiti snov iz trdnih ali tekočih zmesi s topilom tako, da se pri tem kemično ne spremeni - izlužiti
ekstrakcija	izločitev, izločevanje snovi iz trdnih ali tekočih zmesi s topilom tako, da se pri tem snov kemično ne spremeni; izlužitev - izluževanje
elektroda	električni prevodnik, ki se uporablja za dovajanje ali odvajanje električnega toka v snov ali iz nje
elektrolit	raztopljen ali staljen snov, ki v obliki ionov prevaja električni tok
elektroliza	razkrajanje elektrolita z električnim tokom
eluat	snov, dobljena pri eluciji – izpiranju
embalaža	uporablja se za zavijanje, zaščito blaga ali izdelkov

emisija	oddajanje valov, delcev - sevanje
erozija	razjedanje
evaporacija	odstranjevanje določene količine tekočine tako, da ta ob segrevanju prehaja v plinasto stanje - izhlapevanje
evidenca	namensko in sistematično spremljanje, vpisovanje podatkov o čem
feromangan	zlitina železa in mangana
filter	naprava ali snov za odstranjevanje primesi iz tekočin ali plinov
frakcija	sipek material, katerega zrna imajo približno enako velikost
frekvenca	število ponovitev kakega pojava - pogostost
hidroliza	razstavljanje spojine z vodo tako, da se deli vode vežejo s sestavnimi deli spojine
hidrometalurgija	mokri postopek
hlap	v plinasto stanje spremenjena tekočina pri temperaturi, ki je nižja od vrelišča
implementacija	izvedba, izvršitev
inducirati	vzbujati električno napetost s spreminjanjem magnetnega pretoka
indukcija	pojav, pri katerem nastane električna napetost zaradi spreminjanja magnetnega pretoka
inhibirati	zavirati, zadrževati
injicirati	vbrizgati
inšpektor	kdor poklicno sistematično pregleduje, spremlja potek ali razvoj česa, zlasti določene dejavnosti - nadzornik
ion	atom, atomska skupina, molekula, ki je pridobila ali izgubila elektron(e)
ireverzibilen	nepovraten
lužiti	s tekočino izločati topljivo snov iz kamnine ali rude
kadmij	kemijski element, sinje bela kovina za lažje zlitine
kapaciteta	zmogljivost
kation	pozitivno naelektren ion
katoda	elektroda za odvajanje električnega toka
kislina	snov, ki z bazami tvori soli in reagira kislo
klasifikacija	razvrstitev, razporeditev česa glede na enake ali podobne lastnosti - ocenitev, ovrednotenje

koeficient	število, ki izraža razmerje med dvema ali več spremenljivimi količinami, vrednostmi
komponenta	sestavina celote, gradnik, sestavni del
kondenzacija	prehajanje iz plinastega stanja v tekoče, utekočinjanje
kondenzator	priprava za spreminjanje pare v tekočino
konstrukcija	nosi, podpira, povezuje stavbo oziroma objekt
kontaminacija	onesnaženje, okuženje
kontejner	zabojnik
korozija	razpadanje, razkrajanje površine kovin zaradi kemičnih ali elektrokemičnih procesov
kriogeni	delovanje pri zelo nizki temperaturi
litij	mehka, na zraku in v vodi neobstoja najlažja kovina
mangan	trda, krhka težka kovina bele barve
materija	tvori, sestavlja stvari, predmetna telesa - snov, tvar
nikelj	magnetna težka kovina bele barve
novela	zakon o spremembah in dopolnitvah veljavnega zakona
odpadek	kar se v gospodinjstvu, vsakdanjem življenju, izloči, zavrže kot neuporabno
obarjanje	kemijski proces, s katerim se z dodajanjem ustreznih kemikalij iz raztopine izloči trdna težko topna snov
oborina	netopna trdna snov, ki se pri obarjanju izloči iz raztopine
oksid	kemična spojina kisika z ostalimi kemičnimi elementi
oksidacija	oddajanje elektronov navadno drugemu elementu ali spojini pri spajanju
oksidant	element ali spojina, ki odvzema elektrone drugemu elementu ali spojini
osmoza	usmerjen prehod topila skozi polprepustno sredstvo
piroliza	proces, pri katerem se trdne snovi (tudi odpadki) termično razgradijo brez prisotnosti kisika
pirometalurgija	talilni postopek
podtalnica	voda, ki se nabira nad neprepustnimi plastmi pod zemeljskim površjem
polimer	spojina iz velikega števila medsebojno vezanih molekul
porozen	prepusten
proniciati	v zelo majhni količini prehajati skozi kaj ovirajočega

reagent	snov, s katero se po značilnih reakcijah ugotavljajo vrste sestavin kake snovi
reciklaža	ponovna uporaba že uporabljenih, odpadnih snovi v proizvodnem procesu
redoks	redukcijski in oksidacijski hkrati
reducent	element ali spojina, ki oddaja elektrone drugemu elementu ali spojini
redukcija	sprejemanje elektronov
toksičen	strupen
separirati	ločevati
sortirati	prebrati, razvrstiti, ločiti večjo količino stvari iste vrste po kakovosti in značilnostih
surovina	neobdelana snov v naravnem stanju, namenjena za predelavo
suspenzija	zmes tekočine (običajno kapljevine, redkeje plina) in v njej netopnih trdnih snovi
svinec	mehka, lahko taljiva težka kovina modrikasto sive barve
topilo	sredstvo za topljenje
transport	prevoz običajno česa večjega, težjega
šreder	stroj za razbijanje in drobljenje starega železa in dotrajanih jeklenih predmetov
šrot	odpadno železje
uredba	splošni pravni akt, ki ga na podlagi ustave ali zakona izda najvišja izvršna oblast
vakuum	prostor z zelo znižanim tlakom, ki je dosti manjši od zračnega - brezračni prostor
zlitina	zmes, spojina ali raztopina dveh ali več kovin ali kovine in nekovine, ki se jo dobi s taljenjem

1 UVOD

V uvodu bomo na kratko prikazali idejo in vsebino diplomske naloge. Ideja se je porodila na podlagi pred-diplomske seminarske naloge z naslovom Ravnanje z odpadno električno in elektronsko opremo (COBISS.SI-ID 3757921). Seminarska naloga služi kot osnova diplomski nalogi, ta pa je njena nadgradnja. Vsaka prenosna električna in elektronska naprava potrebuje vir energije. Ta vir energije je baterija, ki je osnovna celica in pomemben sestavni del vsake prenosne naprave, da ta sploh lahko deluje. To je tudi razlog za izbiro teme diplomske naloge.

Baterije so kljub vsakdanji in množični uporabi še zmeraj zelo velika neznanka za uporabnike. Vsi vemo, da so morda nekaj potencialno nevarnega ali škodljivega, ne vemo pa, iz česa so sestavljene in kako je treba ravnati z njimi, da ne škodujemo sebi in okolju. Zato se v ospredje čedalje bolj postavlja njihova reciklaža in ohranjanje surovin, med katerimi so nekateri elementi, ki so na Zemlji v omejenih količinah. Smo v dobi prenosnih naprav in mobilnih telefonov, tako da je količina baterij na letni ravni vse večja. Premalo se posvečamo tej problematiki, res pa je, da so pri nas že opazne nekatere izboljšave (ozaveščanje, pravilno zbiranje in predelava).

Skozi diplomsko delo bomo izvedeli vse o bateriji (sestava, delovanje), se večkrat vprašali, kaj sploh je baterija in zakaj tako majhna stvar predstavlja tako veliko skrb. Spoznali bomo vplive nepravilno odvrgnenih baterij na okolje, njihove potencialno nevarne snovi, različne sisteme recikliranja, mehanizme ločevanja, v prvi vrsti pa to, kako moramo uporabniki ravnati z (upo)rabljenimi baterijami. Povzeli bomo ključne točke direktive o baterijah in akumulatorjih ter odpadnih baterijah in akumulatorjih, uredbo, pravilnik in operativni program.

Na podlagi vseh pridobljenih spoznanj in podatkov bomo v zaključnem delu diplomske naloge skušali prikazati najbolj primeren (celovit) sistem zbiranja in ravnanja z odpadnimi baterijami v Republiki Sloveniji in ga analizirati.

2 ELEKTRIČNA BATERIJA

2.1 Uvod

Baterije so ključna komponenta prenosnih elektronskih naprav. Že dolgo časa so nam dostopne praktično na vsakem koraku. Današnjo družbo si težko predstavljamo brez baterije ali drugega prenosnega vira električne energije, saj se naprave, ki za delovanje potrebujejo vir napetosti, razvijajo v smeri vedno večje prenosljivosti. Tu ne gre le za zabavno elektroniko, telekomunikacijske naprave in podobno, ampak tudi za življenjsko pomembne naprave (srčni spodbujevalniki, inzulinske črpalke), za naprave, ki jih zaradi okoliščin ne moremo priključiti na električno omrežje.

Kljub vedno večji prodaji baterij po svetu pa v zadnjem času na razvojnem področju baterij ni bilo narejenega nič pretirano revolucionarnega. Vse, kar se dogaja, je doseganje večje energijske vrednosti v vse manjšem volumnu. Trg zahteva vedno manjše in bolj prilagodljive baterije, po drugi strani pa nekatere aplikacije primarno še vedno potrebujejo cenejše in zanesljivejše kemične sestave baterij. Trend se vztrajno giblje proti nižjim kapacitetam in lažjim prenosnim izdelkom, kot so prenosni telefoni in digitalni fotoaparati. Vse to omogočajo prednosti mikroelektronike, ki je v zadnjih letih dejansko izredno napredovala. Za doseg zadovoljive energije z nižjo napetostjo je potreben večji tok, zaradi česar je potrebno zagotoviti tudi čim nižjo notranjo upornost baterije. To predstavlja velik izziv za vse zaščitne, ki so oziroma naj bi bile vgrajene v baterijah (Ušeničnik, 2007).

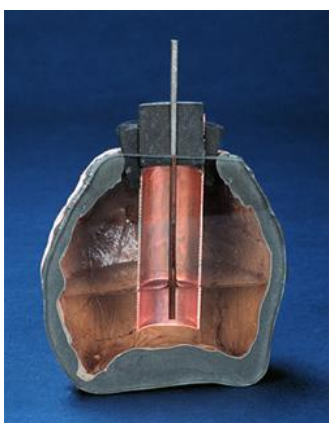
Svetla točka razvoja so predvsem baterije na osnovi litija, ki jih danes izboljšujejo v smeri vedno večje energijske gostote in čim manjšega onesnaževanja okolja (Tarascon, 2001). Iščejo tudi nove materiale, ki bi bili čimbolj razgradljivi v naravi (Armand, 2008).

Poleg baterij poznamo še nekatere druge prenosne vire električne energije (na primer gorivne celice), ki bodo v prihodnosti verjetno zelo pomembni. Trenutno so baterije najpogostejši prenosni vir energije v vsakdanji rabi in tudi nadaljnji razvoj na tem področju jih bo gotovo še dolgo ohranjal med uporabniki (Linden, 2002).

2.2 Kratka zgodovina baterije

Preden si natančneje ogledamo, kako so baterije sestavljene in kako iz njih dobimo električno energijo, se na kratko pomudimo pri zgodovini in razvoju baterij. Mati vseh baterij naj bi bil 20 cm visok in okrog 2000 let star glinasti vrč, ki so ga leta 1936 izkopali v bližini Bagdada (Slika 1). V njem je bila bakrena cev z železno palico v sredini. Če so bakreno cev napolnili s kisom ali vinom, je izum deloval kot baterija. Strokovnjaki menijo, da je ta več kot 2000 let star vrč ostanek baterije, ki naj bi jo zlatarji uporabljali za zlatenje in srebrenje nakita (Osredkar, 2004).

Leta 1780 je Luigi Galvani pri eksperimentiranju z žabjimi kraki opazil njihove premike, kadar se jih je na dveh mestih dotaknil z različnima kovinama (medenina in železo). Menil je, da elektrika izhaja iz žabjega kraka, kar je njegov prijatelj Alessandro Volta zanikal z argumentom, da je pojav posledica povezave dveh različnih kovin preko telesne tekočine žabjega kraka (ki deluje kot elektrolit). Leta 1800 je Volta izumil prvo baterijo (Slika 2), narejeno iz kovinskih diskov, med seboj ločenih s porozno tkanino, namočeno v raztopini soli. Poskusil je različne vrste kovin in ugotovil, da diski iz cinka in srebra dajo najboljše rezultate (Buchmann, 2001).



Slika 1: Glinasti vrč

Fig. 1: Clay mug



Slika 2: Prvi primer baterije

Fig. 2: First battery example

Takšne baterije zaradi elektrolize elektrolita in posledično nastanka vodikovih mehurčkov niso bile preveč varne in niso imeli dolge življenjske dobe. Leta 1836 jih je izboljšal John F.

Daniell (Buchmann, 2001). Uporabil je dva elektrolita - bakrov sulfat in žvepleno kislino, ki ju je ločil z lončeno posodo. Pore lončene posode so omogočile prehod ionov, medtem ko se sama elektrolita nista mešala. Daniellova baterija je bila varnejša. Uporabljali so jo v mnogih telegrafskih postajah.

Potreba po vedno večji energijski gostoti zaradi kompleksnosti telegrafskih postaj je pripomogla, da je leta 1859 Francoz Gaston Plante izumil svinčevu baterijo (svinčev akumulator), ki jo je bilo možno ponovno napolniti. V naslednjih letih so razni izumitelji poskušali z različnimi kombinacijami elektrod in elektrolitov dobiti čimboljše baterije. Najbolje je to uspelo Francozu Georgesu Leclancheju s kombinacijo ogljika in manganovega dioksida za katodo ter cinka za anodo (Slika 3). Kljub temu so baterije še vedno vsebovale tekoči elektrolit ali elektrode v obliki tekočine, kar je oviralo njihovo prenosljivost. Prvo t.i. »suho baterijo« je leta 1887 patentiral Carl Gassner (Buchmann, 2001). Baterija je bila naslednica Leclanchejeve, le da je Gassner v amonijev klorid, ki je v Leclanchejevi bateriji služil kot elektrolit, vmešal mavec in je elektrolit postal bolj kašast. Gassnerjev tip baterije so pričeli množično izdelovati okrog leta 1900, ko se je na trgu pojavila tudi prva električna svetilka.

Švedski znanstvenik Waldmar Jungner je leta 1899 izumil prvo nikelj-kadmijevo (NiCd) baterijo, ki se jo je dalo ponovno napolniti in je imela večjo energijsko gostoto kot svinčeva, vendar je bila dražja. Izumil je tudi nikelj-železovo baterijo, ki jo je nato izpopolnil Thomas Alva Edison (Buchmann, 2001). Edison je hotel z baterijo prodreti v avtomobilsko industrijo, a ga je Ford s svojim modelom T na bencinski pogon prehitel. Kljub temu so nikelj-železovo baterijo pričeli uporabljati na drugih področjih.

Leta 1955 je Lewis Urry izboljšal cinkovo baterijo z uporabo alkalnega elektrolita ter cinka v prahu (kar je povečalo efektivno površino anode). Te t.i. alkalne baterije so bile velik komercialni uspeh, ker so bile majhne, njihova življenjska doba pa dolga. Naslednja baterija, ki je bila komercialno zelo uspešna, je bila nikelj-metalhidridna (NiMH). Predstavljala je izboljšavo nikelj-kadmijeve (NiCd) baterije, imela je daljšo življenjsko dobo in ni vsebovala toksičnega kadmija (Linden in Reddy, 2002).

Danes večinoma uporabljamo litijeve baterije. Litij ima najbolj negativen elektrodni potencial in majhno gostoto, zato je že v teoriji najidealnejši element za baterije. Prve eksperimente z litijevimi baterijami so izvedli leta 1970. Okrog leta 1980 so pri Sonyju začeli raziskovati litij-ionske (Li-ion) baterije, ki so jih na tržišče plasirali leta 1991. Pet let kasneje so litij-ionske baterije še izboljšali, ko so elektrolit v obliki tekočega topila zamenjali s polimernim elektrolitom ter stanjšali elektrode (Tarascon, 2001). To je poleg večje energijske gostote omogočilo tudi lažje oblikovanje, zato so takšne baterije hitro našle svoje mesto v mobilnih telefonih in raznih elektronskih napravah, kjer jih uporabljamo še danes.

2.3 Sestava baterije

Baterija je elektrokemična naprava, ki ima sposobnost spreminjanja kemične energije v električno z elektrokemično redoks (oksidacija – redukcija) reakcijo. Pri bateriji, ki se jo da ponovno napolniti (sekundarna baterija), ta proces poteka v obratnem smislu. V vseh baterijah torej potekajo kemične reakcije, pri katerih se sproščajo elektroni, ki so osnova za električni tok. Za vse baterije velja, da so sestavljene iz petih osnovnih delov:

- elektroda – anoda;
- elektroda – katoda;
- ločilec (separator);
- elektrolit;
- zunanja prevleka (ohišje).

Za elektrodi izberemo materiale, ki so lahki in za katere je razlika elektrodnih potencialov visoka. To ni vedno enostavno, saj se je treba izogniti reaktivnosti materialov z ostalimi komponentami v bateriji, visoki ceni ali visokim stroškom obdelave, škodljivemu vplivu na okolje in podobnim težavam. V praksi sta za anodo zelo primerni kovini cink in litij, ki je sploh najlažja kovina in najboljši reducent oziroma ima najbolj negativen elektrodni potencial. Uporaba litija v baterijah se je pričela dokaj pozno, to pa zato, ker prej niso znali razviti ustreznega elektrolita in ustrezne oblike posode, da bi lahko nadzirali njegovo aktivnost. Za delovanje baterij je namreč zelo pomembno, da se naboj lahko čim hitreje

prenaša po elektrodi, kar dosežemo s poroznimi materiali. Za katodo izberemo čimboljši oksidant. Običajno so to razni kovinski oksidi, lahko pa uporabimo tudi kisik iz zraka – zrak-cinkove baterije (Linden, 2002).

Elektrolit je raztopina, ki tvori ione. Deluje kot medij za prenos naboja med anodo in katodo, skozenj pa lahko potuje električni tok. Elektrolit mora biti dober ionski prevodnik in elektronski izolator, saj bi sicer lahko nastali notranji kratki stiki. V praksi za preprečevanje kratkih stikov skrbi porozna pregrada, ki ločuje obe elektrodi (po potrebi tudi različna elektrolita) in je prepustna za ione. Elektrolit mora biti čim manj temperaturno spremenljiv in varen pri uporabi, torej kemijsko stabilen. Večinoma so elektroliti vodne raztopine, razen npr. v litijevih baterijah, kjer je zaradi reaktivnosti treba uporabiti nevodne raztopine - taline soli (Linden in Reddy, 2002).

Različne standardizirane oblike baterij (valjaste, gumbaste, »kovanec« oblike...) zahtevajo takšne komponente, ki se prilagajajo navedenim oblikam. Baterije morajo biti pravilno zatesnjene, da elektrolit ne steče ven oziroma se ne izsuši. Nekatere baterije vsebujejo tudi prezračevalne odprtine za odvajanje nakopičenih plinov (Linden in Reddy, 2002).

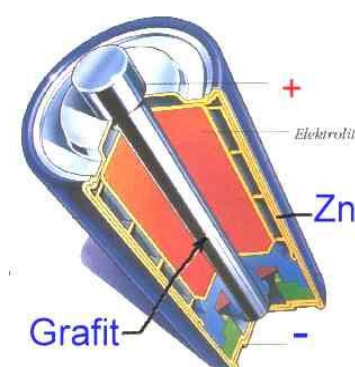
Separatorji (ločilci) so izdelani iz polimerov, papirja ali lepenke, zunanja prevleka (ohišje) pa iz jeklene pločevine, polimerov ali lepenke.

Glavna razlika med posameznimi tipi baterij je v materialih, uporabljenih za anodo, katodo in elektrolit. Sestava elektrod in elektrolita, na podlagi katere določamo svojstvene karakteristike baterijskega sistema, se spreminja glede na namen uporabe baterije. Različni materiali dajejo baterijam različne lastnosti. Ena od njih je tudi možnost polnjenja baterij. Samo pri določenih vrstah uporabljenih materialov je možno obrniti kemični proces, ki poteka v bateriji pri praznjenju, in baterijo ponovno napolniti (<http://www.slo-foto.net/>).

Potencialno nevarne komponente v bateriji vsebujejo živo srebro, svinec, baker, cink, kadmij, mangan, nikelj in litij (Lund, 2001).

Te komponente služijo različnim namenom. Živo srebro se na primer uporablja kot prevleka za cinkovo elektrodo, ker prepreči korozijo in izboljša storilnost ter izkoristek baterije (U.S. Congress Office of Technology Assessment, 1989).

Ključnega pomena za pravilno in učinkovito ravnanje z odpadnimi baterijami je podrobno poznavanje strukture in vsebnosti baterij tako z vidika varovanja okolja kot tudi z vidika vnovičnega pridobivanja žlahtnih kovin.



Slika 3: Prečni prerez cinkove baterije

Fig. 3: Cross section of the zinc battery

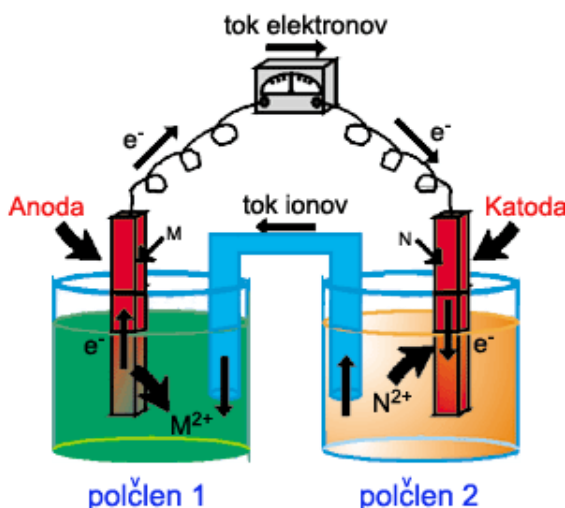
2.4 Delovanje baterije

Delovanje baterije temelji na principu galvanskega člana. **Galvanski člen** (Slika 4), poznan tudi kot napetostni člen, je spontan električni izvir (pri reakciji se sprošča električna energija), ki nastane, če dve različni kovini (elektrodi) potopimo v elektrolit. Med delovanjem galvanskega člana na obeh elektrodah potekajo kemične reakcije. Zaradi ionskega toka se med obema elektrodama pojavi razlika napetostnih potencialov.

Galvanski člen je sestavljen iz dveh polčlenov. Enostaven polčlen je sestavljen iz kosa kovine, potopljene v raztopino soli te kovine. Raztopina soli vsebuje kovinski kation in anion za uravnavanje naboja. Kovina v polčlenu je v dveh oksidacijskih stanjih, med katerima poteka redoks reakcija (reakcija, pri kateri se izmenjujejo elektroni, oziroma reakcija oksidacije in redukcije). Snovi, ki elektrone oddajajo, so reducenti (oksidacijsko število se poveča) in

obratno, snovi, ki elektrone sprejemajo, so oksidanti (oksidacijsko število se zmanjša). Kovina enega polčlena lahko reducira kation drugega in nasprotno - kation drugega lahko oksidira kovino prvega. Obe raztopini (elektrolita) morata biti ločeni s porozno membrano oziroma separatorjem, ki omogoča pretok ionov in preprečuje mešanje elektrolitov. Separator poskrbi tudi za to, da sta elektrodi fizično ločeni, s čimer preprečimo kratke stike. Ko obe elektrodi povežemo preko električnega vodnika, po njem steče tok elektronov v smeri od anode proti katodi.

Ker mora biti po zakonu o ohranitvi naboja tok elektronov v obe smeri enak, nastane električni tok na stiku prevodnika z obema kovinama. Ta pojav izkoriščamo prav v baterijah, ki lahko vsebujejo enega ali več galvanskih členov in predstavljajo priročno kemično shrambo elektrike za poganjanje električnih naprav (http://sl.wikipedia.org/wiki/Galvanski_člen).

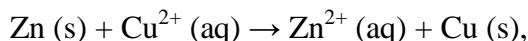


Slika 4: Galvanski člen

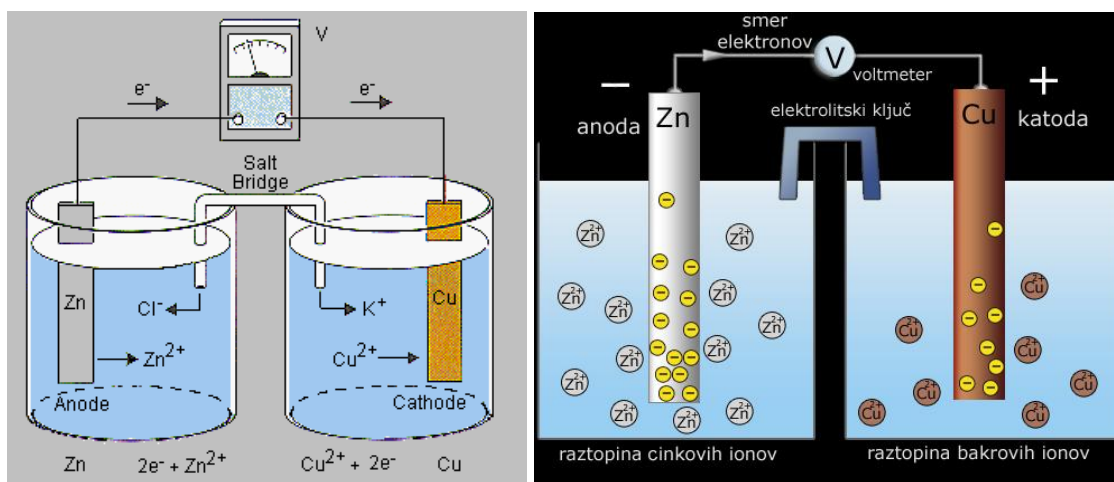
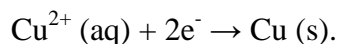
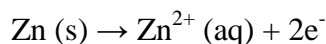
Fig. 4: Galvanic cell

Za primer vzemimo Daniellov galvanski člen (Slika 5), ki je sestavljen iz cinkove anode (Zn) in bakrove katode (Cu). Cink je bolj elektropozitiven od bakra in kaže večjo težnjo po oddajanju elektronov (zato cinkova elektroda predstavlja anodo). Med procesom se raztoplja in tvori ter oddaja svoje ione v raztopino. Nasprotno baker elektrone sprejema, njegovi ioni pa se iz raztopine (elektrolita) pri razelektritvi nalagajo na bakreno ploščico - katodo (Atkins in sod., 1995).

Postopek lahko ponazorimo z osnovno reakcijo:



ki jo predstavljata dve delni reakciji. Pri prvi delni reakciji cink odda elektrone, pri drugi pa bakrovi ioni te elektrone sprejmejo (Atkins, 1995):



Slika 5: Daniellov galvanski člen

Fig. 5: Daniell's galvanic cell

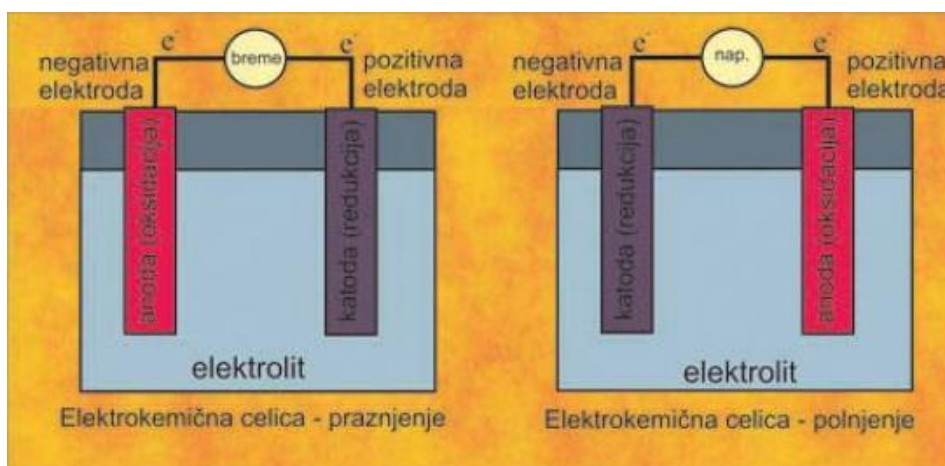
Zgornji opis galvanskega člena in primer reakcije velja za baterijo, ki se je ne da ponovno napolniti (primarne baterije). Pri tovrstni bateriji se anoda raztaplja in bi jo morali skupaj z elektrolitom zamenjati, če bi jo hoteli ponovno uporabiti.

Pri baterijah, ki se jih da ponovno napolniti (sekundarne baterije), lahko elektrodi »popravimo« s procesom obratne redoks reakcije na principu elektrolize (elektrolitska celica). To pomeni, da v nasprotno smer praznjenja pošljemo električni tok iz zunanega izvora in počakamo, da se stanje elektrod in elektrolita vrne v začetno stanje oziroma čimbolj podobno začetnemu (Crompton, 2000).

Elektroliza je elektrokemični postopek, s pomočjo katerega izvajamo redukcijo in oksidacijo kemičnih elementov oziroma spojin. Pri elektrolizi uporabljamo vir enosmerne napetosti. Elektroliziramo lahko taline ali raztopine snovi. Aparatura, v kateri izvajamo elektrolizo, se

imenuje elektrolitska celica. **Elektrolitska celica**, tako kot galvanski člen, sestoji iz dveh elektrod, potopljenih v raztopino elektrolita, le da sta pri elektrolitski celici elektrodi povezani z virom istosmerne električne napetosti. Pod vplivom električnega toka, ki ga v raztopini predstavljajo gibajoči se ioni, pride do razgradnje elektrolita (elektroliza). Redukcija poteka na negativno nabiti katodi, oksidacija pa na pozitivno nabiti anodi.

Razlika med navadnimi (primarnimi) in akumulatorskimi (sekundarnimi) baterijami je torej v tem, da lahko pri slednjih kemična reakcija poteka tudi v nasprotni smeri. Električni tok na elektrodah baterije povzroči, da reakcija steče v drugo smer, in baterijo lahko ponovno napolnimo. Ko baterija »proizvaja« električni tok, se prazni, elektroni iz negativne elektrode se sproščajo in preko elektrolita prehajajo na pozitivno elektrodo. Reakcija v nasprotno smer se dogaja, ko baterijo polnimo oziroma se elektroni iz pozitivne »vračajo« na negativno elektrodo.



Slika 6: Polnitev in izpraznitev baterije

Fig. 6: The charge and discharge of a battery

Na osnovi zgornje slike (Slika 6) lahko na kratko še enkrat ponazorimo postopek praznjenja in polnjenja baterije. Pri praznjenju baterije **negativna elektroda – anoda** odda elektron, zato na njej poteka oksidacija (raztapljanje kovine), **pozitivna elektroda – katoda** pa ta elektron sprejme, zato na njej poteka redukcija. Pri polnjenju baterije s pomočjo električnega toka redoks reakcija poteka v obratno smer. Na sedaj **pozitivno nabiti elektrodi – anodi** poteka oksidacija, na **negativno nabiti elektrodi – katodi** pa proces redukcije.

2.5 Oblike in velikosti baterij

Poznamo različne oblike in velikosti (gospodinjskih) baterij. Oblika in velikost baterije je odvisna od večih dejavnikov: na primer od velikosti naprave, njene storilnosti ter namena in načina njene uporabe. Glede na oblikovne različice ločimo štiri vrste oblik baterij (National Electrical Manufacturers Association, 1991):

- valjasta (cilindrična) oblika;
- gumbasta oblika;
- »kovanec« oblika;
- prizmatična oblika.



Slika 7: Oblike gospodinjskih baterij

Fig. 7: Household battery forms

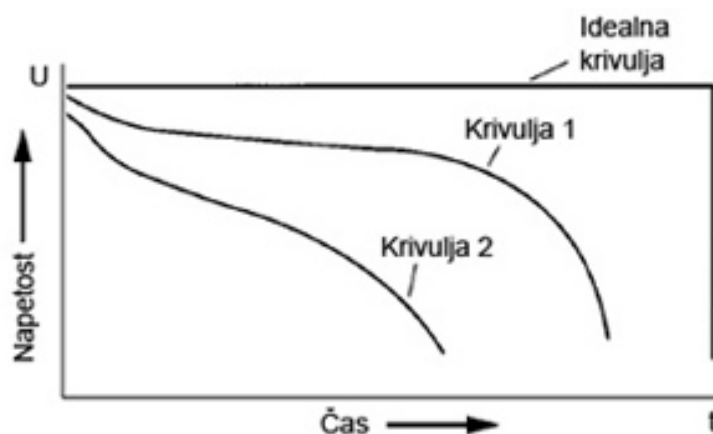
Velikost in obliko baterij določimo in označimo s pomočjo geometričnih velikostnih razredov. Od najmanjše do največje velikosti si velikostni razredi sledijo po navedenem zaporedju oznak (National Electrical Manufacturers Association, 1991):

- AAA;
- AA;
- C;
- D;
- 9-V.

Omeniti je potrebno, da smo našli le nekaj najbolj tipičnih velikostnih razredov baterij, predvsem primarnih, saj se velikosti (in oblike) baterij neprestano spreminjajo. To še zlasti velja za razvitejše, sekundarne baterije.

2.6 Vplivi na karakteristike baterije

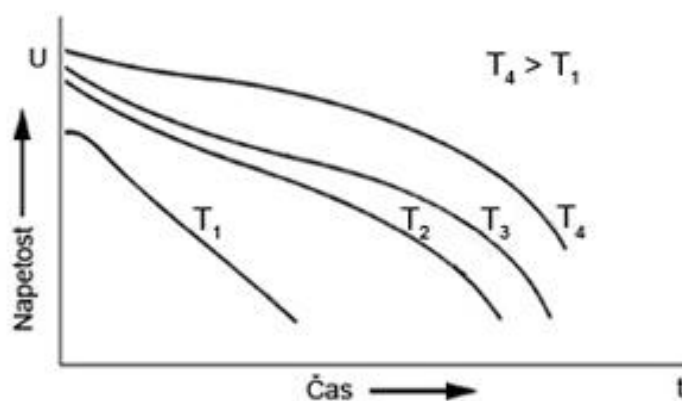
Če se najprej posvetimo napetosti baterije, opazimo, da je med praznjenjem manjša od teoretične. Krivuljo praznjenja prikazuje Grafikon 1. Različne oblike krivulj praznjenja na sliki prikazujejo različne tokove. Pri visokih tokovih (ko so impedance bremen nizke) so izgube zaradi notranjih upornosti velike, zato se baterija hitreje izprazni (krivulja 2), pri nižjih tokovih pa se posledično krivulja praznjenja bolj približa idealni krivulji. Krivulja 2 prikazuje praznjenje pri višjih tokovih kot krivulja 1. Če baterija pri določenem toku doseže nek prag napetosti, ki porabniku še omogoča delovanje, se jo lahko uporabi na bremenu, ki potrebuje nižji tok. Baterijo, ki je v bliskavici kamere sicer že odslužila namenu, lahko še vedno določen čas uporabljamo na primer v urinem mehanizmu (Linden, 2002).



Grafikon 1: Krivulja praznjenja

Graph. 1: Discharge curve

Baterija bo imela daljšo življenjsko dobo, če jo uporabljamo pri čim bolj konstantni moči ter pri enaki impedanci porabnika (torej da ne menjamo bremena). Na njeno življenjsko dobo vpliva tudi temperatura. Najboljši izkoristek dosežemo pri uporabi med 20 in 40° C. Pri visokih temperaturah se hitrost kemičnih procesov poveča in lahko pride do samoizpraznitve, pri nižjih temperaturah pa se poveča ionska upornost elektrolita, kar med uporabo zmanjša izkoristek in povzroči hitrejšo izpraznitev (Grafikon 2). Kadar baterije ne uporabljamo, jo je priporočljivo shraniti pri nizkih temperaturah zaradi manjše kemične aktivnosti, vendar jo je treba pred uporabo ponovno segreti na sobno temperaturo (Linden, 2002).



Grafikon 2: Izkoristek in življenjska doba glede na temperaturo

Graph. 2: Efficiency and life expectancy in dependence on temperature

Malce se posvetimo še učinkovitosti baterij glede na njihovo obliko. Baterije, ki so primerne za majhne obremenitve in imajo dolgo življenjsko dobo, uporabljajo veliko količino aktivnega materiala, vendar imajo zelo majhno površino elektrod, na katerih poteka elektrokemična reakcija (primarne baterije). Za baterije za višje obremenitve je primerneje, da imajo čimvečjo površino elektrod - sekundarne baterije (Linden, 2002).

Baterija je učinkovitejša, če je sestavljena iz čim manjšega števila neaktivnih delov. Oblika vpliva tudi na oddajanje toplote, ki se sprošča pri reakciji. Zagotoviti moramo, da se toplota ne akumulira v notranjosti baterije, zato so najprimernejše baterije s čimvečjim razmerjem površine in prostornine (Linden, 2002).

2.7 Nasveti za rokovanje z baterijami

- Izklopite napravo na baterije, kadar naprave ne uporabljate.
- Odstranite baterije iz naprave, ki je dalj časa ne boste potrebovali.
- Ne mešajte starih baterij z novimi; kadar se mešajo stare in nove baterije, lahko pride do iztekanja in posledično do poškodb ljudi ali naprav.
- Ne polnite baterij, na katerih ni označeno, da se lahko ponovno polnijo, ker obstaja nevarnost povzročitve iztekanja snovi iz njih.
- Ne izpostavljajte baterij ognju, ker lahko povzroči njihovo eksplozijo.
- Ne odpirajte obloge baterij.
- Uporabljajte baterije, ki jih je možno ponovno polniti.
- Baterije zbirajte in oddajajte ločeno v posebne zbirne zabojnike.

(<http://www.ebatt.si/>)

2.8 Uvod v problematiko ravnanja z odpadnimi baterijami

Odpadne baterije so v zadnjih letih zaradi množične uporabe postale pereč problem za okolje predvsem zaradi okolju nevarnih težkih kovin, kot so živo srebro (Hg), svinec (Pb) in kadmij (Cd). Zaradi tega so po vsem svetu razvili programe ozaveščanja ljudi, zbiranja in predelave baterij ter poostriili nadzor nad njihovo proizvodnjo in odlaganjem.

Pomembno je, da baterije najprej ločimo na:

- velike akumulatorske baterije in
- manjše gospodinske baterije,

saj jih povsem drugače obravnavamo v nadaljnjih postopkih zbiranja, recikliranja, ločevanja in predelave (Lund, 2001).

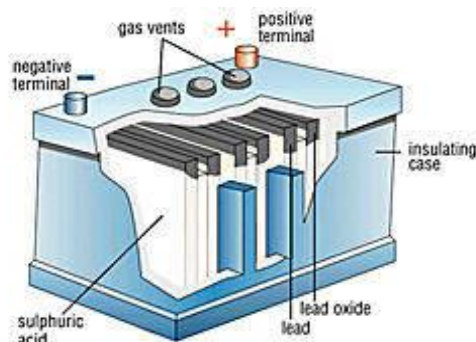
2.8.1 Velike akumulatorske baterije

Med velike akumulatorske baterije uvrščamo svinčeve akumulatorje, poznane tudi kot »mokri« akumulatorji. Uporabljajo jih v avtomobilih in drugih motornih vozilih. Avtomobilski (svinčev) akumulator je najstarejši tip sekundarne baterije. Uporaben je še danes, saj je poceni in sestavljen iz galvanskih členov visoke napetosti. Slabo stran predstavljajo njegova teža, hitra izpraznitev ter dejstvo, da ga ne smemo predolgo pustiti izpraznjenega, ker ga potem ne moremo več napolniti (Crompton, 2000).

Svinčev akumulator je na odlagališču zelo nevaren odpadek, ker vsebuje žvepleno (VI) kislino (H_2SO_4) in svinec ter njegove spojine, ki so zelo strupene. Zato je treba izrabljene svinčeve akumulatorje vrniti prodajalcem akumulatorjev oziroma jih odložiti med nevarne odpadke na ekoloških otokih ali na odlagališčih. V tovarnah akumulatorjev iz starih akumulatorjev najprej iztočijo kislino in jih operejo (kislino nevtralizirajo), nato pa razbijejo in porabijo svinec ter njegove spojine. Ostanke plastike (v glavnem polipropilen) predelajo v različne izdelke (<http://www.minet.si/>). Poznamo tudi manjše svinčeve akumulatorje, ki pa jih danes ne proizvajajo več; poganjali so težko tehnično orodje in večje video kamere.

Svinčeva baterija ima dolgo zgodovino. Leta 1859 jo je Francoz Gaston Plante sestavil iz svinca, svinčevega oksida in žveplene kisline kot elektrolita, ki se je ponašala z zmožnostjo polnjenja - če so skozi njo pognali tok, se je reakcija obrnila. Postala je osnova za splošno znan svinčev akumulator v avtomobilih. Tovrstne baterije imenujemo sekundarne oziroma akumulatorske in so dosegle velik razmah. Ker je svinčev akumulator težak, velik in zaradi agresivne žveplove kisline nevaren, so ga ponekod hitro zamenjali z drugimi verzijami. Te so

naposled privedle do znanega nikelj-kadmijevega akumulatorja, ki so ga uporabljali še nedavno. Zdaj ga je zamenjal nikelj-metalhidridni (NiMH). Med majhnimi napravami je zaradi odličnega razmerja moč/teža trenutno na pohodu litij-ionska baterija, ki pa še ni dovolj močna, da bi poganjala kaj večjega kot prenosni računalnik (<http://www.joker.si>).



Slika 8: Svinčev akumulator

Fig. 8: Lead-acid battery

V diplomski nalogi se ne bomo posvečali velikim akumulatorskim (svińčevim) baterijam, temveč le manjšim gospodinjskim baterijam. Eden od glavnih razlogov za to je, da imamo v Republiki Sloveniji vzpostavljen popolnoma organiziran sistem zbiranja odpadnih svinčevih akumulatorjev. V operativnem programu ravnanja z odpadnimi baterijami in akumulatorji ocenjujejo, da se zbere do 90 % svinčevih akumulatorjev, ki se pojavijo na slovenskem trgu. Največ jih zberejo v zbiralnicah, v trgovinah z avto deli in na bencinskih črpalkah ter prevzemnih mestih v avtomehaničnih servisih. Manjši del se jih dobi pri ločenem zbiranju nevarnih frakcij komunalnih odpadkov v okviru javnih služb.

Recikliranje svinčevih akumulatorjev je ekonomsko upravičeno zaradi stabilne cene svinca. V Republiki Sloveniji ga izvaja Rudnik Mežica MPI d.o.o., Črna na Koroškem, ki je edino podjetje z dovoljenjem za predelavo tovrstnih odpadkov (MOP in ARSO, 2003).

2.8.2 Manjše gospodinjske baterije

V diplomskem delu smo se osredotočili izključno na manjše (»suhe«) gospodinjske baterije. Od velikih (»mokrih«) akumulatorskih baterij se ne razlikujejo le po velikosti in uporabnosti, temveč tudi po sestavi. Pri manjših gospodinjskih baterijah svinec ni več tisti temeljni element, ki bi lahko predstavljal (naj)večjo nevarnost, kot je to pri velikih akumulatorskih baterijah, saj ga praktično ne vsebujejo. Če pa ga vsebujejo, so to izredno majhne, zanemarljive količine. Manjše gospodinjske baterije vsakodnevno uporabljamo v prenosnih napravah, kot so: svetilke, radijski aparati, ure, telefoni, mobilni telefoni, video kamere, fotoaparati...

Proizvodnja gospodinjskih baterij po vsem svetu pridobi 2.5 milijarde dolarjev (Seeberger, 1989) s prodajo blizu 3 milijard baterij letno (Franklin Associates, 1989), ki poganjajo preko 900 milijonov baterijsko vodenih naprav. Povprečno gospodinjstvo ima v lasti 10 tovrstnih naprav, ki porabijo približno 32 baterij letno (Seeberger, 1989). Podane astronomske številke seveda še strmo naraščajo.

Poznamo dva osnovna tipa gospodinjskih baterij (Seeberger, 1989):

- primarne baterije (baterije za enkratno uporabo);
- sekundarne baterije (baterije za večkratno uporabo, z zmožnostjo polnjenja).

2.8.2.1 Primarne baterije

Primarne baterije so tiste, ki se jih ne da ponovno napolniti in jih po izteku življenjske dobe zavržemo. Značilnost teh baterij je ireverzibilna pretvorba kemične energije v električno. Če elektrolit ni v tekoči obliki, govorimo o suhih baterijah (»dry cells«). Primarne baterije, ki imajo običajno visoko energijsko gostoto oziroma kapaciteto, se počasneje izpraznijo. Njihova uporaba je enostavna in niso pretirano drage. V določenih primarnih baterijah se lahko po izteku življenjske dobe zamenja izpraznjeno elektrodo in se jih uporablja naprej – na primer pri baterijah, kjer za anodo služi kovina, za katodo pa zrak (Linden, 2002).

Tipi primarnih baterij in njihove glavne značilnosti

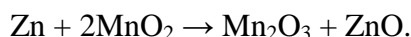
Poznamo šest vrst primarnih baterij (National Electrical Manufacturers Association, 1991):

- alkalna (AlMnO_2) baterija;
- cink–ogljikova (ZnC) baterija;
- primarne gumbaste baterije:
 - živosrebrna (HgO) baterija;
 - zrak–cinkova (ZnO) baterija;
 - srebrova (Ag_2O) baterija;
 - litijeva (Li) baterija.

a) Alkalna baterija

Najpogosteje uporabljene in najbolj znane so alkalne baterije, ki so običajno valjastih (cilindričnih) oblik. V Evropi predstavljajo 51 % delež od prodaje vseh prenosnih baterij. Imajo dolgo življenjsko dobo in so primerne za vse vrste naprav, predvsem pa za tiste, ki potrebujejo višji tok (svetilke, radijski aparati, igrače, kamere in nekatera orodja). Bazirajo na reakciji med Zn in MnO_2 , pri čemer je anoda narejena iz cinka Zn (večja površina), katoda pa iz manganovega oksida MnO_2 z grafitom (stran s kapico). Tipična anoda alkalne baterije je sestavljena iz 55–70 % praškastega Zn in 25–35 % vodenega KOH, tipična katoda pa iz 79–85 % MnO_2 , 7–10 % grafita, 7–10 % vodenega KOH in 0–1 % veziva. Elektrolit je kalijev hidroksid KOH - pH vrednost cca 14 (Crompton, 2000).

Mehansko reakcijo v alkalnih baterijskih celicah lahko izrazimo kot:



Alkalne baterije imajo visoko notranjo upornost in visok toplotni koeficient upornosti - hitreje se baterija izprazni, manj energije izkoristimo. Po daljšem času lahko začnejo puščati, kar je velik problem izključno zaradi težkih kovin. Vsebina živega srebra se je v alkalnih baterijah z

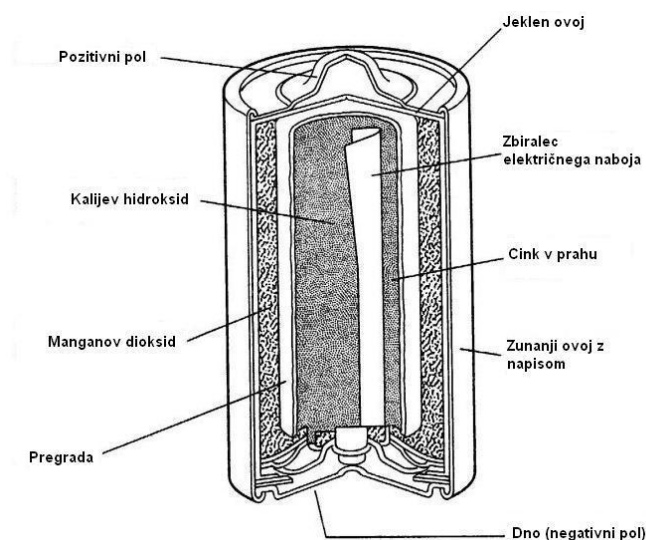
leti zniževala. Do leta 1989 je alkalna baterija vsebovala do 1 % živega srebra na težo baterijo (Eveready, 1989), v devetdesetih letih prejšnjega stoletja se je delež znižal pod 0,025 % na težo baterijo, sedaj pa vsebuje približno 1/10 količine živega srebra alkalne baterije iz devetdesetih let. V današnjem času je ta količina zaradi strogih predpisov v večini primerov nična ali pa zanemarljivo majhna. Baterije, ki ne vsebujejo živega srebra oziroma ga vsebujejo le toliko, da količina ne predstavlja nikakršne nevarnosti za okolje, imenujemo »zelene« baterije.

Preglednica 1: Kemična analiza alkalne baterije (de Souza in sod., 2004)

Table 1: Chemical analysis for dry alkaline battery (de Souza et al., 2004)

Element	% celotne teže baterije
Zn [%]	21
Mn [%]	45
K [%]	4,7
Fe [%]	0,36
Pb [%]	0,03
Hg [mg/kg]	1
Cd [mg/kg]	0,06
Drugo [%]	30 (+/-)

Najpogosteje se v gospodinjstvih uporabljajo alkalne baterije standardnega AA velikostnega razreda in valjastih oblik. Dimenzije so: premer valja znaša med 13,5 in 14,5 mm, višina med 49,0 in 50,5 mm, teža pa približno 23 g.



Slika 9: Prečni prerez alkalne baterije

Fig. 9: Cross section of alkaline battery

b) Cink–ogljikova (ZnC) baterija

Cink-ogljikove baterije (znana tudi kot Leclanchejeva baterija) so razvili pred alkalnimi. So cenejše od alkalnih, po sami sestavi pa so si med seboj zelo podobne. Razlikujejo se le po vsebini elektrolita, ki je (lahko) v tem primeru tekoča ali kašasta raztopina soli. Anoda je torej iz cinka Zn, katoda pa večinoma iz manganovega dioksida MnO_2 . Natančneje: katodo sestavlja palica (prot), ki je običajno iz ogljika ali grafita, obdana pa je z zmesjo MnO_2 in ogljikovega prahu. Včasih so katodi primešali ogljik, kar se je v nazivu baterije ohranilo vse do danes. Obe elektrodi sta koncentrična valja z velikim volumenom. Zaradi velikega volumna in majhne površine je specifična upornost elektrod velika, zato takšna baterija ni primerna za visoke obremenitve. Materiala je na anodi veliko, zato se raztaplja dlje časa. Posledica je daljša življenjska doba baterije. Najčese so baterije na voljo le v valjastih (cilindričnih) oblikah. Najbolj so učinkovite v napravah, ki ne potrebujejo visokega toka (Crompton, 2000). Delež njihove prodaje v Evropi je nekoliko manjši kot pri alkalnih baterijah in znaša 39 % prodaje vseh baterij. Vsebujejo do 0,01 % živega srebra, od 0,01 do 0,05 % kadmija in od 0,05 do 0,5 % svinca, kar je odvisno od teže posamezne baterije. Vsi ti elementi so dodani namenoma za mehansko izboljšavo elektrod (Eveready, 1989).

c) Primarne gumbaste baterije

Primarne gumbaste baterije so gumbu podobne majhne baterije valjastih oblik, katerih višina je manjša od premera valja (višina < premer valja). Mednje sodijo tudi baterije z značilno »kovanec« obliko (višina << premer valja).

- Živosrebrna (HgO) baterija

Baterije, bolj poznane kot majhne gumbaste baterije, kar seveda pripisujemo značilni gumbu podobni obliki (gumbasta oblika), se večinoma uporabljajo za delovanje manjših medicinskih naprav, ročnih računalnikov, zapestnih ur in kamer. Katoda pri tej bateriji je iz živega srebrovega oksida, zato baterija vsebuje od 35 do 50 % živega srebra na težo baterije (New York State Legislative Commission on Solid Waste Management, 1988). Anoda je iz cinka, elektrolit pa je kalijev hidroksid KOH. Kapaciteta baterije je sicer velika, vendar je cenovno draga in se zaradi toksičnosti živega srebra danes uporablja zlasti v specializiranih napravah (Crompton, 2000).

- Zrak–cinkova (ZnO) baterija

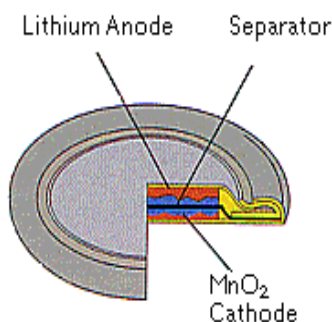
Zrak–cinkove (ZnO) baterije so razvili predvsem zaradi nadomestitve HgO baterij in so prav tako gumbaste oblike. Za uporabo pridejo v poštev le pri točno določenih napravah (majhne avdio naprave), zato niso povsem izrinile HgO baterij. Njihova prednost je, da katoda vsebuje le kisik, vzeti iz ozračja, kar pripomore k izdatnemu znižanju količine živega srebra – le približno 2 % živega srebra na težo baterije (Eveready, 1989).

- Srebrova (Ag_2O) baterija

Navadno bolj sploščena (»kovanec oblika«) baterija je primerna za uporabo v prenosnih radijskih aparatih, ročnih računalnikih, ročnih urah in kamerah. Katoda je iz srebrovega oksida, anoda pa iz cinka. Baterija ima podobne karakteristike kot živosrebrna, le da ni toksična. Tip takšne baterije vsebuje manj kot 1 % živega srebra na težo baterije (Eveready, 1989).

- *Litijeva (Li) baterija*

Litijeve (Li) baterije so različnih oblik. Večinoma so gumbaste ali »kovanec« oblike. Zaradi njihove dolge življenjske dobe, ki znaša tudi do 10 let, jih uporabljamo v kamerah, urah, spominskih sistemih in v mnogih industrijskih ter vojaških aplikacijah (Kodak Ultra Technologies, 1991). Pozitivna elektroda je le iz litija (Li) v kovinskem stanju, medtem ko je pri negativni elektrodi možna variacija različnih snovi (žveplov dioksid SO_2 , manganov dioksid MnO_2 , ogljikov fluorid CF). Ne vsebujejo toksičnih kovin. Naraščajoča prodaja Li baterij je omejena iz dveh razlogov: prvi je razvoj cenovno dostopnejših baterij, ki so primerljive z alkalnimi baterijami, drugi pa dejstvo, da je litij snov, ki je vnetljiva v vodi, kar predstavlja nevarnost za potrošnikovo zdravje zlasti takrat, ko pride do razkrajanja galvanskega elementa baterije (Lund, 2001).



Slika 10: Prečni prerez litijeve baterije

Fig. 10: Cross section of lithium - manganese dioxide flat cell

Preglednica 2: Pregled glavnih tipov primarnih baterij po sestavi, velikosti, obliki in uporabi (Lund, 2001)

Table 2: Overview of main types of primary batteries by structure, size, shape and use (Lund, 2001)

Vrsta baterije	Katoda	Anoda	Elektrolit	Hg/baterijo [%]	Velikostni razred	Oblika	Najpogostejša uporaba
alkalne	MnO ₂	Zn	kalijev hidroksid (KOH)	< 0,025	AAA, AA, C, D, 9-V	cilindrična	kasetarji, radii
ZnC	MnO ₂	Zn	amonijev klorid (NH ₄ Cl) in/ali cinkov klorid (ZnCl ₂)	< 0,01	AAA, AA, C, D, 9-V	cilindrična	svetilke, igrače
HgO	HgO	Zn	kalijev hidroksid (KOH) ali natrijev hidroksid (NaOH)	35 do 50 %	AAA, AA, C, D, 9-V	gumbasta	fotoaparati, majhne audio naprave
ZnO	O ₂	Zn	kalijev hidroksid (KOH)	2%	/	gumbasta	majhne audio naprave, dlančniki
Ag ₂ O	Ag ₂ O	Zn	kalijev hidroksid (KOH) ali natrijev hidroksid (NaOH)	1%	/	»kovanec«	fotoaparati, ure, majhne audio naprave
Li	različne snovi	Li	organsko raztopilo ali solna raztopina	/	AA, C, 9-V	gumbasta, »kovanec« oblika	ure, ročni računalniki, kamere

2.8.2.2 Sekundarne baterije

Sekundarne baterije so tiste, ki se jih da ponovno napolniti. Ob uporabi energijsko potratnih naprav so sekundarne baterije cenejša in predvsem okolju prijaznejša izbira. Uporabljajo jih tudi tam, kjer menjavanje baterij ni možno, ali pa je drago in zamudno. Njihova energijska gostota običajno ni tako velika kot pri primarnih baterijah, vendar se v zadnjih letih izboljšuje (Linden, 2002).

Sekundarne baterije imajo enega najboljših razmerij med energijo in težo, saj so energetsko izredno zmogljive, čeprav so zelo lahke in majhne. Reakcije pri teh baterijah so obrnljive, napolnimo pa jih z električnim tokom. Uporabljajo se predvsem v prenosnih napravah (mobilni telefoni, telefoni, tehnična orodja).

Želje in težnje potrošnikov po vnovičnem polnjenju, daljšem in učinkovitejšem delovanju, čim manjših dimenzijah in praktičnih oblikah so razvoj sekundarnih baterij v primerjavi s primarnimi baterijami, pri katerih se ni zgodilo nič revolucionarnega, zelo pospešile. Za nazornejšo predstavbo samega razvoja so zgovorni naslednji podatki. Sekundarne baterije so na evropskem trgu leta 2003 imele delež v višini 8 % vseh prenosnih baterij (primarne in sekundarne baterije skupaj). Znotraj tega deleža so največji odstotek dosegle NiCd baterije, in sicer 38 %. Sledile so jim NiMH baterije s 35 %, 18 % pa je pripadlo Li-ion baterijam (European Portable Battery Association, 2003). Danes samo Li-ion baterije, ki trenutno veljajo za (naj)boljše, predstavljajo kar 65 %-ni delež svetovne prodaje baterij (<http://lithiumionwebpage.110mb.com/liion.html>).

Razvoj običajno doprinese predvsem k boljšim in trajnejšim izkoristkom delovanja, ne pa nujno tudi k prijaznejšemu odnosu do ljudi in okolja, saj se zaradi številnih izboljšav stroški izdelovanja lahko znatno povečajo - tudi do 3-krat.

Tipi sekundarnih baterij in njihove glavne značilnosti

Tipi so:

- nikelj–kadmijeva (NiCd) baterija;
- nikelj–metalhidridna (NiMH) baterija;
- litij–ionska (Li-ion) baterija.

- Nikelj–kadmijeva (NiCd) baterija

Najbolj pogosta sekundarno–celična baterija oziroma baterija z možnostjo polnjenja je včasih bila NiCd baterija. Anoda NiCd baterije je iz kadmija (Cd), katoda pa iz nikeljevega oksida hidroksida (NiOOH). Te baterije vsebujejo 17 % kadmija na enoto teže baterije. Elektrolit je ponavadi zmes kalijevega hidroksida KOH in litijevega hidroksida Li(OH)₂ (Electrical Manufacturers Association, 1991).

NiCd baterije imajo dolgo življenjsko dobo (običajno do 1000 polnjenj) in relativno nizko notranjo upornost. Danes jih le še redko uporabljajo, saj so prevelike in se prehitro izpraznijo. Zato jih je treba polniti večkrat tedensko (3- do 4-krat). Na temperaturne spremembe niso preveč občutljive, vendar pa se lahko samodejno izpraznijo (<http://www.raesystems.com/>).

Danes NiCd baterije močno izpodrivajo oziroma so jih že skoraj povsem izpodrinili drugi, boljši in varnejši sekundarni baterijski sistemi. Izboljšanje je sledilo predvsem želji po daljšem delovanju, enkratnem polnjenju in boljšem izkoristku. Leta 1992 so NiCd baterije obvladovale skoraj 100 % svetovnega trga sekundarnih baterij, v letu 1999 pa le še 49 %. Leta 1992 so NiMH sistemi začeli izpodrivati NiCd sekundarne sisteme, saj so že takrat imeli znaten delež na svetovnem trgu sekundarnih baterij - okoli 43 % (Rydh in sod., 2002).

K umikanju NiCd baterij sta največ pripomogli zanje negativni dejstvi, da jih zaradi velike vsebnosti toksičnih sestavin (kadmij) smatrajo za odlagališčem najbolj nevarne. Hkrati imajo te baterije tudi velik »spominski efekt«. »Spominski efekt« je pojav pri nekaterih sekundarnih baterijah, ki povzroči zmanjšanje njihove kapacitete ob polnjenju brez predhodne popolne izpraznitve (Ušeničnik, 2007).

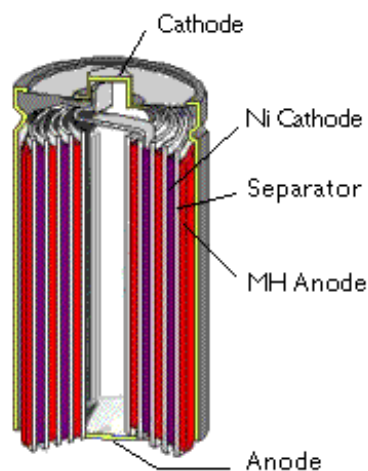
- Nikelj–metahidridna (NiMH) baterija

Nikelj–metahidridne (NiMH) baterije so se pojavile kot kakovostnejši produkt, ki pa kljub velikim pričakovanjem ni uspel postati univerzalna rešitev za baterije 21. stoletja. NiMH baterijam (zaenkrat) še ne grozi izumrtje ali prepoved izdelave, ker imajo izjemno pozitivno lastnost: niso toksične in so kot take okolju prijazne, hkrati pa lahko v mnogih aplikacijah nadomestijo NiCd baterije. Baterija ima visoko elektromehansko kapaciteto, je zelo varna, deluje lahko znotraj širokega temperaturnega razpona (od -20°C do $+60^{\circ}\text{C}$), ima pa tudi sposobnost hitrega polnjenja. Slaba lastnost NiMH baterij je dejstvo, da se hitro same izpraznijo, pa tudi njihova življenjska doba je omejena (500 do 1000 ciklov). Nekoliko višja je tudi cena, saj so stroški njihove izdelave večji kot npr. pri NiCd baterijah (Putois, 1995).

NiMH baterije so v primerjavi z litij-ionskimi baterijami trenutno najbolj razširjene večnamenske baterije zaradi nižje cene. Količina odpadnih NiMH baterij bo tako v naslednjih nekaj letih konstantno naraščala, zato bo njihovo zbiranje in kasnejše recikliranje še toliko

pomembnejše. Po kemični sestavi namreč vsebujejo dragocene kovine, kot so Ni, Co in redke rudnine. Strukturno so zelo podobne NiCd baterijam, le da namesto Cd, ki ni ravno nedolžen kemični element (zdravje, varovanje okolja), na negativni elektrodi uporabljajo zmes, ki absorbira vodikove ione. Anoda torej sestoji iz vodikovih ionov, absorbiranih v kovinsko zlitino različnih kovin (Co, Ni), katoda pa vsebuje porozno nikeljevo (Ni) prevleko z nikeljevim hidroksidom. Prej omenjeni vodikovi ioni lahko hranijo do dvakrat ali celo trikrat več električnega naboja. Kljub temu je energijska gostota nižja kot pri litij-ionskih baterijah, težave pa so tudi s samopraznjenjem. Elektrolit je navadno kalijev hidroksid KOH (<http://www.mojmikro.si/>).

Baterije so dostopne v različnih splošno sprejetih oblikah. V uporabi so predvsem velikostni razredi AA in AAA. Klasične baterije so torej primerne za večino naprav, v katerih pravzaprav niso njihov sestavni del.



Slika 11: Prečni prerez (cilindrične) NiMH baterije

Fig. 11: Cross section of (cylindrical) NiMH battery

- Litij–ionska (Li-ion) baterija

Kot najboljša rešitev so se zlasti na področju hitro rastočih trgov izkazale baterije na osnovi litija (nekovina), čeprav večina Li sistemov (primarnih in sekundarnih) vsebuje toksičen in zelo gorljiv elektrolit. Za nezahtevnega in zanesljivega se je izkazal sistem Li-ion, ki omogoča dolgo življenjsko dobo in delovanje, saj je brez t.i. »spominskega efekta«. Li-ionske baterije združujejo prednosti NiCd in NiMH baterij: so izjemno vzdržljive, kljub temu pa majhne, tanke in lahke, fleksibilne, z visoko masno in volumensko energijsko gostoto ter daljšo življenjsko dobo. Polnijo se lahko brez predhodne popolne izpraznitve (<http://www.gsm-technology.com/>).

A tudi Li–ionska baterija ni brez napak, saj velik vpliv staranja tudi ob nerabi močno zmanjšuje njeno uporabnost. Če k temu dodamo še problem, da potrebuje zelo dobro zaščito pred prevelikim tokom, že postane jasno, da za nekatere aplikacije ni primerna. Pomembna je tudi skrb za varnost, saj proizvajalci kakovostnih baterij ne dovolijo njihove fiksne vgradnje v izdelke, če ni zadoščeno vsem varnostnim zahtevam (Ušeničnik, 2007).

Katoda je tipično kovinski oksid s plastovito strukturo (LiCoO_2) ali tunelsko strukturo (LiMn_2O_4). Anoda je iz ogljikovih materialov (Li_xC) in je prav tako plastovita. Pri polnjenju oziroma praznjenju se litijevi ioni vgradijo oziroma izločijo iz prostorov med plastmi na elektrodah. Razvoj Li-ion baterij še ni povsem končan. Čeprav imajo današnje Li-ion baterije zelo dobro razmerje energijske gostote glede na maso, v prihodnosti pričakujemo še boljše karakteristike teh baterij, predvsem pa nižjo ceno (Crompton, 2000).



Slika 12: Li–ionska baterija

Fig. 12: Li–ion battery

Znotraj skupine Li-ionskih baterij poznamo še Li-ionske polimerne baterije, ki so podobne prvim, vendar pa ta sistem onemogoča izdelavo majhnih in tankih oblik baterij in njihovo preprostejšo uporabo, zato se ni uveljavil (Choice of Battery Chemistries, 2003).

Morda bi kazalo omeniti, da je litij element, ki je ob neprimerni uporabi zelo nevaren. V stiku z vodo namreč reagira tako, da se sprošča vodik, ki je vnetljiv in eksploziven. Hkrati ima litij tudi dokaj nizko temperaturo tališča - približno pri 180° C, kar lahko v hipu povzroči direkten stik taline litija in katode, pri čemer se morebiti sprožijo tudi zelo neugodne kemične reakcije in kratki stiki (<http://www.slo-foto.net/>).

Ker je od vseh baterij najbolj obetavna prav litij-ionska, bomo v poglavjih, ki sledijo, podrobneje opisali njene karakteristike. Predstavili bomo nekatere nove materiale, ki jih v prihodnosti pričakujemo za izdelavo baterij.

Razvoj litij-ionskih baterij in iskanje novih materialov

Litij je najbolj elektropozitivna (njegov elektrodni potencial znaša -3,04 V) in tudi najlažja kovina ($\mu = 530 \text{ kg/m}^3$), kar sta idealna parametra za doseganje visokih energijskih gostot v baterijah. Danes prodaja Li-ionskih baterij v primerjavi z NiCd in NiMH baterijami obvladuje že skoraj dve tretjini tržišča (Tarascon, 2001).

V začetni fazi razvoja litijevih baterij je bila na tržišče plasirana litij-kovinska baterija, ki je imela anodo iz kovinskega litija. Kasneje so ugotovili, da se na površini anode med polnjenjem tvorijo litijevi dendriti oziroma neenakomerni izrastki, ki lahko povzročijo kratek stik in celo eksplozijo. Proizvodnjo teh baterij so zato ukinili in začeli iskati nove materiale (Tarascon, 2001).

Zamenjava za kovinski litij je sprva bila zmes z aluminijem, ki je rešila problem dendritov, vendar pa zmesi niso tako dobro prenašale spremembe volumna pri praznjenju oziroma polnjenju baterij, zato so bile takšne baterije neuporabne že po relativno majhnem številu ciklov. Razvili so materiale Li_xMO_2 (M je Co, Ni ali Mn), ki so bili za katodo primernejši in so nadomestili kovinski litij. Za anodo so na začetku uporabljali titanov disulfat TiS_2 , ki je

sicer imel plastovito strukturo, vendar pa v kombinaciji z novimi katodnimi materiali ni omogočal dovolj hitre vgradnje oziroma izločitve ionov iz strukture (Tarascon, 2001).

Težava je, da Li-ionska baterija vsebuje velike količine energije v relativno majhnem prostoru. Ker je ena od slabosti Li-ionske baterije dokaj velika notranja upornost, bi visok električni tok, če bi med elektrodama prišlo do kratkega stika, povzročil lokalno pregretost in celo vžig baterije zlasti pri visoki temperaturi (<http://news.digitaltrends.com/>).

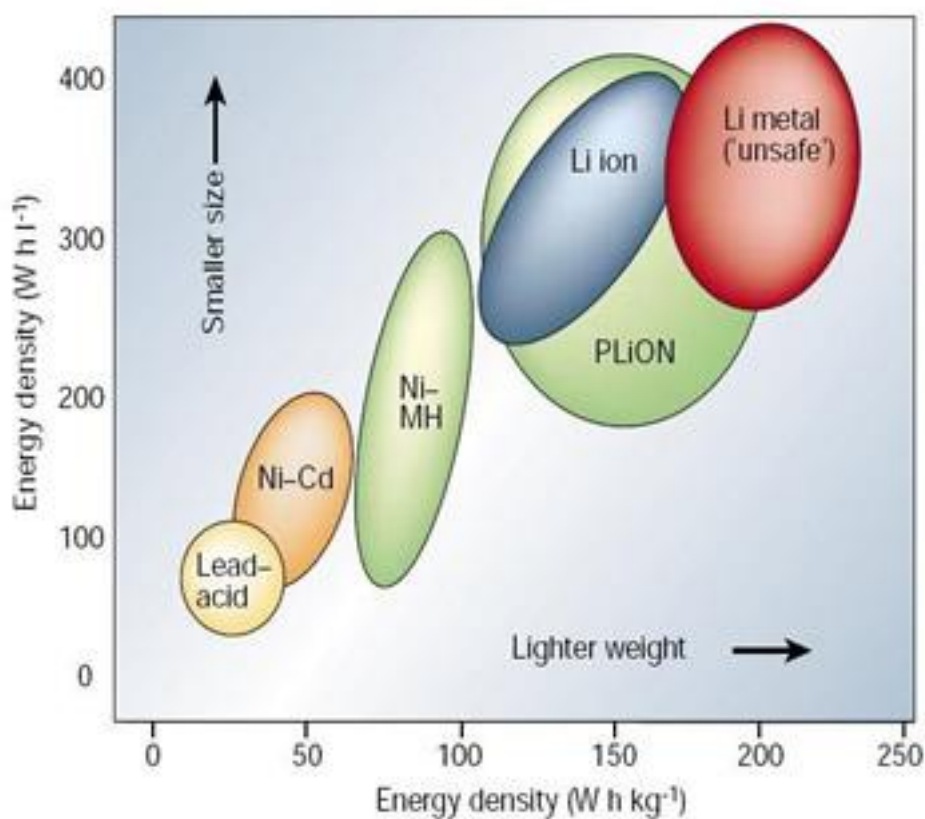
Naslednji korak je bil razvoj elektrolita. Želeli so zamenjati tekoči elektrolit za suhega. Prva izbira je bil trden polimer. Polimerni elektrolit je načeloma elektrokemično stabilnejši od tekočega. Trden polimer v praksi ni zanimiv, saj deluje le pri visokih temperaturah (okrog 80° C), zato so razvili hibridnega. Ta je polimerna matrica, v katero je impregniran elektrolit (litijeva sol). Zaradi gelaste strukture omogoča enostavnejše oblikovanje v tanke filme in posledično izdelovanje baterij manjših dimenzij (Tarascon, 2001).

Da bi izboljšali Li-ionske baterije, danes za elektrode iščejo nove materiale, v katere vgrajujejo litij. Katoda iz LiCoO_2 namreč omogoča dolgo delovanje (tisoč in več ciklov), toda njen problem so višja cena, kobalt (toksičen, relativno drag in dokaj redek element; v zemljini skorji ga je le 0,002 %) in gorljivost pri visokih temperaturah. Boljšo izkoriščenost ponuja LiFePO_4 , ki je cenejši in okolju prijaznejši (Dominko, 2009).

Če ne bodo uspeli izdelati baterij iz ustreznih materialov, bo lahko čez nekaj desetletij cena surovin močno narasla in ponovila se bo zgodba, poznana pri fosilnih gorivih. S tega vidika je morda pametneje razmišljati o baterijah, ki bi bile sestavljene iz naravnih in obnovljivih materialov, kot so razni organski materiali, zrak in ogljikovi hidrati (Armand, 2008).

Napredek je najbrž v razvoju organskih elektrod. Trenutno potekajo raziskave, kako bi za katodo litijeve baterije uporabili organske molekule $\text{Li}_2\text{C}_6\text{O}_6$, ki jih lahko naredijo iz naravnih sladkorjev, prisotnih v koruzi. Sladkorji so naraven in praktično neomejen vir, saj jih proizvajajo živi organizmi (Armand, 2008).

Različne sekundarne (in primarne) baterije imajo seveda različne karakteristike in se glede na potrebe uporabljajo v različne namene. Karakteristike baterij je umestno prikazati in primerjati na grafikonu volumetrične (Wh/dm^3) in gravimetrične (Wh/kg) energijske gostote za posamezno baterijo. Primerjava karakteristik različnih sekundarnih baterij je prikazana na grafikonu (Grafikon 3), za tole diplomsko nalogo pa pride v poštev le primerjava NiCd, NiMH in Li-ionskih baterij. Grafikon nazorno prikazuje prednost litijevih baterij pred ostalimi tipi tako po nizki teži kot tudi majhni dimenziji (Tarascon, 2001).



Grafikon 3: Volumetrične in gravimetrične energijske gostote za posamezno baterijo
Graph. 3: Volumetric and gravimetric energy density of individual batteries

»Samopraznjenje« sekundarnih baterij

Notranje kemične reakcije pri sekundarnih baterijah zmanjšujejo shranjeni električni naboj (električno energijo) tudi takrat, kadar ni povezave med elektrodami. Baterija se torej prazni, tudi če porabnik ni priključen nanjo. Dlje ko baterija miruje, manj je v njej »soka«. V kolikšni

meri se to dogaja, je odvisno od tipa baterije. Najodpornejše so Li-ionske baterije, pri katerih se naboj zmanjšuje za 2 do 3 % mesečno. Veliko občutljivejše so baterije na osnovi niklja: NiCd baterija mesečno zgublja med 15 in 20 %, NiMH pa celo 30 %. Največji padec naboja se običajno pokaže v prvem mesecu, nato pa se odstotek nekoliko zmanjša, toda po enem letu je NiMH baterija prazna. Iz prakse je znano, da je samopraznjenje intenzivnejše pri višjih temperaturah, zato je pametno polne baterije hraniti nekje na hladnem (<http://www.mojmikro.si/>).

2.8.2.3 Končni pregled glavnih skupin baterij, njihove uporabe in napetosti

Preglednica 3: Pregled vseh tipov baterij, oznak, napetosti in uporabe

Table 3: Battery types, labels, voltage and use overview

	Vrste baterij	Oznaka	Napetost	Uporaba
primarne	alkalne	ZnC, Al-Mn, Zn-Air	1,5V; 1,4V	baterije v gospodinjstvu
	gumbaste baterije	Ago, Hg	3,35V; 1,55V	slušni aparati, ročne ure, drobna prenosna oprema, varnostno napajanje
sekundarne	nikelj-metalhibridne	NiMH, MH	1,2V	elektronske naprave, igrače, telefonski aparati, mobilni telefoni
	nikelj-kadmijeve	NC, NiCd, Cd	1,2V	varnostno napajanje, električno orodje, igrače, kamere
	litij-ion (Li-ion)	Li-Ion, Ion	3,6V; 3,7V	mobilni telefoni, prenosni računalniki, digitalne kamere

3 EVROPSKA DIREKTIVA, UREDBA, OPERATIVNI PROGRAM, INFORMACIJSKI SISTEM

3.1 Direktiva 2006/66/ES

Dne 6. septembra 2006 je bila sprejeta **Direktiva 2006/66/ES** Evropskega parlamenta in Sveta o baterijah in akumulatorjih ter odpadnih baterijah in akumulatorjih.

Direktiva je bila po sprejetju obvezna, države članice pa so jo morale vključiti v nacionalno zakonodajo v roku dveh let. Direktiva, ki je bila prevzeta tudi v slovenski pravni red, določa, da so za organizacijo sheme zbiranja in ravnanja z odpadnimi baterijami in akumulatorji odgovorni proizvajalci, trgovci in uvozniki baterij in akumulatorjev. Zato so dolžni: zagotoviti, da bodo vse baterije, akumulatorji in baterijski sklopi, ki jih dajejo v promet, označeni na predpisan način; na svoje stroške poskrbeti za njihovo zbiranje, obdelavo in recikliranje, ko postanejo odpadki. Direktiva nalaga proizvajalcem tudi finančno odgovornost za ravnanje z odpadnimi baterijami, manjše proizvajalce pa te odgovornosti razbremeni.

Razen v zbirnih centrih komunalnih odpadkov bodo odpadne prenosne baterije in akumulatorje kot ločeno frakcijo zbirali tudi v posebnih zabojnikih na mestih prodaje baterij in akumulatorjev na drobno. Uvesti je torej treba ustrezen in učinkovit sistem prevzemanja in ločenega zbiranja tovrstnih odpadkov od končnih porabnikov. Poleg ustrezne infrastrukture in logistike bo na doseganje ciljev, ki zavezujejo proizvajalce, uvoznike in trgovce, pomembno vplivalo tudi osveščanje in komuniciranje s kupci. Dogovorili so se o tem, da je treba baterije iz naprav odstraniti na tak način, da jih je možno reciklirati. Poleg tega mora biti na baterijah tudi nalepka z oznako o njihovi moči in času trajanja (<http://www.zeos.si/sl/baterije.html>).

V skladu s temi določbami je potrebno do leta 2012 zbrati 25 % v zadnjih treh letih prodanih baterij, do leta 2016 pa 45 %. Ti odstotki so zaskrbljujoči in težko dosegljivi, saj danes zberejo le nekaj več kot 15 % prodanih baterij. Posledično to pomeni, da nekaj manj kot 85 % vseh prenosnih baterij deponirajo na odlagališčih komunalnih odpadkov ali jih sežgejo. Takšno ravnanje bi morali kar najhitreje prepovedati. Najmanj polovica zbranih baterij, ki ne vsebujejo svinca in kadmija, bi morala biti reciklirana - prvotno so v Evropskem parlamentu

zahtevali celo 55 %. Zbrali naj bi 75 % kadmij in svinec vsebujočih baterij, reciklirali pa 65 %. Ocenjujejo, da v EU na trg plasirajo:

- **160 000 ton gospodinjskih baterij;**
- 800 000 ton avtomobilskih akumulatorjev;
- 190 000 ton industrijskih baterij.

EBRA (Evropsko združenje za reciklažo baterij) nasprotuje temu, da bi bili manjši proizvajalci izločeni iz omenjenih pravil. Cilj te institucije je namreč 75 % zbranih NiCd baterij in 55 % drugih vrst baterij. EBRA je po sprejetju Direktive pripravila svoja navodila o zbiranju in recikliranju odpadnih baterij in jih posredovala »Odboru za tehnično ureditev«.

EBRA meni, da so analize težkih kovin v odpadnih baterijah pokazale, da predvsem zaradi nekontroliranega uvoza iz Azije vsebujejo znatno več kot 5 mg/kg živega srebra, kolikor ga dovoljuje EU Direktiva iz leta 1999. Nemogoče je ločevati samo živo srebro. Hkrati EBRA meni, da morajo oblasti prepovedati predelavo odpadnih baterij v predelovalnicah, ki niso preverjene in odobrene oziroma niso dokazale, da pri svojem delu ne beležijo negativnih učinkov na okolje, delavce in bližnje prebivalce. Stališče EBRE je, da je treba težke kovine, kot so kadmij, svinec in živo srebro, uporabiti kot obnovljiv vir.

EBRA podpira tudi vse aktivnosti, ki vodijo k lažjemu odstranjevanju baterij iz električnih in elektronskih naprav. Obenem vzpodbuja aktivnosti, ki vodijo k vsesplošni osveščenosti prebivalstva o pomenu zbiranja odpadnih baterij za okolje.

EBRA ima pomisleke, da bo Evropska direktiva »ogrozila« delovanje in financiranje sistema zbiranja. Prav tako je skeptična, zakaj bi proizvajalci baterij plačevali akcije osveščanja, če potem nimajo nobenega vpogleda oziroma nadzora nad dejanskim stanjem. Zdi se tudi, da je izločitev malih proizvajalcev baterij iz sistema nenačelna (Martin, 2006).

3.2 Direktiva 2008/12/ES

Slabi dve leti po sprejetju Direktive 2006/66/ES je bila 11. marca 2008 sprejeta kratka Direktiva 2008/12/ES Evropskega parlamenta in Sveta, ki le v eni točki spreminja in dopolnjuje **Direktivo 2006/66/ES** Evropskega parlamenta in Sveta o baterijah in akumulatorjih ter odpadnih baterijah in akumulatorjih.

Evropski parlament in Svet Evropske unije sta sprejela naslednje spremembe Direktive (<http://eur-lex.europa.eu/>):

- Komisiji bi bilo treba podeliti pooblastila za prilagoditev, sprejetje in ponovni pregled podrobnih pravil izvoza in označevanja baterij ter akumulatorjev.
- Direktivo 2006/66/ES bi bilo zato treba ustrezno spremeniti.
- Ker so spremembe Direktive 2006/66/ES z Direktivo 2008/12/ES tehnične narave in zadevajo le postopke v odboru, ni nujno, da jih države članice vnesejo v svojo zakonodajo.

3.3 Uredba o baterijah in akumulatorjih ter odpadnih baterijah in akumulatorjih

Na podlagi (ZVO) Zakona o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 39/06) je Vlada Republike Slovenije izdala Uredbo o baterijah in akumulatorjih ter odpadnih baterijah in akumulatorjih, ki je začela veljati petnajsti dan po objavi v Uradnem listu Republike Slovenije (Uradni list RS, št. 78/2008). Vsebino te Uredbe sestavljajo:

- pravila za prodajo baterij in akumulatorjev (kakovost, varnost, označevanje, razgradnja);
- prepoved prodaje baterij in akumulatorjev, ki vsebujejo nevarne snovi;
- posebna pravila za zbiranje, predelavo in odstranjevanje odpadnih baterij in akumulatorjev;
- izhodišča za pripravo operativnih programov varstva okolja pri spodbujanju zbiranja in recikliranja baterij.

Iz Uredbe o baterijah in akumulatorjih ter odpadnih baterijah in akumulatorjih povzemamo le pomembnejše člene (<http://www.uradni-list.si/>). Podrobneje jih opisujemo v podpoglavjih, ki sledijo.

3.3.1 Splošne določbe

1. člen (vsebina)

Uredba v skladu z Direktivo 2006/66/ES Evropskega parlamenta in Sveta o baterijah in akumulatorjih ter odpadnih baterijah in akumulatorjih določa, z namenom izboljšanja okolju prijaznega delovanja baterij in akumulatorjev ter izboljšanja dejavnosti vseh gospodarskih udeležencev, ki so vključeni v življenjski krog baterij in akumulatorjev (proizvajalci, distributerji, končni uporabniki):

- pravila za dajanje baterij in akumulatorjev na trg; in zlasti prepoved dajanja na trg baterij in akumulatorjev, ki vsebujejo nevarne snovi, in
- posebna pravila za zbiranje, predelavo in odstranjevanje odpadnih baterij in akumulatorjev, ki dopolnjujejo predpise na področju ravnanja z odpadki in smernice operativnih programov varstva okolja o spodbujanju visoke ravni zbiranja, obdelave in recikliranja odpadnih baterij in akumulatorjev.

V okviru klasifikacijskega seznama odpadkov Uredbe o ravnanju z odpadki (Ur. l. RS, št. 34/08) najdemo to vrsto odpadkov pod klasifikacijskimi številkami odpadkov podskupine 16 06 (baterije in akumulatorji):

- 16 06 01* - svinčeve baterije;
- 16 06 02* - nikelj-kadmijeve baterije;
- 16 06 03* - baterije, ki vsebujejo živo srebro;
- 16 06 04* - alkalne baterije;
- 16 06 05* - druge baterije in akumulatorji;
- 16 06 06* - elektroliti iz baterij in akumulatorjev,

in podskupine 20 01 (ločeno zbrane frakcije komunalnih odpadkov):

- 20 01 33* - baterije in akumulatorji, ki so zajeti v 16 06 01*, 16 06 02* in 16 06 03*, ter nesortirane baterije in akumulatorji, ki vsebujejo te baterije in akumulatorje.

2. člen (uporaba)

- Določbe te uredbe se uporabljajo za vse vrste baterij in akumulatorje ne glede na njihovo obliko, velikost, težo, snovno sestavo ali uporabo ter
- za vse odpadne baterije in akumulatorje ne glede na datum njihovega dajanja na trg.

3. člen (pomen izrazov)

Izrazi, uporabljeni v uredbi, imajo naslednji pomen:

- prenosna baterija ali akumulator je baterija, gumbasta celica, baterijski sklop ali akumulator, ki je zapečaten in ročno prenosljiv;

- *gumbasta celica je majhna, okrogla in prenosna baterija ali akumulator, katere premer je večji od njene višine in ki se uporablja za posebne namene, kot je napajanje slušnih aparatov, ročnih ur, drobne prenosne opreme in varnostno napajanje;*
- *odpadna baterija ali odpadni akumulator je baterija ali akumulator, ki se uvrščata med odpadke v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki;*
- *recikliranje je v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki, postopek predelave odpadkov, pri katerem se odpadni materiali v proizvodnem procesu predelajo za njihov prvotni ali kak drug namen, razen za pridobivanje energije;*
- *odstranjevanje je kateri koli postopek odstranjevanja v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje z odpadki;*
- *obdelava je katera koli dejavnost, opravljena na odpadnih baterijah in akumulatorjih, potem ko so bili oddani v objekt za sortiranje, pripravo za recikliranje ali pripravo za odstranjevanje;*
- *proizvajalec je pravna oseba ali samostojni podjetnik;*
- *izvorni proizvajalec je oseba, ki pod svojo blagovno znamko proizvaja in prodaja baterije ali akumulatorje;*
- *distributer je oseba, ki končnemu uporabniku v okviru izvajanja svoje dejavnosti dobavlja baterije in akumulatorje;*
- *stopnja zbiranja je za posamezno koledarsko leto odstotek, ki ga dobimo kot količnik med maso odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev, zbranih v tem koledarskem letu;*
- *končni uporabnik je fizična oseba ali pravna oseba, pri katerem zaradi uporabe baterij ali akumulatorjev nastajajo odpadne baterije ali akumulatorji;*
- *zbiralec je pravna oseba ali samostojni podjetnik posameznik, ki zbira odpadne baterije in akumulatorje;*
- *izvajalec javne službe je izvajalec zbiranja in prevoza komunalnih odpadkov;*
- *zbirni center odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev je objekt ali prostor v objektu, ki ga upravlja zbiralec ter je urejen za predhodno skladiščenje pred obdelavo;*
- *zbiralnica odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev je zabojnik za prepuščanje odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev, ki je nameščen na kraju, dostopnem končnim uporabnikom, upravlja ga zbiralec.*

4. člen (okoljski cilji, določeni za zbiranje odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev)

Stopnja zbiranja ne sme biti manjša od:

- 25 % do 26. septembra 2012;
- 45 % do 26. septembra 2016.

3.3.2 Proizvodnja in dajanje baterij in akumulatorjev v promet

5. člen (prepovedi pri dajanju v promet)

V promet je prepovedano dajati:

- *baterije ali akumulatorje, vgrajene v opremo ali ne, ki vsebujejo več kot 0,0005 % živega srebra glede na celotno maso, in*
- *prenosne baterije ali akumulatorje, vključno s tistimi, vgrajenimi v opremo, ki vsebujejo več kot 0,002 % kadmija glede na celotno maso.*

- *Prepoved se ne uporablja za gumbaste celice, ki lahko vsebujejo največ 2 % živega srebra glede na celotno maso.*

7. člen (zahteve za opremo, ki vsebuje baterije in akumulatorje)

Izvorni proizvajalec mora zagotoviti, da so opremi priložena navodila, ki prikazujejo način varnega jemanja baterij ali akumulatorjev iz opreme.

3.3.3 Obveznosti končnega uporabnika

8. člen (obveznosti končnega uporabnika)

Končni uporabnik mora odpadne prenosne baterije in akumulatorje:

- *prepuščati distributerju prenosnih baterij in akumulatorjev;*
- *prepuščati izvajalcu javne službe v zbirnih centrih ali v premičnih zbiralnicah ločeno zbranih nevarnih frakcij komunalnih odpadkov;*
- *oddajati zbiralcu odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev neposredno ali v zbiralnicah;*
- *preden jih prepusti distributerju ali izvajalcu javne službe ali odda zbiralcu, hraniti ločeno od drugih odpadkov.*

3.3.4 Obveznosti izvajalca javne službe

9. člen (obveznosti izvajalca javne službe)

- *Izvajalec javne službe mora zagotoviti, da je končnim uporabnikom dana možnost brezplačnega prepuščanja v zbirnih centrih ali v premičnih zbiralnicah.*
- *Izvajalec javne službe mora vse odpadne prenosne baterije in akumulatorje, ki jih zbere, oddati zbiralcu brez zahteve za plačilo zaradi morebitne vrednosti materialov v njih.*

3.3.5 Obveznosti distributerja prenosnih baterij in akumulatorjev

10. člen (prevzem odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev)

- *Distributer mora na prodajnem mestu zagotoviti brezplačen prevzem odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev.*
- *Distributer mora na prodajnem mestu urediti posebne zabojnike za ločeno zbiranje in začasno skladiščenje prevzetih odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev. Zbojniki morajo biti ustrezne kakovosti in oblike ter vidno označeni.*
- *Distributer mora na vidnem mestu namestiti obvestilo kupcem o možnosti brezplačnega prepuščanja odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev.*
- *Distributer mora prevzete odpadne baterije in akumulatorje oddati zbiralcu brez zahteve za plačilo zaradi morebitne vrednosti materialov v njih.*

3.3.6 Obveznosti proizvajalca prenosnih baterij in akumulatorjev

11. člen (obveznosti proizvajalca prenosnih baterij in akumulatorjev)

- *Proizvajalec sme dajati prenosne baterije in akumulatorje v promet, če na svoje stroške zagotovi zbiranje in predelavo odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev.*

12. člen (evidenca proizvajalcev prenosnih baterij in akumulatorjev)

- *Proizvajalec, ki zagotavlja ravnanje v zvezi z odpadnimi prenosnimi baterijami in akumulatorji, mora biti vpisan v evidenco proizvajalcev prenosnih baterij in akumulatorjev, ki jo vodi ministrstvo.*
- *Proizvajalec prenosnih baterij in akumulatorjev mora vlogi za potrditev načrta ravnanja z odpadnimi prenosnimi baterijami in akumulatorji priložiti predlog tega načrta.*

14. člen (evidenca načrtov ravnanja z odpadnimi prenosnimi baterijami in akumulatorji)

- *Proizvajalec mora prijaviti ministrstvu vsako bistveno spremembo načrta ravnanja z odpadnimi prenosnimi baterijami in akumulatorji.*

15. člen (izbris iz evidence proizvajalcev prenosnih baterij in akumulatorjev)

Ministrstvo izbriše proizvajalca prenosnih baterij in akumulatorjev iz evidence proizvajalcev prenosnih baterij in akumulatorjev, če ugotovi, da:

- *ne zagotavlja izpolnjevanja zahtev v zvezi z ravnanjem z odpadnimi prenosnimi baterijami in akumulatorji;*
- *ne zagotovi poročanja o ravnanju s prevzetimi odpadnimi prenosnimi baterijami in akumulatorji.*

3.3.7 Obveznosti zbiralca odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev

16. člen (vpis v evidenco zbiralcev prenosnih baterij in akumulatorjev)

- *Zbiralec lahko začne z zbiranjem odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev, ko pridobi potrdilo ministrstva o vpisu v evidenco zbiralcev odpadkov.*

17. člen (obveznosti zbiralca odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev)

- *Zbiralec mora zbirati odpadne prenosne baterije in akumulatorje ter zagotavljati njihovo obdelavo in recikliranje.*
- *Zbiralec mora prevzemati od končnih uporabnikov, distributerjev in izvajalcev javne službe brez zahteve po plačilu zaradi morebitnih stroškov, ki nastanejo pri zbiranju, obdelavi in recikliranju.*
- *Če zbiralec vzpostavi zbiralnico odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev, mu za njeno obratovanje ni treba pridobiti okoljevarstvenega dovoljenja.*

18. člen (zbirni centri)

Zbiralec mora za zbiranje, razvrščanje in skladiščenje prevzetih odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev urediti enega ali več zbirnih centrov, tako da upošteva:

- gostoto poseljenosti in obseg nastajanja odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev,
- porazdelitev prodajnih mest distributerjev ter količine nastajanja odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev na posameznem območju in
- prostorsko razmestitev oziroma oddaljenost do objektov, v katerih se zbrane odpadne prenosne baterije in akumulatorji obdelujejo ali reciklirajo.

19. člen (prevzem odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev od izvajalca javne službe)

- Stroški izvajalca javne službe so stroški postavitve in vzdrževanja posebnega zabojnika za predhodno skladiščenje odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev v zbirnem centru.
- Stroški zbiralca so stroški skladiščenja v zbirnih centrih za čas skladiščenja ter stroški prevzemanja (nakladanje in tehtanje) odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev.

3.3.8 Obveščanje končnega uporabnika in označevanje baterij in akumulatorjev

26. člen (obveščanje končnega uporabnika)

Zbiralec mora obveščati končnega uporabnika o namenu in ciljih zbiranja odpadnih baterij in akumulatorjev, pravilnem ravnanju z njimi, možnostih brezplačnega oddajanja ter o načinih njihove obdelave in recikliranja.

Z oglaševalnimi akcijami morajo zbiralci odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev zagotoviti, da so končni uporabniki v celoti obveščeni o:

- možnih učinkih snovi, uporabljenih v baterijah in akumulatorjih, na okolje in zdravje ljudi;
- tem, da se odpadne baterije in akumulatorji ne odstranjujejo kakor mešani komunalni odpadki in da se zagotovi sodelovanje pri njihovem ločenem zbiranju, kar olajša obdelavo in recikliranje odpadnih baterij in akumulatorjev;
- razpoložljivih sistemih zbiranja, obdelave;
- svojem doprinosu k recikliranju odpadnih baterij in akumulatorjev;
- pomenu znaka s prečrtanim premičnim zabojnikom (Slika 13), in kemijskih simbolih Hg, Cd in Pb.

27. člen (označevanje baterij in akumulatorjev)

- Proizvajalci morajo zagotoviti, da so baterije in akumulatorji označeni z znakom (Slika 13).
- Proizvajalci morajo zagotoviti, da je na prenosnih baterijah in akumulatorjih navedena zmogljivost električnega vira v vidni, čitljivi in neizbrisni obliki.
- Proizvajalci morajo zagotoviti, da so baterije, akumulatorji in gumbaste celice, če vsebujejo več kot 0,0005 % Hg, več kot 0,002 % Cd ali več kot 0,004 % Pb, označene s kemijskim simbolom za ustrezno kovino, in sicer Hg, Cd ali Pb. Simbol, ki označuje vsebnost težke kovine, je natisnjen pod znakom (Slika 13).

- Če je zaradi velikosti baterije ali akumulatorja površina znaka manjša od $0,5 \times 0,5$ cm, lahko proizvajalci namesto označevanja baterij ali akumulatorjev zagotovijo označevanje z znakom s površino najmanj 1×1 cm, ki je natisnjen na embalaži.



Slika 13: Znak za ločeno zbiranje baterij in akumulatorjev

Fig. 13: Labels for separate collection of waste batteries and accumulators

3.3.9 Obdelava in recikliranje odpadnih baterij in akumulatorjev

29. člen (obdelava in recikliranje odpadnih baterij in akumulatorjev)

Zbiralec mora zagotoviti, da obdelavo in recikliranje odpadnih baterij in akumulatorjev izvajajo le osebe, ki imajo okoljevarstveno dovoljenje za predelavo odpadkov.

Proizvajalci morajo zagotoviti, da se je najpozneje do 26. septembra 2009:

- omogočila obdelava in recikliranje z uporabo najboljših razpoložljivih tehnik in
- obdelava in recikliranje na način, ki ni v nasprotju s predpisi na področju varstva okolja, predvsem glede zdravja ljudi, varstva okolja in ravnanja z odpadki.

Pri obdelavi odpadnih baterij in akumulatorjev je treba zagotoviti, da se:

- iz baterij in akumulatorjev odstranijo vse tekočine in kisline;
- v objektih za obdelavo baterije in akumulatorji obdelujejo in skladiščijo, vključno z začasnim skladiščenjem, na površini z neprepustnimi tlemi in primernim prekritjem zaradi varstva pred vremenskimi vplivi ali v posebnih zabojnikih.

Proizvajalci morajo zagotoviti, da so glede učinkovitosti recikliranja najpozneje do 26. septembra 2010 izpolnjeni naslednji okoljski cilji:

- stopnja recikliranja 75% glede na povprečno maso NiCd baterij in akumulatorjev, vključno z recikliranjem Cd v baterijah in akumulatorjih, in
- stopnja recikliranja 50% glede na povprečno maso drugih odpadnih baterij in akumulatorjev.

Ministrstvo mora poročati Evropski komisiji o doseženih stopnjah recikliranja in o tem, ali so bili doseženi okoljski cilji glede učinkovitosti recikliranja.

30. člen (odstranjevanje odpadnih baterij in akumulatorjev)

Odstranjevanje odpadnih baterij in akumulatorjev z odlaganjem na odlagališčih ali s sežiganjem je prepovedano.

3.3.10 Poročanje Evropski komisiji

34. člen (poročilo o izvajanju)

Ministrstvo pošlje Evropski komisiji poročilo o izvajanju Direktive vsaka tri leta, pri čemer prvo poročilo zajema obdobje do 26. septembra 2012.

Ministrstvo poroča tudi o vseh ukrepih, sprejetih za spodbujanje razvojnih dosežkov, ki se nanašajo na vpliv baterij in akumulatorjev na okolje, zlasti o:

- *razvojnih dosežkih, ki vključujejo prostovoljne ukrepe proizvajalcev za zmanjšanje količin težkih kovin in drugih nevarnih snovi v baterijah in akumulatorjih;*
- *novih tehnologijah recikliranja in obdelave;*
- *sodelovanju gospodarskih subjektov v sistemih okoljskega ravnanja;*
- *raziskavah na teh področjih in*
- *ukrepih za spodbujanje preprečevanja nastajanja odpadkov.*

3.3.11 Nadzor

35. člen (inšpektorji)

Nadzor nad izvajanjem te uredbe opravljajo inšpektorji, pristojni za varstvo okolja, ki lahko kršitelje kaznujejo z globo od 4.000 do 40.000 €.

3.3.12 Prehodne in končne določbe

39. člen

*Do sprejema operativnega programa varstva okolja se uporabljajo smernice iz **Operativnega programa ravnanja z odpadnimi baterijami in akumulatorji za obdobje od 2003 do konca 2006**, ki ga je Vlada Republike Slovenije sprejela dne 10. aprila 2003.*

40. člen (prenehanje veljavnosti)

*Z dnem uveljavitve te uredbe preneha veljati **Pravilnik o ravnanju z odpadnimi baterijami**, ki vsebujejo nevarne snovi (Uradni list RS, št. 104/00 in 41/04 – ZVO-1).*

41. člen (začetek veljavnosti)

*Ta uredba začne veljati petnajsti dan po objavi v **Uradnem listu Republike Slovenije**.*

3.4 Operativni program ravnanja z odpadnimi baterijami

3.4.1 Uvodne ugotovitve in prikaz sestavin operativnega programa

Operativni program je dokument o dolgoročnem razvojnem načrtovanju zlasti glede strateških ciljev, fizičnih in finančnih kazalcev, predhodnih napovedi učinkov njihovega uresničevanja, prikaza skladnosti ciljev z državnimi razvojnimi prioritetami ter organizacije izvajanja in vrednotenja.

Vlada Republike Slovenije je dne 10.04.2003 na podlagi 49. člena Zakona o varstvu okolja (Ur. l. RS, št. 32/93, 44/95 - odl. US, 1/96, 9/99 - odl. US, 56/99, 22/00 in 67/02) sprejela *Operativni program ravnanja z odpadnimi baterijami in akumulatorji za obdobje od 2003 do konca 2006*, v katerem je določila realizacijo ciljev ter izvajanje takratnih zahtev slovenske zakonodaje in smernic direktive EU s področja ravnanja z baterijami in akumulatorji, ki vsebujejo nevarne snovi.

Datum sprejema operativnega programa in predvideno operativno obdobje pričata o tem, da še zdaleč na zajema nove Direktive 2006/66/ES in Uredbe o baterijah in akumulatorjih ter odpadnih baterijah in akumulatorjih. Kot tak je seveda zastarel, neveljaven in praktično neuporaben.

Pravna in programska podlaga operativnega programa izhaja že iz leta 1991, ko je na področju ravnanja z odpadnimi baterijami in akumulatorji, ki vsebujejo nevarne snovi, EU izdala Direktivo 91/157/EEC. Ta je nalagala državam članicam EU izvajanje ukrepov za preprečevanje oziroma zmanjševanje obremenjevanja okolja s težkimi kovinami iz odpadnih baterij in akumulatorjev (prepoved trženja baterij s presežno dopustno vsebnostjo težkih kovin, posebno označevanje teh baterij, obvezno ločeno zbiranje, recikliranje ter nadzorovano odstranjevanje). Pravila ravnanja v proizvodnji, prometu in rabi baterij in akumulatorjev, ki vsebujejo nevarne snovi, in pravila ravnanja ter druge obveznosti v zvezi s prevzemanjem, zbiranjem, predelavo in odstranjevanjem odpadnih baterij in akumulatorjev je tedaj pri nas urejal *Pravilnik o ravnanju z baterijami in akumulatorji, ki vsebujejo nevarne snovi* (Ur. l. RS, št. 104/00).

Zastarela Direktiva 91/157/EEC in zastareli Pravilnik o ravnanju z baterijami in akumulatorji, ki vsebujejo nevarne snovi, na katera se sklicuje operativni program, sta le pokazatelj več, da pristojni organi v Republiki Sloveniji kar se da hitro ukrepajo in pripravijo nov operativni program za novo obdobje, v katerem upoštevajo nove cilje, zahteve in direktive EU.

V operativnem programu je opisano takratno stanje (leto 2003), na podlagi katerega so prišli do naslednjih ključnih ugotovitev za Republiko Slovenijo:

- Sistem, ki bi zagotavljal organizirano prevzemanje, zbiranje in predelavo oziroma odstranjevanje odpadnih baterij, ki vsebujejo nevarne snovi, vključno s sistemom njihovega prepuščanja na prevzemnih mestih pri trgovcih, ni ustrezal, ni bil vzpostavljen in ni deloval. Izjema bi lahko bil sistem ravnanja z odpadnimi akumulatorji.
- Niso razpolagali z napravami in objekti za predelavo in končno odstranjevanje odpadnih baterij in akumulatorjev. Izjema so bili odpadni svinčevi akumulatorji (MPI d.o.o).
- Možnosti za predelavo odpadnih baterij ni bilo.
- Niso obstajali ekonomski mehanizmi glede zagotavljanja sredstev za zbiranje, predelavo in odstranjevanje odpadnih baterij in akumulatorjev.
- Ozaveščenost dobaviteljev in potrošnikov o tej problematiki je bila pomanjkljiva.
- Evidence o baterijah in akumulatorjih, ki jih dobavitelji dajejo na trg, niso bile zadovoljive.
- Upravni organi za izvajanje zahtev s področja ravnanja z odpadnimi baterijami in akumulatorji, ki vsebujejo nevarne snovi, so že obstajali.
- ARSO je vzpostavil sistem izdajanja potrdil o vpisu dobaviteljev baterij in akumulatorjev, poročanja o zbranih odpadnih baterijah in akumulatorjih ter o ravnanju z njimi s strani dobaviteljev in zbiralcev, o čemer je vodil posebno evidenco. Vanjo je bilo januarja 2003 vpisanih okoli 40 dobaviteljev baterij in akumulatorjev, ki vsebujejo nevarne snovi. Zbiralcev je bilo precej manj – največ jih je bilo za zbiranje odpadnih svinčevih akumulatorjev (18).
- Od leta 2002 naprej je bil vzpostavljen sistematičen nadzor nad izvajanjem določb predpisa o dajanju baterij in akumulatorjev v promet, njihovega označevanja in načina obveščanja kupcev.

- Manj kot 2 % vseh baterij in akumulatorjev (upoštevajoč svinčeve akumulatorje) oziroma manj kot 4 % baterij in akumulatorjev (ne upoštevajoč na trg plasiranih svinčevih akumulatorjev) je vsebovalo nevarne snovi, ki jih je prepovedala direktiva EU oziroma z njenim prevzemom tudi slovenska regulativa. To so bile baterije in akumulatorji, ki so vsebovali več kot 0,0005 % živega srebra od celotne mase baterije ali akumulatorja in več kot 25 mg živega srebra na celico; AlMnO₂ baterije, ki so vsebovale več kot 0,025 % živega srebra od celotne mase baterije; baterije ali akumulatorji, ki so vsebovali več kot 0,025 % kadmija od celotne mase baterije ali akumulatorja.
- Iz podatkov za obdobje 1996-2001 so ugotovili, da je v Republiki Sloveniji povprečno letno iz približno 370 ton odpadnih (primarnih) baterij in 11.850 ton odpadnih akumulatorjev nastalo tudi okrog 72 ton odpadnih baterij in akumulatorjev, ki so vsebovali nevarne snovi.
- Podatkov o količinah neustrezno odvrženih odpadnih baterij ni bilo. Prav tako ni bilo natančnih podatkov o količinah, ki se odstranjujejo na kak drug način.

V operativnem programu so kot cilje navajali: izvajanje sistema prepuščanja odpadnih baterij in akumulatorjev na prevzemnih mestih pri trgovcih, ki dajejo te baterije in akumulatorje na trg; vzpostavitev in delovanje sistema ravnanja z vsemi vrstami odpadnih baterij in akumulatorjev; predelavo in odstranitev ostankov predelave prevzetih baterij in akumulatorjev ter vzpostavitev evidence baterij in akumulatorjev, ki jih uvozniki in proizvajalci dajejo na trg v Republiki Sloveniji.

Hkrati so se zavzemali še za izboljšanje: politike, pravne ureditve, organiziranosti upravnih organov, organiziranosti subjektov, ki delujejo na področju baterij in akumulatorjev, nadzora (inšpektorji), vključevanja ciljnih javnosti (ozaveščanje, obveščanje, izobraževanje) in informacijskega sistema ter poročanja.

3.4.2 Končne ugotovitve in predlogi potrebnih dopolnil

Po grobem pregledu *Operativnega programa ravnanja z odpadnimi baterijami in akumulatorji za obdobje od 2003 do konca 2006*, takratnih ugotovitev v njem in postavljenih

ciljev smemo trditi (čeprav je program že davno zastarel in bi na področju odpadnih baterij in akumulatorjev nujno potrebovali novega, ki bi vseboval novo Direktivo 2006/66/ES in Uredbo, nove, še strožje smernice in določila), da nam celo do danes ni uspelo izpolniti nekaterih ciljev, ki so bili predvideni do konca leta 2006. Problem ni v tem, da nismo omogočili možnosti za predelavo odpadnih baterij (enako je bilo tudi leta 2003), pač pa v tem, da še danes razpolagamo s pomanjkljivimi, netočnimi in zastarelimi evidencami o količinah odpadnih baterij in akumulatorjev, čeprav smo vzpostavili sistem (ARSO). Ne zadostna sta tudi javni informacijski sistem in poročanje. V nasprotju s temi navedbami je napredek opazen pri sistemu prepuščanja odpadnih baterij in akumulatorjev trgovcem ter pri njihovem zbiranju in odstranjevanju. Precej je postorjenega tudi na področju ozaveščanja porabnikov.

Predlogi nujno potrebnih vsebinskih dopolnil in izboljšanj pri izdelavi novega operativnega programa, ki jih zdajšnji, zastareli operativni program za obdobje 2003 do 2006 nikakor ne upošteva, v številnih členih pa jih zahteva (na podlagi EU direktiv) naša Uredba o baterijah in akumulatorjih ter odpadnih baterijah in akumulatorjih, so:

- časovno omejeni okoljski cilji, ki terjajo določene stopnje zbiranja (4. člen), obdelave in recikliranja (29. člen) odpadnih baterij in akumulatorjev;
- prepoved dajanja baterij in akumulatorjev v promet glede na določeno vsebnost nevarnih snovi (živo srebro in kadmij) na celotno maso baterije oziroma akumulatorja (5. člen);
- določene obveznosti končnih uporabnikov, distributerjev, proizvajalcev, zbiralcev in trgovcev (od 8. do 19. člena);
- zahteve po obveščanju končnih uporabnikov (26. člen);
- določeno označevanje baterij in akumulatorjev (27. člen).

3.5 Javni informacijski sistem o baterijah

Za vodenje javnega informacijskega sistema o baterijah in akumulatorjih je zadolžena Agencija RS za okolje (ARSO), ki deluje v okviru MOP. ARSO vodi evidence v obliki letnih poročil o odpadkih, ki so javno dostopna. Letna poročila med drugim prikazujejo količine

prodanih, zbranih, predelanih in odstranjenih baterij in akumulatorjev ter količine glede na vrsto odpadnih baterij in akumulatorjev v Republiki Sloveniji.

Sistem pa ne deluje, kot bi si želeli in kot bi moral, saj so podatki o količinah baterij in akumulatorjev neažurni, neverodostojni, pomanjkljivi in netočni. To potrjujeta predvsem dejstva, da so na voljo podatki le do leta 2007 in da so prikazane količine baterij ter akumulatorjev, plasiranih na trg za posamezno leto, veliko premajhne glede na obseg našega trga. To gre pripisati slabemu in neučinkovitemu vodenju evidenc in nadzoru pristojnih organov ter neuspešnemu prijavljanju količin baterij in akumulatorjev s strani dobaviteljev, trgovcev in zbiralcev. Tudi sama klasifikacija baterij in akumulatorjev je za tako pestro in zahtevno področje preslaba in nepregledna, saj se v letnih poročilih ARSO sklicuje le na pregled količin štirih vrst baterij in akumulatorjev (svinčevi akumulatorji, NiCd baterije, baterije in akumulatorji, ki vsebujejo živo srebro ter nesortirane baterije), v evidenčnih obrazcih (Priloga A in Priloga B) pa le na prenosne, avtomobilske in industrijske baterije in akumulatorje, s čimer je še bolj otežena preglednost količin glede na posamezno vrsto oziroma tip baterije ali akumulatorja. Razlog za to je vsebina evidenčnih obrazcev, ki so morda preslabo specificirani za podrobnejši popis količin različnih tipov baterij in akumulatorjev.

Ključni cilj v prihodnosti je torej nadgradnja in izboljšanje obstoječega javnega informacijskega sistema s področja baterij in akumulatorjev. Omogočati mora enostavnost uporabe podatkov za pripravo potrebnih analiz in letnih sumarnih poročil. Vzpostaviti je treba točne evidence o dobaviteljnih baterij in akumulatorjev, izjavah dobaviteljev o zagotavljenem prevzemu baterij in akumulatorjev, ki so jih trgovcem vrnili porabniki, ter evidence o zbiralcih, predelovalcih in odstranjevalcih odpadnih baterij in akumulatorjev. Izboljšati je potrebno klasifikacijo baterij in akumulatorjev, nadzor nad količinami, v zvezi s poročanjem pa nujno zagotoviti medsebojni stik med subjekti (dobavitelji, trgovci in zbiralci) in pristojnimi organi (ARSO). Evidence morajo biti vzpostavljene na podlagi podatkov iz potrdil, izdanih ob vpisu v evidenco dobaviteljev baterij in akumulatorjev, poročil zbiralcev ter predelovalcev ali odstranjevalcev odpadnih baterij in akumulatorjev. Tako bi zagotovili bolj točne in ažurne podatke ter boljši in učinkovitejši pregled nad posameznimi količinami baterij in akumulatorjev.

4 VPLIV ODPADNIH BATERIJ NA OKOLJE IN OPCIJE RAVNANJA

4.1 Uporabniki

Uporaba baterij v vsakdanjem življenju narašča, saj so pomemben vir energije za številne aparate in pripomočke v prostem času ali na delovnem mestu. Baterije najdemo v vsakem prostoru svojega doma. Uporabljamo jih v prenosnih računalnikih, telefonskih aparatih, mobilnih telefonih, digitalnih kamerah, predvajalnikih glasbe, električnem orodju, pa tudi v igračah, ročnih urah, slušnih aparatih, hišnih zvoncih itd. Vsako gospodinjstvo v Evropski uniji porabi 10 baterij na leto. Podatki za zadnjih nekaj let kažejo, da v Sloveniji nastane od 1,3 milijona do 2 milijona odpadnih baterij (www.vrni-baterije.si).

Že skoraj vsakdo ima mobilni telefon, povprečni uporabnik pa ga menja enkrat na 18 mesecev. V sodobnem času je z vidika naraščanja količin odpadnih baterij zaskrbljujoče dejstvo, da uporabniki često menjajo svoj mobilni telefon še pred potekom roka njegove uporabnosti, kar gre pripisati hitro razvijajoči se tehnologiji (manjše dimenzije mobilnih telefonov, manjša teža, nadgradnja funkcij...). Posledično se zato povečuje količina neustrezno odvrženih (ob)rabljenih mobilnih telefonov in njihovih baterij. Situacija se zaradi ozaveščanja ljudi in namestitve primernih zbiralnikov v prodajnih centrih sicer izboljšuje, toda vse prevečkrat se naš stari mobilni telefon z baterijo vred znajde v košu za smeti. Le ena baterija iz mobilnega telefona, ki vsebuje kadmij, pa je dovolj, da resno zastupi preko 600.000 litrov vode, kar je 1/3 olimpijskega bazena (<http://www.locevanjeodpadkov.si/>).

Ena izmed rešitev, kako zmanjšati količino odpadnih baterij, je aktivnejša uporaba sekundarnih baterij. Toda spet se pojavi problem, saj jih kar 80 % vsebuje NiCd, ki je za človeka kancerogeni agens, zato smo vedno znova primorani k skrbnemu in varnemu ravnanju z njimi in odstranjevanju (Residua, 2005). Kljub temu bi morali v vseh malo bolj potratnih elektronskih napravah uporabljati sekundarne baterije. Potrošniki bi se morali zavedati, da štiri alkalne (navadne) baterije stanejo cca 4 €, srednje kakovostni polnilnik in štiri baterije za polnjenje pa cca 40 €. Zato se nam investicija v polnilnik in baterije za polnjenje povrne že po 10 polnjenjih. Proizvajalci baterij zagotavljajo možnost ponovnega polnjenja baterij tudi do 1000-krat. Prihranek je torej več kot očiten.

Poleg finančnega prihranka je zelo pomemben tudi »okoljski prihranek«. Vsak nakup baterij pomeni njihov odpadki po preteku roka uporabnosti. Če kupimo baterije za ponovno polnjenje, naredimo bistveno manj škode okolju in zmanjšamo količino odpadkov.

4.2 Težke kovine in nevarne snovi

4.2.1 Težke kovine

Baterije vsebujejo nekatere težke kovine, kot so:

- **živo srebro;**
- **kadmij;**
- svinec (pri gospodinjskih baterijah v majhnih količinah);
- srebro (gumbaste baterije);
- cink;
- nikelj;
- mangan;
- krom.

V njih sta najbolj pogosta in nevarna živo srebro ter kadmij. Nevarna elementa sta tudi srebro in svinec, ki pa ju v gospodinjskih baterijah najdemo le redko.

- Kadmij (Cd) je toksičen element v okolju, ki je prisoten zlasti v NiCd baterijah. V vodnem okolju se bioakumulira in biomagnificira v ribah, ki se često znajdejo v prehranjevalni verigi ljudi.
- Živo srebro (Hg) se pri sežiganju baterij v atmosfero sprošča v obliki emisij. Z nadaljnjim kroženjem se Hg odloži v vodne in kopenske ekosisteme. V vodnem okolju se Hg s pomočjo mikroorganizmov pretvori v toksično obliko metil živega srebra (MeHg). Akumulira se v ribah.

4.2.2 Potencialno nevarne snovi po vrstah baterij

- Živo srebrove baterije: Živo srebro je na seznamu (zelo) nevarnih snovi. Živo srebrove baterije najprej vrednotimo glede na ugotovljeno koncentracijo živega srebra, kar je osnova za ustrezno ravnanje z njimi.
- Litij baterije: Litij baterije so glede na vsebnost litijevih snovi razporejene v naslednje kategorije:
 - LiMnO₂ baterije so nenevaren trdni odpadke.
 - LiSO₂ baterije (ena celica) so nenevaren trdni odpadke.
 - LiSO₂ baterije (več celic) so lahko nenevaren ali pa nevaren trdni odpadke, kar je odvisno od tega, ali so povsem izpraznjene ali ne. Povsem izpraznjene niso nevarne, v nasprotnem primeru pa so.
 - Li-SOCl₂ baterije (več celic) so značilno nevaren trdni odpadke, ne oziraje se na to, ali so izpraznjene ali ne.
- Srebrove baterije: Srebro je na seznamu nevarnih težkih kovin.
- Alkalne baterije: Alkalnih baterij ne uvrščamo med nevarne odpadke, vendar le v primeru, če ne vsebujejo živega srebra. Drugače velja v ZDA, kjer jih uvrščajo med nevarne odpadke ne glede na vsebnost živega srebra. Izvajajo vodno bioanalizo elektrolita, kar vodi do še podrobnejše karakterizacije toksičnosti alkalnih baterij in njihovega elektrolita po kriterijih.
- Cink–ogljikove baterije: Ne uvrščamo jih med nevarne odpadke.

Prikazano klasifikacijo snovi v baterijah na nevarne in nenevarne smo povzeli po »Resource Conservation and Recovery Act« (RCRA), ki velja na območju ZDA (EPA-Envirosense, 2003). V Evropi na osnovi direktiv EU in ne glede na vsebnost elementov baterije uvrščamo med t.i. »nevarne odpadke«, s katerimi je potrebno pravilno ravnati - če že ne z vidika nevarnih snovi, pa z vidika pridobivanja dragocenih materialov.

Preglednica 4: Vsebnost toksičnih težkih kovin v tipičnih gospodinskih baterijah (Tchobanoglous in Kreith, 2002; Nanwen in sod., 2003; Shin in sod., 2005)

Table 4: Content of toxic heavy metals in typical household batteries

Tip baterije	Kovina [%]					
	Kadmij	Živo srebro	Nikelj	Srebro	Cink	Litij
akalna	0,01	0,025 - 0,5	/	/	8 - 18	/
cink - ogljikova	0,03	0,01	/	/	12 - 20	/
živosrebrna	/	30 - 43	/	/	10 - 15	/
srebrova	/	1	/	30 - 35	30 - 35	/
ZnO	/	2	/	/	35 - 40	/
NiCd	11 - 15	/	15 - 25	/	/	/
litij	/	/	5 - 10	/	/	5 - 7

V zadnjem desetletju so izdelovalce baterij zadolžili, naj poiščejo ustrezne snovi, ki bi nadomestile toksične, in skušajo realizirati okoljske zahteve. Osnovni sistem in sestava baterij (jeklo, plastika, papir, ogljik) ostajata nespremenjena.

4.3 Vpliv nepravilno odloženih odpadnih baterij na podtalnico

Za razumevanje usode baterij v okolju oziroma na odlagališčih je pomembno poznati stanje baterij, preden jih zavrzemo, in stanje samega odlagališča. Gospodinske baterije večinoma obdaja papir, plastika ali kovina. Različni pogoji, ki se razvijejo na mestu odlagališč, lahko vplivajo na čas razgradnje baterijskega ovoja. Ti pogoji so:

- narava ovoja (papir, plastika, kovina);
- stopnja električnega naboja, ki je še ostal v bateriji;
- obseg erozije in
- vsebnost plinov na odlagališčih.

Dejavniki, ki na odlagališčih vplivajo na mobilnost kovin in potencialno onesnaževanje podtalnice, so:

- načrt odlagališča;
- konstrukcija odlagališča;
- vzdrževanje odlagališča (podlaga, lastnosti zemlje, detekcijski sistemi, erozija...);
- oddaljenost podtalnice (Lund, 2001).

Na slabo zasnovanih in vzdrževanih deponijah imajo težke kovine (kadmij, cink, nikelj, baker, svinec, krom, živo srebro) odlične pogoje za počasno pronicanje v zemljo, podtalnico ali površinske vode. Obstajajo tudi situacije, ko težke kovine - po sistemu podtalnice - prepotujejo precejšnje razdalje, pri tem pa se pretirano ne razredčijo in ne porazgubijo. Na ta način seveda ogrozijo obširna območja čiste pitne vode (Slack in sod., 2004).

Poskusi in meritve z napravami so pokazali, da je intenzivnost pronicanja težkih kovin v zemljo odvisna od tipa baterij. Pri nižjih pH vrednostih težke kovine pronicajo globlje in v večjih količinah kot pri višjih pH vrednostih. Alkalne in cink-ogljikove baterije lahko izločijo velike količine Zn in Mn, NiCd baterije pa velike količine Cd. Le NiMH baterije izločajo težke kovine, katerih koncentracija je pod kritičnimi mejami. Poskusi in meritve so pokazali, da težki kovini Mn in Zn pronicata najintenzivneje (Karnchanawong in sod., 2008).

4.4 Vpliv sežiganja odpadnih baterij na okolje

Sežiganje baterij je vzrok za poglavitna problema v zvezi z varstvom okolja: sproščanje hlapov kovin v ozračje in kopičenje kovin v pepelu. Med kovinami, prisotnimi v bateriji, predstavljajo glavni okoljski problem Hg, Cd in Pb. Usoda kovin, ki se sproščajo iz baterij med sežiganjem, je odvisna predvsem od sežigalne temperature, od temperature, pri kateri kovine izhlapevajo, in od prisotnosti drugih nekovin (Lund, 2001).

Pri sežiganju obstaja nevarnost, da težke kovine, kot je živo srebro, izhlapijo v zrak, kadmij, svinec in druge težke kovine pa končajo v pepelu ali prašnih delcih. Težke kovine se v zraku

pojavnjajo v različnih fazah in oblikah kot plini, samostojni trdni delci, lahko pa se adsorbirajo na delce, katerih velikost se giblje od manj kot 0,01 mikrometra do več kot 100 mikrometra. Adsorbirane delce v zraku lahko po velikosti ločimo na fine delce in grobe delce. Nekatere toksične težke kovine med katerimi so tudi Zn, Cd in Pb, se vežejo (adsorbirajo) le na fine delce, katerih velikost ne presega 2,5 mikrometra. To je še toliko bolj zaskrbljujoče z vidika okolja in zdravja, saj lahko ti fini lebdeči prašni delci po zraku prepotujejo velike razdalje, preden padejo na tla ali v vodo ali preden jih vdihnemo (US EPA, 1999).

Kadar pristojni organi odločijo, da je za nekatere odpadke sežig edina možna rešitev, je pomembna kvantitativna ocena emisij, ki nastanejo pri sežigu. V ta namen so opravili raziskavo, katere cilj je bila meritev količin glavnih plinskih emisij, nastalih pri sežigu odpadnih gospodinjskih (alkalnih) baterij. Baterije so dali za 1 uro pri 1000° C v horizontalno električno peč in nadzirali temperaturo. Na enem koncu jeklene cevi so konstantno vpihovali zrak, kar je zagotovilo oskrbo s kisikom in usmerjalo emisije plinov skozi filtrski sistem v bučke, kjer je bila vodna raztopina 10 % (v/v) dušikove kisline. Po vsakem sklopu eksperimentov so izmerili žveplo, kloride in kovine (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti in Zn) v jekleni cevi in v bučki. Rezultati poskusa so pokazali, da je bila najbolj oddajana kovina cink. Emisije so znašale 6,5 % vsega cinka v baterijah, emisije magnezija (čigar oksid je glavna komponenta katode) in železa (iz katodnega kolektorja) pa so bile v primerjavi z vsebnostjo v baterijah zanemarljive. Živo srebro je v baterijah manj obstojna kovina, a so ga vseeno ugotovili celo v drugi bučki. Količina kloridov je odgovarjala približno 36 % vsebnosti kloridov v PVC baterijskih ovitkih (Almeida in sod., 2008).

4.5 Opcije ravnanja z odpadnimi baterijami

Odpadne gospodinjske baterije so lahko pomemben sekundarni vir kovin. Zaradi velike vsebnosti visoko vrednih (težkih) kovin jih nikakor ne bi smeli odvreči z ostalimi odpadki na deponije in/ali jih odvažati v sežigalnice tako z okoljskega in zdravstvenega vidika kot tudi ne z vidika ekonomičnosti. Na ta način namreč porazgubimo dragocene naravne vire, ki jih moramo nato iz materij vnovič pridobivati. Količine nekaterih surovin so v naravi omejene. Z reciklažo odpadnih baterij omogočimo pridobivanje dragocenih materialov in ohranjamo

surovine ter doprinesemo k varovanju okolja, varčevanju z naravnimi bogastvi in energijo ter k ekonomičnosti.

4.5.1 Odlaganje odpadnih baterij

Z baterijami moramo ravnati skrbno in varno. Še posebej moramo paziti, da baterije, ko jih dokončno izrabimo, odstranimo pravilno in okolju prijazno, s čimer preprečimo možne negativne učinke snovi, ki jih vsebujejo. Velik izziv je preprečitev, da bi se baterije znašle med mešanimi komunalnimi odpadki, vendar ga bo težko uresničiti, saj so posamično baterije (pre)majhne, na večjem prostoru pa (pre)široko razpršene. Zato smo ljudje (distributerji, proizvajalci, uporabniki) tisti, ki smo dolžni pravilno odlagati baterije in preprečiti, da bi se znašle na kupu mešanih komunalnih odpadkov.

Neppravilno odložene odpadne baterije predstavljajo potencialno nevarnost, ker lahko:

- vodo (reke, jezera) onesnažijo s kovinami, ki izhlapijo v zrak ob sežiganju;
- težke kovine iz baterij pronicajo iz odlagališč za trdne odpadke;
- okolje in vodo izpostavijo svincu in kislini;
- povzročijo opekline ali poškodbe oči in kože;
- vsebujejo močne korozivne kisline.

Če odpadne baterije odložimo med mešane komunalne odpadke, obstaja možnost, da ob njihovem razpadanju težke kovine počasi pronicajo v zemljo in površinske ali podtalne vode. Odpadne baterije iz gospodinjstev prispevajo kar 88 % živega srebra in 50 % kadmija v skupni količini mešanih komunalnih odpadkov. Največji vir živega srebra v komunalnih odpadkih so baterije - še zlasti alkalne in gumbaste. Vsebnost živega srebra v baterijah se je z leti močno zreducirala. Nova generacija gospodinskih baterij predstavlja preko 99,97 % baterij brez vsebnosti živega srebra, toda po naših domovih še zmeraj leži veliko starejših »suhih« baterijskih celic, ki vsebujejo znatne količine živega srebra.

V razvitih državah ljudje še danes nepravilno ravnamo z odpadnimi baterijami, saj večino rabljenih gospodinskih baterij odvržemo kar med mešane komunalne odpadke (MSW –

municipal solid waste), ki so nato skupaj z drugimi odpadki prepeljane na številna odlagališča komunalnih odpadkov. Tam so baterije velika nevarnost za okolje (Delgado in sod., 2006).

Evropska unija proizvede preko 1 milijon ton gospodinjskih baterij na leto. Mnoge od njih vsebujejo nevarne kemikalije. V letu 2002 je 45 % vseh prodanih gospodinjskih baterij v EU končalo med mešanimi komunalnimi odpadki ali v sežigalnicah. Samo 17 % jih je bilo po uporabi zbranih na ustrezen način (EUROPA, 2004).

4.5.1.1 Alternativa končnega odlaganja baterij

- *Javna odlagališča:* Do danes je tovrsten način že opuščen.
- *Stabilizacija:* Postopek zahteva predhodno obdelavo baterij, da se izognemo stiku težkih kovin v zbiralniku z okoljem, vendar se ne uporablja, ker je predrag.
- *Sežiganje:* Baterije odpeljejo na skupno mestno odlagališče v sežig. Sežiganje baterij lahko povzroči emisije Hg, Cd, Pb in dioksinov v okolje.
- *Recikliranje:* Vključuje hidrometalurški in pirometalurški postopek, po katerih lahko recikliramo kovine, prisotne v baterijah. Tovrstne postopke razvijajo v različnih predelih sveta.

4.5.2 Zbiranje in sortiranje odpadnih baterij

Ločeno zbiranje odpadnih baterij iz gospodinjstev je nujno potrebno za zmanjšanje količin baterij med mešanimi komunalnimi odpadki in negativnih vplivov odpadnih baterij na zdravje ljudi in živali ter na okolje. Ker je proizvodnja baterij energetsko zelo potratna, z ločenim zbiranjem in oddajanjem odpadnih baterij in akumulatorjev pripomoremo k njihovi učinkoviti predelavi. Vsi uporabniki moramo odpadne baterije iz gospodinjstev zbirati ločeno. Brezplačno jih lahko oddajamo v posebne zbirne zabojnike, nameščene v trgovskih centrih, pri prodajalcih mobilnih aparatov in na drugih posebej označenih zbirnih mestih. Skupna evropska zakonodaja prenaša odgovornost za skrbno ravnanje z odpadnimi baterijami in akumulatorji na vse udeležence v procesu ravnanja z odpadnimi baterijami in akumulatorji. V slovenskem prostoru to področje še posebej urejata *Uredba o baterijah in akumulatorjih ter*

odpadnih baterijah in akumulatorjih in Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi nastajanja odpadne električne in elektronske opreme (OEEO). V skladu z zakonodajnimi podlagami morajo proizvajalci, pridobitelji, uvozniki in distributerji baterij zagotoviti brezplačno zbiranje odpadnih baterij. Sicer pa lahko ločeno zbrane odpadne prenosne baterije in akumulatorje oddamo tudi (<http://baterija.si/>):

- v zbirne centre izvajalcev javnih služb (komunalnih podjetij) ali v premične zbiralnice ločeno zbranih nevarnih frakcij komunalnih odpadkov;
- neposredno zbiralcu odpadnih baterij in akumulatorjev ali v zbiralnice odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev, če jih zbiralec uredi ali organizira;
- v akcijah zbiranja nevarnih odpadkov, ki jih organizirajo komunalna podjetja.

4.5.2.1 Postopki zbiranja in sortiranja gospodinjskih baterij

Preden baterije recikliramo, jih moramo najprej zbrati in sortirati glede na njihovo kemično sestavo in velikost.

- Na Švedskem so zbiralne posode za baterije nameščene na kontejner za zbiranje papirja. Tovornjak, ki odvaža papir, odvaža tudi odpadne baterije. Enak pristop testirajo še v Nemčiji in na Portugalskem.
- Na Nizozemskem izvajajo projekt, po katerem odpadne baterije s pomočjo magnetov ločijo od ostalih gospodinjskih odpadkov.
- V različnih državah baterije zbirajo s pomočjo električnih naprav, zato jih potrošnikom ni treba ločevati.

Rezultati zbiranja baterij so odvisni predvsem od navad potrošnikov. Ker baterije ne zavzamejo veliko prostora, jih ljudje pogosto hranijo kar doma. Raziskave v Nemčiji, na Nizozemskem in v Belgiji so pokazale, da večina ljudi (80-90 %) pozna sisteme zbiranja baterij, dejansko pa jih uporablja le majhen del populacije (30-50 %). Industrija sama nima posebnega vpliva na navade potrošnikov. Pomembno vlogo imajo mediji, ki lahko javno

obveščajo in ozaveščajo ljudi o učinkovitih zbiralnih sistemih in spreminjajo njihove dotedanje navade (EPBA, 2003).

Večina programov po svetu je načrtovanih tako, da pooblaščen organizacije zbirajo vse tipe gospodinjstskih baterij. Po končanem zbiranju in sortiranju sledi postopek reciklaže (Watson, 1999).

V osemdesetih letih prejšnjega stoletja, ko so začeli razpravljati o recikliranju baterij, je bila glavna skrb uvedba reciklažnega postopka za mešanico različnih tipov baterij. Z novimi sekundarnimi baterijami, ki imajo zmožnost polnjenja, so programi ločevanja med baterijami postali še pomembnejši. Baterije lahko učinkovito recikliramo, če jih razporedimo glede na kemično sestavo (Watson, 1999).

Postopek sortiranja na Nizozemskem

Na Nizozemskem imajo napravo, ki baterije ločuje po hitrem postopku. Naprava temelji na senzorju, ki ga je razvila firma Philips. Senzor inducira magnetno polje na vsaki bateriji in meri odzivno frekvenco. Ta postopek je 99 % zanesljiv. Baterije potujejo preko senzorja posamično na vsaki 2 sekundi. Razvili so novo linijo sortiranja, zasnovano na treh korakih. V prvem koraku se mešanica baterij pomika preko različnih sit. Tu od ostalih baterij ločijo gumbaste baterije. Preostale baterije se naprej pomikajo skozi magnetni separator. ZnC baterije ne ustvarijo magnetnega polja, saj je njihov ovoj iz lepenke. Ostale baterije, ki ustvarijo magnetno polje, se nato pomikajo preko novega sistema sit, ki baterije loči glede na obliko (cilindrične, prizmatične) in velikost (AAA, AA, C in D). V tretjem koraku se baterije pomikajo skozi različne senzorce (TRI-MAG), ki pomešane baterije ločijo glede na dimenzije, težo in elektromagnetne lastnosti. UV senzor loči baterije, ki vsebujejo Hg (Watson, 1999). Slabost tega sistema je relativna počasnost, kar skušajo seveda izboljšati.

Postopki sortiranja v Nemčiji

V Nemčiji so razvili sistem sortiranja, ki je hitrejši od tistega na Nizozemskem (24 baterij/s). Baterije sortira glede na etiketo (zgradba, proizvajalec...) in je 99 % zanesljiv. Po selekciji baterij glede na velikost in obliko jih sistem posamično pošlje na detekcijo. Na enak način baterije avtomatično razporedi tudi v pravo zbirno posodo (Sattler, 1998).

Drugi nemški sistem (SORBAREC) temelji na sortiranju s pomočjo slik X-žarkov. Sistem sortira ZnC, AlMn, NiCd, NiMH, Li in Hg baterije (Rausch, 1998). Sortiranje s pomočjo X-žarkov poteka s hitrostjo 12 baterij/s. Končna analiza se izvrši z računalnikom, ki identificira baterije glede na sliko X-žarkov. En takšen obrat deluje že od leta 2001 (Fricke in Knudsen, 2002).

EPBA/SORTBAT in EUROBATRI postopka uporabljata elektrodinamične senzorje, ki baterije sortirajo glede na magnetne lastnosti, težo, velikost in podobno (Fricke, 1999). Baterije po mehanskih in magnetnih lastnostih ločijo na različne frakcije. Vse baterije, ki niso cilindrične oblike ali so prevelike, so izključene iz nadaljnjega postopka še pred magnetno separacijo. Baterije, ki ne ustvarjajo magnetnega polja (ZnC baterije), so po magnetni separaciji izključene iz postopka avtomatičnega sortiranja. Elektrodinamični senzor identificira magnetne baterije glede na magnetna polja. Omenjena postopka sortirata baterije s hitrostjo 6-8 baterij/s. Družba LSI je razvila nov elektrodinamični senzor, ki je sposoben separirati tudi NiCd in NiMH baterije (Fricke, 2002).

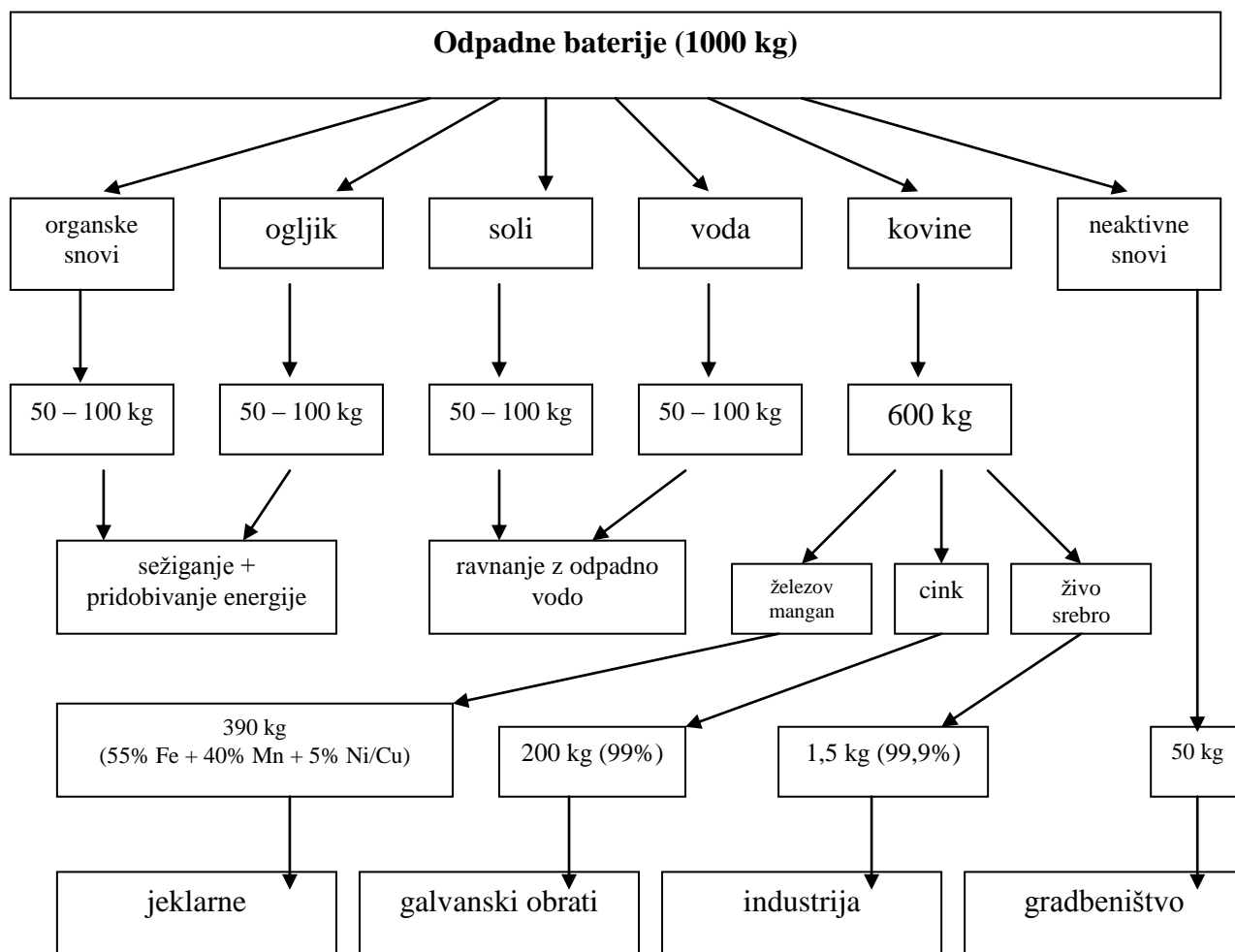
Za nadaljnjo reciklažo AlMn in ZnC baterij je pomembno baterije, ki vsebujejo živo srebro (Hg), ločiti od tistih, ki ga ne. Od leta 1990 tovrstne baterije proizvajajo le še brez Hg, vendar se med odpadnimi snovmi najdejo tudi stare baterije, ki vsebujejo Hg. Da bi jih lažje ločili, so evropski proizvajalci svoje baterije označili z UV občutljivim premazom, ki ga senzor zazna v postopku ločevanja (Fricke, 2002).

4.5.3 Recikliranje odpadnih baterij

Za izdelavo ene baterije potrebujemo 50-krat več energije, kot jo baterija proizvede. Z njihovo reciklažo ohranjamo in pridobivamo naravne vire (Slika 14), ki jih nato uporabimo pri izdelavi novih (<http://baterija.si/>). Prednosti recikliranja odpadnih baterij so zlasti naslednje:

- vse strupene kovine hranimo na enem mestu;
- kovine so obnovljene in poslane nazaj za proizvodnjo novih baterij;
- reciklaža plastike;

- ni več odlaganja baterij na javnih smetiščih oziroma v naravi;
- ohranitev naravnih virov in surovin.



Slika 14: Obnova materialov odpadnih baterij (Batrec, 2005)

Fig. 14: Materials recovery from batteries (Batrec, 2005)

4.5.3.1 Metode recikliranja baterij

Poznamo tri metode recikliranja baterij, običajno povezane med seboj:

- 1. metoda - mehanska obdelava;
- 2. metoda - pirometalurški postopek;
- 3. metoda - hidrometalurški postopek.

Druga in tretja metoda sodita med kemične postopke, prva pa izključno med mehanske (drobilec, sito, magnetna separacija...).

4.5.3.1.1 Pirometalurški postopek

Največkrat uporabljen postopek za reciklažo rabljenih baterij je pirometalurški postopek. V pirometalurgiji poteka ločevanje kovin ob visokih temperaturah. Po tem postopku lahko odstranijo živo srebro, ki ga vsebujejo (stare) alkalne baterije. Po dekontaminaciji živega srebra lahko ločijo cink s pomočjo destilacije (De Oliveira in sod., 2001), pri NiCd baterijah pa kadmij (Masamoto in sod., 1993).

V pirometalurških postopkih običajno nastajajo jeklo, feromanganove zlitine ali druge kovinske zlitine. Cink (Zn) se v teh postopkih pogosto kondenzira v obliki prahu. Pomembna je tudi odstranitev živega srebra (Hg), organskih (papir) in drugih snovi (plastika) s pomočjo pirolize, ki poteka kontrolirano (Vassart, 1999). Postopki se vršijo ob visokih temperaturah, pri katerih se lahko sproščajo dioksini, kloridne zmesi in Hg, zato je potrebna nenehna kontrola atmosferskih emisij.

Uporabljajo dva glavna pirometalurška postopka za reciklažo NiCd baterij. V prvem postopku kadmij (Cd) izhlapeva v odprtih pečeh, pri čemer nastaja prah kadmijevega oksida. V drugem poteka kontrolirana destilacija Cd v zaprtih pečeh, kjer nastajata kadmijev prah in nikljeva zlitina (Landskrona in sod., 1983).

Tretji postopek - kloriranje baterij sta razvila Cox in Fray (1999). V tem postopku baterije tretiramo s klorom ali klorovodikovo kislino. Rezultat je sproščanje kadmijevega klorida. NiCd baterije se zaradi prisotnosti Cd, ki pri destilaciji inhibira sproščanje Hg in Zn, obravnavajo ločeno od ostalih baterij.

Glavna pirometalurška postopka sta SNAM-SAVAM (Francija) in Sumitomo (Japonska). Prednost pirometalurških postopkov pred hidrometalurškimi je v izločanju večje količine nevarnih snovi, ki jih kasneje predelajo, slabost pa je visoka poraba energije, saj se postopki

odvijajo v razponu med 800 in 1000° C. Primerjava med navedenima postopkoma je težavna, saj hidrometalurgija potrebuje električno energijo (elektroliza) in ne termične.

4.5.3.1.2 Hidrometalurški postopek

V hidrometalurgiji kovine najprej raztopijo s pomočjo kislin ali baz, pri čemer uporabljajo razredčeno žvepleno kislino. Ko so kovine v raztopini, jih med seboj ločijo z obarjanjem, s spreminjanjem pH raztopine, z dodajanjem reakcijskih reagentov ali elektrolizo. Iz raztopine jih lahko izločijo tudi z organskimi topili, ki vežejo kovinske ione. Kovino nato ločijo ali z elektrolizo ali z obarjanjem (Xue in sod., 1992).

Hidrometalurški postopki so povezani z ekstrakcijskimi postopki kislih in alkalnih medijev ter postopki ločevanja in čiščenja kovinske frakcije. Pridobljeno čisto raztopino kovin uporabljajo v kemični industriji.

Prednosti hidrometalurgije so (Fröchlich, 1995):

- skoraj popolna ločitev kovin;
- čisti produkti;
- relativno nizka poraba energije in
- preprečitev nevarnih emisij.

V Belgiji je hidrometalurški obrat v sklopu podjetja MMM-Sedema, ki reciklira ZnC in alkalne baterije. Z mehansko obdelavo iz baterij najprej sprostijo kovinsko frakcijo (magnetna separacija in separacija glede na razlike v gostoti). Odpadek, ki nastaja v tem postopku, je v obliki črnega prahu, sestavljenega pretežno iz ogljika, mangana in cinka. Ta prah nato ekstrahirajo. Rezultat je raztopina, bogata z manganom in cinkom (Vassart, 1999).

V ZDA so razvili postopek za obdelavo mešanice baterij (ZnC, AlMnO₂, NiCd in Li). BATENUS postopek sestavlja več korakov mehanske obdelave in hidrometalurških tehnologij. Baterije najprej sortirajo po njihovi sestavi. Tiste, ki vsebujejo Hg, obdelajo

ločeno od ostalih. Po kriogeni obdelavi postanejo baterije krhke in lomljive, njihove frakcije pa se razlikujejo po velikosti, gostoti in magnetnih lastnostih. Iz črnega prahu nato z elektrolizo in elektrodializo ekstrahirajo kovine (Reinhard, 1995). Podoben postopek, zasnovan na kombinaciji ekstrakcije raztopine, ionske izmenjave in membranske tehnologije, v Nemčiji uporabljajo že od leta 1997 (Pietrelli, 1999).

Postopek AED so razvili za reciklažo litijevih baterij. Za ločevanje materialov uporabljajo tehniko drobljenja. Reakcije redukcije kobalta se izvajajo pri sobni temperaturi (Lain, 2001).

4.5.3.2 Pregled reciklažnih postopkov odpadnih baterij po svetu

Poznamo razne postopke recikliranja odpadnih baterij. Med seboj se razlikujejo glede na kemično sestavo in karakteristike baterij, ki jih nameravajo predelati.

Preglednica 5: Kovine iz različnih tipov baterij, ki jih je možno reciklirati

Table 5: Recyclable metals in different types of batteries (www.theiet.org/factfiles)

Tip baterij	Recikliranje
alkalne/cink-ogljikove	v kovinski industriji pridobivanje jekla, cinka, mangana
NiCd/NiMH	pridobivanja Cd in Ni (pozitivna tržna cena)
Li-ionske	pridobivanje Co (pozitivna tržna cena)
gumbaste baterije	pridobivanje Ag (pozitivna tržna cena), pridobivanje Hg z vakuumsko-termalnim postopkom

a) Vakuumski postopek

Družba NIREC s sedežem v Nemčiji je razvila reciklažni postopek, zasnovan na ločevanju materialov s pomočjo vakuumskega valjanja (ang. *vacuum milling*). Nikelj, ki ga ločijo z omenjeno tehniko, nadalje uporabljajo kot surovino v postopku sekundarne metalurgije (Fricke, 1999). Postopek takšnega ločevanja morajo zaradi morebitnega sproščanja nevarnega vodika izvajati v vakuumskem prostoru. NiMH baterije obdelajo mehansko. Vodik konstantno odvajajo iz sistema. Po odstranitvi plastike iz baterije ostane zmes z visoko

vsebnostjo niklja, ki se kot pomembna komponenta uporablja v proizvodnji jekla (Fricke, 2002).

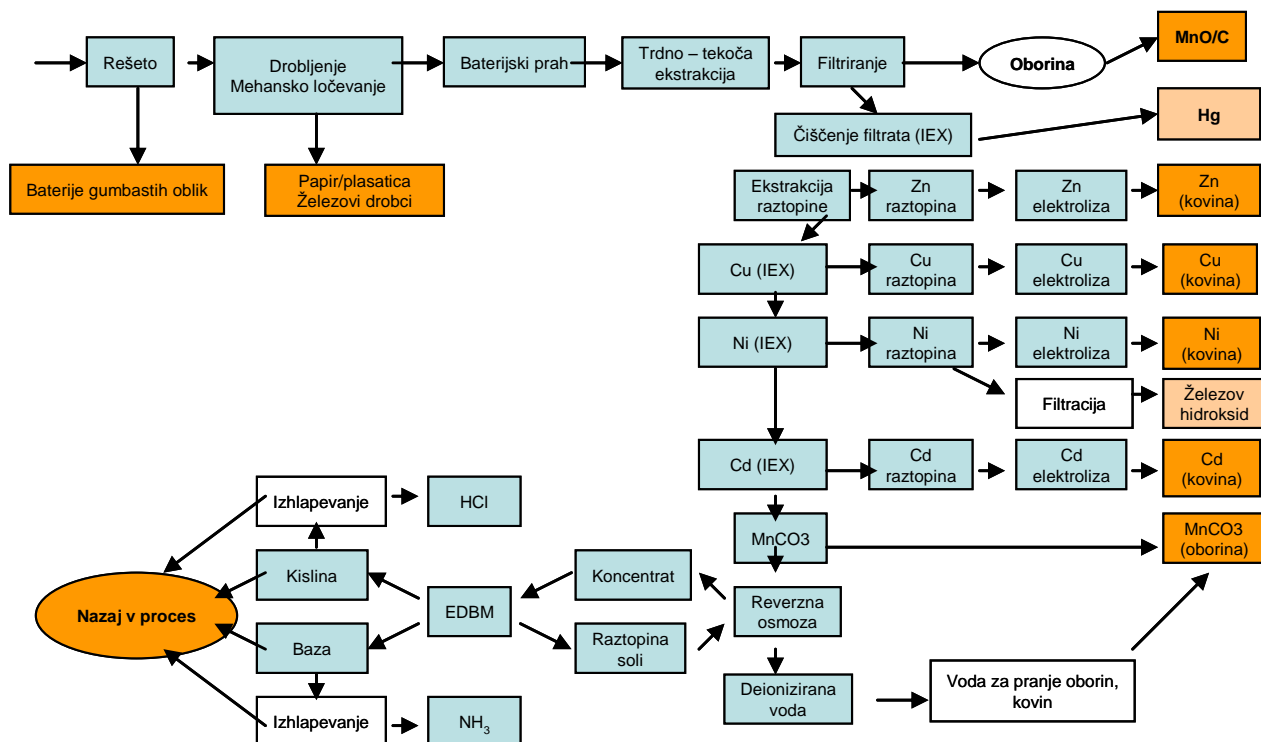
b) BATENUS postopek

Ta postopek ponuja možnost skoraj popolne separacije kovin iz mešanice odpadnih baterij. Uporablja jo od leta 1996 dalje. Njegova pomembna prednost je varčna poraba energije, ki v povprečju znaša približno 2500 kWh/t baterij. V primerjavi z drugimi podobnimi hidrometalurškimi postopki je ta poraba veliko nižja.

BATENUS postopek (Fröchlich, 1995) vključuje:

- mehansko obdelavo;
 - hidrometalurško ponovno predelavo.
- 1) Mešanico baterij najprej obdelajo mehansko. Prva mehanska operacija je izločanje gumbastih baterij skozi sito, ker vsebujejo visok delež živega srebra (Hg). Zato morajo biti obdelane po drugačni poti. V neprodušni komori baterije razkosajo, nakar magnet odstrani kovinske delce. Papir, plastiko in nekovinske snovi ločijo od preostale vsebine s pomočjo različnih sit. Iz preostale zmesi baterij nato naredijo prah, ki se pomika naprej v hidrometalurško enoto.
 - 2) Zdrobljene baterije tretirajo z razredčeno žvepleno kislino. Vsak morebitni plin, ki nastane pri reakciji, usmerijo v napravo za čiščenje plinov.
 - 3) Suspenzija zdrobljenih baterij in žveplene kisline se pomika skozi filter.
 - 4) Trdna snov (filtrna pogača), ki ostane na filtru, je sestavljena pretežno iz manganovega oksida in ogljika. Po filtriranju jo sperejo in posušijo. Produkt nato prodajo proizvajalcem feromanganovih snovi.
 - 5) Filtrat najprej s pomočjo selektivnega ionskega izmenjevalca očistijo sledi živega srebra.
 - 6) Iz raztopine, ki so jo predhodno očistili živega srebra, nato v večih korakih ekstrahirajo cink. Na koncu pridobijo čisto raztopino cinkovega sulfata, iz katere cink izločijo z elektrolizo.
 - 7) Iz raztopine s pomočjo selektivnih ionskih izmenjevalcev izločijo baker, nikelj in kadmij, iz nastalih sulfatnih raztopin pa nato z elektrolizo še druge čiste kovine.

- 8) Koncentracijo železa morajo kontrolirati v nikljevem eluatu. Če je potrebno, odstranijo železov hidroksid.
- 9) V tej fazi raztopina vsebuje le še manganove in alkalne kovinske sulfate (pa tudi manjše količine klorida). Dodajanje natrijevega karbonata povzroči oboritev manganovega karbonata. Oborino prefiltrirajo in sperejo z vodo. Po sušenju snov uporabljajo kot surovino v proizvodnji mangana ali manganovega dioksida.
- 10) Preostala raztopina alkalnega kovinskega sulfata se koncentrira v postopku reverzne osmoze. Kasneje koncentrat z elektrodializo ločijo na kislino in bazo. Pri tem uporabljajo bipolarne membrane (EDBM). Oborino prefiltrirajo in sperejo z vodo. Po sušenju snov uporabljajo kot surovino v proizvodnji mangana ali manganovega dioksida.
- 11) Bazo in kislino koncentrirajo z izhlapevanjem. V procesu izhlapevanja iz žveplene kisline odstranijo klorovodikovo kislino, iz baze (natrijev, kalijev, litijev hidroksid) pa amoniak. Koncentrirano žvepleno kislino uporabljajo za regeneracijo ionskih izmenjevalcev, koncentrirane baze pa za nevtralizacijo.
- 12) Razredčeno raztopino soli iz EDBM (elektrodializa z bipolarnimi membranami) koncentrirajo z reverzno osmozo. Koncentrat nato obratno vrnejo skozi postopek EDBM, demineralizirano vodo pa naprej uporabljajo za čiščenje (Fröchlich, 1995).



Slika 15: Shema BATENUS postopka (ionsko-izmenjevalna tehnika)

Fig. 15: Flow-sheet of BATENUS process (IEX - ion exchanger) (Fröchlich in Sewing, 1995)

c) BATINTREC postopek

Razvoju BATINTREC postopka so botrovale katastrofalne razmere na Kitajskem, kjer so bili zaradi številnih nevarnih sekundarnih onesnaževalcev primorani zapreti vse reciklažne obrate. BATINTREC postopek temelji na ekstrakciji dveh glavnih težkih kovin (Hg in Cd) in dekontaminaciji nastalih končnih produktov. Najprej morajo gumbaste baterije in NiCd baterije ločiti od ostalih baterij.

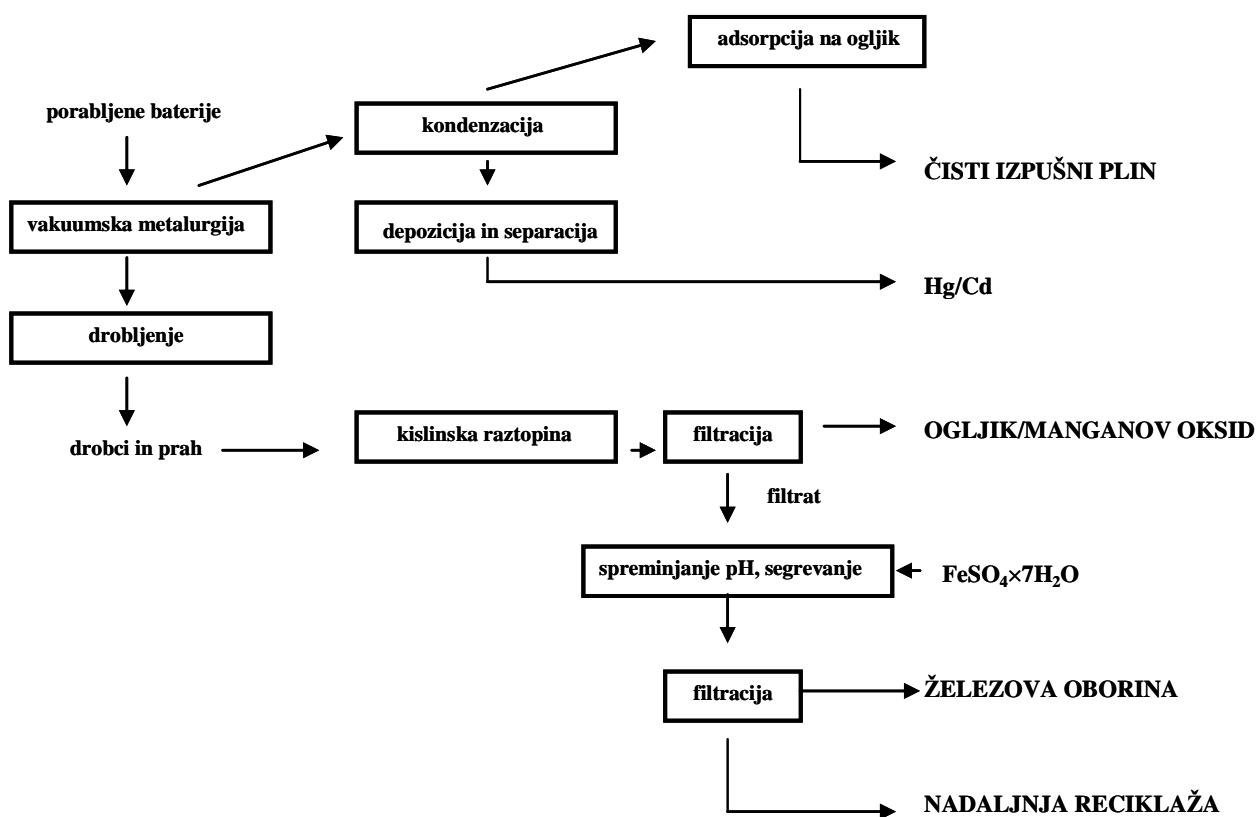
S pomočjo vakuumske metalurgije se po separaciji najprej ločita Hg in Cd (Dai, 1998). V tem postopku izhlapijo papir, plastika in drugi gorljivi in hlapljivi materiali. Ogljikov filter se uporablja za čiščenje nastalih plinov.

Vakuumska metalurgija je čistejša in zahteva za delovanje manj energije kot pirometalurgija. Baterije najprej zdrobijo, nastale drobce in prah pa potopijo v mešanico žveplene in dušikove kisline. Kislinsko raztopino nato filtrirajo. Trdni delci, ki ostanejo na filtru, so večinoma manganov oksid in ogljik, ki ju prodajo proizvajalcem feromangana (Fröchlich, 1995). Filtrat vsebuje različne kovinske ione. Po dodatku $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, spreminjanju pH vrednosti in temperature nastane železova oborina (Zhou, 1981).

BATINTREC postopek je primeren za vse tipe odpadnih baterij, razen za litijeve. Optimalni parametri za delovanje vakuumske metalurgije so:

- pri suhih baterijah: $T = 400 \text{ }^\circ\text{C}$, $p = 10 \text{ mmHg}$ ($1 \text{ mmHg} \approx 1,3332 \times 10^{-3} \text{ bar}$),
 $T_{\text{segrevanja}} = 2\text{h}$;
- pri NiCd baterijah: $T = 750 \text{ }^\circ\text{C}$, $p = 20 \text{ mmHg}$ ($1 \text{ mmHg} \approx 1,3332 \times 10^{-3} \text{ bar}$),
 $T_{\text{segrevanja}} = 2\text{h}$.

V optimalnih pogojih se iz baterij obnovi 85 % Hg in 95 % Cd. Ta tehnologija je okoljevarstveno sprejemljiva in zahteva majhno porabo energije (Yue-quing in Guo-jian, 2004).



Slika 16: Shema BATINTREC postopka (Yue-quing in Guo-jian, 2004)

Fig. 16: Flow-sheet of BATINTREC process

d) Sumitomo postopek

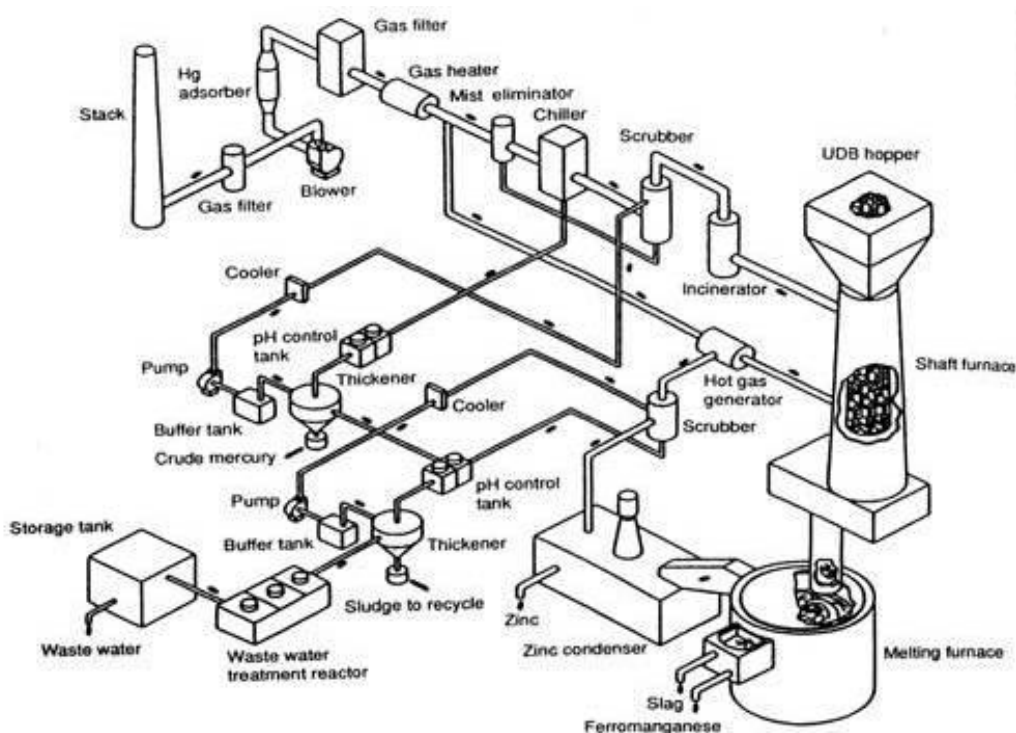
Japonska je v 80-ih letih prejšnjega stoletja uvedla postopek, ki temelji na pirometalurgiji. Bil je eden izmed prvih postopkov za predelavo izključno gospodinjstskih baterij. Sprva je bil ekskluzivno namenjen ZnMnO_2 baterijam, danes pa ga uporabljajo za reciklažo vseh tipov prenosnih baterij. Izjema so le NiCd baterije, saj njihove reciklaže ne omogoča in ne podpira (Frenay in sod., 1994).

Po tem postopku iz odpadnih gospodinjstskih baterij najprej izločijo živo srebro. Odpadne baterije dajo v rotacijsko peč, v kateri s segrevanjem do 750°C dosežejo evaporacijo (izhlapevanje) živega srebra, ki hlapi pri temperaturi 750°C . Nastane nečist plin, ki poleg hlapov živega srebra vsebuje še nekatere druge primesi, izgorke organskih snovi (papir) in kloridov (plastika). Te primesi so pretežno papir in plastika kot sestavna elementa gospodinjstskih baterij. Nastali plin s primesmi vodijo skozi podaljšek rotacijske peči vse do celice (komore), kjer z vpihavanjem segretega zraka skozi odprtine povzročijo vrtnčenje –

turbulenco. Tako se izločijo in zadržijo trdni prašni organski delci. Pridobijo čiste hlape živega srebra, ki jih nato vodijo skozi kondenzator in ohladijo. V prvi fazi postopka izločijo živo srebro in organske snovi.

V drugi fazi preostali (trdni) material iz rotacijske peči, zdaj že brez živega srebra in kloridov, prestavijo v redukcijsko električno peč. Sledi redukcija pri približno 1500° C, pri kateri ogljik iz baterij prevzame vlogo reducenta. Končni rezultat redukcije so Fe-Mn zlitina in cinkovi hlapi. Cink ohladijo, zgostijo s pomočjo kondenzatorja in ga dostavijo proizvodnim obratom. Z vsako tono odpadnih baterij po Sumitomovem postopku pridobijo do 360 kg Fe-Mn, 200 kg cinka (Zn), 1,5 kg živega srebra (Hg) in 20 kg žlindre (Krebs, 1999).

Čeprav je postopek reciklaže dokaj enostaven, je glede na stroške izredno drag, za delovanje pa potrebuje približno 3500 kWh na tono odpadnih baterij. Kljub visokim zahtevam ne dopušča predelave katerihkoli baterij, še zlasti pa ne NiCd baterij.



Slika 17: Prikaz delovanja Sumitomo postopka

Fig. 17: Layout of the Sumitomo Treatment Process

e) Recytec postopek

Recytec reciklažni postopek je poznan že dolgo. Začetki njegovega razvoja segajo v zgodnja devetdeseta leta preteklega stoletja, natančneje v leto 1991, ko so ga prvič predstavili Švicarji. Obrat v Švici se je izkazal kot zelo učinkovit, saj so predelali okoli 2000 ton odpadnih gospodinskih baterij na leto. Postopek je specializiran predvsem na gospodinske baterije, ki vsebujejo živo srebro (alkalne baterije). Predelave NiCd baterij ne podpira. Dandanes baterij z visoko vsebnostjo živega srebra praktično ne proizvajajo več; če pa že, je količina živega srebra, prisotnega v baterijah, izredno majhna in kot taka zanemarljiva. Recytec postopka ne gre kar odpisati, saj po svetu ostaja še ogromno baterij »stare dobe«, ustreznih za predelavo (De Oliveira in sod., 2001).

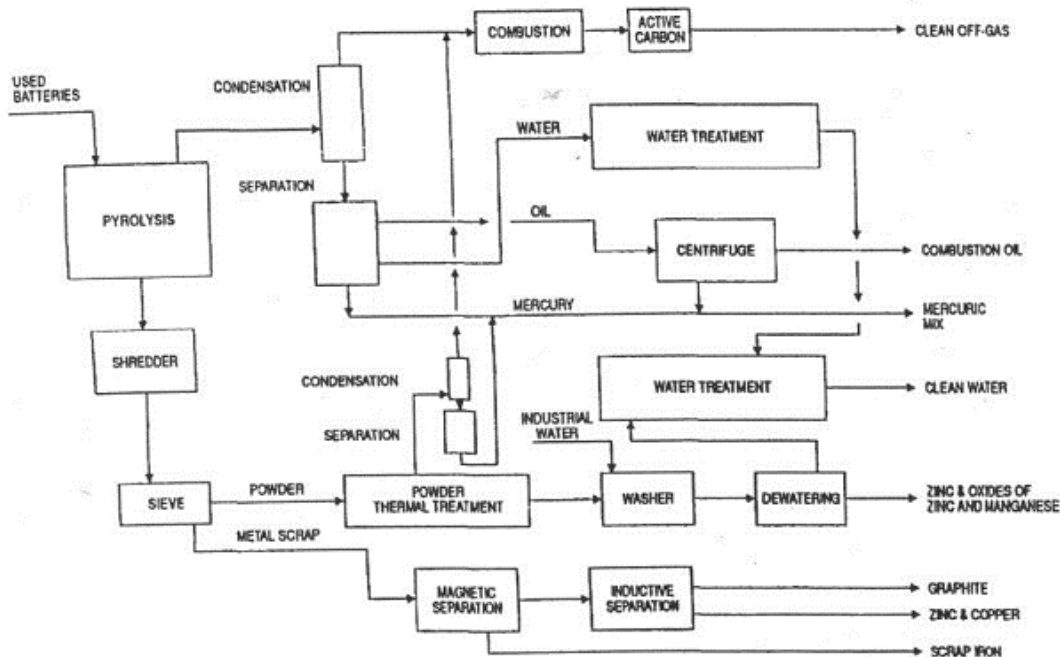
Postopek je v nekaterih fazah predelave izredno podoben Sumitomo postopku, le da Recytec že na samem začetku zahteva obdelovalno temperaturo 650° C. Razlog za izbiro navedene temperature je dejstvo, da se živo srebro, prisotno v standardnih in alkalnih ZnMnO₂ gospodinskih baterijah, izloča že pri okoli 600° C. Podobno kot pri Sumitomo postopku tudi tu dovajajo hladilni plin, ki povzroči kondenzacijo živega srebra. Dokončno ga ločijo s filtracijo na aktivnih ogljikovih filterih. Za razliko od Sumitomo postopka tu nastane trdna frakcija živega srebra (kot po vseh evaporacijskih procesih in filtriranju), ki jo prepeljejo do ustreznega operativnega metalurškega obrata v nadaljnjo obdelavo.

Preostali material, ki ne vsebuje več živega srebra, grobo zmeljejo in presejejo. Manjši delci (fina frakcija) padejo skozi sito, na katerem ostane le groba frakcija iz jeklenih ploščic, cinkovih čašic, bakrenih kontaktov in svinca, ki sestavljajo elektrode. Iz grobe frakcije potem z magnetno separacijo izločijo namagneteno jeklo in nenamagnetni svinec. Preostaneta še baker in cink, ki ju vodijo do hidrometalurškega predelovalnega obrata. Presejano fino frakcijo, ki vsebuje pretežno manganov oksid in delce cinka, nato obdelajo z Waelz postopkom (Poglavje 4.5.3.2).

Za boljšo predstavo na hitro preletimo vse korake Recytec postopka v pravilnem zaporedju od začetnega do končnega koraka:

- termična obdelava odpadnih gospodinjских baterij (postopek poteka v brezračnem prostoru pri temperaturi 650° C);
- mletje, drobljenje s šrederji (maksimalna velikost drobcev je 10 mm);
- spiranje in sejanje (maksimalna velikost drobcev je 2 mm);
- magnetna in indukcijska separacija spranih drobcev (kovinski in nekovinski drobci, neaktivni drobci);
- anodno raztapljanje in elektrolitsko nanašanje nekovinskih drobcev;
- kemično raztapljanje aktivne mase in elektrolitsko nanašanje cinka, kadmija, bakra ter niklja.

Zaradi nenehnega razvoja ekološko prijaznejših baterij, ki ne vsebujejo več živega srebra, Recytec postopek počasi izpodrivajo novi, kvalitetnejši in naprednejši reciklažni postopki. Kljub temu ga bodo uporabljali še naprej, saj s svojo vsestranskostjo ponuja predelovanje tudi drugih odpadnih materialov z vsebnostjo živega srebra, kot so npr. flourescenčne sijalke.



Slika 18: Shema Recytec postopka (Ammann, 1995)

Fig. 18: Flow-sheet of Recytec process (Ammann, 1995)

f) Atech postopek

Ta postopek je zasnovan le na fizičnem, torej mehanskem ravnanju z odpadnimi baterijami. Njegovi stroški so znatno nižji kot npr. stroški pri drugih hidrometalurških ali pirometalurških postopkih. Podpira reciklažo vseh prenosnih gospodinjstskih baterij, zlasti pa manjših (Espinosa in sod., 2004).

g) Accurec postopek

Pirometalurški obrat v Nemčiji so razvili posebej za reciklažo NiCd baterij. Prva talilna peč je začela delovati leta 1997. Njena kapaciteta je bila 500 ton baterij/leto. Druga, novejša talilna peč deluje od leta 2000 (ALD, 2001).

Prvi korak v postopku je separacija baterij. Če so prevlečene s plastično prevleko, jo odstranijo in reciklirajo v drugem predelovalnem obratu. Po separaciji se preostali sestavni deli baterij pomikajo skozi vakuumsko destilacijo. Vodijo jih v kremenasto indukcijsko (talilno) peč v obliki cevi. Robovi cevaste peči so iz nerjavečega jekla in brez izlitja vsebine omogočajo spojitve peči s kondenzacijskim sistemom, ki ga priključijo na vakuumsko črpalko. Peč sprva segrejejo do 500° C, izparijo vodo in zažgejo preostalo plastiko. V drugem koraku temperaturo povišajo na 850° C, pri kateri nastopi destilacija kadmija (Cd). Celoten postopek izvajajo približno 12 ur pod pritiskom 10 milibarov. Po končanem postopku ima Cd 99,95 % čistost. Pridobljeni Cd ohladijo v kondenzatorju (ALD Vacuum Technologies AG, 2001).



Slika 19: Kadmij (+99,95 % čistost)

Fig. 19: Cadmium (+99,95 % purity)

h) TNO postopek

TNO (Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek) postopek je hidrometalurški postopek reciklaže baterij na Nizozemskem. Razvili so ga tako, da omogoča izbiro dveh načinov reciklaže za različne vrste odpadnih gospodinjskih baterij: prvi postopek podpira reciklažo ZnC in alkalnih gospodinjskih baterij, drugi pa reciklažo NiCd baterij (Van Erkel in sod., 1992).

Namen NiCd postopka reciklaže odpadnih baterij je ponovno pridobivanje Cd, Ni in Fe. Postopek se začne z razrezom NiCd odpadnih baterij na manjše kose, ki na izhodu iz rezalnika ne presegajo dimenzije 15 mm. Razrezani material nato ločijo na dve frakciji: na fino (delci manjši od 3 mm) in grobo (delci večji od 3 mm). Grobo frakcijo opravljajo skozi magnetni separator, ki zadrži (izloči) vse kovinske drobce. Teh je za približno 50 % grobe frakcije, ki je sestavljena pretežno iz jekla z nizko vsebnostjo Ni in Cd. Celotno grobo frakcijo - izločeni magnetni (kovinski) in nemagnetni del – nato pri temperaturi od 30 do 60° C sperejo s 6N HCl kislino in tako iz materiala odstranijo Cd.

Nikelj (Ni) in kadmij (Cd) sta bolj skoncentrirana v fini frakciji, ki vsebuje minimalno količino železa (Fe). Fino frakcijo lužijo pri 90° C v 6N HCl kislini, ki so jo poprej uporabili tudi za luženje grobe frakcije. Cilj postopka je identičen zgoraj navedenemu: odstranitev Cd. Razmerje količin tekoče in trdne snovi pri luženju je 10:1.

Kadmij (Cd) iz lužne raztopine odstranijo s postopkom ekstrakcije. Z ustreznim topilom izločijo snov iz trdne ali tekoče zmesi, pri čemer se snov kemično ne spremeni. Uporabijo organsko topilo, sestavljeno iz 75 % tributilfosfata (TBF) in 25 % Shellsol R. Po ekstrakciji izločeni Cd ponovno lužijo, tokrat z razredčeno raztopino HCl kisline. Sledi postopek elektrolize, s katero iz raztopine dokončno pridobijo čisti Cd.

Po odstranitvi kadmija (Cd) v preostali lužni raztopini opravijo naslednji korak - sedimentiranje (usedanje) železa (Fe). Dosežejo ga z že prej dodano HCl kislino, ki pH raztopine zniža in prilagodi na vrednost 4. Takšen je prehod iz bolj bazičnega (alkalnega) v bolj kislo stanje, ki hkrati doprinese k povečanju števila Fe ionov - iz Fe²⁺ na Fe³⁺ - in

posledično k njihovemu usedanju. Po izločitvi Cd in Fe iz raztopine krog sklenejo z elektrolizo preostale raztopine in obnovijo še zadnji element, to je nikelj (Ni).

Postopek reciklaže ZnC in alkalnih gospodinjskih baterij poteka na podoben način kot NiCd postopek reciklaže. Gospodinjske baterije najprej zdrobijo v drobilniku (šrederju), zdrobljeni material pa nato z magnetnim separatorjem ponovno ločijo na dve frakciji, fino in grobo. Groba frakcija je sestavljena pretežno iz kovinskih drobcev in je takoj izločena iz nadaljnega postopka. Vsebnost fine frakcije je po kemičnih elementih dosti bolj pestra in raznolika od grobe, saj vsebuje C, Hg, Zn in Mn. Zaradi prisotnosti številnih elementov je seveda potrebna nadaljnja obdelava. Fino frakcijo sprva lužijo s HCl kislino. Nastalo lužno raztopino (zmes, mešanica) oksidirajo z NaOCl in kasneje prefiltrirajo. Tako izločijo plastiko, grafit in MnO₂. Živo srebro (Hg) iz raztopine izločijo s postopkom elektrolize. Zn(OH)₂ pridobijo s sedimentiranjem, ki ga sprožijo z dodajanjem močne baze NaOH, in nato uravnajo njegovo pH vrednost.

i) SNAM–SAVAM postopek

SNAM–SAVAM je postopek, ki so ga leta 1988 razvili v Franciji. Z manjšimi izboljšavami ga uporabljajo za reciklažo NiCd in NiMH baterij, pri kateri v celoti izvedejo pirometalurški postopek. SNAM-SAVAM postopek se začne z avtomatsko separacijo baterij. Sledi ji destilacijski postopek, s katerim pridobivajo kadmijeve hlape in Fe-Ni zlitine. Kadmij, ki nastane, ima kar 99,999% čistost (S.N.A.M., 2002).

Gospodinjske baterije klasificirajo v tri kategorije:

- materiali, ki vsebujejo Cd;
- materiali, ki vsebujejo Ni, ne vsebujejo pa Cd;
- materiali, ki ne vsebujejo niti Ni niti Cd.

Materiali, ki vsebujejo kadmij (Cd), so najprej podvrženi postopku pirolize, s katerim odstranijo organske snovi. Sledi destilacija Cd pri temperaturi med 850° C in 900° C. Izločeni Cd ohladijo ter ga nato prodajo proizvajalcem NiCd baterij. Fe-Ni ostanek obravnavajo skupaj

z materiali, ki vsebujejo Ni, ne pa tudi Cd. Rezultat taljenja je Fe-Ni zlitina, ki jo prodajo jeklarnam (Hurd in sod., 1993).

j) Eveready postopek

Eveready postopek je primeren za predelavo odpadnih materialov, ki vsebujejo kadmij (Cd). Razvili so ga posebej za reciklažo odpadnih NiCd baterij. Je pirometalurški postopek, katerega segrevanje poteka v treh termičnih fazah vedno v isti peči (Delisle in sod., 1995).

V prvi, časovno najkrajši fazi termičnega cikla (traja približno 1,5 do 2 uri) se temperatura v peči giblje med 200 in 300° C. Cilj te faze je popolna izločitev vlage.

Sledi druga faza, v kateri iz odpadnega materiala odstranijo vse organske snovi. Temperaturo v peči povečajo in ohranjajo v razponu med 500 in 700° C približno 2 do 2,5 uri.

Po termični obdelavi je na vrsti tretja faza. Temperaturo v peči povišajo do 900 in celo do 1100° C. Nato opravijo destilacijo Cd. V tej fazi postopka, ki traja približno 2,5 do 3,5 ur, dodajo žlahtni plin (argon) in material, bogat z ogljikom. Če se pri predelavi odpadnega baterijskega materiala sprošča preveč kisika, dodani snovi uravnava količino kisika in posledično zmanjšujeta njegov potencial.

Po končanem Eveready postopku je možno pridobiti Cd z 99,9998 % čistostjo.

k) Waelz postopek

Ta pirometalurški postopek je namenjen zlasti pridobivanju cinka (Zn) iz oksidne rude, omogoča pa tudi obnovo kovin, kot sta svinec (Pb) in kadmij (Cd). Po svetu je kar nekaj obratov (v Ameriki, Evropi in na Japonskem), ki uporabljajo Waelz postopek. Na ta način predelajo milijon ton odpadnih železovih materialov letno (Wrona, 1997).

Postopek je primeren tudi za druge Zn odpadne materiale. Mednje uvrščamo alkalne gospodinjske baterije, ki vsebujejo Zn, ne vsebujejo pa živega srebra (Hg). Tovrstne baterije pomešajo s premogom in kremenom in jih vsujejo v rotacijsko talilno peč, ki z vrtenjem pomeša odpadni material z dodanima primesema. Temperaturo rotacijske talilne peči

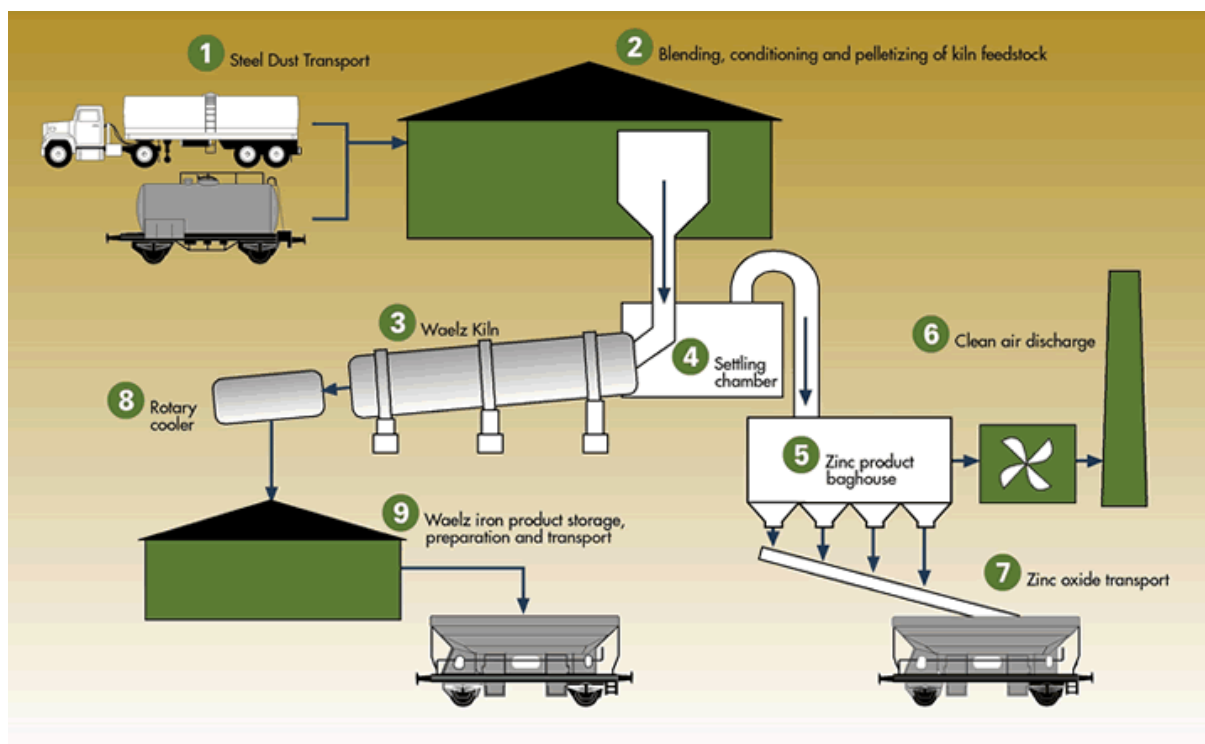
približno 4 ure vzdržujejo na delovni temperaturi okoli 1200° C. Prične se prva stopnja Wealz postopka. Znotraj peči iz taline oksidirajo Pb, Zn in Cd okside, ki jih v obliki plinov in prahu izločijo v zbiralnik, v katerega se ujamejo še nekatere nečistoče (alkalične snovi). V rotacijski talilni peči preostane le oksid, bogat z železom (Fe) in brez toksičnih elementov. Oksid zaradi velike vsebnosti Fe kasneje pretvorijo v žlindro, iz katere pridobivajo jeklo.



Slika 20: Rotacijska talilna peč

Fig. 20: Rotary Hearth Furnace

Zaradi nečistoč (Pb in alkalične snovi) v zbiralniku morajo izvršiti še drugo fazo postopka, ki omogoča obdelavo nečistoč in pridobivanje kakovostnega cinkovega (Zn) oksida, katerega na koncu postopka uporabijo kot surovino v primarni Zn metalurgiji. Obdelava nečistoč poteka v peči, ki deluje na osnovi segretega zraka pri delovni temperaturi od 700 do 1000° C. Preden nečistoče predenejo iz zbiralnika v peč, za učinkovitejšo obdelavo ni potrebno dodajati nikakršnih primesi, kot je to storjeno v prvi fazi (premog in kremen).



Slika 21: Prikaz delovanja Waelz postopka

Fig. 21: Configuration of the Waelz Treatment Process

I) TERA postopek

TERA peči so razvili tako za predelavo gumbastih živosrebrnih (HgO) baterij kot tudi za predelavo alkalnih in suhih (»dry«) gospodinjskih baterij (ALD Vacuum Technologies AG, 2001).

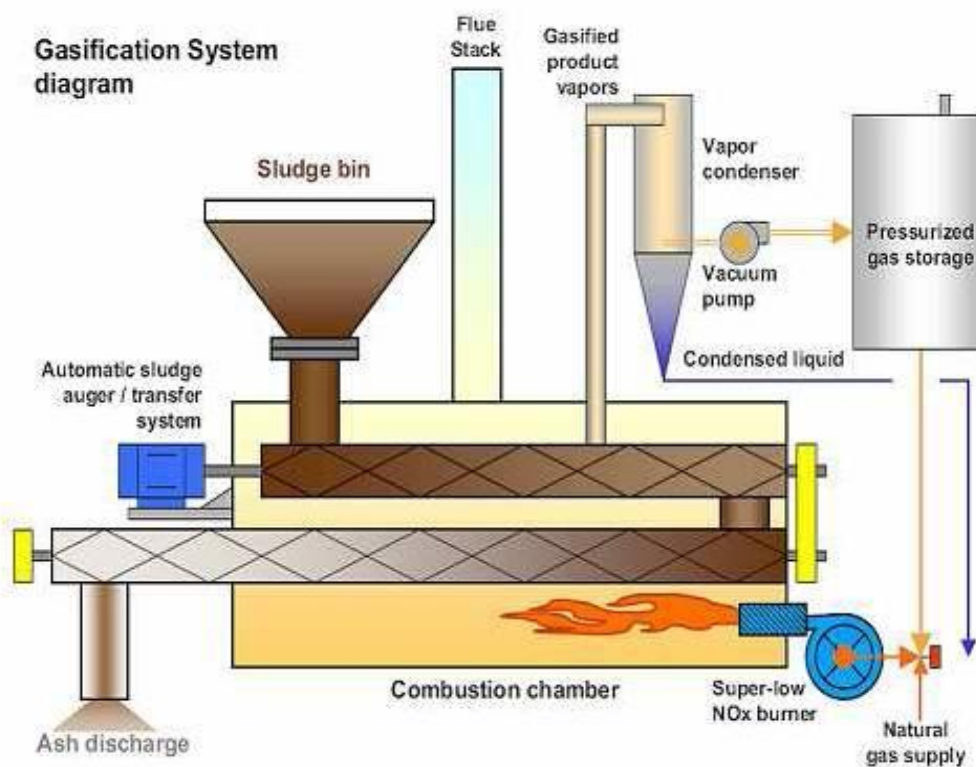
Trenutno so v pogonu trije obrati. Dva sta v Nemčiji (NQR in GMR) in delujeta od leta 1996 oziroma 1998. Tretji obrat NKC je od leta 2000 naprej na Japonskem.

Postopek temelji na segrevanju odpadnih baterij v vakuumski peči vse do temperature 350° C. Dodani kisik, ki ga v vakuumsko peč injicirajo ob izhodu vakuumske celice, med izgorevanjem povzroči razčlenbo odpadnih baterij na organske snovi in živo srebro (Hg). Izgorevanje poteka pri temperaturi 850° C. Pri tem morajo paziti, da je pritisk injiciranega kisika vselej kontroliran, saj lahko v nasprotnem primeru pride do oksidacije živega srebra. Za razliko od Accurec postopka poteka TERA postopek v vertikalni postavitvi. Najvišji dovoljeni pritisk je manj kot 1 milibar (ALD Vacuum Technologies AG, 2001).



Slika 22: Vakuumska toplotna reciklažna enota TERA

Fig. 22: Vacuum thermal recycling unit TERA



Slika 23: Prikaz delovanja TERA postopka

Fig. 23: Configuration of the TERA treatment process

m) Reciklaža NiMH in Li-ionskih odpadnih baterij

V primerjavi s sistemi, kot so na primer sistemi za predelavo Zn ali pa NiCd baterij, zahtevajo NiMH in Li-ionske baterije kompleksnejši in modernejši sistem predelave. NiMH in Li-ionske baterije so rezultat moderne tehnologije in kot take cenovno dražje. Njihova uporaba je v zadnjih letih skokovito narasla predvsem zaradi omejevanja rabe ekološko in elektrokemično oporečnejših NiCd baterij. Zato sistemi reciklaže NiMH in Li-ionskih baterij težijo k nenehnemu tehnološkemu razvoju in izboljšavam. Poglavitni namen je izboljšanje storilnosti baterij, podaljšanje njihove življenjske dobe in predelava ter ponovna uporaba materialov in surovin, znižanje cen surovin in izdelave.

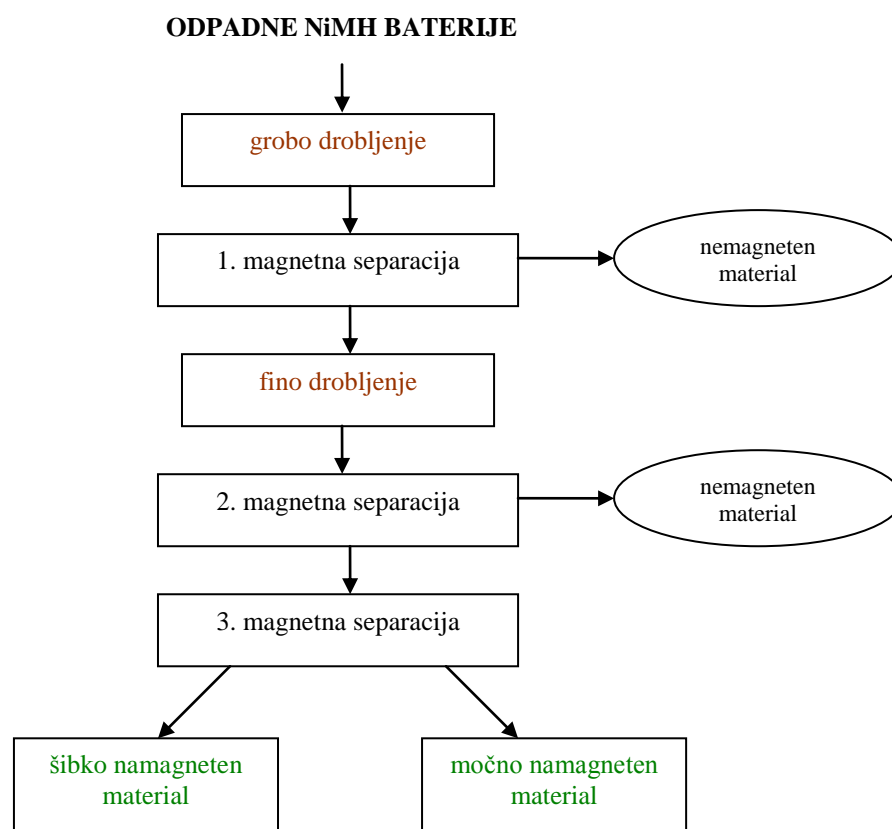
- Postopek recikliranja NiMH odpadnih baterij

SNAM-SAVAM in Inmetco postopka bi lahko podpirala predelavo NiMH. Ker pa sta pirometalurška postopka, predelave ne moreta podpirati v celoti, saj je omejena le na (kovinske) frakcije, bogate z Ni. Druge redke rudnine ostanejo nepredelane.

Elektrode NiMH baterij sestojijo iz dragocenih materialov (Ni, Co in redke rudnine), zato je njihovo ponovno pridobivanje toliko bolj zanimivo. Pirometalurški postopki so se pri tovrstni predelavi baterij izkazali kot neprimerni, ker se v njih izgubijo dragoceni materiali. Zato je hidrometalurški postopek primernejši za ravnanje z odpadnimi NiMH baterijami. Za pridobivanje še homogenejših in čistejših materialov je potrebno odpadne NiMH baterije poprej mehansko obdelati, da se izločijo plastični in železni materiali. Postopek zajema drobljenje in ločevanje plastičnih in magnetnih materialov, čemur sledita luženje z žvepleno kislino in faza čiščenja v več korakih (Lupi in sod., 2002).

Mehanski postopek predelave odpadnih NiMH baterij, torej začetni korak predelave, je za pridobivanje čistih dragocenih kovin (predvsem Ni) nujen. Mehanski postopek pridobivanja Ni zlitin je prikazan na shemi (Slika 24). Odpadne baterije najprej na grobo zdrobijo (sistem batov). Drobljenju sledi prvi korak magnetne separacije, ki na grobo loči magnetne kovinske frakcije od nemagnetnih, polimernih. Polimerne frakcije takoj izločijo iz nadaljnjega postopka. Na grobo ločena kovinska frakcija še vedno vsebuje polimerne delce v majhnih količinah, zato mora grobem drobljenju slediti bolj fino. Po končanem finem drobljenju je na vrsti drugi korak magnetne separacije, s katero dokončno izločijo vse polimerne delce. Ostane

le magnetni (kovinski) material, ki ga ob koncu mehanskega postopka predelave še zadnjič vodijo skozi magnetno separacijo. S to zadnjo fazo ločijo močno namagneten material (zunanja kovinska ohišja baterij) od šibko namagnetenega (prah, ki vsebuje materiale iz pozitivnih in negativnih elektrod baterij). Močno namagneten material sestavljajo predvsem Ni zlitine, ki jih lahko brez naknadne obdelave uporabijo kot surovino za izdelavo novih železovih zlitin. Šibko namagneten material, ki tudi vsebuje redke in dragocene kovine (Co, v manjših količinah tudi Ni...), lahko brez predhodnega čiščenja uporabijo v postopkih predelave in pridobivanja čistih elementov (Bertuol in sod., 2006).



Slika 24: Shema mehanskega postopka pridobivanja Ni zlitin iz baterij (Bertuol in sod., 2006)

Fig. 24: Flow-sheet of Ni alloy treatment process of waste batteries

- Postopek recikliranja Li-ionskih odpadnih baterij

Li-ionske baterije zaradi njihovih lastnosti pogosto uporabljajo kot elektrokemični vir energije v že skoraj vsakem mobilnem telefonu, prenosnem računalniku, video kameri in drugih modernih prenosnih aparatih. Njihovo število strmo narašča, zato imajo pri nas in po svetu

vse več opravka tudi z odpadnimi Li-ionskimi baterijami, njihovim zbiranjem in predelavo. Odpadne Li-ionske baterije vsebujejo precej kemičnih elementov in snovi. V prvi vrsti je to visoko vredni kobalt, ki mu sledijo litij, baker in organski elektrolit. Omenjene kemične elemente in snovi je možno ustrezno predelati, ločiti in ponovno uporabiti. Zbiranje Li-ionskih baterij in reciklaža njihovih glavnih komponent sta zato še toliko pomembnejša, ker omogočata pridobivanje alternativnih virov (materialov), kot sta kobalt in baker, hkrati pa preprečujeta možnost onesnaženja okolja. Znanih je že kar nekaj postopkov reciklaže Li-ionskih baterij, s katerimi pridobivajo zlasti kobalt, litij in baker (Han in sod., 2005).

Med enostavnejši in gospodarnejši metodi sodita postopka, ki omogočata, da iz odpadnih Li-ionskih baterij ločijo LiCoO_2 elektrode, iz katerih nato pridobivajo dragoceni kobalt. Elektrodo tvori podporna aluminijasta ploščica, prevlečena z LiCoO_2 aktivnim materialom.

Pri prvi metodi je treba najprej s podporne aluminijaste ploščice postrgati ves LiCoO_2 aktivni material, ki ga nato lužijo v HCl kislini. Sledi ekstrakcija, s katero iz zmesi izločijo kobalt. Izloči se tudi litij, ki se ga nato obori kot karbonat (Zhang in sod., 1998).

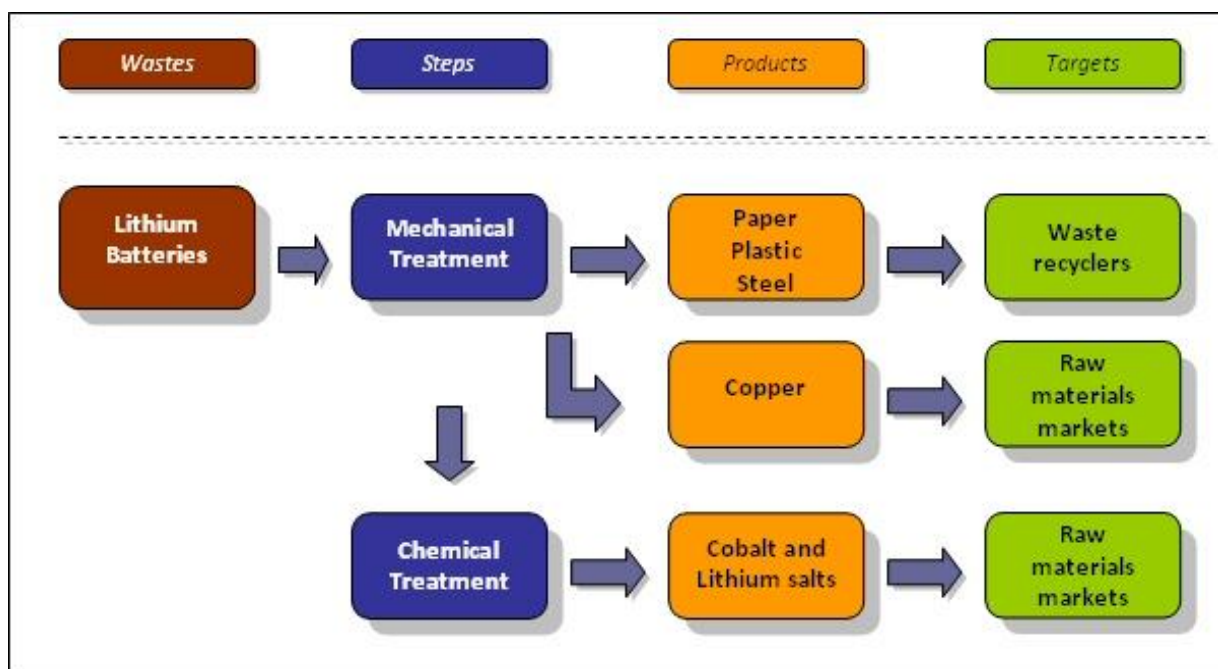
Druga metoda je malce drugačna, saj LiCoO_2 aktivni material ločijo od rabljenih elektrod v enem samem koraku brez predhodnega strganja. To storijo s hidrotermično metodo, ki poteka v koncentrirani raztopini pri temperaturi 200°C . Pridobivanje LiCoO_2 aktivnega materiala se izvaja sočasno s hidrotermično metodo (Kim in sod., 2004).

Poleg pridobivanja dragocenih elementov iz elektrod je potrebno poudariti tudi pomembnost reciklaže zunanjih ohišij in zaščitnih prevlek Li-ion baterij. Naredili so več študij, v katerih so obravnavali tako postopek z drobilci (šrederji) kot tudi postopek s termično obdelavo ali sežiganjem, ki ju bomo opisali.

Prvi postopek je pirometalurški postopek v kombinaciji s hidrometalurškim. Odpadne baterije sežgejo v peči pri visokih temperaturah in presejejo skozi drobno sito, da pridobijo pepelnat prah. Prah, ki ne vsebuje več organskih snovi, temveč le še kovine in kovinske okside, obdelajo s HCl kislino in tako povzročijo razkroj nekaterih elementov. Raztopino prefiltrirajo.

Iz prefiltrirane raztopine z elektrolizo pridobijo baker in kobalt, z dodajanjem karbonatnega iona pa še litijev karbonat (Lin in sod., 2003).

V drugem postopku so plastična zunanja ohišja in plastične prevleke odpadnih Li-ionskih baterij podvržena ohlajanju. Temperatura ohladike znaša -50°C ali manj. Na ta način plastična ohišja in plastične prevleke mehansko lažje ločijo od osnovne baterijske celice. Te celice nato v brezračnem prostoru segrevajo pri temperaturi preko 200°C . Takrat se izločijo predvsem organske snovi, nekateri visoko vredni materiali pa v nadaljnjih separacijskih postopkih pri višjih temperaturah. Za izvedbo vseh postopkov je potrebno razpolagati s točno določeno opremo, kot sta npr. temperaturni regulator in posebej prilagojena separacijska oprema (Tanii in sod., 2003).



Slika 25: Shema reciklažnega postopka za Li-ionske baterije

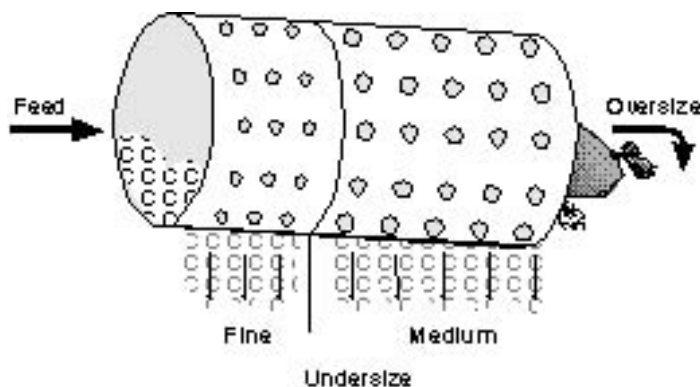
Fig. 25: Flow-sheet of Li-ion battery recycling process

n) Mehansko ločevanje odpadnih gospodinjskih baterij s "Trommel" separacijo

"Trommel" je mehanska cilindrična separacijska naprava. Postopek njenega delovanja je nadvse preprost in finančno nezahteven. Deluje na principu presejanja z bobnastim sitom. Raztrošen trdni material (agregat) presejejo in ločijo na posamezne frakcije s točno določeno

velikostjo delcev. Seveda bi bilo absurdno pričakovati, da se s presejanjem lahko povsem izloči točno določen homogeni material. Kljub temu ta separacijski postopek vseeno omogoča bistveno lažje nadaljnje delo.

Nato skozi naluknjani valjasti rotacijski boben vsujejo nehomogen mešan trdni material (različne rudnine, odpadke, kovine...). Rotacijski boben je naluknjan po vsej površini, velikosti premera odprtin pa se po dolžini spreminjajo. Z dolžino bobna se odprtine po odsekih povečujejo: od začetnega odseka z najmanjšimi odprtinami do končnega odseka z največjimi, kar dovoljuje, da se po velikosti manjši materiali izločijo že v začetni fazi postopka, večji pa potujejo po valju naprej. Rotacijski boben je ob vstopu nagnjen pod točno določenim kotom, ki se z dolžino bobna zmanjšuje, tako da se material med vrtenjem bobna lahko nemoteno pomika proti izhodu iz bobna. Zato sejanje materiala vzdolž vrtečega se bobna poteka enakomerno glede na velikosti premera odprtin, po odsekih pa pridobivajo želene frakcije materiala. Prevelike kose materiala, ki se ne izločijo skozi največji premer odprtin in ostanejo v bobnu vse do konca, odstranijo na izhodu iz rotacijskega bobna.



Slika 26: Bobnasto sito

Fig. 26: »Trommel« mechanism

Mehanski postopek uporabljajo za različne namene (ločevanje rud, odpadne plastike, kovinskih delov...). Zato je možno iz mešanih trdnih komunalnih odpadkov odstranjovati tudi odpadne gospodinjske baterije. Tehnične parametre bobnastega sita prilagajajo po namenu uporabe: kot, hitrost vrtenja, dolžina in premer valjastega rotacijskega bobna ter velikost

premerov odprtin. Pri odstranjevanju odpadnih gospodinjskih baterij iz mešanih odpadkov je postopek uspešnejši, če sta hitrost vrtenja in kot rotacijskega bobna čim manjša.

Separacijo odpadnih gospodinjskih baterij z bobnastim sitom priporočajo vsaj na tistih odlagališčih mešanih odpadkov (MSW), kjer zbrane mešane odpadke sežigajo. Pred njihovim sežigom je vsaj delna odstranitev nepravilno odloženih odpadnih gospodinjskih baterij zelo pomembna, saj vsebujejo velike količine težkih kovin (živo srebro, svinec, kadmij), ki so izredna obremenitev za okolje. Ob sežigu je škodljivi vpliv težkih kovin na okolje še večji, ker se v obliki pepela in prahu sproščajo v zrak in ogrožajo širšo okolico (Lau in sod., 2005).



Slika 27: Separacija z bobnastim sitom

Fig. 27: »Trommel« separation.

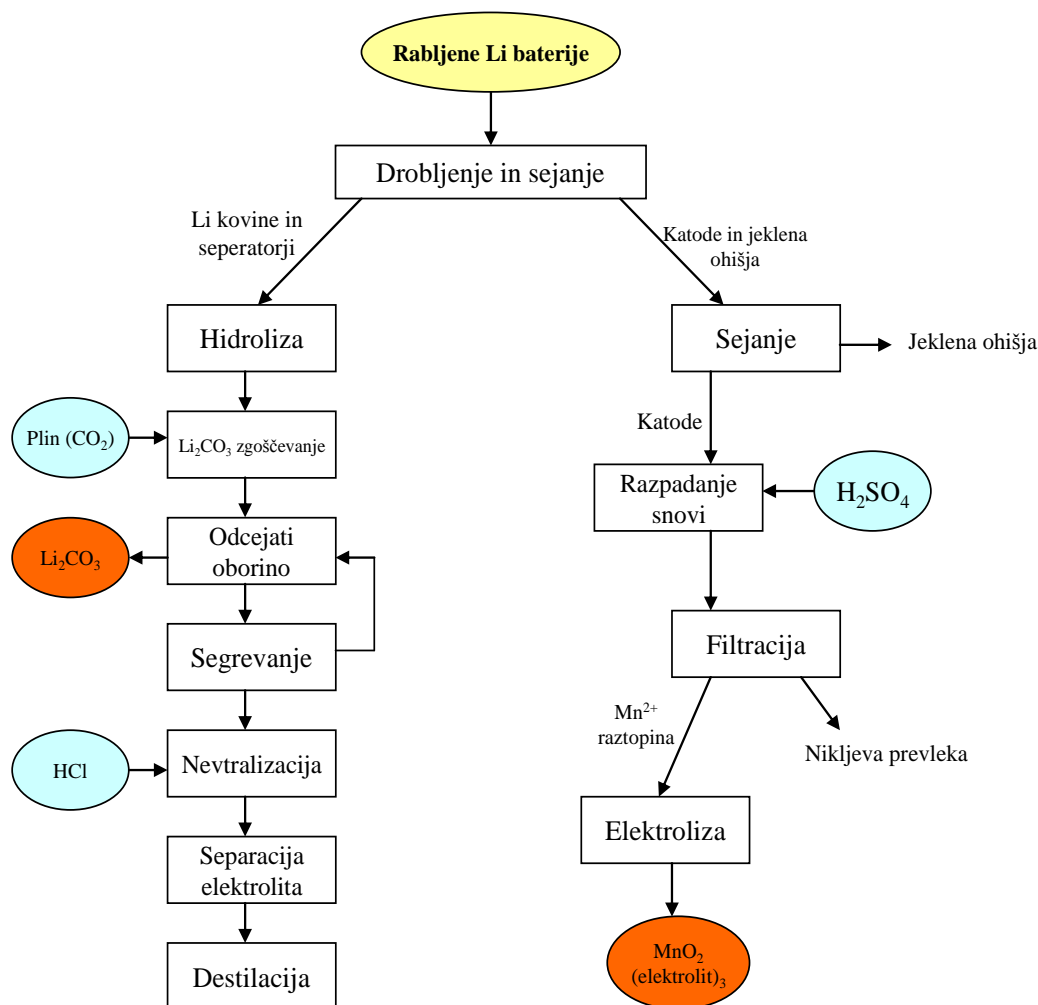
o) Postopek recikliranja alkalnih in ZnC baterij

Za ta postopek so primerne baterije, ki nimajo dodanega živega srebra oziroma ga vsebujejo zelo malo (manj kot 0,025 %). Po uspešnem zbiranju in sortiranju sledi reciklaža. EPBA je potrdila, da se lahko alkalne in ZnC baterije, ki ne vsebujejo Hg, reciklirajo s pomočjo metalurških postopkov v električnih ali rotacijskih pečeh (EPBA, 2003).

Baterije najprej zdrobijo in na hitro pomočijo v jedko kopel, da nevtralizirajo elektrolit. Po sušenju drobcev v rotacijski sušilni peči se karbonsko jeklo spoji in ga stisnjenega v kosih transportirajo v jeklarne, kjer izločijo cink, v nadaljnjem postopku predelave jekla pa pridobijo še manganov dioksid. Vsebnost Hg v baterijah otežuje reciklažo pri visokih temperaturah (Residua, 2005).

p) Postopek recikliranja litijevih baterij

Potek postopka je prikazan na spodnji shemi.



Slika 28: Shema reciklažnega postopka litijevih baterij (Contestabile in sod., 1999)

Fig. 28: Flow-sheet of the lithium battery recycling process

r) Postopek recikliranja živosrebrnih in srebrovih baterij

Predelava te skupine baterij je izrednega pomena, ker vsebujejo živo srebro. Količina tovrstnih baterij se zmanjšuje, saj se vse več držav prilagaja zakonodaji, ki postopoma prepoveduje njihovo prodajo. Baterije najprej zdrobijo (šreder), elektrolit nevtralizirajo, težke kovine pa obnovijo s pomočjo kontroliranega termičnega postopka. Preostanki baterij niso nevarni.

5 PREDLOGI ZA IZBOLJŠANJE SISTEMA RAVNANJA Z ODPADNIMI BATERIJAMI V REPUBLIKI SLOVENIJI

5.1 Predlogi za načrtovanje in uvajanje programa zbiranja in ravnanja

Če želimo izdelati uspešen program zbiranja in ravnanja z odpadnimi gospodinjskimi baterijami, moramo v prvi vrsti odgovoriti na naslednja vprašanja:

- Morajo biti odstranjene vse baterije? In če, katere?
- Kdo bo odstranjeval baterije?
- Kateri je najboljši način za odstranjevanje baterij?
- Kdo bo plačeval po programu odstranjene baterije?
- Kakšen je namen in katere so prednosti odstranjevanja baterij iz mešanih komunalnih odpadkov?
- Kaj bo treba storiti z odpadnimi baterijami?

Zbiranje gospodinjskih baterij se ne razvija tako hitro, kot se je zbiranje svinčevih akumulatorjev in baterij, ki je pri nas (MPI d.o.o., Črna na Koroškem) in tudi drugod po svetu izvrstno urejeno že vrsto let.

Vsekakor je najprej treba določiti tipe baterij, ki jih bo potrebno zbirati. Temu bo sledila določitev vrste zbirnih zabojnikov, ki bodo nameščeni na izbrane lokacije oziroma v zbiralnih centrih. Številčnost in razpršenost zbiralnih mest bosta določeni glede na poseljenost območja. V zvezi s ciljnim tipom baterij je znanih več strategij zbiranja npr. samo gumbaste baterije, samo alkalne in cink-ogljikove baterije, NiCd, NiMH ali Li-ionske baterije, obstaja pa tudi možnost zbiranja vseh tipov baterij hkrati.

Nadaljnji razvoj programa recikliranja mora upoštevati državne in lokalne uredbe, direktive in predpise o zbiranju, sortiranju, transportu, skladiščenju in izročitvi odpadnih baterij. Vse te ugotovitve bodo osnova za določitev okvirnega modela zbiranja in ravnanja z baterijami ter hkrati vodilo za nadaljnje izpopolnjevanje programa.

Po uvodnih analizah mora slediti razvoj stikov z javnostjo: izobraževanje, vzgoja in ozaveščanje ljudi. Znani so različni pristopi, kako motivirati ljudi k pravilnemu odlaganju odpadnih baterij. Zato bo treba:

- pripraviti temo in logotip;
- uvesti številne promocije;
- izdelati obvestila, posterje in oglase;
- s pridom izkoristiti obvestila javnih služb in skupnosti, oglaševanje na televiziji, radiu in tisku, uvesti ustrezne izobraževalne programe v šole, oglaševanje po trgovinah...

V skrajnem primeru bi morda kazalo uporabiti še en motivacijski ukrep: vsak uporabnik bi za pravilno odloženo baterijo prejel manjše denarno plačilo, kot je to v nekaterih državah praksa pri zbiranju praznih plastenkov.

Že sedaj nekateri ozaveščeni uporabniki želijo ustrezno odložiti baterije, zato moramo nujno organizirati zbiralne centre za baterije, ki bodo nemoteno delovali s hkratnim posodabljanjem programa. Raziskave kažejo, da so manjši zbiralniki baterij, ki so nameščeni na javnih mestih (trgovine, šole, drugi javni objekti, avtobusne postaje), dosti bolj priljubljeni med ljudmi, kot pa gradnja večjih novih zbiralnih centrov, ki so za uporabnike običajno preveč odročni.

Subjekte, ki bodo prevzemali zbrane baterije, najčešče z uredbami določijo država in lokalne skupnosti. To brezplačno storijo prodajalci, pri katerih ljudje kupijo baterije, vse več pa je tudi takih prodajalcev, ki sprejmejo baterije, čeprav niso bile kupljene pri njih.

Poznamo različne zbiralnike, primerne za zbiranje baterij. Večinoma so plastični, nekateri tudi iz kartona. Številni programi v tujini omogočajo uporabnikom individualno zbiranje baterij doma. V ta namen jim pošljejo majhne plastične vrečke z logotipom recikliranja baterij in navodili o nadaljnjem ravnanju, ko je vrečka polna. Ta možnost pri nas zaenkrat še ni dana.

V razvoju vsakega programa recikliranja baterij mora biti vzpostavljen nenehen nadzor nad frekvenco zbiranja baterij po njihovi količini in po času zbiranja. Ne smemo dovoliti, da bi

bilo zbiranje prekinjeno zaradi prepolnega zbiralnika. Zato so potrebni skrbno izdelani urniki nadzora nad zbiralnimi mesti, npr. kjer se zbirajo gumbaste baterije, zahtevanih praznjenj je manj kot pri zbiranju baterij večjih dimenzij od gumbastih. Najbolje je, če ima pooblaščen družba, ki prevzema baterije, vzpostavljen stik z zbiralnimi centri, od katerih lahko izve vse o trenutnem stanju.

Ko zberejo zadostno količino baterij, jih lahko z ustreznim transportom odpeljejo v nadaljnjo reciklažno obdelavo. Vsaka država posebej določi, kako bo ravnala z odpadnimi baterijami, vse pa mora potekati v skladu s predpisi. Možnosti predelave in recikliranja morajo biti lokacijsko in pogodbeno urejene že v začetni fazi razvijanja programa recikliranja baterij.

Končni cilj pri vsakem uspešno izvedenem programu zbiranja in ravnanja z baterijami je izdelava ocene programa oziroma njegovega vrednotenja. Ocena mora vsebovati primerjalne statistične analize z ostalimi programi zbiranja in ravnanja z baterijami (ocenitev količin prodanih, zbranih in predelanih baterij po posameznih tipih, ocena sodelovanja s porabniki).

Stroški za izdelavo programa zbiranja in ravnanja z gospodinjskimi baterijami variirajo. Odvisni so od večih dejavnikov: od metode zbiranja, tipa zbranih baterij in klasifikacije baterij na nevarne in nenevarne odpadke. Velik delež stroškov odpade na transport in predelavo baterij ter plače delavcem, manjši delež pa na oglaševanje, zbirne posode in skladiščenje baterij.

Uporabniki imamo poglobitno vlogo pri zbiranju in ravnanju z odpadnimi baterijami. Zato je uspeh programa v veliki meri odvisen od sposobnosti in voljnosti vseh nas, da spremenimo slabe navade in napačen odnos: baterij ne odlagamo med mešane komunalne odpadke, temveč na za to namenjena mesta. Zelene spremembe so seveda odvisne predvsem od aktivnega izobraževanja in ozaveščanja ljudi. Doslej zbiranje rabljenih baterij ni bilo preveč uspešno, kar gre pripisati ravno pomanjkanju ozaveščenosti ljudi, pomanjkanju zbiralnih mest in možnosti odstranitve odpadnih baterij (predvsem sekundarnih) iz nekaterih naprav (Lund, 2001).

5.2 Količine baterij in akumulatorjev v Republiki Sloveniji

Potrošniki v Evropi vsako leto odvržejo 800 tisoč ton avtomobilskih akumulatorjev, 190 tisoč ton industrijskih akumulatorjev in 160 tisoč ton (prenosnih) baterij ter akumulatorjev. Večina jih vsebuje nevarne težke kovine. Vsako evropsko gospodinjstvo (tudi naše) porabi povprečno 10 baterij na leto. Po podatkih Evropskega združenja za reciklažo baterij (EBRA) je bilo v letu 2006 recikliranih le 30870 ton prenosnih baterij (20 %). Pri avtomobilskih in industrijskih akumulatorjih je stanje precej boljše. Ob tem je treba upoštevati dejstvo, da v Evropi recikliranje odpadnih baterij izvajajo samo v Belgiji, na Švedskem in Nizozemskem, v Nemčiji, Avstriji, Franciji, Španiji, Veliki Britaniji, Češki in Švici.

Skladno z določili nove direktive bodo morale lokalne oblasti v državah EU organizirati mesta za zbiranje odpadnih baterij in akumulatorjev. Do leta 2012 bo treba na ta način zbrati vsaj 25 % vseh prodanih tovrstnih izdelkov, leta 2016 pa že 45 %. Do 26. septembra 2010 bo potrebno doseči naslednje odstotke reciklaže odpadnih baterij:

- 65 % za svinčeve baterije in akumulatorje,
- 75 % za nikelj–kadmijeve baterije in akumulatorje ter
- 50 % za ostale baterije in akumulatorje.

V Republiki Sloveniji so v primerjavi z drugimi, večjimi evropskimi državami količine prodanih, zbranih, predelanih in odstranjenih baterij in akumulatorjev znatno manjše. To velja pripisati majhnosti naše države in primerjalno majhnemu številu prebivalstva, nikakor pa ne življenjskemu standardu, kakršnega živimo, saj je povsem primerljiv s standardom po ljudi po državah EU. Količine baterij in akumulatorjev (Preglednica 6 in Grafikon 4) smo povzeli iz letnih poročilih Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO). Podatki so pomanjkljivi, saj so bili nazadnje pridobljeni v letu 2008 za preteklo leto (2007). Vključujejo vse vrste baterij in akumulatorjev, tudi svinčeve (avtomobilске) akumulatorje, in ne le gospodinjstevskih baterij, zaradi česar pregled števil ni adekvaten. Svinčevi akumulatorji predstavljajo daleč največji delež med vsemi prikazanimi količinami predvsem zaradi dobrega in uspešnega vodenja evidenc in nenazadnje zaradi njihove velikosti in teže. Težavna pa je točna analiza prodanih,

zbranih in predelanih količin gospodinjskih baterij, ker je zaenkrat sistem vodenja njihovih evidenc slab in neurejen. Toda situacija se zaradi prizadevanja nekaterih družb, proizvajalcev in trgovcev že izboljšuje. Na razpolago so evidenčni listi, ki točno razmejujejo količine baterij glede na njihovo vrsto.

Iz podatkov je razvidno, da se zbrane količine baterij in akumulatorjev v primerjavi s prodanimi količinami, ki jih vsako leto plasirajo na trg, iz leta v leto precej povečujejo, kar je zelo pohvalno. Vzpodbudno je tudi dejstvo, da so baterije, ki nam jih uspe zbrati, večinoma ustrezno predelane – reciklirane in odstranjene.

V letu 2004 so predvideli, da bodo dobavitelji slovenskemu trgu ponudili 4,6 milijona kg baterij in akumulatorjev, od katerih se je nato dejansko zbralo približno 38 % odpadnih akumulatorjev in baterij. Od predvidenih 3 milijonov kg baterij in akumulatorjev, ki so jih prodali v letu 2005, sta bili zbrani dve tretjini odpadnih akumulatorjev in baterij. Tudi v letu 2006 so zbrali dve tretjini od predvidenih 1,9 milijonov kg akumulatorjev in baterij, ponujenih trgu.

Na osnovi evidence dobaviteljev baterij in akumulatorjev, ki jo vodi ARSO, je bilo v letu 2007 registriranih 52 dobaviteljev, od katerih jih je 47 na ARSO oddalo poročilo o zbranih baterijah in akumulatorjih, od teh pa eden ni navedel vseh zahtevanih podatkov.

Na podlagi petletne napovedi dobaviteljev ob vpisu v evidenco dobaviteljev baterij in akumulatorjev so v letu 2007 predvideli plasma na trg 2.311.877,50 kg baterij in akumulatorjev, ki vsebujejo nevarne snovi. To pa predstavlja manjšo količino baterij in akumulatorjev, kot so jih nato dejansko zbrali: 2.481.004 kg odpadnih baterij in akumulatorjev. Vir podatkov so poročila, ki so jih dobavitelji baterij in akumulatorjev posredovali za navedeno leto. Prvi razlog za tolikšno odstopanje je, da so nekateri dobavitelji navedli le število akumulatorjev in baterij, ne pa tudi njihove teže. Drugi razlog je dejstvo, da dobavitelji, ki jim je prenehalo veljati potrdilo o vpisu v evidenco dobaviteljev baterij in akumulatorjev pred letom 2007, niso ponovno vložili vloge za pridobitev novega potrdila, v kateri bi morali navesti še predvidene količine akumulatorjev in baterij, ki naj bi jih na trg plasirali v naslednjih štirih letih.

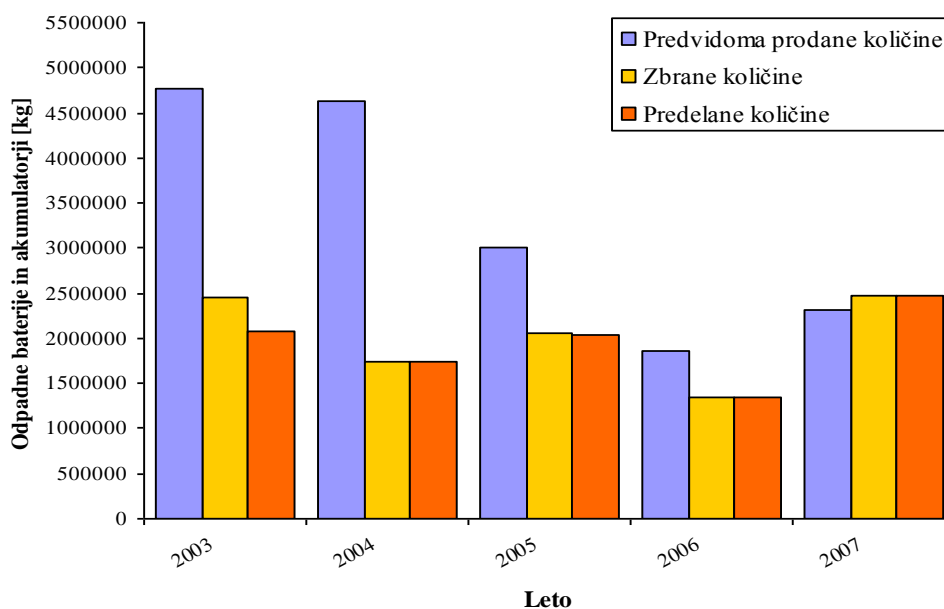
Za predelavo je bilo zbranih 99,95 % baterij in akumulatorjev, preostale so odstranili. Leta 2007 so predvideli, da bo na trgu največ svinčevih akumulatorjev (2.302.001 kg), precej manj nikelj-kadmijevih baterij ali akumulatorjev (9.319,85 kg), najmanj pa baterij in akumulatorjev, ki vsebujejo živo srebro (556,65 kg), skupaj torej 2.311.877,50 kg.

Preglednica 6: Količine prodanih, zbranih, predelanih in odstranjenih baterij in akumulatorjev v Republiki Sloveniji (Zbirka Ravnanje z odpadki, ARSO, 2008, Letno poročilo)

Table 6: The amount of sold, collected, recycled and disposed batteries and accumulators in Slovenia

		Leto	2003	2004	2005	2006	2007
Količina baterij in akumulatorjev	Predvidoma prodane količine [kg]		4776882	4634427	3003742	1864306,3	2311877,5
	Zbrane količine [kg]		2459134	1745975	2050370	1340164,6	2481004
	Predelane količine - reciklirane [kg]		2082928	1744682	2031187	1339752	2479796,3
	Odstranjene količine – ostanki reciklaže [kg]		1283	1293	19182,41	412,49	1207,73

*Upoštevani so tudi Pb akumulatorji



Grafikon 4: Količine prodanih, zbranih, predelanih in odstranjenih baterij in akumulatorjev v Republiki Sloveniji (Zbirka Ravnanje z odpadki, ARSO, 2008, Letno poročilo)

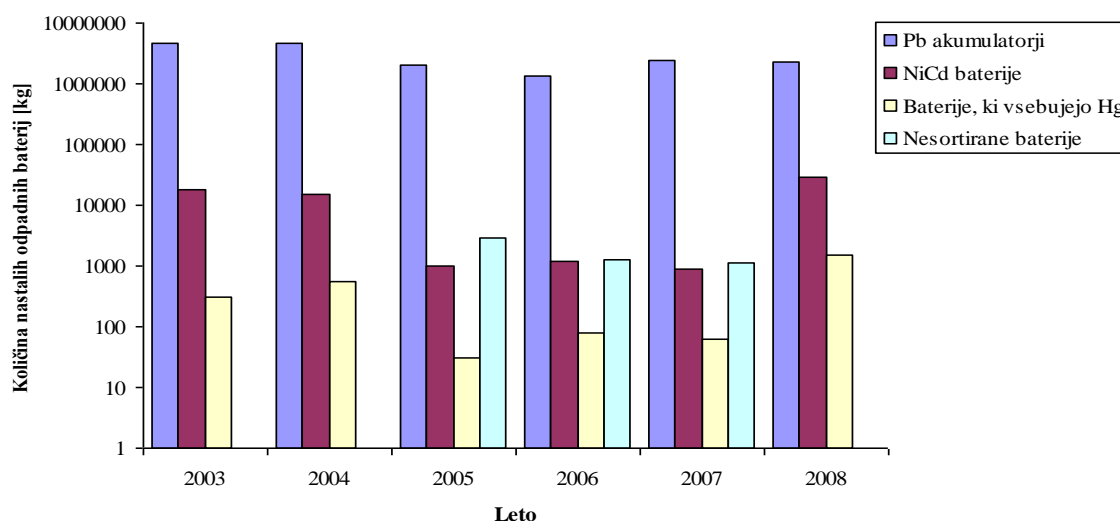
Graph. 4: The amount of sold, collected, recycled and disposed batteries and accumulators in Slovenia

Boljšo predstavo o količinah dajejo podatki v Preglednici 7 in Grafikonu 5. Večina nastalih odpadnih baterij in akumulatorjev torej res vsebuje pretežno le svinčeve akumulatorje v primerjavi z ostalimi baterijami. Na osnovi takšne primerjave svinčeve baterije količinsko vsekakor prevladujejo (že zaradi večje teže in velikosti). Vseeno se preostalim vrstam baterij, med njimi predvsem gospodinjskim, posveča premalo pozornosti, pa tudi evidenca ni točna, saj bi bile sicer količine znatno večje od prikazanih. Tu so možne izboljšave, ker imamo v primerjavi z drugimi državami v EU na trgu razmeroma majhne količine gospodinjskih baterij, zato bi jih bilo toliko lažje evidentirati.

Preglednica 7: Vrste nastalih odpadnih baterij in akumulatorjev v Republiki Sloveniji (Zbirka Ravnanje z odpadki, ARSO, 2009, Letno poročilo)

Table 7: Types of disposed waste batteries and accumulators in Slovenia

Vrsta nastalih odpadnih baterij in akumulatorjev v Sloveniji	Leto					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Pb akumulatorji [kg]	4758007	4619171	2046527	1337631	2478957,2	2237200
NiCd baterije [kg]	18572	14694	988	1159,1	884,07	29700
Baterije, ki vsebujejo Hg [kg]	303	562	30	77,49	60,73	1500
Nesortirane baterije [kg]	/	/	2824	1297	1102	/
SKUPAJ	4776882	4634427	2050369	1340164,59	2481004	2268400



Grafikon 5: Vrste nastalih odpadnih baterij in akumulatorjev v Republiki Sloveniji (Zbirka Ravnanje z odpadki, ARSO, 2009, Letno poročilo)

Graph. 5: Types of disposed waste batteries and accumulators in Slovenia

5.3 Sistem ravnanja z odpadnimi baterijami z vidika direktiv in uredb

V EU so z novelo direktive o baterijah (Direktiva 2006/66/ES) začela veljati strožja pravila za shranjevanje in recikliranje odpadnih baterij. Namen prenovljene direktive je varovanje zdravja ljudi in varstvo okolja z zagotavljanjem pravilnega zbiranja in recikliranja rabljenih baterij. Za pravilno ravnanje z rabljenimi baterijami so odgovorni proizvajalci, distributerji, trgovci in seveda potrošniki. Več držav članic EU je prenovljeno direktivo o baterijah pravočasno vneslo v nacionalno zakonodajo, med njimi tudi Slovenija s svojo uredbo. Direktiva zahteva registracijo vseh proizvajalcev baterij in akumulatorjev v EU ter evidenco prodanih, zbranih, predelanih in odstranjenih baterij in akumulatorjev. V direktivi so tudi določila za spodbujanje razvoja alternativnih tehnologij in baterij, ki bodo manj onesnaževale okolje. Stroške obveščanja javnosti, zbiranja in predelave bodo morali poravnati proizvajalci, ki bodo zaradi novih pravil imeli večje stroške - od 200 do 400 milijonov evrov.

Zakonska podlaga za vzpostavitev in izvajanje sistema ravnanja z odpadnimi baterijami in akumulatorji v Republiki Sloveniji je *Uredba o baterijah in akumulatorjih ter odpadnih baterijah in akumulatorjih*. Zakonodaja prenaša odgovornost in obveznosti za ravnanje z odpadnimi baterijami na vse udeležence v procesu - na proizvajalce, uvoznike, zbiralce distributerje, trgovce in končne porabnike.

Obveznosti končnih porabnikov (potrošnikov) so:

- odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev ne smejo odlagati med mešane komunalne odpadke;
- odpadne prenosne baterije ali akumulatorje morajo, preden jih oddajo zbiralcu odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev, hraniti ločene od drugih odpadkov.

Obveznosti proizvajalcev in uvoznikov so:

- zagotoviti zbiranje odpadnih baterij in akumulatorjev ter njihovo obdelavo in recikliranje;
- obveščati končne uporabnike o pravilnem odlaganju odpadnih baterij;

- prenosne baterije in akumulatorje smejo prodajati na ozemlju Republike Slovenije le v primeru, če na svoje stroške zagotovijo tudi zbiranje odpadnih baterij od končnih porabnikov. Poleg tega morajo proizvajalci prenosnih baterij in akumulatorjev zagotoviti zbiralcem odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev povrnitev vseh stroškov, nastalih zaradi obveznega obveščanja javnosti o zbiranju, obdelavi in recikliranju odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev;
- poskrbeti morajo za vpis v evidenco proizvajalcev, pridobiteljev in uvoznikov baterij in akumulatorjev, ki jo vodi Agencija RS za okolje;
- zagotoviti, da so baterije, akumulatorji in baterijski sklopi, ki jih posredujejo na trg, opremljeni z ustreznimi oznakami;
- urediti prijavo na Carinski upravi Republike Slovenije (CURS), da so zavezanci za plačilo okoljske dajatve, in jo tudi plačati.

Obveznosti trgovcev in distributerjev so:

- na prodajnem mestu morajo od kateregakoli končnega porabnika brezplačno prevzeti odpadne prenosne baterije in akumulatorje;
- na prodajnem mestu morajo urediti zbirna mesta in postaviti posebne zabojnike za ločeno zbiranje in začasno skladiščenje prevzetih odpadnih baterij in akumulatorjev. Na zabojnikih mora biti vidna oznaka, da so namenjeni za odlaganje odpadnih prenosnih baterij in akumulatorjev;
- obveščanje kupcev o možnosti brezplačnega oddajanja odpadnih baterij in akumulatorjev;
- oddajanje prevzetih (zbranih) odpadnih baterij in akumulatorjev zbiralcu.

Obveznosti zbiralcev

Zbiralci odpadnih prenosnih, industrijskih ali avtomobilskih baterij in akumulatorjev morajo obveščati javnost in končne uporabnike o namenu in ciljih zbiranja odpadnih baterij in akumulatorjev, o pravilnem ravnanju z njimi, o možnostih njihovega brezplačnega oddajanja ter o načinih njihove obdelave in recikliranja. Z oglaševalskimi akcijami morajo zbiralci prispevati k ozaveščanju in ustrežnejšemu ravnanju končnih porabnikov na ta način:

- da jih obveščajo, kako lahko snovi, ki jih vsebujejo baterije in akumulatorji, učinkujejo na okolje in zdravje ljudi;
- da jih poučijo, da se odpadnih baterij in akumulatorjev ne sme odstranjevati na enak način kot mešane komunalne odpadke, s čimer spodbujajo sodelovanje končnih porabnikov pri ločenem zbiranju teh odpadkov;
- da jih obveščajo o razpoložljivih sistemih zbiranja, obdelave in recikliranja odpadnih baterij in akumulatorjev;
- da jih opozarjajo na pomen in vlogo posameznika, ki jo ima pri recikliranju odpadnih baterij in akumulatorjev;
- da jih seznanjajo s pomenom oznake "prečrtan premični zabojnik za odpadke" in s kemijskimi simboli Hg (živo srebro), Cd (kadmij) in Pb (svinec)" ter njihovo strupenostjo in vplivom na okolje, če jih nenadzorovano odlagajo med komunalne odpadke ali pa kar v naravo.

V okviru zbiranja odpadnih baterij ali akumulatorjev mora dobavitelj ali zbiralec, ki zanj izvaja zbiranje, voditi evidenco o:

- količinah zbranih odpadnih baterij ali akumulatorjev za vsako posamezno vrsto ter za vsako prevzemno mesto in zbiralnico posebej,
- celotni količini zbranih odpadnih baterij ali akumulatorjev ločeno glede na vrsto, način predelave ali odstranjevanja,
- količinah oddanih odpadnih baterij ali akumulatorjev v predelavo ali o odstranjevanju po izvajalcih in
- celotni količini oddanih odpadnih baterij ali akumulatorjev.

Sestavni del te evidence so evidenčni listi, obrazci (Priloga A in Priloga B Uredbe), ki jih mora predelovalec ali odstranjevalec vrniti zbiralcu, in obrazci, predpisani za mednarodni promet z nevarnimi odpadki, če gre za predelavo ali odstranjevanje v tujini.

5.4 Sedanji sistem ravnanja z odpadnimi baterijami v Republiki Sloveniji

Sistem ravnanja z odpadnimi baterijami je v Republiki Sloveniji še razmeroma nerazvit predvsem na področju ozaveščanja potrošnikov, sortiranja baterij in vodenja evidenc. Situacija se izboljšuje zlasti pri evidentiranju, saj so pooblaščenim družbam, trgovcem in proizvajalcem že na voljo evidenčni obrazci, ki so jih pripravili na MOP in ARSO (Priloga A in Priloga B Uredbe). S pomočjo evidenčnih obrazcev popisujejo zbrane odpadne baterije in/ali akumulatorje na letni ravni ter ravnanje z njimi (Priloga A) in zahtevajo registracijo vseh proizvajalcev baterij in akumulatorjev v Sloveniji (Priloga B). Napredek se kaže tudi v ozaveščanju končnih porabnikov, saj trgovci in pooblašcene družbe postopoma uvajajo izobraževalne in propagandne programe, ki jih vidimo v obliki plakatov, zloženk in TV oglasov.

Drugače je s sistemom zbiranja baterij, ki je pri nas dobro razvit. Baterije je mogoče že zdaj oddajati v zbirne centre komunalnih podjetij, kjer v ločenih zabojnikih zbirajo različne odpadke, oziroma v premične zbiralnice nevarnih odpadkov, ki delujejo po vnaprej določenem urniku (objavijo ga službe, ki v občinah skrbijo za odvoz odpadkov). Zbirajo jih praviloma vsi trgovci, ki prodajajo baterije in akumulatorje, in v ta namen določijo mesta, ki morajo biti vidno označena s simbolom prečrtanega zabojnika za odpadke. Zbirni prostori so tudi na nekaterih drugih javnih mestih (trgovine z živili, trgovine s tekstilom in obutvijo, šole, druge javne ustanove), za kar so odgovorne predvsem pooblašcene družbe (Slopak, Interseroh, ZEOS). Seveda pa je uspešnost zbiranja v prvi vrsti odvisna od končnih porabnikov, zato je pospešeno ozaveščanje in izobraževanje ljudi še toliko pomembnejše.

Republika Slovenija želi v naslednjih letih razviti zlasti delovanje učinkovitega sistema ravnanja z odpadnimi baterijami in akumulatorji, ki jih dobavitelji plasirajo na trg. Uvesti želi tudi ukrepe za preprečevanje mešanja odpadnih baterij in akumulatorjev s komunalnimi odpadki, zagotoviti prevzemanje odpadnih baterij in akumulatorjev pri trgovcih, predelavo in odstranjevanje prevzetih baterij in akumulatorjev po postopkih iz predpisa, ki ureja ravnanje z odpadki, ter zagotoviti predelavo in odstranjevanja odpadnih baterij in akumulatorjev, ki se zberejo v okviru ločenega zbiranja nevarnih frakcij komunalnih odpadkov.



Trgovina s tehničnim blagom



Trgovina s tekstilom in obutvijo



Trgovina z mobilnimi telefoni in opremo

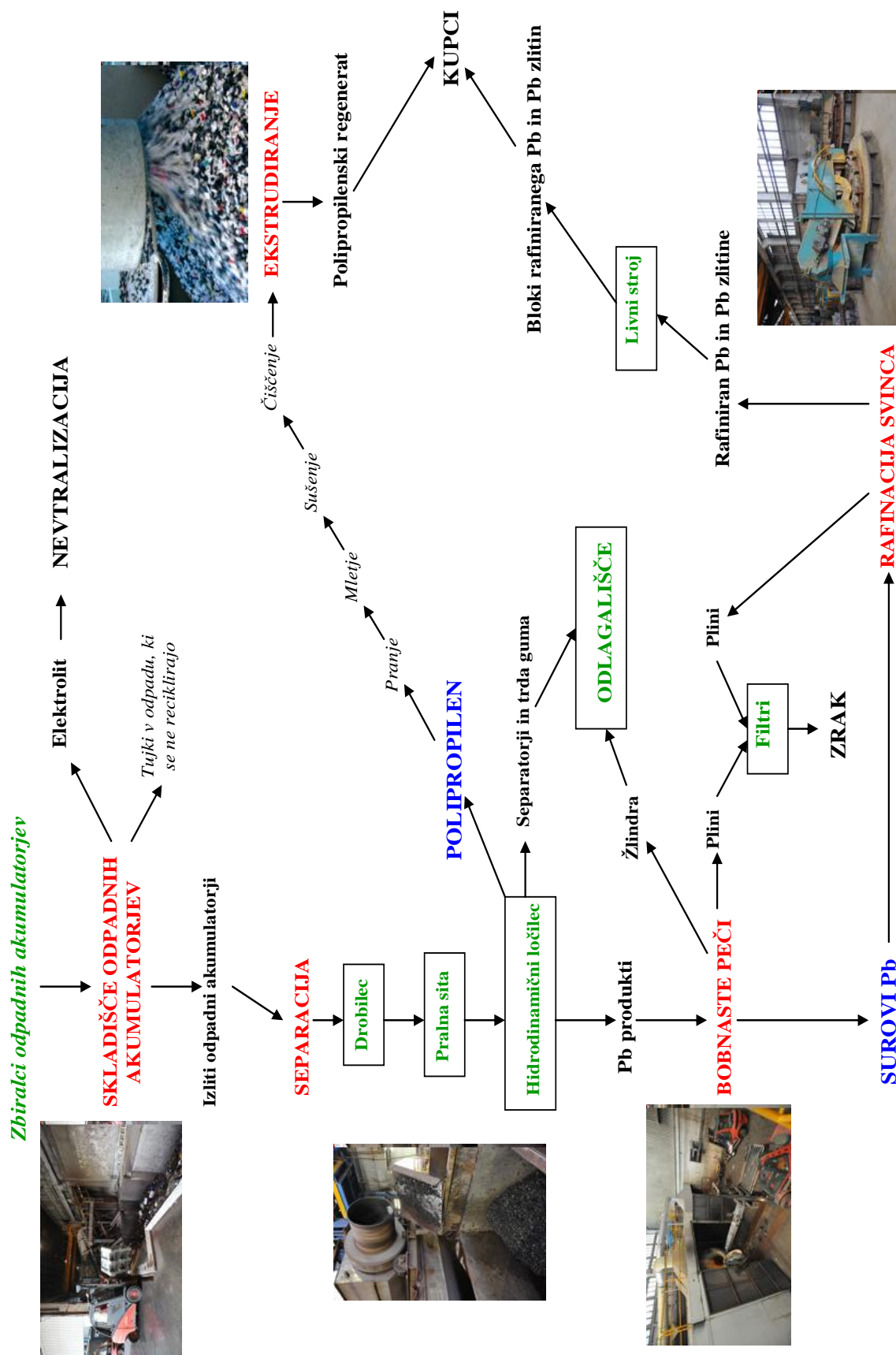


Trgovina z živili

Slika 29: Primeri zbirnih posod nameščenih v trgovinah (Ljubljana, maj 2010)

Fig. 29: Sample collection containers in various shops

Rezultati kažejo, da na področju ravnanja s temi odpadki ni bistvenih sprememb. Zbiranje svinčevih akumulatorjev je dobro organizirano. V Republiki Sloveniji jih predeluje MPI d.o.o., Črna na Koroškem. Toda še vedno se zbere premalo ostalih odpadnih baterij in akumulatorjev. Predelovalcev in/ali odstranjevalcev odpadnih baterij v Republiki Sloveniji ni.



Slika 30: Shema tehnološkega postopka predelave svinčevih akumulatorjev v MPI d.o.o.

Fig. 30: Flow-sheet of technological preprocessing of lead batteries in MPI d.o.o. (<http://www.rm-mpi.si/>)

5.5 Predlogi za izboljšanje sistema ravnanja z odpadnimi baterijami v Republiki Sloveniji

Proizvodnja baterij je energetske zelo potratna, poleg tega pa vsebujejo težke kovine, ki zahtevajo posebej skrbno odlaganje in predelavo. Zato odpadne baterije in akumulatorji ne spadajo med mešane komunalne odpadke. Za zmanjševanje negativnih vplivov nepravilno odloženih odpadnih baterij in akumulatorjev na okolje moramo pri nas izboljšati oziroma vzpostaviti učinkovit sistem zbiranja in ravnanja z odpadnimi baterijami in akumulatorji, ki bo:

- omogočal ločeno zbiranje odpadnih baterij in akumulatorjev ter njihovo nadaljnjo obdelavo in recikliranje;
- končnim porabnikom (potrošnikom) omogočal enostavno in brezplačno oddajanje vseh odpadnih baterij in akumulatorjev.

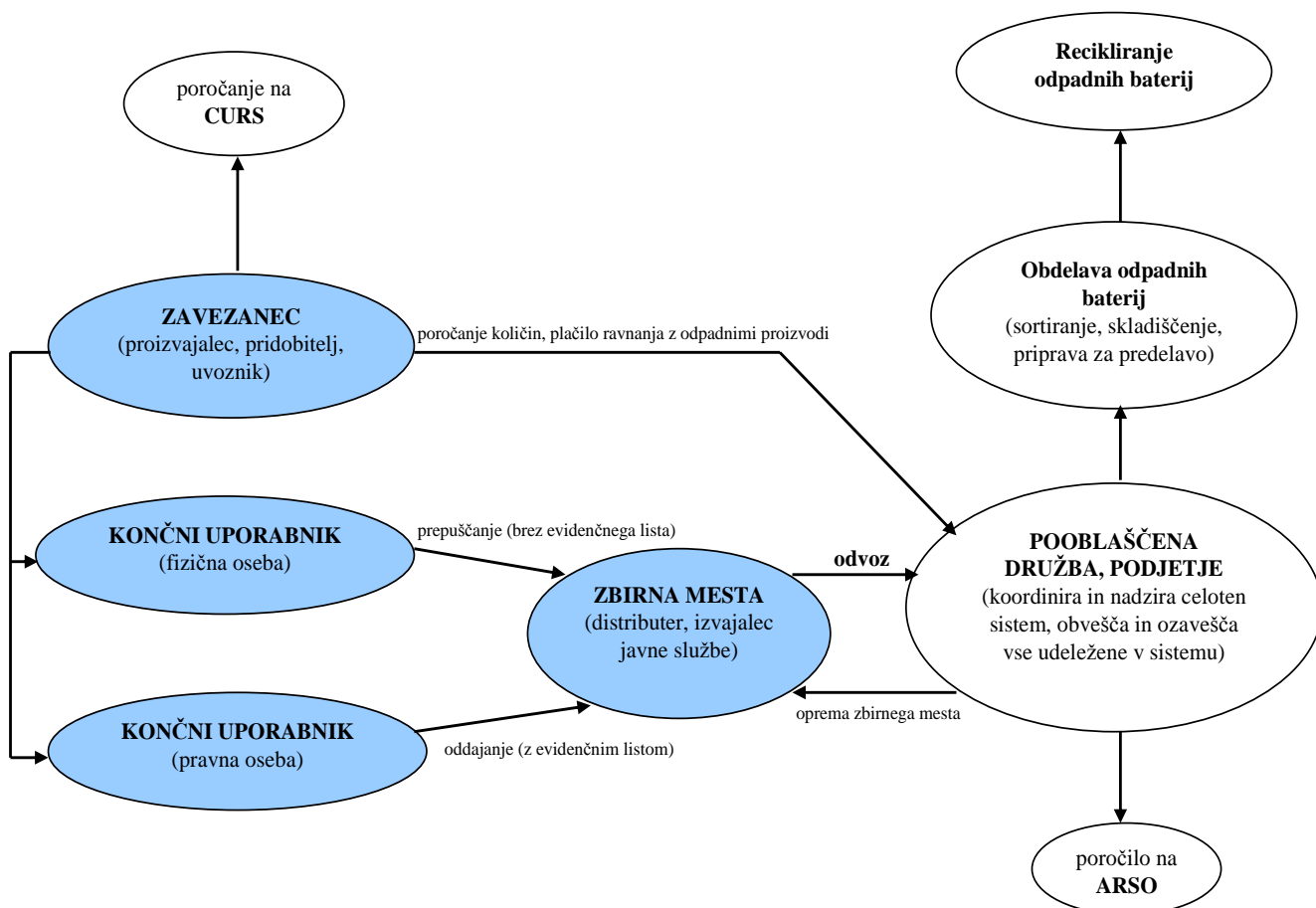
Izboljšani sistem ravnanja z odpadnimi baterijami in akumulatorji mora:

- vzpodbujati namestitev zbirnih posod, ki končnim porabnikom zagotavlja možnost oddajanja odpadnih baterij in akumulatorjev;
- zagotavljati obveščanje in ozaveščanje naročnikov in kupcev o pravilnem ravnanju z odpadnimi baterijami in akumulatorji ter o pomenu ločenega zbiranja odpadnih baterij in akumulatorjev na zmanjševanje količin nevarnih snovi v odpadkih;
- zagotoviti odgovornost in skrb subjektov in družb za pravilno ravnanje z odpadnimi baterijami in akumulatorji.

Pooblaščen družba (pri nas npr. Slopak, Interseroh, ZEOS) mora nato prevzeti ločeno zbrane odpadne baterije in poskrbeti za:

- sortiranje,
- odstranjevanje nečistoč,
- skladiščenje in pripravo za prevoz v nadaljnjo predelavo.

Predlog postopka zbiranja in ravnanja za odpadnimi baterijami je prikazan v shemi (Slika 31). Iz nje je razvidno, katere obveznosti mora določiti učinkovit sistem ravnanja za odpadnimi baterijami.



Slika 31: Postopek in obveznosti ravnanja z odpadnimi baterijami (www.vrni-baterije.si)

Fig. 31: Waste battery handling procedure and its obligation

Dane systemske rešitve omogočajo, da so stroški izpolnjevanje zakonskih obveznosti podjetij in organizacij pri ravnanju z odpadnimi baterijami čim nižji in časovne obremenitve minimalne. Vključitev v sistem bi pomenila, da torej vse zakonske obveznosti izpolni podjetje, ljudje pa bi morali pravilno ravnati z odpadnimi baterijami (www.vrni-baterije.si).

Reciklažnega obrata za predelavo baterij in akumulatorjev v Republiki Sloveniji ni, saj je trg premajhen, premajhna pa je tudi količina baterij in akumulatorjev (brez upoštevanja količin svinečevih akumulatorjev danes predstavljajo manj kot 5 % vseh baterij v prodaji po Evropi). Saj ga niti ne potrebujemo, ker to ne bi bilo racionalno. Zato pa potrebujemo učinkovit

čezmejni transport zbranih in sortiranih odpadnih baterij v nam najbližjo in cenovno najugodnejšo državo v EU, kjer že imajo vzpostavljen sistem predelave baterij in akumulatorjev. Republiki Sloveniji kot članici EU je to omogočeno. Transport zbranih odpadnih baterij v države EU je namreč že vzpostavljen, saj podjetje Kemis d.o.o. izvažata zbrane odpadne baterije v Nemčijo (Lobbe Holding GmbH & Co., Nemčija), kjer jih ustrezno predelajo.

Večjo pozornost kot izgradnji reciklažnih centrov bi morali nameniti predvsem ozaveščanju končnih porabnikov. Tako bi dosegli učinkovito zbiranje in sortiranje baterij. Končni porabniki namreč vse preveč odpadnih baterij nepravilno odložimo skupaj z mešanimi komunalnimi odpadki. Morda bi kazalo pri nas razmisliti tudi o mehanskem zbiranju in ločevanju rabljenih gospodinjstskih baterij iz mešanih komunalnih odpadkov. Gre za uvedbo separacije z bobnastim sitom (Poglavje 4.5.3.2), ki je kot sistem mehanskega ločevanja baterij od preostalih mešanih komunalnih odpadkov izredno preprosta za uporabo, stroškovno dostopna, hkrati pa tudi dokaj učinkovita.

Zbrane količine odpadnih baterij je potrebno ustrezno sortirati. V Republiki Sloveniji še ni napredka pri sortiranju baterij, kakršnega beležijo v razvitejših članicah EU (Nemčija, Švedska, Nizozemska). Za hitrejše in lažje sortiranje baterij bi predlagali dva sortirna sistema: sistem, ki temelji na sortiranju s pomočjo slik X-žarkov, ter nekoliko preprostejši in ugodnejši magnetni sistem, ki izloča baterije glede na njihovo kemično sestavo (Poglavje 4.5.2.1).

5.5.1 Predlog tehnološkega postopka predelave baterij v Republiki Sloveniji

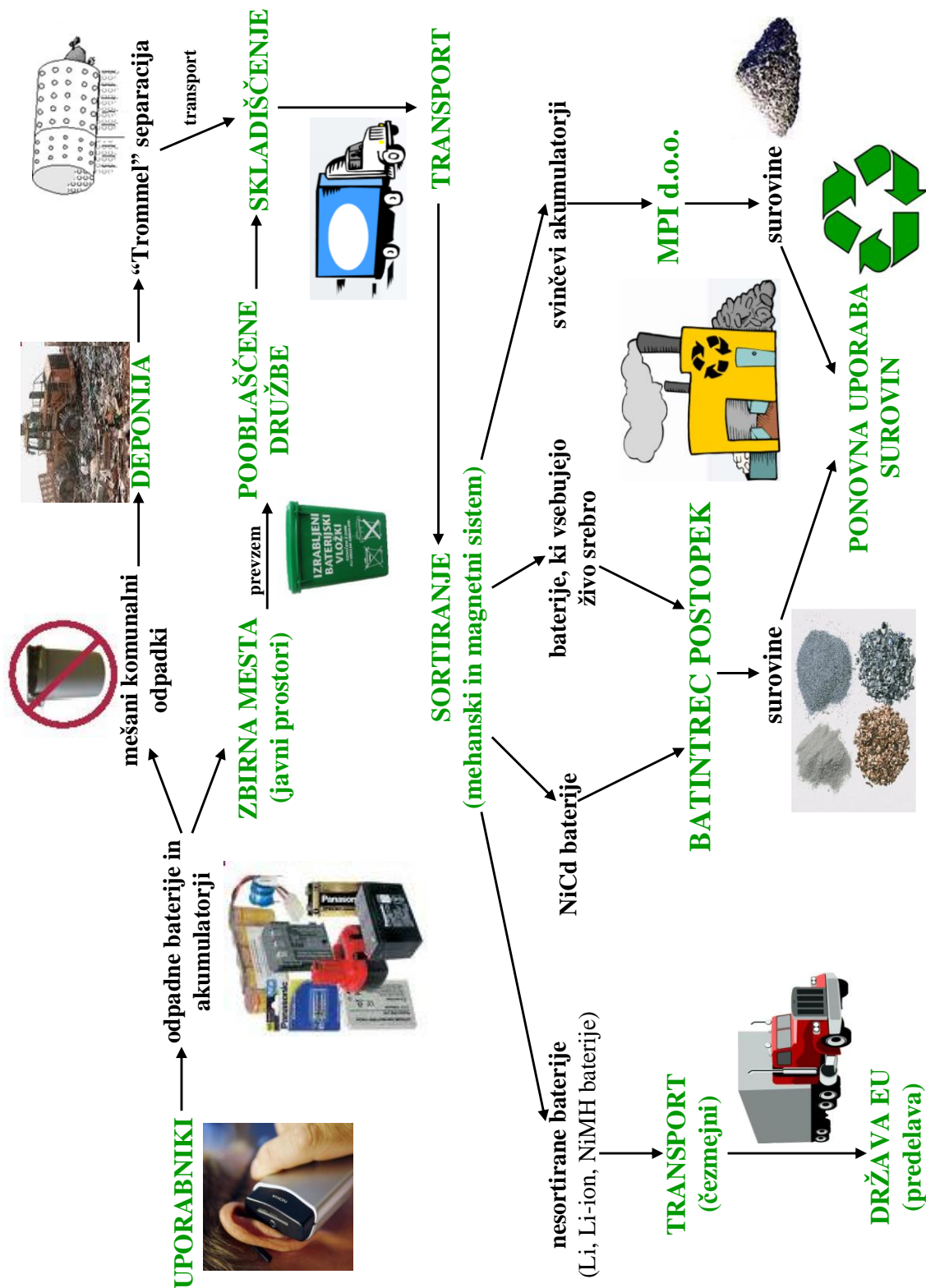
Zaradi neverodostojnih podatkov o količinah baterij in akumulatorjev je najbolje, da jih ocenimo na podlagi primerjave s količinami letno danih baterij in akumulatorjev v promet (Preglednica 6) ob predpostavki, da jih večina nastane kot odpadki na območju Republike Slovenije. Podatki, s katerimi razpolagamo, so pomanjkljivi in premalo podrobni tudi glede na količine in vrste nastalih odpadnih baterij ter akumulatorjev (Preglednica 7), saj pristojni organi vodijo tovrstno letno evidenco le za svinčeve akumulatorje, NiCd baterije, baterije, ki vsebujejo Hg, in za nesortirane baterije, nič pa npr. za sodobnejše NiMH in Li-ion baterije.

Predpostavljamo, da so količine drugih vrst baterij (Li-ion, NiMH, Litij...) prikazane kot nesortirane baterije.

Količine baterij na območju Republike Slovenije so majhne, zato moramo pri izbiri reciklažnega postopka stremeti, da je energetsko čimbolj varčen in okoljevarstveno sprejemljiv, zaradi neprimerne specifikacije vrst baterij in akumulatorjev pa mora omogočati tudi čim večji razpon predelave različnih vrst baterij.

Iz navedenih razlogov bi za glavni reciklažni postopek predlagali BATINTREC postopek (Poglavje 4.5.3.2). Primeren je za reciklažo vseh vrst odpadnih baterij, razen za baterije, ki vsebujejo litij, temelji pa na vakuumski metalurgiji, ki je čistejša in za delovanje zahteva manj energije. BATINTREC postopek je po naših ocenah (in glede na naše razmere) najprimernejši tudi zato, ker za razliko od številnih drugih postopkov podpira tako predelavo NiCd kot tudi predelavo baterij, ki vsebujejo živo srebro (Hg). V optimalnih pogoji se lahko iz baterij obnovi 85 % Hg in 95 % Cd. Pri izbiri najprimernejšega reciklažnega postopka je bil BATINTREC postopku najbolj konkurenčen Waelz postopek, ki poleg predelave NiCd baterij sicer podpira tudi predelavo svinčevih akumulatorjev, ne omogoča pa predelave baterij, ki vsebujejo Hg. Ker imamo v Republiki Sloveniji že urejen sistem predelave svinčevih akumulatorjev (MPI d.o.o.), smo se odločili za BATINTREC postopek.

Predlog celotnega tehnološkega postopka predelave baterij v Republiki Sloveniji, upoštevajoč dane razmere in pogoje ter vse predpostavke in ugotovitve v času izdelave diplomske naloge, je prikazan v shemi (Slika 32) na naslednji strani.



Slika 32: Predlog tehnološkega postopka predelave odpadnih baterij v Republiki Sloveniji

Fig. 32: Suggested technological reprocessing of waste batteries in Slovenia

6 ZAKLJUČKI

1. Rezultati raznih statistik, ki prikazujejo prodajo baterij preko leta, kažejo, da prodaja (sploh sekundarnih) baterij narašča in da so potrebe trga vedno večje. Razvoj na področju baterij (sekundarnih baterij) napreduje hitreje kot kdajkoli prej. Predvsem litij-ionske baterije bodo vsaj nekaj časa eden od ključnih sistemov za shranjevanje energije. Litij-ionska baterija vstopa v svoja »najstniška« leta. Znanstveniki ji napovedujejo svetlo prihodnost. Toda potrebno je misliti tudi na okolje in ga upoštevati. Razvoj se najbrž ne bo ustavil pri litij-ionski bateriji. Čimprej bo treba razviti baterijo, ki bo uporabljala elektroaktivne organske molekule, pridobljene iz biomase. Nadaljevalo se bo z baterijami iz litija in zraka ter kasneje iz litija in raznih organskih materialov.

2. Vse baterije imajo dobre in slabe lastnosti. Idealne baterije še ni. Možna rešitev je baterija, ki ne vsebuje niti NiCd, NiMH ali Li-iona. Uporaba gorivnih celic je ena od opcij. Z njimi bi rešili večino problemov, saj bi s seboj namesto polnilnika nosili tekočo energijo, ki bi jo po potrebi samo dolivali in tako omogočili neprekinjeno delovanje, kar bi dejansko spremenilo način našega dela in življenja.

3. Tehnologija napreduje tudi na področju solarnih celic, ki jih je možno natisniti, in OLED luči. Natisniti se bo dalo tudi litijeve baterije. Japonski raziskovalci so namreč razvili način, kako bi masovno proizvajali baterije s pomočjo tiskalnikov. Takšna baterija bo izredno tanka, saj bo merila le 0,5 mm, poleg tega pa bo fleksibilna in kompatibilna s fleksibilno solarno baterijo; kombinacija teh dveh že pomeni neke vrste manjši generator (<http://www.bodieko.si/>).

4. Sistem zbiranja odpadnih baterij in akumulatorjev v Republiki Sloveniji še vedno ne deluje povsem organizirano. Izjema je zbiranje odpadnih svinčevih akumulatorjev. Ocenjujejo, da se zbere do 90 % vseh svinčevih akumulatorjev, ki se pojavijo na slovenskem območju. Ker je predelava zaradi stabilne cene svinca ekonomsko upravičena, je zbiranje zaživelo tudi v praksi. Končne uporabnike moramo z različnimi ukrepi spodbujati k pravilnemu ravnanju z odpadnimi gospodinjskimi baterijami in njihovem zbiranju.

5. Tudi drugod po EU stanje na tem področju ni rožnato. Po podatkih Evropskega združenja za reciklažo baterij (EBRA) je bilo v letu 2006 recikliranih le 20 % vseh prenosnih baterij, zdaj pa se stanje zaradi zaostrenih pogojev Direktive 2006/66/ES izboljšuje.

6. Z izvajanjem predpisov EU na področju ravnanja z odpadnimi baterijami in akumulatorji, ki vsebujejo nevarne snovi, smo tudi pri nas postopno dosegli zmanjšanje obremenitve okolja s kovinami iz odpadnih baterij in akumulatorjev. Prepoved trženja baterij s presežno dopustno vsebnostjo živega srebra, kadmija in svinca, posebno označevanje teh baterij, obvezno ločeno zbiranje, recikliranje ter nadzorovano odstranjevanje so pripomogli k temu, da živo srebro v baterijah za široko porabo praktično ni več prisotno, da se nikelj-kadmijevi akumulatorji naglo umikajo okoljsko manj nevarnim novim tipom, da v alkalnih baterijah mangansko komponento zamenjuje okoljsko sprejemljivejša železova. Možnosti za predelavo odpadnih baterij v Republiki Sloveniji zaenkrat ni. Ti postopki so tudi po svetu še v fazi razvoja, pri čemer je pomemben zlasti prag racionalnosti, ki je bistveno nad količinami, kakršne beležimo v Republiki Sloveniji.

7. Za doseganje zelenih ciljev na področju zbiranja in ravnanja z odpadnimi baterijami je ključno ozaveščanje in obveščanje ciljne javnosti, predvsem potrošnikov (kupcev) in sodelovanje z njimi. Prednostno jih je treba obveščati in izobraževati o možnostih oddaje odpadnih baterij in akumulatorjev v trgovinah na drobno, o nevarnostih nenadzorovanega odstranjevanja odpadnih baterij in akumulatorjev, označevanju baterij in akumulatorjev in naprav s trajno vgrajenimi baterijami in akumulatorji ter o metodi odstranjevanja baterij in akumulatorjev, ki so trajno vgrajeni v naprave. Za doseganje ciljev je pomemben tudi nadzor in evidenca organizacij, ki prevzemajo odpadne baterije in akumulatorje, nadzor opremljenosti trgovin z obvestili kupcem o ustreznem ravnanju z baterijami in akumulatorji, nadzor opremljenosti trgovin s prevzemnimi mesti za odpadne baterije in akumulatorje ter nadzor nad izvajanjem določil iz predpisov, ki urejajo ravnanje z odpadnimi baterijami in akumulatorji glede ločenega zbiranja, predelave in odstranjevanja baterij in akumulatorjev.

8. Spodbujati je treba uporabo akumulatorskih namesto alkalnih baterij. Akumulatorske lahko ponovno napolnimo celo do 1.000 krat. Tako prihranimo denar in zmanjšamo nepotrebno obremenjevanje narave z nevarnimi strupenimi snovmi. Upamo, da bo objava te diplomske

naloge pripomogla k boljšemu poznavanju baterij nasploh ter k pravilnemu in skrbnemu ravnanju z njimi.

9. Izdelan je predlog sistema zbiranja, ločevanja, predelave in recikliranja odpadnih baterij v Republiki Sloveniji, ki temelji na analizi najsodobnejših in uspešnih sistemov zbiranja in ravnanja. Sistem BATINTREC je predlagan iz naslednjih razlogov: primeren je za reciklažo vseh vrst odpadnih baterij (razen za baterije, ki vsebujejo litij), hkrati pa je v primerjavi z drugimi reciklažnimi sistemi okolju prijaznejši in za delovanje zahteva manj energije, saj temelji na vakuumski metalurgiji.

VIRI

ALD Vacuum Technologies AG. 2001. Vacuum thermal recycling of spent batteries. ALD vacuum technologies technical information.

Almeida, M.F., Xara, S.M., Delgado, J., Costa, C.A. 2008. Laboratory study on the behaviour of spent AA household alkaline batteries in incineration. Waste Management: doi:10.1016/j.wasman.2008.03.011.

Ammann, P. 1995. Economic Considerations of battery recycling based on the Recytec process.

Armand, M., Tarascon, J.M. 2008. Nature 451: 652-657.

Atkins, P.W., Frazer, M.J., Clugston, M.J., Jones, R.A.Y. 1995. Kemija – zakonitosti in uporaba. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije.

Bertuol, D.A., Bernardes, A.M., Tenorio, J.A.S. 2006. Spent NiMH batteries: Characterization and metal recovery through mechanical processing.

Buchmann, I. 2001. Batteries in a Portable World: A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers (Second edition). Cadex Electronics.

Contestabile, M., Panero, S., Scrosati B. 1999. A laboratory-scale lithium battery recycling process. Journal of Power Sources 83: 75-78.

Crompton, T. R. 2000. Battery Reference Book (Third edition). Oxford, Newnes.

Dai, Y. 1998. Metals vacuum metallurgy (in Chinese). China, Beijing.

De Oliveira, D.C., Espinosa, D.C.R., Tenório, J.A.S. 2001. Study of Hg removal and Zn recovery from spent dry batteries, v: Proceedings of the TMS Annual Meeting 2001. New Orleans, Louisiana, EUA, TMS, Warrendale:167-171.

de Souza, C.C.B.M., Tenorio, J.A.S. 2004. Simultaneous recovery of zinc and manganese dioxide from household alkaline batteries through hydrometallurgical processing. Journal of Power Sources 136: 191-196.

Delgado, O.B., Ojeda-Benitez, S., Marquez-Benavides, L. 2006. Comparative analysis of hazardous household waste in two Mexican regions. Waste Management 27 (6): 792-801.

Delisle, R.J., Martin, H.E., Wilkerson, A. 1995. Device and process for the recovery of cadmium and nickel. St. Louis, Eveready Battery Company, Inc., US Patent 5437705.

Dominko, R., Škrlec, J. 2009. Nanomateriali v litijevih ionskih akumulatorjih. IRT 3000 20: 36-39.

EPA - Envirosense: AF Center for Environmental Excellence – Fact Sheet on Batteries Disposal. Available from World Wide Web: <http://es.epa.gov>, accessed on 2 April 2003.

Espinosa, D.C.R., Bernardes, A.M., Tenorio, J.A.S. 2004. An overview on the current processes for the recycling of batteries. Journal of Power Source 135: 311-319.

EUROPA. 2004. Waste Strategy: New Energy Goes into Battery Recycling. Environment for Europeans.

Eveready. 1989. Personal communication with Mr. Dave Dibell, product quality manager.

Franklin Associates, Ltd. 1989. Characterization of Products Containing Lead and Cadmium in Municipal Solid Waste in the United States, 1970 to 2000. U.S. EPA.

Frenay, J., Ancia, P.H., Preschia, M. 1994. Minerallurgical and metallurgical processes for the recycling of used domestic batteries, v: Proceedings of the Second International Conference on Recycling of Metals. ASM: 13-20.

Fricke, J.L. 1999. Entsorgung verbrauchter Gerätbatterien. GRS Batterien.

Fricke, J.L., Knudsen, N. 2002. Disposal of Portable Batteries. GRS Batterien.

Fröchlich, S., Sewing, D. 1995. The Batenus process for recycling mixed batteries waste. Journal of Power Source 57: 1-19.

Han, D.M., Nan, J.M. 2005. Journal of Power Sources 29: 128–131.

Hurd, D.J., Muchnik, D.M., Schedler, T.M. 1993. Recycling of consumer dry cell batteries – pollution technology review, n.213. NJ, USA, Notes Data Corporation: 210–243.

Karnchanawong, S., Limpiteprakan, P. 2008. Evaluation of heavy metal leaching from spent household batteries disposed in municipal solid waste. Waste Management: doi:10.1016/j.wasman.2008.03.018.

Kim, D.S., Sohn, J.C.S., Lee, C.K., Lee, J.H., Han, K.S., Lee, Y.I. 2004. Journal of Power Sources 132: 145–149.

Kodak Ultra Technologies. 1991. Personal communication with Mr. Paul Dickinson.

Krebs, A. 1999. Recycling of household batteries and heavy metal containing wastes, v: Rewas' 99: Proceedings of the global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology. San Sebastian, Spain: 1109-1116.

Lain, M. 2001. Recycling of lithium ion cells and batteries. Journal of Power Sources 97/98: 736-738.

Landskrona, A.B., Melin, S., Svensson, A.L. 1983. V.H. Process for the recovery of metals from the scrap from nickel-cadmium electric storage batteries. Sab Nife, US Patent 4401463.

Lau, S.T., Cheung, W.H., Kwong, C.K., Wan, C.P., Choy, K.K.H., Leung, C.C., Porter, J.F., Hui, C.W., McKay, G. 2005. Waste Management 25: 1004–1012.

Lin, J.R., Fan, C., Chang, I.L., Shiu, J.Y. 2003. US Patent 65, 514, 311.

Linden, D., Reddy, T.B. 2002. Handbook of Batteries (Third edition). McGraw-Hill, New York.

Lund, H.F. 2001. The McGraw-Hill Recycling Handbook, Second Edition. McGraw-Hill, New York: Chapter 19.

Lupi, C., Pilone, D. 2002. Ni-MH spent batteries: a raw material to produce Ni-Co alloys. Waste Management 22: 871-874.

Martin, I. 2006. EU Battery Directive moves a step closer. Recycling International: 342-343.

Masamoto, S., Junichiro, T., Hisashi, G., Masaharu, O. 1993. Recovery of cadmium from small sealed Ni/Cd batteries, v: Proceedings of the TMS Annual Meeting 1993. TMS, Warrendale: 815-818.

MOP, ARSO. 2003. Ravnanje z baterijami in akumulatorji, ki vsebujejo nevarne snovi. Ljubljana, Analiza letnih poročil za leto 2002.

Nanwen, Z., Lehua, Z., Li, C., Cai, C. 2003. Recycling of spent nickel-cadmium batteries based on bioleaching process. Waste Management 23, 703-708.

National Electrical Manufacturers Association. 1991. Personal communication with Mr. Fred Nicholson, section staff executive.

New York State Legislative Commission on Solid Waste Management. September 1988. New York.

Osredkar, R. 2004. ŽIT 7: 12-20.

Pietrelli, L. 1999. Metal recycling from exhausted batteries, v: Proceedings of the Global Symposium on Recycling Waste Treatment and Clean Technology (REWAS'99), vol. II. TMS: 675-680.

Putois, F. 1995. Market for nickel-cadmium batteries. Journal of Power Sources 57: 67-70.

Rausch, S. 1998. Sorting of spent batteries by a fast X-ray technique in the sorbarec process, v: Proceedings of the Fourth International Battery Recycling Congress. Hamburg, Germany.

Reinhard, F.P. 1995. A process for the recovery of raw materials from used batteries, v: E.W. Brooman (Ed.), Electrochemical Technology Applied to Environmental Problems. The Electrochemical society, USA.

Rydh, C.J., Karlstrom, M. 2002. Resources. Conserv. Recycl. 34: 289-309.

Sattler, P.H. 1998. See the label, know the type, v: Proceedings of the Fourth International Battery Recycling Congress. Hamburg, Germany.

Seeberger, D. 1989. »A Study of Two Collection Methods for Removing Household Dry Cell Batteries from a Residential Waste Stream«. Hennepin County, Minnesota, Division of Environment and Energy.

Shin, S.M., Kim, N.H., Sohn, J.S., Yang, D.H., Kim, Y.H. 2005. Development of metal recovery process from Li-ion battery wastes. Hydrometallurgy 79, 172-181.

Slack, R.J., Gronow, J.R., Vouvolis, N. 2004. Household hazardous waste in municipal landfills: contaminants in leachate. Science of the Total Environment 34: 419-445.

Tanii, T., Tsuzuki, S., Honmura, S., Kamimura, T., Sasaki, K., Yabuki, M., Nishid, K. 2003.
US Patent 6, 524, 737.

Tarascon, D.M., Armand, M. 2001. Nature 414: 359-367.

Tchobanoglous, G., Kreith F. 2002. Hand book of Solid Waste Management. Mc Graw-Hill,
New York, USA.

U.S. Congress Office of Technology Assessment. 1989. »Facing America's Trash: What's
Next for Municipal Solid Waste«. Washington, D.C., OTA-0-424, U.S. Government Printing
Office.

US Environmental Protection Agency and the Office of Water. 1999. Office of Ground Water
and Drinking Water.

Ušeničnik G. 2007. Mala šola o baterijah in polnjenju. Svet elektronike.

Van Erkel, J. 1992. Recovery of Cd and Ni from batteries. Delft, Holland, Nederlands
Organisatie Voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO, US Patent 5407463.

Vassart, A. 1999. A chemical recycling scheme for used primary batteries, v: Proceedings of
the Global Symposium on Recycling Waste Treatment and Clean Technology (REWAS'99),
vol. II. TMS: 1139-1146.

Watson, N. 1999. Post-consumer battery sorting, v: Proceedings of the Fifth International
Battery Recycling congress. Deauville, France.

Wrona, L.M. 1997. Pollution prevention in the steel industry – toward a zero waste plant. Iron
steel Eng. 74 (7): 9-63.

Xue, Z., Hua, Z., Yao, N., Chen, S. 1992. Separation and recovery of nickel and cadmium from spent Cd-Ni storage batteries and their process wastes. *Separation Science and Technology* 27 (2): 213-221.

Yue-quiring, X., Guo-jian, L. 2004. The BATINTREC process for reclaiming used batteries. *Waste Management* 24: 359-363.

Zhang, P.W., Yokoyama, T., Itabashi, O., Suzuki, T.M., Inoue, K. 1998. *Hydrometallurgy* 47: 259-271.

Zhou, Z. 1981. *The Magnetic Ferrite Material (in Chinese)*. Beijing, China.

INTERNETNI VIRI

ARSO. 2008. Zbirka - Ravnanje z odpadki. Letno poročilo.

http://www.arso.gov.si/varstvo_okolja/odpadki/obrazci/ (10.5.2010).

Batrec, Residua. 2005.

<http://www.residua.com/> (13.3.2010).

Choice of Battery Chemistries. 2003.

<http://www.cadex.com/> (16.2.2010).

European Portable Battery Association. 2003.

<http://www.epba-europe.org/> (3.3.2010).

Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien, GRS Batterien. 2003.

<http://www.grs-batterien.de/> (14.2.2010).

http://baterija.si/EBATT_SI,energija.htm (3.3.2010).

<http://eur-lex.europa.eu/> (6.4.2010).

<http://lithiumionwebpage.110mb.com/liion.html> (16.2.2010).

<http://news.digitaltrends.com/news-article/11414/sony-to-recall-notebook-batteries-globally>
(14.2.2010).

<http://www.bodieko.si/natisljive-litijeve-baterije> (4.5.2010).

http://www.ebatt.si/EBATT_SI,energija.htm (3.3.2010).

http://www.gsm-technology.com/index.php/en_US (14.2.2010).

<http://www.joker.si/okvir.php?id=468> (3.3.2010).

http://www.minet.si/sola/geslo_pop.php?id=341 (16.2.2010).

<http://www.mojmikro.si/> (3.3.2010).

http://www.raesystems.com/~raedocs/App_Tech_Notes/Tech_Notes/TN-166_Li-Ion_Batteries.pdf (4.3.2010).

<http://www.rm-mpi.si/> (20.5.2010).

<http://www.slo-foto.net/reviews-40.html> (9.3.2010).

<http://www.theiet.org/factfiles> (9.3.2010).

<http://www.uradni-list.si/1/content?id=88061> (6.4.2010).

<http://www.zeos.si/sl/baterije.html> (9.3.2010).

Inmetco – battery recycling at Inmetco. 2002.

<http://www.inmetco.com/batt.htm> (16.2.2010).

S.N.A.M. 2002.

<http://www.snam.com/uk-team.htm> (16.2.2010).

PRILOGA A: Obrazec letnega poročila o zbranih odpadnih baterijah in/ali akumulatorjih in ravnanju z njimi

POROČILO O RAVNANJU Z ODPADNIMI BATERIJAMI IN AKUMULATORJI

Koledarsko leto:

Datum izdelave poročila (dan, mesec, leto):

PROIZVAJALEC / NOSILEC SKUPNEGA NAČRTA*

Proizvajalec/ Nosilec skupnega načrta	<input type="text"/>		
Ulica	<input type="text"/>		
Hišna št.	<input type="text"/>	Matična številka	<input type="text"/>
Pošta	<input type="text"/>	Šifra dejavnosti	<input type="text"/>
Kraj	<input type="text"/>	Številka iz evidence načrtov	<input type="text"/>
Tel./faks	<input type="text"/>		

* Nosilec izvajanja skupnega načrta poroča v obliki skupnega poročila vseh proizvajalcev, ki so pristopili k načrtu. Poročilo mora vsebovati tudi podatke o izvajanju skupnega načrta ravnanja z odpadnimi baterijami in akumulatorji.

ZBIRALEC**

Zbiralec	<input type="text"/>		
Ulica	<input type="text"/>		
Hišna št.	<input type="text"/>	Matična številka	<input type="text"/>
Pošta	<input type="text"/>	Šifra dejavnosti	<input type="text"/>
Kraj	<input type="text"/>	Številka iz evidence zbiralcev	<input type="text"/>
Tel./faks	<input type="text"/>		

** Če je zbiralcev več, se vpiše vse zbiralce

1. Celotna količina odpadnih baterij in akumulatorjev, izražena v kilogramih in prevzeta od:

a) končnih uporabnikov

Vrsta baterij in akumulatorjev	Prevzete odpadne baterije in akumulatorji	
	klasifikacijska št.	kg
PRENOSNE		
AVTOMOBILSKE		
INDUSTRIJSKE		
SKUPAJ	/	

b) distributerjev

Vrsta baterij in akumulatorjev	Prevzete odpadne baterije in akumulatorji	
	klasifikacijska št.	kg
PRENOSNE		
AVTOMOBILSKE		
INDUSTRIJSKE		
SKUPAJ	/	

c) izvajalcev javne službe.

Vrsta baterij in akumulatorjev	Prevzete odpadne baterije in akumulatorji	
	klasifikacijska št.	kg
PRENOSNE		
AVTOMOBILSKE		
INDUSTRIJSKE		
SKUPAJ	/	

2. Količina, izražena v kilogramih, in delež odpadnih baterij in akumulatorjev, ki so bili reciklirani

Vrsta baterij in akumulatorjev	Reciklirane odpadne baterije in akumulatorji		Postopek recikliranja (R)
	Količina (kg)	Delež (%)	
PRENOSNE			
AVTOMOBILSKE			
INDUSTRIJSKE			
SKUPAJ			

3. Količina, izražena v kilogramih, in delež odpadnih baterij in akumulatorjev, ki so bili drugače predelani (ločeno po postopkih predelave)

Vrsta baterij in akumulatorjev	Postopek predelave	Predelava odpadnih baterij in akumulatorjev	
	R	Količina (kg)	Delež (%)
PRENOSNE	R4		
	R12, R13		
	Drugo*		
AVTOMOBILSKE	R4		
	R12, R13		
	Drugo*		
INDUSTRIJSKE	R4		
	R12, R13		
	Drugo*		
SKUPAJ	/		

(*)-Navedite postopke predelave R1-R13 iz priloge 5 Uredbe o ravnanju z odpadki (Uradni list RS, št. 34/08)

4. Količina in delež materialov odpadnih baterij in akumulatorjev, ki so bili odstranjeni (ločeno po postopkih odstranjevanja in obsegu predhodne predelave)

Vrsta baterij in akumulatorjev	Postopek odstranjevanja	Odstranjene odpadne baterije in akumulatorji	
	D	Količina (kg)	Delež (%)
PRENOSNE	D1		
	D10		
	predobdelava		
AVTOMOBILSKE	D1		
	D10		
	predobdelava		
INDUSTRIJSKE	D1		
	D10		
	predobdelava		
SKUPAJ	/		

Izpolnil:

Ime in priimek

Podpis

Ime in priimek

odgovorne osebe

Podpis

PRILOGA B: Obrazec za registracijo proizvajalcev baterij in akumulatorjev

OBRAZEC ZA REGISTRACIJO PROIZVAJALCEV BATERIJ IN AKUMULATORJEV

na podlagi 39. člena
Uredbe o ravnanju z baterijami in akumulatorji ter odpadnimi baterijami in akumulatorji
(Uradni list RS, št. 03/10)

1. Naziv proizvajalca in blagovne znamke (če obstajajo) s katerimi bodo nastopali v Republiki Sloveniji.

Naziv proizvajalca* (firma iz sodnega registra oz. vpisnika s.p. pri DURS)	Blagovna znamka (če obstaja)

*Proizvajalec je pravna oseba ali samostojni podjetnik posameznik, ki ne glede na uporabljeno metodo prodaje, vključno s prodajo preko svetovnega spleta skladno z zakonom, ki ureja varstvo potrošnikov, na ozemlju Republike Slovenije zaradi izvajanja svoje dejavnosti prvič daje v promet baterije in akumulatorje, vključno s tistimi, ki so vgrajene v naprave ali vozila.

Za proizvajalca šteje tudi pravna oseba ali samostojni podjetnik posameznik, ki na ozemlju Republike Slovenije daje prvič v promet baterije in akumulatorje, pridobljene v drugih državah članicah Evropske unije, uvožene iz tretjih držav ali proizvedene na ozemlju Republike Slovenije, vključno s tistimi baterijami in akumulatorji, ki so vgrajeni v naprave ali vozila.

2. Podatki o proizvajalcu:

Sedež:	
naselje ali ulica:	
hišna številka:	
poštna številka:	
pošta:	
telefon:	
fax:	
e-mail:	
naslov spletne strani (URL)	
Matična številka:	
Davčna številka:	
Zastopnik, vrsta zastopnika:	
Kontaktna oseba:	
telefon:	
fax:	
e-mail:	

3. Vrste baterij, ki jih proizvajalec daje v promet

Vrsta baterij in akumulatorjev	DA	NE
PRENOSNE		
AVTOMOBILSKE		
INDUSTRIJSKE		

4. Izpolnjevanje obveznosti proizvajalca baterij in akumulatorjev (ustrezno obkroži):

Vrsta baterij in akumulatorjev	Skupni načrt	Individualni načrt
PRENOSNE		
AVTOMOBILSKE		
INDUSTRIJSKE		

5. Datum vloge: _____

6. S podpisom potrjujem, da so navedeni podatki resnični.

Za vlogo je treba v skladu s tar. št. 1 in 3 taksne tarife Zakona o upravnih taksah (Uradni list RS, št. 42/07-ZUT-UPB3 in 126/07) plačati upravno takso v višini 17,73 EUR. Upravno takso se plača v gotovini oziroma z elektronskim denarjem ali drugim veljavnim plačilnim instrumentom in o plačilu predloži ustrezno potrdilo.

V kolikor se upravna taksa plača na podračun MOP-Agencija RS za okolje, se znesek upravne takse - državne (namen plačila) nakaže na račun št. 0110-0100-0315-637, referenca: 11 25232-7111002-73016410.

obrazec pripravil-a:

ime in podpis zakonitega zastopnika
ali pooblaščenca:

V/na _____, dne _____