

Recyklace elektrických a elektronických odpadů, způsoby desintegrace plošných spojů

Robert Chochruň

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Institut řízení procesů a aplikované informatiky

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Tomáši Chmelovi za odborné vedení, rady a připomínky.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce, ředitele ústavu a institutu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 02. 06. 2005

.....

podpis

RESUMÉ

Bakalářská práce se zabývá problémem likvidace a recyklace odpadu z elektrických a elektronických zařízení. Z oblasti věnované legislativě cituje současné a budoucí požadavky našeho státu i EU. Obsahuje přehled nebezpečných látek a popisuje jejich negativní vlivy na člověka a životní prostředí. V literární části ukazuje současné i nové technologie získávání surovin z jednotlivých zařízení. Poskytuje informace o materiálovém složení i statistikách o množstvích jednotlivých spotřebičů v zahraničí.

Teoretická část popisuje technologie recyklace akumulátorů, obrazovek, baterií, světelných zdrojů a dalších zařízení obsahující drahé kovy a nebezpečné složky. Dále se zabývá desintegrací plošných spojů a jejich následnou recyklací.

Praktická část shrnuje poznatky z exkurze ve firmě ze zlínského regionu zabývající se sběrem, tříděním i recyklací použitého elektrotechnického a elektronického zařízení na Moravě.

SUMMARY

The bachelor work deals with the problem of electric and electronic waste disposal and recycling. The inductory part of the thesis deals with and quotes the legislative requirements of our state and the EC concerning the e-waste disposal. There are also listed some dangerous substances contained in e-waste and there are described their negative effects on the human and the environment. The literary section explains some contemporary technologies of obtaining materials from disposed appliances. It offers some information on material composition, and statistics on the quantities of e-appliances abroad.

The theoretical part describes recycling technology of storage batteries, screens, batteries, luminous sources and other appliances containing expensive precious metals and dangerous components. Further on it deals with the disintegration of printed circuit boards and their follow-up recycling.

The practical part summarises some findings from the excursion into a company based in Zlín region. This company is concerned with the collecting, sorting and recycling of disused electrical and electronic appliances in the region of Moravia.

OBSAH

ÚVOD.....	6
1 LITERÁRNÍ STUDIE.....	7
1.1 Problematika elektroodpadů současnosti.....	7
1.2 Legislativa.....	7
2 TEORETICKÁ ČÁST.....	10
2.1 Zdroje OEEZ.....	10
2.2 Složení OEEZ.....	17
2.3 Produkce elektroodpadu v zahraničí.....	18
2.3.1 Spojené státy americké:.....	20
2.3.2 Švýcarsko.....	21
2.3.3 Německo.....	23
2.4 Nebezpečné látky.....	24
2.5 Nebezpečné procesy.....	29
2.5.1 Recyklace součástí obsahujících nebezpečné složky.....	29
2.5.2 Spalování ve spalovnách.....	30
2.5.3 Spalování při otevřeném ohni.....	30
2.5.4 Skládka.....	31
2.6 Způsoby recyklace OEEZ.....	31
2.6.1 Akumulátory.....	31
2.6.2 Baterie.....	35
2.6.3 Recyklace světelných zdrojů.....	40
2.6.4 Žárovky.....	41
2.6.5 Kompaktní disky (CD, DVD).....	41
2.6.6 Recyklace obrazovek.....	42
2.7 Technologie zpracování vytríděného odpadu.....	45
2.7.1 Recyklace cestou olova.....	45
2.7.2 Technologie zpracování obrazovek firmou Aquatest, a.s.....	48
2.8 Plošné spoje (PLS).....	49
2.8.1 Technologie povrchových úprav plošných spojů.....	56
3 PRAKTICKÁ ČÁST.....	60
3.1 Exkurze u firmy AGM RECYKLING, s.r.o.....	60
ZÁVĚR.....	63
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	66
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	68
SEZNAM TABULEK.....	69
SEZNAM PŘÍLOH.....	70

ÚVOD

Lidstvo zaznamenalo za posledních zhruba dvě stě let neuvěřitelný pokrok snad ve všech oblastech svého počínání. Vděčí za to především využívání fyzikálních zákonů a rozvojem několika vědních oborů.

Za tu dobu člověk vymyslel a zkonstruoval ohromné množství elektrických zařízení. Téměř všechny byly a jsou vyráběny sériově, v masových měřících a vlivem technického vývoje v modernějším a důmyslnějším provedení.

Je běžné, že člověk za svůj život několikrát změní televizní přijímač, hudební přehrávač, lednici, kuchyňského robota, elektrické nářadí a v posledních dvaceti letech počítač či mobilní telefon. Mnohdy je to z různých důvodů. Někdy chceme mít novou modernější věc, jindy je to proto, že nám ty staré dosloužily. Vždy ale stojíme před stejnou otázkou: „Co s nimi“? Můžeme si vybrat ze dvou způsobů, jak dosloužilé věci likvidovat. Jednodušším z nich je vyhození starého rádia nebo televize do běžného komunálního odpadu. To s sebou ovšem přináší rizika související se zamořováním skládkových oblastí. Nejvíce postiženými jsou půda a spodní vody znečištěné těžkými kovy z jednotlivých zařízení. Nebo zvolíme druhý modernější způsob a tím je recyklace.

V dnešní době vysoké integrace elektronických součástek a obvodů, se musíme zabývat separací a odborným zpracováváním elektrošrotu ze všech oblastí lidské činnosti.

Za prohřešky z historie teď platíme v podobě přírodních katastrof souvisejících s nešetrným zacházením s životním prostředím a přírodními zdroji. Proto se musíme vážně zabývat důsledným řešením recyklace jednotlivých elektrotechnických komponentů.

1 LITERÁRNÍ STUDIE

1.1 Problematika elektroodpadů současnosti

Rychlý pokrok technologických změn na poli elektroniky způsobil rozšíření spotřebičů do domácností a kanceláří. Vyvíjením nových technologií se zákazník zbavuje zastaralé nebo již nefunkční elektroniky a narůstá tak množství nebezpečného odpadu. Tento elektronický odpad zahrnuje počítače, zábavní elektroniku, telekomunikační a sdělovací techniku.

Velké množství elektroodpadu (OEEZ) se recykluje k opětovnému použití v průmyslu. Recyklace je výnosná, protože elektronika se skládá z cenných materiálů jako zlato, měď, ale také plasty, sklo, apod.

Nedostatečnou legislativu využívají dovozci, obchodníci i zpracovatelé odpadů. Tento problém následně zvyšuje ilegální import OEEZ z průmyslově vyspělejších zemí. Mnoho zemí (OECD) zavedlo nebo postupem času zavádí potřebnou legislativu pro sběr a recyklaci tohoto odpadu. Státy vyvinuly nejmodernější technologie a procesy, které podstatně redukuje rizika spojená se zpracováváním elektroodpadu. Jejich mnohaleté zkušenosti s rostoucím tohoto odpadu vedly k vyvinutí dobře fungujících a ekonomicky životaschopných systémů pro nakládání s elektroodpadem [1].

1.2 Legislativa

Parlament a Rada ES přijal v r. 2002 směrnice 2002/95/ES a 2002/96/ES k odpadním elektrickým a elektronickým zařízením (dále zkráceně „elektrošrot“ nebo „OEEZ“) a k omezení obsahu nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních.

K přijetí směrnice vedla skutečnost, že se domácnosti v evropských zemích rychlým tempem vybavily elektrickými a elektronickými výrobky a stejným tempem je obměňují. Staré výrobky často končí v kontejnerech s komunálním odpadem. Bez ohledu na to, zda je komunální odpad spalován nebo ukládán na skládku, ohrožuje životní prostředí a zdraví člověka, když obsahuje elektrošrot s nebezpečnými látkami. Kromě toho roste množství nevyužitých kovů, plastů a skla, které se mohly po úpravě elektrošrotu stát surovinou pro

nové výrobky.

Účelem směrnice je vytvořit zákonný rámec systémů pro sběr a využití elektrošrotu a pro nahrazování nebezpečných látek ve výrobcích, a to tím, že

- se prodlouží doba jejich používání, mluví se o „opětovném použití“, tj. o použití celých zařízení a jejich částí pro stejný nebo podobný účel
- už při návrhu nových zařízení bude brát v úvahu, jak se budou vyřazená zařízení co nejjednodušším způsobem demontovat a upravovat pro recyklaci (tj. pro přepracování odpadních materiálů ve výrobním procesu k původním nebo jiným účelům, ale s vyloučením využití energie)
- zakáže používání některých látek ve výrobě, zatím se jedná o rtuť, olovo, kadmium, šestimocný chrom, polybromované bifenyly (PBB) a polybromovaný difenylether (PBDE).

Z požadavků směrnice vyplývají povinnosti pro státní správu, producenty EEZ (mezi ně patří nejen výrobce, ale také distributor a prodejce výrobků), spotřebitele, zpracovatele OEEZ; základní povinnosti jsou stejné jako povinnosti k odpadům, uvedené v zákoně č. 185/2001 Sb. o odpadech a navazujících vyhláškách; další povinnosti budou vymezeny v novele zákona a vyhlášek.

Směrnice stanoví, že množství OEEZ shromážděných z domácností, má dosáhnout určité maximální hodnoty v (kg) na hlavu ročně. Zákon o odpadech tuto povinnost přebírá. Na úroveň zařízení z domácností jsou postavena i zařízení z úřadů, živností a všech ostatních míst spotřeby, která EEZ používají stejným způsobem jako domácnosti, jedná se např. o chladničky, mixery, televizory, monitory, telefony, radiopřijímače, počítače, klimatizace.

„OEEZ z domácností“ se rozumí OEEZ, které pochází z domácností a z živnostenských, průmyslových, institucionálních a jiných zdrojů, které jsou svým charakterem a velikostí podobné domácnostem;

Za nejvýznamnější zařízení pro naplnění požadované kvóty jsou považována

- velká domácí zařízení
- ledničky a chladničky
- zařízení informační techniky (IT)
- spotřební elektronika
- televizory a obrazovky počítačů
- lampy obsahující rtuť
- všechna ostatní zařízení (malé domácí spotřebiče, atd.).

Konkrétní požadavky

- výrobce elektrických nebo elektronických zařízení uváděných na trh po 13. srpnu 2005 musí být jasně identifikovatelný podle značky na zařízení;
- výrobci musí vhodně označovat elektrická a elektronická zařízení uvedená na trh po 13. srpnu 2005 symbolem pro označení elektrického a elektronického zařízení;



- nejpozději od 13. srpna 2005 musí být výrobci zajištěn oddělený sběr, zpětný odběr, zpracování, využití a odstranění EEZ a OEEZ;
- nejpozději od 1. ledna 2009 musí výrobci zajistit splnění cíle pro využití, opětovné použití a materiálové využití;
- stát zajistí, aby bylo nejpozději do 31. prosince 2008 dosaženo míry odděleného sběru v průměru nejméně čtyř kilogramů OEEZ z domácností na osobu za rok [2].

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Zdroje OEEZ

Přesný seznam podle jednotlivých skupin uvádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/96/ES o odpadních elektrických a elektronických zařízeních (OEEZ):

Dělí se do deseti základních skupin:

1. Velké domácí spotřebiče:

velká chladicí zařízení; chladničky, kombinace chladničky a mrazničky, mrazničky; ostatní velká zařízení používaná pro chlazení, uchování a skladování potravin; pračky; sušičky; myčky nádobí; kuchyňské spotřebiče; elektrické sporáky; elektrické plotny; mikrovlnné trouby; ostatní velká zařízení používaná k vaření a jinému zpracování potravin; elektrická topidla; elektrické radiátory; ostatní velká zařízení pro vytápění místností, lůžek a sedacího nábytku; elektrické ventilátory; klimatizační zařízení; ostatní ventilační, odsávací a klimatizační zařízení

2. Malé domácí spotřebiče:

vysavače; čisticí stroje na koberce; ostatní zařízení pro čištění; zařízení používaná k šití, pletení, tkaní a jinému zpracování textilu; žehličky a jiné spotřebiče používané k žehlení, mandlování a další péči o oděvy; topinkovače; fritovací hrnce; mlýnky, kávovary a zařízení pro otevírání nebo uzavírání nádob nebo obalů; elektrické nože; spotřebiče pro stříhání vlasů, sušení vlasů, čištění zubů, holení, masáže nebo jinou péči o tělo; hodiny, budíky a zařízení pro účely měření, indikace nebo registrace času; váhy

3. Zařízení informačních technologií a telekomunikační zařízení:

velké sálové počítače, servery; minipočítače; tiskárny; osobní počítače (včetně ZPJ, myši, monitorů a klávesnic); laptopy (včetně ZPJ, myši, monitorů a klávesnic); notebooky; elektronické diáře; kopírovací zařízení; elektrické a elektronické psací stroje; kapesní a stolní kalkulačky a další výrobky a zařízení pro sběr, ukládání, zpracování, prezentaci nebo sdělování informací elektronickým způsobem; uživatelské terminály a systémy; dálnopisy; faxy; telefony; telefonní automaty; bezdrátové telefony; mobilní telefony; záznamníky a další výrobky nebo zařízení pro přenos zvuku, obrazu a jiných informací pomocí

telekomunikací

4. Spotřebitelská zařízení:

rádiové soupravy (radiobudíky, radiomagnetofony); televizory; videokamery; videorekordéry; hi-fi rekordéry; audio zesilovače; hudební nástroje a jiné výrobky nebo zařízení pro účely záznamu nebo reprodukce zvuku nebo obrazu, včetně signálů nebo technologií pro šíření zvuku nebo obrazu jiných než telekomunikací

5. Osvětlovací zařízení:

svítidla se zářivkami s výjimkou svítidel z domácností; lineární (trubicové) zářivky; kompaktní zářivky; vysokotlaké výbojové světelné zdroje, včetně vysokotlakých sodíkových, halogenidových a směsných výbojek; nízkotlaké sodíkové výbojky; jiná osvětlovací zařízení nebo zařízení pro šíření nebo řízení osvětlení, s výjimkou přímo žhavených žárovek

6. Elektrické a elektronické nástroje (s výjimkou velkých stacionárních průmyslových nástrojů):

vrtáčky; pily; šicí stroje kromě zařízení používaných v domácnostech spadajících pod skupinu 2; zařízení pro soustružení, frézování, broušení, drcení, řezání, sekání, stříhání, vrtání, děláni otvorů, ražení, skládání, ohýbání nebo podobné zpracování dřeva, kovů a dalších materiálů; nástroje pro nýtování, přibíjení nebo šroubování nebo pro odstraňování nýtů, hřebíků, šroubů nebo pro podobné účely; nástroje pro pájení, svařování nebo podobné použití; zařízení pro postřik, šíření, rozptyl nebo zpracování tekutých nebo plyných látek jinými způsoby; nástroje pro sečení nebo jiné zahradnické činnosti

7. Hračky, vybavení pro volný čas a sporty:

elektrické vláčky, elektrická auta a autíčka a autodráhy) nebo soupravy závodních autíček; ruční ovladače videoher; videohry; počítače pro cyklistiku, skoky do vody, běh, veslování atd.; sportovní vybavení s elektrickými nebo elektronickými součástmi; výherní mincovní automaty

8. Lékařské přístroje (s výjimkou všech implantovaných a infikovaných výrobků):

Radioterapeutická zařízení; Kardiologická zařízení; Dialyzační přístroje; Přístroje k okysličování plic; Přístroje jaderného lékařství; Laboratorní zařízení pro *in-vitro*

diagnostiku; Analytická zařízení; Mrazicí zařízení; Testy oplodnění (ultrazvuková zařízení); Jiné přístroje pro zjišťování, prevenci, monitorování, ošetření, zmírnění onemocnění, zranění nebo postižení.

9. Přístroje pro monitorování a kontrolu:

Detektory kouře; Regulační ventily topení; Termostaty; Přístroje pro měření, vážení nebo seřizování pro domácnosti nebo užívané jako laboratorní zařízení; Jiné monitorovací a kontrolní přístroje používané v průmyslových zařízeních (např. v kontrolních panelech)

10. Výdejní automaty:

Výdejní automaty na horké nápoje; Výdejní automaty na horké nebo chlazené lahve nebo konzervy; Výdejní automaty na tuhé výrobky; Výdejní automaty na peníze; Veškerá zařízení, která vydávají automaticky všechny druhy výrobků [2].

2.1.1 Složení domácích spotřebičů

Vysavač

Popis výrobku

Jedná se o poměrně jednoduchý spotřebič, jehož základem je mechanická konstrukce s motorovou jednotkou s komutátorovým motorem a odrušením.

Nebezpečné odpady

- **izolace mezi lamelami komutátoru** (mikanity na bázi slídy a azbestových složek, impregnované s jednostrannou, nebo oboustrannou skleněnou tkaninou, původní obchodní názvy: Remika, Samica, Mica-mat)
- **izolace statorového vinutí vůči konstrukci statoru** (elektroizolační lepenky různého složení podle výrobců a tepelné odolnosti, pro nízké zatížení se jednalo o směsi buničiny a hadroviny s podílem dřevoviny, lepenky pro teplotní odolnosti do 600°C obsahovaly až 80% asbestu) izolace musí odolávat vysokým oteplením
- **elektroizolační laky** na bázi: a) přírodních pryskyřic
b) vysychavých olejů syntetických pryskyřic a

polymerů používané pro zpevňování vinutí a zvýšení jeho elektroizolačních vlastností, k vyplňování volných meziprostor ve vinutí a mezi vinutím a ostatní konstrukcí; podle

potřeby byly doplňovány plnivý podle potřeby použití a tepelné odolnosti (od inertních materiálů po nebezpečné asbestové složky)

- **odrušovací kondenzátory**, dělené, více vývodové (nejstarší papírové, napuštěné trafo olejem, další typ s obsahem deloru (jiný název pro PCB) pro zlepšení elektroizolačních a kapacitních vlastností, obvykle v trubici oboustranně zalité butadienem (na bázi asfaltu - ropný produkt), nyní epoxidem

Rádia, gramofony, radiogramofony

Popis výrobku

Spotřební elektronika s rozdílným materiálovým složením podle stáří a výrobce

Nebezpečné odpady

- **izolace z asbestu, slídy a keramiky** na sériovém odporu u přijímačů se sériovým zapojením žhavení
- **slída v otočných kondenzátorech** s proměnnou nastavitelnou kapacitou, ve vysokofrekvenčních částech se používaly slídové kondenzátory s možností doladění doškrabáváním (levnějších typy výrobků)
- **síťové transformátory** v přístrojích s paralelním žhavením většinou napuštěné butadieny, později elektroizolačními laky
- **odrušovací kondenzátory** na síťovém vstupu s butadieny
- **kondenzátory střední kapacity** zalité butadieny (používalo až do 60. let)
- **elektrolytické kondenzátory** obsahující delory (PCB) (pro jistotu se předpokládá, že delory obsahují všechny elektrolyty s objemem větším než 2 cm³, proto se demontují(vystřihují) a odstraňují samostatně ve spalovně nebezpečných odpadů)

Magnetofony, diktafony, videa

Popis výrobku

Spotřební elektronika s rozdílným materiálovým složením podle stáří a výrobce; využívá principu magnetické stopy na probíhající pásce, obsahuje náročnější mechaniku, zajišťující pohyb pásky, a přiměřeně náročnou elektroniku.

Nebezpečné odpady

- **maziva na ropné bázi**, používaná v mechanické části zajišťující pohyb pásky (jednoduchý elektromotor) na kluzných plochách a v ložiscích u všech točných elementů včetně motoru

- **otěry mg. pásek a vnitřní zaprášení z aktivní vrstvy mag. pásky**; obsahují jedovaté oxidy kovů, způsobují el. svody na plošných spojích a nánosy na dráze pásky, dochází k nalepování pásky s následným mechanickým poškozením mechaniky i nosičů (zhoršení užitných vlastností výrobku); otěry se nesmí vyfoukávat, mohou se pouze odsát přes účinný vzduchový filtr
- **magnetofonové pásky** na kotoučích i v kazetách, obsahují oxidy železa, chrómu a chromniklu případně kobaltu

Zdravotnická domácí zařízení, horské slunce, ozařovače

Popis výrobku

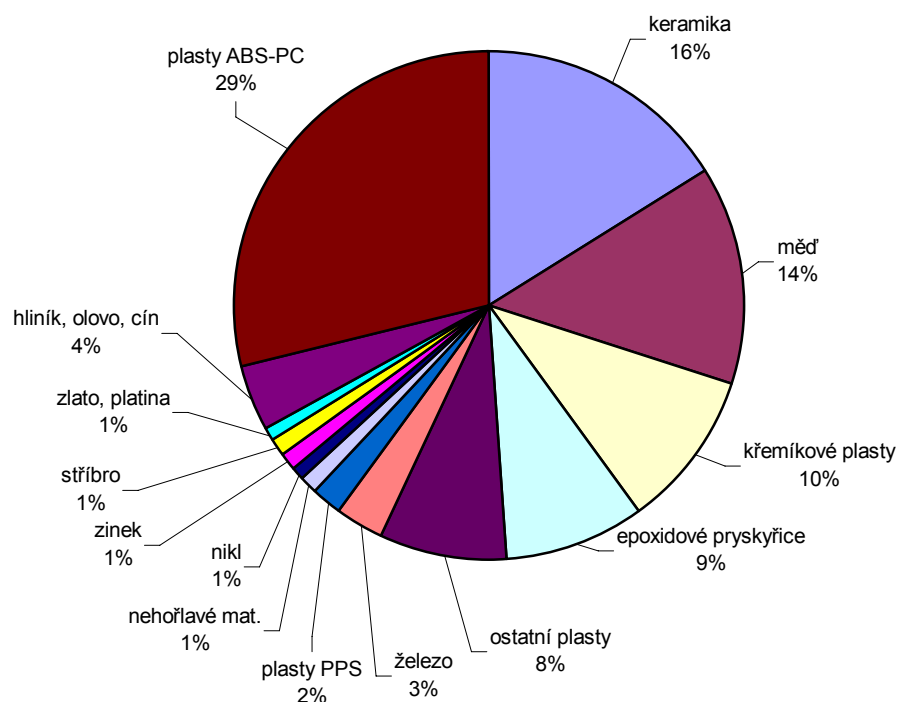
Jednoduchá elektrická zařízení s mechanickým působením (např. masážní strojky), nebo využívající ionizovaných částic; velmi rozdílné konstrukce a materiálové složení

Nebezpečné odpady

- **součásti s obsahem rtuti** (výbojky u horských sluncí, desinfekčních zařízení, výbojkové tvarované nástavce, velkoplošné zdroje ultrafialového záření)
- **zdroje tepla** (obvykle topné spirály na šamotovém podkladě, případně zalité v šamotové vložce) s vodiči odizolovanými šamotovými korálky
- **vysokokapacitní články**, případně **nabíjecí články** přenosných přístrojů (většinou obsahují kadmium a rtuť) [2].

Mobilní telefony

Součástky mobilních telefonů obsahují těžké kovy, jako jsou olovo nebo kadmium, škodící zdraví a životnímu prostředí. Podrobné složení mobilních telefonů ukazuje obrázek.



Obr. 1. Materiálová studie složení mobilních telefonů [3].

Tiskárny

Ve válcích některých laserových tiskáren se nachází selen. V plastových krytech se nachází kromě jiných prvky Br (Brom) a Sb (Antimon), což jsou použita zhasedla hoření. Nebezpečná látka, Pb (Olovo), je obsažena v pájce na osazených plošných spojích řídicí elektroniky. V některých typech tiskáren, tzv. přenosných, je nebezpečný odpad v podobě Ni-Cd akumulátoru, příp. akumulátoru jiného typu

Náplně inkoustových tiskáren obsahují S (Síra), K (Draslík) a v některých barvách inkoustu je i škodlivý prvek Cu (Měď). Inkoust obsahuje ředidlo. Na plastech mnohdy chybí označení typu, převážně však bývají vyrobeny z ABS nebo ABS-PC [2].



Obr. 2. Tiskárnové náplně

Počítače

Studie z roku 1996 zjistila, že víc než 50 % váhy průměrného stolního počítače bylo v plastech, železu a hliníku. Zatímco drahé kovy zaujímají z celkové hmotnosti relativně malé procento. Koncentrace takových kovů, jako zlato, bylo zjištěno, že je vyšší v elektroodpadu než nalezená v přírodní nerostné rudě.

V roce 1998 bylo například v Severní Americe přes 20 miliónů osobních počítačů, 16 miliónů monitorů a 11 miliónů tiskáren. Podle odhadů bude v roce 2005 60 miliónů kusů dosluhující výpočetní techniky. Takové množství elektrošrotu reprezentuje potenciální problém v odpadovém hospodářství, ale také novou příležitost k recyklaci a ekonomickému rozvoji na celém světě. Tabulka I. znázorňuje průměrné materiálové složení osobního počítače o hmotnosti 27 kg [4].

Tabulka I. Složení stolního počítače, hmotnost ~27 kg

Název materiálu	Obsah v [%] z celkové hmotnosti	Hmotnost materiálu v počítači [kg]	Použití	Umístění
Plasty	22,9907	6,26	izolace	kabely, kryty-pouzdra
Olovo	6,2988	1,72	spojovací materiál kovů	sklo obrazovky, tištěné spoje
Hliník	14,1723	3,86	konstrukční díly, vodivost	konektory, obrazovky, kryty-pouzdra, tištěné spoje
Germanium	0,0016	<0,1	polovodiče	tištěné spoje
Galium	0,0013	<0,1	polovodiče	tištěné spoje
Železo	20,4712	5,58	konstrukční, magnetický	obrazovky, kryty-pouzdra, tištěné spoje
Cín	1,0078	0,27	spojení kovů	obrazovky, tištěné spoje
Měď	6,9287	1,91	vodivost	konektory, obrazovky, tištěné spoje
Baryum	0,0315	<0,1	-	obrazovky
Nikl	0,8503	0,23	konstrukční, magnetický	obrazovky, kryty-pouzdra, tištěné spoje
Zinek	2,2046	0,6	baterie, luminofor	obrazovky, tištěné spoje
Tantal	0,0157	<0,1	kondenzátory	kondenzátory v napájecích zdrojích, tištěné spoje
Indium	0,0016	<0,1	tranzistory, usměrňovače	tištěné spoje
Vanad	0,0002	<0,1	červený luminofor	obrazovky
Terbium	0	0	zelený luminofor, legovací l.	obrazovky, tištěné spoje
Beryllium	0,0157	<0,1	tepelná vodivost	konektory, tištěné spoje
Zlato	0,0016	0,1	zlepšení vodivosti	konektory
Europium	0,0002	<0,1	luminofor	tištěné spoje
Titan	0,0157	<0,1	legovací přísada	kryty, pouzdra,
Kobalt	0,0157	<0,1	konstrukční, magnetický	obrazovky, kryty-pouzdra, tištěné spoje
Paladium	0,0003	<0,1	propojitelnost, vodivost	konektory, tištěné spoje
Hořčík	0,0315	<0,1	konstrukční, magnetický	obrazovky, kryty-pouzdra, tištěné spoje
Stříbro	0,0189	<0,1	zlepšení vodivosti	konektory
Antimon	0,0094	<0,1	diody	obrazovky, kryty-pouzdra, tištěné spoje
Bismut	0,0063	<0,1	smáčecí prostředek-smáčedlo	tištěné spoje
Chrom	0,0063	<0,1	dekorační, tvrzení povrchu	kryty, pouzdra,
Kadmium	0,0094	<0,1	baterie, modrozelený luminofor	obrazovky, tištěné spoje, tištěné spoje
Selen	0,0016	0,00044	usměrňovače	usměrňovače/tištěné spoje
Niob	0,0002	<0,1	svařování	kryty, pouzdra,
Yttrium	0,0002	<0,1	červený luminofor	obrazovka,
Rhodium	0	0	kondenzátory	tištěné spoje
Platina	0	0	kondenzátory	tištěné spoje
Rtuť	0,0022	<0,1	baterie	kryty, pouzdra, tištěné spoje
Arsen	0,0013	<0,1	příměs v tranzistorech	tištěné spoje
Křemík	24,8803	6,8	polovodičové součástky, sklo	obrazovky, tištěné spoje

2.2 Složení OEEZ

V České republice se ročně prodá 64 tisíc tun domácích spotřebičů - od mobilních telefonů přes svítidla a televizory až po pračky. Je logické, že zhruba tolik by mělo být odpadu. Zatím většinou skončí na skládkách, ale to se má brzy změnit. Samozřejmě na náklady spotřebitele.

Mnoho vysloužilých spotřebičů českých domácností skončí na chatách a chalupách, nebo prostě jako záloha, v nejhorším případě v příkopu u silnice. V roce 2004 se v Česku zrecyklovalo jen 18 procent spotřebičů, které se toho roku nakoupily. V zemích Evropské unie je to dnes až 31 procent.

Podíl recyklace se však v České republice musí zvýšit. Ukládá nám to směrnice Evropské unie. V roce 2008 budeme muset podle této směrnice zrecyklovat čtyři kilogramy elektrošrotu na obyvatele, což představuje celkem 40 tisíc tun a podíl z prodaného objemu 37 procent.

V zemích unie se během čtyř let obmění až 31 procent domácích spotřebičů. Zatímco u nás třeba sporák slouží až 23 let, v zemích unie je to 14 let. Je samozřejmé, že náklady na recyklaci musí někdo zaplatit. Do nákladů si je započítá výrobce, který je za jejich likvidaci zodpovědný, o toto navýšení jej koupí dražší obchodník, a v konečném důsledku to zaplatí spotřebitel. Podle odhadů, náklady na likvidaci chladničky v ceně 15 tisíc korun mohou dosáhnout 300 korun. Od srpna tohoto roku by měla být částka na likvidaci uvedena na účtence zvlášť, od roku 2008 bude už skryta v ceně výrobku [5].

2.3 Produkce elektroodpadu v zahraničí

Tabulka II. ukazuje přehled o celkovém množství elektroodpadu vyprodukovaného v různých zemích. Je poměrně složité, udělat přímé porovnání mezi zeměmi co se týče množství elektroodpadu, protože každá země má různé kategorie přístrojů počítaných do elektroodpadu a různé metody odhadů [6].

Tabulka I. Produkce elektroodpadu v zahraničí

Země	Vyprodukovaný elektroodpad v tunách za rok	Kategorie spotřebičů započítané do přehledu elektroodpadu	Rok
Švýcarsko	66.042(*)	Kancelářská a telekomunikační technika, spotřební a zábavní elektronika, velké a malé spotřebiče pro domácnost, chladicí zařízení	2003
Německo	1.100.000	Kancelářská a telekomunikační technika, spotřební a zábavní elektronika, velké a malé spotřebiče pro domácnost, chladicí zařízení	Odhad v 2005
Velká Británie	915.000	Kancelářská a telekomunikační technika, spotřební a zábavní elektronika, velké a malé spotřebiče pro domácnost, chladicí zařízení	1998
USA	2.124.400	Video produkty, audio produkty, počítače a telekomunikační zařízení	2000
Tajwan	14.036	Počítače, domácí elektrické spotřebiče (televizory, pračky, klimatizační jednotky, chladicí zařízení)	2003
Thajsko	60.000	chladicí zařízení, klimatizační jednotky, televizory, pračky, počítače	2003
Dánsko	118.000	Elektronické a elektrické spotřebiče včetně chladicích zařízení	1997
Kanada	67.000	Počítačové vybavení (počítače, tiskárny, scannery, atd.) a spotřební a zábavní elektronika (televizory)	Odhad v 2005

(*) Toto je množství elektroodpadu změřené přesně.

2.3.1 Spojené státy americké:

Američané se ročně zbaví 50 milionů počítačů a 130 milionů mobilních telefonů a dalších spotřebičů, které mají za následek přes dva miliony tun elektroodpadu. Ochránci životního prostředí upozorňují na rostoucí příliv elektronického odpadu zaplňující skládky, řeky a okraje cest.

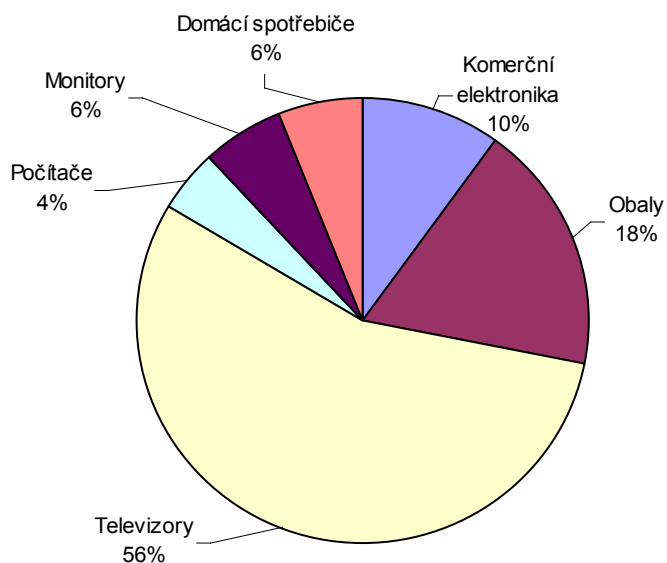
Doposud proběhlo na území USA několik programů zabývajících se sběrem tohoto nebezpečného odpadu. Některé firmy dokonce pořádají hromadný sběr elektrošrotu od zákazníků v podobě slevy nového výrobku.

Například firma Apple Computer zřídila centrální sběrné středisko svých výrobků ve městě Cupertino. Uživatel se může zbavit svého odpadu v několika místech. Firma Dell nabízí bezplatnou recyklaci, ale jen když si spotřebitel koupí nový výrobek. Hewlett Packard sbírá počítače všech značek za poplatek 13 až 35 dolarů.

Celkové množství vyprodukovaného elektroodpadu za rok 2000 byl 2.124.400 tun, což činí 7,33 kg na osobu. Průměrné složení elektroodpadu v USA v roce 2000 [7].

Tabulka II. Složení elektroodpadu v USA za rok 2000

Zařízení	Hmotnost [t]	V [%] z celku
Televizory	1181166,4	55,60%
Obal	380267,6	17,90%
Komerční elektronika	214564,4	10,10%
Domácí elektronika	129588,4	6,10%
Monitory	125339,6	5,90%
Počítače	93473,6	4,40%
Celkem	2.124.400	100,00%



Obr.3. Složení elektroodpadu v USA

Švýcarsko

Klasifikace elektroodpadu:

Velké spotřebiče v domácnosti, chladicí spotřebiče, malé spotřebiče v domácnosti, kancelářské a telekomunikační vybavení, zábavní elektronika, ostatní spotřebiče.

Celkové množství vyprodukovaného elektroodpadu za rok 2003:

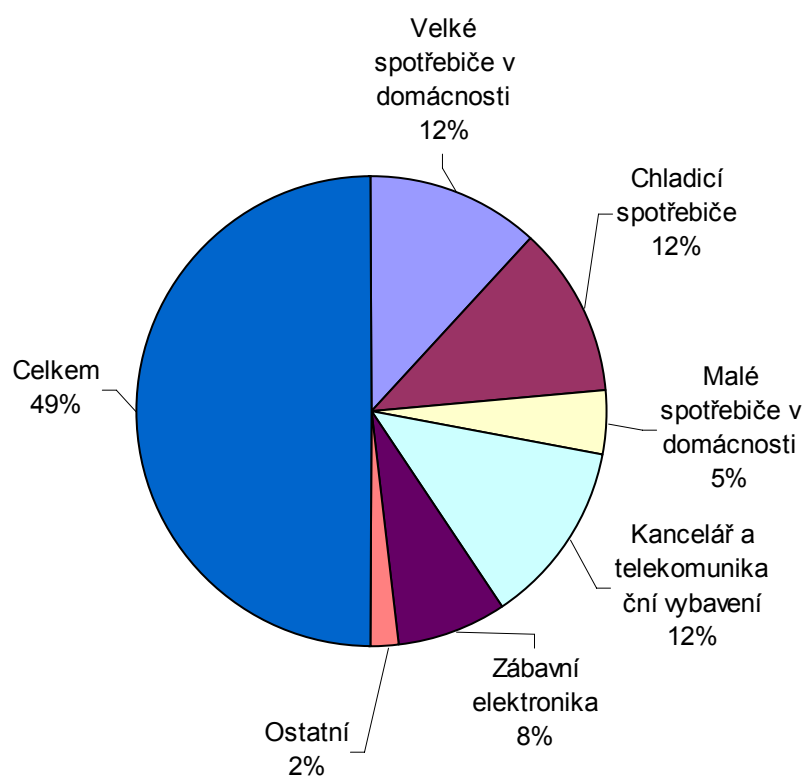
66,046 tuny

Celkové množství vyprodukovaného elektroodpadu na osobu za rok 2003:

9.05 kg/ osoba [7].

Tabulka III. Složení elektroodpadu ve Švýcarsku v roce 2003

Zařízení	Hmotnost [t]	V [%] z celku
Velké spotřebiče v domácnosti	16.031	24%
Chladicí spotřebiče	15.309	23%
Malé spotřebiče v domácnosti	5.869	9%
Kancelář a telekomunikační vybavení	16.578	25%
Zábavní elektronika	10.193	15%
Ostatní spotřebiče	2.066	4%
Celkem	66.046	100%



Obr. 4. Složení vyprodukovaného elektroodpadu ve Švýcarsku v roce 2003

2.3.2 Německo

Klasifikace elektroodpadu:

Velké spotřebiče v domácnosti, chladicí spotřebiče, malé spotřebiče v domácnosti, vysavače, kancelářská a telekomunikační technika, audio a video elektronika, televizory.

Celkové množství vyprodukovaného elektroodpadu za rok 2005 (odhad):

1.089.000 tun

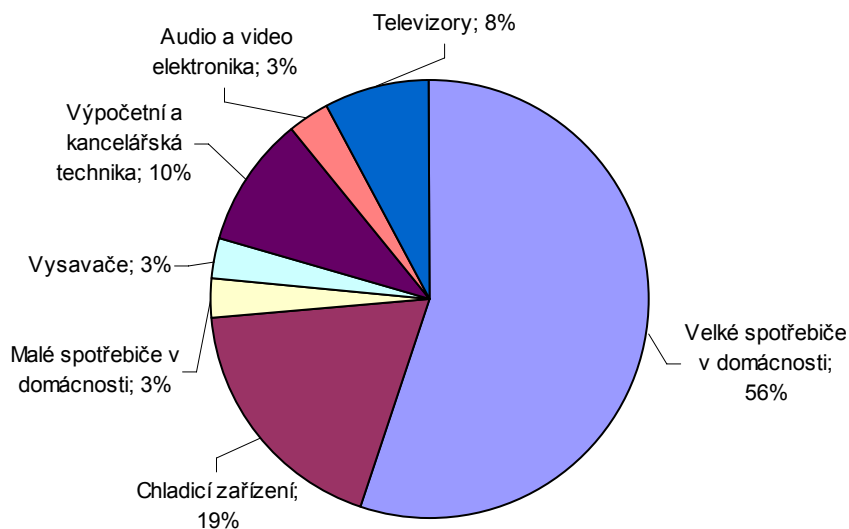
Celkové množství vyprodukovaného elektroodpadu na osobu za rok 2005 (odhad):

13,41 kg

Složení elektroodpadu v Německu:

Tabulka IV. Složení elektroodpadu v Německu v roce 2005

Zařízení	Hmotnost v [t]	V [%] z celku
Velké spotřebiče v domácnosti	610.500	56%
Chladicí zařízení	203.500	19%
Malé spotřebiče v domácnosti	27.500	3%
Vysavače	27.500	3%
Výpočetní a kancelářská technika	110.000	10%
Audio a video elektronika	27.500	3%
Televizory	82.500	8%
Celkem	1.089.000	100%



Obr. 5. Složení elektroodpadu v Německu [7]

2.4 Nebezpečné látky

Počítače a další elektronická zařízení jsou vyrobeny ze stovek různých materiálů, a je možné nalézt v přírodě i uměle – vytvořené člověkem. Zatímco některé přírodně vyskytující se látky, jako je chrom, jsou v přírodě neškodné, jejich použití v elektronice má za následek jejich separaci, která je činí nebezpečné. Tyto vysoce toxické látky jsou zvláště škodlivé pro lidské zdraví a prostředí, jestliže nejsou pečlivě zlikvidovány. Obsah toxických látek v elektroodpadu ukazuje tabulka V [8].

Tabulka V. Obsah toxických látek v elektroodpadu

Látka	Výskyt v elektroodpadu
Halogenové směsi:	
PCB (polychlorované bifenyly)	Kondenzátory, transformátory
TBBA (tetrabromobisfenol)	Je nyní nepoužívanější samozhášecí přísada v tištěných plošných spojích
PBB (polybromované bifenyly)	Zpomalovač hoření pro plasty (termoplasty, kabelová izolace)
PBDE (polybromované difenyletery)	
Freon - Chlorofluorocarbon (CFC)	Chladicí jednotka, izolační pěna
PVC (polyvinyl chlorid)	Kabelová izolace
Těžké a ostatní kovy:	
Arzen	Polovodičové součástky - diody
Baryum	V obrazovkách (CRT)
Berylium	Napájecí zařízení
Kadmium	Dobíjecí NiCd-baterie, fluorescenční vrstva (CRT obrazovky), tiskárnové inkousty a toner, kopírky (tiskárnové bubny)
Šestimocný chrom	Datové pásky (kazety), diskety
Olovo	CRT obrazovky, baterie, tištěné plošné spoje
Lithium	Li-baterie
Rtuť	Fluorescenční světla, která poskytují osvětlení v LCD, v některých alkalických bateriích, rtuťové spínače, jističe
Níkl	Dobíjecí NiCd-baterie nebo NiMH-baterie, elektronová tryska v CRT
Kovy alkalických zemin (Yttrium, Europium)	Fluorescenční vrstva (CRT obrazovka)
Selen	Starší kopírky (fotografické bubny)
Sulfid zinečnatý (ZnS)	Vnitřek CRT stěn, smíšený s kovy vzácných zemin
Radioaktivní látky:	
Americium	Lékařské vybavení, hlásiče požáru, aktivní čidlo v hlásičích požáru
Ostatní:	
Tonerový prach	Tonerové náplně pro laserové tiskárny / kopírovací stroje

Arzen

Arzen je jedovatý kovový prvek, který je přítomný v prachu a rozpustných substancích. Opakované vystavení arzenu může způsobit nemoci kůže, závažné poruchy nervové soustavy a dokonce rakovinu plic. Má často fatální následky.

Baryum

Baryum je kovový prvek, který je použitý ve fluorescenčních světlech - zářivkách. Je vysoce nestabilní v čisté formě a pokud se dostane do kontaktu se vzduchem, vytváří jedovaté oxidy. Krátkodobé vystavení baryu může vést k otoku mozku, svalové slabosti, poškození srdce, jater a sleziny. Pokusy na zvířatech odhalily zvýšený krevní tlak a změny v srdeční arytmií při dlouhodobějším působení barya.

Berylium

Berylium bylo nedávno klasifikováno jako lidský karcinogen, protože při dlouhodobějším vystavení může způsobit rakovinu plic. Primární zdravotní riziko hrozí inhalací beryliového prachu, kouře nebo výparů. Pracovníci, kteří jsou stále vystaveni působení berylia, dokonce jen v malých množstvích, se stávají citlivými na berylium a mohou se u nich začít objevovat příznaky nemoci Berylicosis, negativně ovlivňující plíce. Vystavení beryliu také způsobuje různé formy kožních onemocnění charakterizované špatným hojením ran a vznikem bradavicových výčnělků na povrchu kůže. Studie ukázaly, že nemoci se mohou u lidí objevit i několik let po posledním působení.

Zpomalovače hoření (obsahující bróm)

Tři hlavní typy zpomalovačů hoření použitých v elektronických a elektrických spotřebičích jsou polybromované bifenyly (PBB), polybromované difenylétery (PBDE) a tetrabromobisfenoly (TBBPA). Zpomalovače hoření činí materiály, zvláště plasty a textilní zboží, více odolné hoření. Používají ve spotřební elektronice včetně počítačů. Tyto látky se kumulují v živočišných tukách podobně jako polychlorované bifenyly. Mohou vést k hormonálním poruchám. Významnější elektroničtí výrobci přestávají tyto látky ve svých výrobcích používat.

Kadmium

Kademnaté složky mohou mít vážné dopady na ledviny. Kadmium se vstřebává dýcháním, ale také společně s přijímáním potravy. Kvůli dlouhému poločasu rozpadu v tělu, se může kadmium snadno nahromadit. Ve větším množství způsobuje otravy. Krátkodobé působení z výparů způsobuje chřipku a jako příznaky mohou být horečka, bolest hlavy, mrazení, pocení a bolest svalů. Primární zdravotní riziko z dlouhodobého působení se může projevit rakovinou plic a ledvinovým poškozením. Kadmium také způsobuje plicní emfyzém a onemocnění kostí (měknutí kostí a vývoj křivice - řidnutí kostí).

Freon

Freon je složený z uhlíku, fluóru, chlóru, a někdy i vodíku. Užívaný byl hlavně v chladicích jednotkách a izolační pěně. Při užívání dochází k postupnému uvolňování do atmosféry a následnému nahromadění ve stratosféře, což způsobuje vznik ozonových děr.

Ty mají za následek zvýšený výskyt rakoviny kůže u lidí a genetické poškození u mnoha organismů.

Chrom

Chrom a jeho oxidy jsou široce užívané kvůli jejich vysoké vodivosti a antikorozním vlastnostem. Zatímco některé jeho varianty nejsou toxické, šestimocný chrom je snadno vstřebáván do lidského těla a může produkovat různé jedovaté účinky uvnitř buněk. Dlouhodobé vystavování účinkům šestimocného chromu poškozuje zrak a kůži. Může také poškodit kyselinu deoxyribonukleovou (DNA).

Dioxiny

Dioxiny a jim podobné látky (především polychlorované bifenyly) se nerozpouštějí ve vodě a po dlouhou dobu přetrvávají v prostředí. Ukládají se v tukách. U lidí poškozují imunitní a hormonální systém, způsobují poruchy metabolismu. U mužů mohou dioxiny poškozovat strukturu varlat či způsobovat zmenšení pohlavních orgánů. Ženy mohou trpět poruchami funkce vaječníků a vážnými onemocněními dělohy. Dioxiny se dostávají placentou i do organismu nenarozených dětí. Kojenci je pijí s mateřským mlékem. U dětí dioxiny vedou například k vývojovým vadám a poškozují nervový systém. Každý organismus reaguje na tyto látky různě.

Olovo

Olovo je pátý nejpoužívanější kov po železu, hliníku, mědi a zinku. Vyskytuje se často v elektrickém a elektrotechnickém průmyslu. Především v letovaných spojích, olověných akumulátorech, elektronických součástkách, pláštích kabelů, ve skle obrazovek (CRT), atd. Krátkodobé vystavení velkému množství olova může způsobovat zvracení, průjem, křeče, kóma nebo dokonce smrt. Dalšími symptomy bývají ztráta chuti, bolest břicha, zácpa, únava, nespavost, podrážděnost a bolest hlavy - migrény. Pokračující nadměrné vystavení může negativně ovlivnit činnost ledvin. To je zvláště nebezpečné pro mladé děti, protože může poškodit nervovou soustavu a bývá příčinou mozkových poruch.

Rtuť

Rtuť je jednou z nejvíce toxických, zatím ještě používaných kovů v produkci elektrických a elektronických zařízení. Toxické těžké kovy obecně způsobují vážné poruchy činnosti mozku a jater ať už nadýcháním nebo požitím. V elektronice a elektrických spotřebičích se rtuť stále ještě objevuje v některých bateriích, některých spínačích, regulátorech teplot a fluorescenčních světlech.

Polychlóvané bifenyly (PCB)

PCB jsou organické sloučeniny užívané v různých aplikacích, včetně dielektrických tekavých látek pro kondenzátory a transformátory a jako přísady v lepidlech a plastech. U pokusů na zvířatech se prokázala přímá spojitost se vznikem rakoviny. PCB také negativně ovlivňuje reprodukci a imunitní systém, nervovou soustavu, endokrinní soustavu a způsobuje celou řadu dalších omezení. V již velice nízkých koncentracích poškozují hormonální a imunitní systém člověka. Lidé, kteří přicházeli pravidelně do styku s vysokými koncentracemi PCB onemocněli tzv. chlorakné, dysfunkcemi jater, měli dýchací potíže a řadu dalších zdravotních problémů. PCB jsou trvale kontaminující látky v prostředí. Kvůli vysoké rozpustnosti se PCB hromadí v tučných tkáních téměř všech organismů (bioakumulace). Použití PCB je zakázané v OECD zemích, nicméně, kvůli jeho širokému použití v minulosti, se s ním budeme setkávat ještě často.

Polyvinylchlorid (PVC)

PVC je široce užívaný plast, použitý v každodenní elektronice a spotřebičích v domácnosti i průmyslu.. PVC patří mezi nebezpečné látky, protože obsahuje až 56 procent chlóru. Při spalování těchto plastových výrobků vzniká velké množství chlórových plynů, které při spojení s vodou vytváří kyselinu solnou a ta způsobuje při inhalaci vážné dýchací problémy.

Selen

Vystavení vysokým koncentracím selenu způsobuje tzv. Selenosis. Významným projevem tohoto onemocnění je vypadávání vlasů, neurologické problémy (jako znecitlivění a zvláštní pocity plné depresi).

Azbest

Azbest je tvořen vláknitými křemičitany, především vápenatými, případně hořečnatými. Vdechování jeho drobných vláken vede taktéž k onemocnění plic, zvanému azbestosa. Je to nevratná plicní choroba, těžší než silikosa. V případě azbestu byla prokázána jeho karcinogenita. Může vyvolávat nádory na plicích, ale též rakovinu jiných orgánů. Používání azbestu se proto dnes omezuje.

2.5 Nebezpečné procesy

Mezi nejpoužívanější způsoby nakládání s elektroodpadem patří: „Skládkování, spalování a recyklace. V této hierarchii možností je metoda skládkování považována za nejvíce škodlivou a metoda recyklace za nejšetrnější k našemu životnímu prostředí [9].

2.5.1 Recyklace součástí obsahujících nebezpečné složky

K vůli halogenovým látkám, které se nachází v plastech, jsou následkem recyklace kovů z elektroodpadu produkovány dioxiny i furany. Halogenové látky obsažené v elektroodpadech, obzvláště zpomalovače hoření, jsou problémem při vytlačení a recyklaci plastů. Díky nedůkladné identifikaci plastů obsahujících zpomalovače hoření, některé firmy nepřijímají plasty do recyklace elektroodpadu.

Problémy pro životní prostředí při recyklaci s elektroodpady nejsou pouze spojeny s halogenovými látkami. Škodliviny nebezpečné pro ovzduší také pochází z recyklace elektroodpadu. Obsahují těžké kovy jako olovo a kadmium. Tyto emise by mohly být výrazně sníženy předprávnými procesy. Další problém s těžkými kovy a halogenovými látkami v neošetřeném elektroodpadu se děje během procesu drcení, protože je většinou drcen bez důkladné demontáže menších částí a nebezpečné látky jako PCB obsažené v kondenzátorech se mohou vmísit mezi získané kovy.

Podíl emisí ve vzduchu (poměr vypouštěných nebezpečných látek v (kg) na 100 tun přístrojů) vypočítaný pro vybrané přístroje ukázal, že emise olova z recyklace počítačů a televizorů je vyšší v porovnání s jinými přístroji.

2.5.2 Spalování ve spalovnách

Spalování je proces likvidace odpadu hořením. Kvůli různorodosti látek nalezených v elektroodpadu, je spalování spjaté s větším rizikem a to zamořováním a rozptylováním toxických látek. To je specifické zvláště pro spalování elektroodpadu bez předchozího zpracování nebo dokonce rafinace exhalací. Studie spalování tuhého odpadu ukázaly, že měď, která je přítomná v tištěných obvodových spojích a kabelech, působí jako katalyzátor pro dioxiny, které zpomalují hoření. Když jsou tyto zpomalovače hoření vystaveny nízkým teplotám (600 - 800°C), mohou tvořit extrémně toxické polybromované dioxiny (PBDD) a furany (PBDF). Podobně i PVC, které může být nalezeno v elektroodpadu ve významných množstvích, je při spalování vysoce toxické.

Spalování také vede ke ztrátě cenných stopových prvků které, mohly být obnoveny, tříděny a zpracovávány odděleně.

2.5.3 Spalování při otevřeném ohni

U otevřených ohňů, které hoří v relativně nízkých teplotách, dochází k nedokonalému spalování a tím uvolňování mnohem více emisí škodlivin než při řízeném procesu v podnikové spalovně. Emise inhalované z otevřeného ohně mohou spustit astmatické záchvaty, infekci dýchacích cest, a další problémy jako kašel, dušnost, bolest na hrudníku, a dráždění očí. Chronické vystavení emisím z otevřeného ohně může vést k propuknutí takových nemocí jako rozedma plic či rakovina. Například, hořící PVC uvolňuje chlorovodík, který se při inhalaci mísí s vodou v plicích a tvoří tak kyselinu solnou. To může vést k rozežírání plicní tkáně a komplikacím s dýcháním. Otevřené ohně často hoří s nedostatkem kyslíku, což způsobuje nadměrnou produkci oxidu uhelnatého (CO), který při delší inhalaci způsobuje otravu krve a následně smrt. Podobně může být nebezpečné při dlouhodobější inhalaci i větší množství drobných částic ve formě popela, které se nachází v našem okolí.

2.5.4 Skládka

Skládka je jednou z nejrozšířenějších metod nakládání s odpady. Nicméně, je všeobecně známo, že všechny skládky odpadků prosakují. Filtrát často obsahuje těžké kovy a další toxické látky, které mohou znečistit podzemní vodu a vodní zdroje. Nejmodernější skládky jsou sice zabezpečeny proti prosakování, nicméně tato ochrana není trvalá. Starší skládky představují mnohem větší riziko v uvolňování nebezpečných emisí.

Rtuť, kadmium a olovo patří mezi nejvíce toxické filtráty. Rtuť může začít unikat a poté se začít louhovat při narušení struktury materiálu vlivem mechanického či povětrnostního působení. Olovo se často nachází ve stádiu louhování ze skleněných stěrů televizních a počítačových obrazovek. Podobně je tomu i u plastu, ze kterých se vlivem působení podnebí začínou uvolňovat nebezpečné složky.

Na skládkách se také kromě loužení tvoří i výpary. Například těkavé kyseliny. Navíc jsou skládky náchylné ke vzniku nekontrolovatelných ohňů, které mohou unikající toxické výpary vznítit. Tyto zjištěné negativní vlivy působení skládek nás na druhou stranu nutí řešit separaci těchto odpadů.

Skládky by v budoucnu měly sloužit jen odpadu, který již nebude možné recyklovat a odpadu bez negativního důsledku na naše životní prostředí [9].

2.6 Způsoby recyklace OEEZ

Recyklací elektroodpadu u nás se zabývá celá řada firem. Některé z nich zajišťují pouze sběr a separaci jednotlivých dílů, ty ostatní se zabývají přímo recyklací.

2.6.1 Akumulátory

Automobilové akumulátory jsou dle vyhlášky MŽP č. 381/2001 Sb. definovány jako nebezpečný odpad. Většina současných akumulátorů je olověných, a právě olovo může při lehkovážném zbavení se vysloužilého akumulátoru způsobit životnímu prostředí

nemalé škody. Všeobecná snaha výrobců autobaterií nahradit olovo méně škodlivou látkou je zatím neúspěšná, takže nejšetrnější likvidační metodou je v současnosti recyklace opotřebovaných autobaterií.

Maximální ochrana životního prostředí je jednou z dlouholetých snah firmy AKUMA, a. s., která baterie nejenom vyrábí, ale stará se i o jejich odbornou likvidaci. Spotřeba olova se v České republice pohybuje okolo 26 tisíc tun ročně a vyrábí se u nás pouze na jednom místě - v Kovohutích Příbram, a. s. Tato huť získává výchozí surovinu už od roku 1973 výhradně recyklací vyřazených akumulátorových baterií a z použitých kabelů. Výrobní závod se tedy chová ekologicky, ale jeho kapacita je využita jen ze tří čtvrtin. Odborníci vidí problém hlavně v malé účinnosti sběru nefunkčních akumulátorů. V současnosti se totiž daří vracet na druhotné zpracování pouze 77 % všech opotřebovaných akumulátorů. Celkový obsah olova v průměrné akumulátorové baterii je téměř 55 %. Zákon stanovuje povinnosti při nakládání s bateriemi a akumulátory.

Tyto povinnosti se vztahují:

- a) na fyzické nebo právnické osoby, které nakládají s akumulátory s obsahem více než 0,4 hmotnostních % olova. Tyto osoby jsou povinny zajistit oddělené shromažďování, soustředění, využití a odstranění takovýchto akumulátorů.
- b) na výrobce a dovozce akumulátorů, kteří jsou povinni označovat akumulátory údaji týkajícími se možností jejich zpětného odběru a obsahu těžkých kovů v nich obsažených a informovat spotřebitele o nebezpečích spojených s protiprávním odstraňováním upotřebených akumulátorů.

Složení akumulátoru

Akumulátor se skládá z kladné elektrody (oxid olova), záporné elektrody (olovo), elektrolytu (zředěná kyselina sírová) a upevňovací skříně z ebonitového nebo plastového obalu (polypropylen). Elektrody se vyrábí ze slitin olova a antimonu. Nosné a svodné části elektrod jsou z čistého nebo legovaného olova. Akumulátorový odpad je v řadě zemí využíván k získání olova. Částečně se využívá i obal, problematické je zatím využití elektrolytu.

Recyklace akumulátorů

Olověné akumulátory mohou při jejich lehkovážném zbavování způsobit životnímu prostředí nemalé škody. Všeobecná snaha výrobců nahradit olovo méně škodlivou látkou je dodnes neúspěšná, takže nejúčinnější metodou je prozatím recyklace opotřebovaných akumulátorů.

Dříve dostal motorista za akumulátor ve sběrných surovinách zapláceno, nyní je to zdarma. Často se proto stává, že vysloužilá autobaterie skončí v popelnici nebo na černé skládce. Nejvhodnějším způsobem je starý a nefunkční akumulátor vrátit do servisu nebo prodejny, kde byl akumulátor zakoupen. V částce, kterou zákazník zaplatí za novou autobaterii a její montáž, je i poplatek za likvidaci staré. Servisy se akumulátorů zbavují různým způsobem. Většinou mívají spojení na sběrné suroviny nebo dealera, který prodává nové autobaterie a staré přijímá na protiúčet.

Recyklací opotřebovaných akumulátorů se v České republice zabývá pouze firma Kovohutě Příbram, kde se v současnosti už olovo vyrábí pouze z vyřazených akumulátorů a použitých kabelů. Ta na jejich ekologickou likvidaci vybudovala novou šachtovou pec, která splňuje náročné požadavky na ochranu životního prostředí. Jejich kapacita dokonce o 20 % převyšuje odhadované množství akumulátorů v tuzemsku a podnik bude možná při nedostatku muset baterie i dovážet.

Partnerská společnost mladoboleslavská AKUMA, a.s. zajišťuje pro Kovohutě sběr starých opotřebovaných autobaterií u všech svých prodejců a servisních partnerů. U každého jejich prodejce by proto měl zákazník najít nejen nové autobaterie, ale i kontejnery na vyřazené akumulátory. Sběr autobaterií je pro zákazníka bezplatný.

Recyklace akumulátorů v Kovohutích Příbram

V roce 1972 byla výroba z olověných koncentrátů z ekonomických i ekologických důvodů zastavena. Od tohoto roku Kovohutě Příbram zpracovávají nejen vyřazené akumulátory, ale i odpady s obsahem drahých kovů. Z vyřazených olověných akumulátorů lze získat zpět čisté olovo v jakosti 99,97 % Pb.

Významným oborem je recyklace odpadů s obsahem drahých kovů. Zpracovávají se zde odpady s obsahem cínu, stříbra, zlata, amortizační elektronické odpady a vyrábí celá řada výrobků a polotovarů z výše uvedených surovin.

Postup recyklace

Staré akumulátory se rozemelou na drť. Při tepelném zpracování vyřazených akumulátorů v šachtové peci reaguje chlor, uvolněný z obalového PVC, s přítomným olovem za vzniku $PbCl_2$, který je podstatnou složkou zachycených úletů. Úlety z filtrů pak musí být při následném získávání obsaženého olova smíšeny se sodou, která umožňuje průběh jejich zpracování na krátkých bubnových pecích. Výsledkem tohoto procesu je surové olovo pro další použití a odpadní, tzv. sodná struska. Díky svému složení a značné rozpustnosti lze tuto strusku ukládat pouze na jedno druhové skládce.

V roce 1999 přišly Kovohutě Příbram, a. s. s technologickou novinkou, která zamezuje vzniku výše uvedeného kalu a tím řeší veškeré problémy jeho skladování. Jedná se o rafinaci olova pomocí kyslíku.

Rafinace olova kyslíkem ročně přináší úspory zhruba ve výši téměř 272 000 m³ zemního plynu, 310 000 kWh elektrické energie, 4 000 GJ páry a 31 t NaOH. Ekologickou předností tohoto postupu je fakt, že se jedná prakticky o bezodpadovou technologii. Proto odpadají starosti s nebezpečným odpadem (kaustifikační kaly) a výrazně se snižuje používání nebezpečných chemických látek [10].

Samostatnou kapitolou jsou tzv. výrobní odpady – struska a kamínek ze šachtové pece. V souladu se zákonem o odpadech provedené testy prokázaly, že struska ani kamínek nejsou nebezpečné.

Zpracování suchých primárních článků s obsahem rtuti

Ve spolupráci s EKO VUK Panenské Břežany je vyvíjena technologie zpracování suchých primárních článků s obsahem rtuti. Cílem je oddělení a recyklace obsažených složek baterií. Technologické zařízení je již v provozu a je prováděna optimalizace parametrů procesu.

Výkup automobilových akumulátorů

Hlavními dodavateli starých akumulátorů jsou firmy zabývající se sběrem odpadů, výrobci a prodejci akumulátorů. Účinnost sběru v roce 2000 byla 77,39 %. V reálném vyjádření je to cca 24.000 tun akumulátorů ročně zpracovaných na technologických zařízeních v Kovohutích Příbram, a. s. V zemích EU se tato účinnost pohybuje mezi 85 – 95 %. Této hodnoty dosáhnou Kovohutě v letošním roce.

Kovohutě Příbram, a. s. usilují o vytváření motivačních cenových podmínek pro dodavatele akumulátorů jako hnací síly fungování sběrové sítě v ČR. Výkupní ceny jsou srovnatelné s cenami zahraničními a pokrývají náklady spojené se sběrem a přepravou akumulátorů (kontejnery, nákladní vozidla apod.) včetně přiměřeného zisku pro zúčastněné firmy.

Problém recyklace automobilových baterií tedy není ve vlastní technologii recyklace, ale souvisí se schopnostmi motoristů, použité a vyřazené automobilové baterie odevzdávat. I odborníci vidí problém hlavně v malé účinnosti sběru nefunkčních akumulátorů. V současnosti se totiž daří vracet na druhotné zpracování pouze 77 % všech opotřebovaných akumulátorů. Ve srovnání se státy EU je to o 18 % méně, přičemž celkový obsah olova v průměrné akumulátorové baterii je téměř 55 %!

2.6.2 Baterie

Elektrochemické články

Upotřebené primární elektrochemické články, které již nelze znovu nabít, obsahují buřel, zinek, chlorid amonný, uhlík, případně lepenku, zalévací hmotu, pocínovaný plech a mosaz. Možnosti využití: V mezinárodním měřítku dosud nejsou shromažďovány ani zpracovávány. V omezené míře se soustřeďují některé specifické články; vzhledem k ochraně životního prostředí mají přednost články obsahující rtuť a stříbro. Z primárních článků se odděluje zinek a buřel a používají se v metalurgickém a chemickém průmyslu. Výzkumné a poloprovozní pokusy probíhají [11].

Sběr a recyklace malých baterií

Podle odhadů se za rok v Evropě prodá 160 000 tun baterií. Toto číslo je jen přibližné, protože většina výrobců uvádí množství v prodaných kusech a nikoli hmotnost. Zhruba 25% z prodaného množství jsou akumulátory, tj. dobíjecí baterie. Pro sběr použitých baterií neexistují pravidelně publikované statistiky. Při výpočtech je proto nutné spoléhat na čísla publikovaná některými firmami nakládajícími s komunálním odpadem, případně pracovat pouze s odhady.

Obecně se dá říci, že objem sběru je v porovnání s existujícími možnostmi poměrně malý. Důvodem jsou velké rozdíly mezi jednotlivými členskými státy EU v míře sběru použitých baterií. V úvahu je také třeba brát tzv. skladovací efekt: průměrný spotřebitel doma skladuje použité baterie po dlouhou dobu a pak je teprve vyhodí do speciálních kontejnerů.

Lithiové dobíjecí baterie například nyní používá téměř každý (například v mobilních telefonech, přenosných počítačích a videokamerách), přesto ale sebrané množství těchto použitých baterií dnes představuje jen několik procent z celkového sběru. V roce 2000 bylo na trhu v EU, Norsku a Švýcarsku 13 100 tun nikl-kadmiových baterií, ale téměř deset tisíc tun zůstávalo u koncových uživatelů. V rámci zpětného odběru bylo získáno něco přes dva tisíce tun, 400 tun bylo sebráno jako součást průmyslového odpadu a 800 tun z TKO (Tříděný komunální odpad).

Třídění a recyklace:

Použité baterie se seberou a pak se třídí podle jednotlivých typů (např. podle chemického složení), aby mohly být odpovídajícím způsobem recyklovány. Většina třídících postupů odděluje nikl-kadmiové, nikl-kovové a lithiové baterie- je to více než 80 % celkové váhy použitých baterií. Někdy se vytřídí i baterie obsahující rtuť, ale to se dělá stále méně často. Obsah rtuti v použitých bateriích je tak nízký, že je někteří již netřídí.

Třídění se dělá buď ručně nebo automaticky. Při ručním třídění jsou baterie rozprostřeny na pomalu se pohybujícím pásu a lidé z něj vybírají určitý typ baterií. Pro automatické třídění se většinou používá kombinace minimálně dvou kritérií, například váha a magnetické spektrum nebo váha a rentgenové spektrum. Přesnost třídění je v obou případech podobná.

Neexistuje univerzální recyklační proces pro všechny druhy použitých baterií. V dnešní době je na konkurenčním trhu k dispozici mnoho různých procesů, z nichž některé se věnují jen jednomu konkrétnímu typu baterií. V recyklačním procesu hrají roli – vedle chemického složení – ještě další faktory. Díky chemickým procesům, které se v nich odehrávají, mají baterie rozdílné chemické složení při koupi a na konci své životnosti. Navíc poměrně velké množství sebraných použitých baterií není zcela vybita a je nutno brát v úvahu také oxidaci kovů (například nikl-kadmiové baterie se skládají hlavně z hydroxidů niklu a kadmia). Před recyklací je třeba odstranit zbytky plastových obalů (baterie v „balíčcích“ u přenosných počítačů).

Hlavní recyklační procesy jsou tepelné a hydrometalurgické

Tepelné (pyrometalurgické) procesy zahrnují zpracování v elektrických obloukových pecích, které se používají pro baterie s nízkým obsahem rtuti; železo a mangan se přemění na železo-manganovou slitinu pro ocelářský průmysl. Zinek se znovu získává po sublimaci ve formě oxidu a dále zpracovává. Používají se rovněž oxido-redukční pece, sublimační pece (pro baterie s vysokým obsahem rtuti a nikl-kadmiové baterie), pyrolýza pro nikl-kovové a lithiové baterie nebo se baterie přidávají do vysokých pecí.

Hydrometalurgickým procesům předchází drcení, oddělení kovů, papíru a plastů, přičemž vznikne tzv. „černá hmota“ (black mass), která obsahuje uhlík, mangan a oxidy zinku a používá se pro další zpracování kyselinovou cestou podobným postupem, jaký se používá pro zpracování manganových nebo zinkových rud.

Lithiové baterie se rozebírají ve speciálně uzpůsobeném prostředí, aby se zabránilo výbuchu. Obsahují velmi nebezpečné elektrolyty, které vyžadují specifické zacházení.

Všechny tyto recyklační procesy již prokázaly svou funkčnost. Současná recyklační kapacita je mnohem vyšší, než je množství sebraných baterií. Silné konkurenční prostředí má vliv na náklady na recyklování. Ty se v dnešní době odhadují na 350-1000 euro za tunu podle typu použitého procesu, ale také podle recyklačního stupně, kterého se má

dosáhnout. Recyklační firmy budou dlouhodobě moct přežít jen tehdy, pokud se zvýší množství materiálu pro recyklaci.

V České republice se kolektivním systémem sběru a recyklace baterií pro výrobce a dovozce zabývá společnost Ecobat, pracující u nás od konce roku 2002.

Firmy, které jsou klienty Ecobatu, uvedly na trh v roce 2001 celkem 2770 tun přenosných baterií. Původně se odhadovalo, že tyto členské firmy představují kolem 85 % českého trhu. Sběr baterií se v prvním roce fungování systému pohyboval kolem patnácti tun, v roce 2003 již to bylo 69,75 tun vyřazených baterií, což představuje v porovnání s rokem 2002 nárůst 4,6 x. Množství sebraných baterií dále stoupá. V současné době je u nás téměř 4000 primárních sběrných míst (obchody, průmysl atd.) Sběr z průmyslu je 19,7 %, maloobchod (elektro) 33,5 %, obce 42,5 %, maloobchod (potraviny) 4,5 %.

Do konce roku 2004 byly všechny obce ČR nad 3000 obyvatel pokryty místy zpětného odběru a v roce 2006 se počítá s účinností sběru 100g/obyvatele a 50 % recyklace ze sebraného množství.

Systém zpětného odběru baterií v Belgii:

Belgický systém sběru a recyklace baterií patří k nejefektivnějším v Evropě. Je založen na ekonomické stimulaci a otevřené komunikaci subjektů. Zpětný odběr a recyklaci baterií zajišťuje v Belgii nezisková organizace Bebat, kterou v roce 1995 založilo šest největších výrobců a dovozců. Podle zákona je na každou z baterií uvedených na trh uvalena daň 50 centů, která je příjmem státního rozpočtu (existují však výjimky – neplatí se za baterie v lékařských zařízeních, startovací zařízení apod.). Poměrně vysokou ekodaň však nemusí platit ten, kdo je součástí systému pro sběr a recyklaci baterií. Z tohoto nařízení vyplynulo založení organizace Bebat.

Sběr:

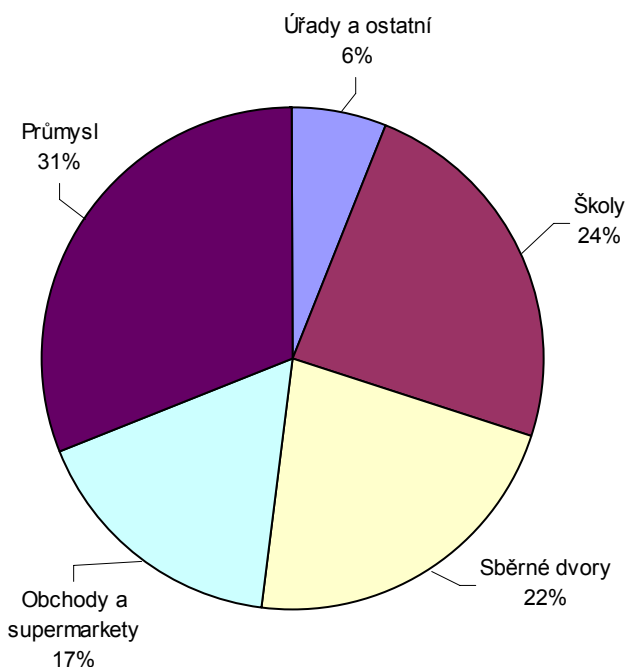
Kvóta sběru je dána zákonem. V návrhu evropské směrnice je kvóta sebraných baterií 160 g/obyv./rok. Belgie je jedinou zemí, která splňuje limity EU. Sbírají 2465 tun za rok, což při zhruba deseti milionech obyvatel představuje sběr kolem 240 g/obyv./rok. Druhé je Holandsko se sběrem 140 g/obyv./rok. Belgie a Česká republika jsou země

přibližně srovnatelné. Nicméně v organizaci Bebat je 700 subjektů, u nás v systému Ecobat je jich zatím kolem šedesáti.

Vysoká čísla sběru jsou dosažena mimo jiné také dobrým sběrným systémem. V Belgii funguje na 20 000 sběrných míst (viz graf). Jediné místo, kde je sběr odměňován, jsou školy. Získávají bod za každé sebrané kilo baterií, za určitý počet bodů dostávají odměny a dárky.

Školy komunikují s Bebatem prostřednictvím internetu. Baterie přicházejí v krabicích ze sběrových míst do třídícího centra. Třídí se na čtyři základní kategorie a každý typ má svou vlastní technologii recyklace.

Pro usnadnění komunikace se zúčastněnými subjekty vypracoval Bebat nomenklaturu všech baterií, které jsou na trhu. Zaznamenává se značka, chemismus (chemické složení), velikost, hmotnost jednoho kusu (velmi důležitý údaj) [12].



Obr. 6. Podíl sběrných míst na zpětném odběru

2.6.3 Recyklace světelných zdrojů

Zpětný odběr zářivek a výbojek

System zpětného odběru použitých zářivek a výbojek se buduje již od roku 1998, kdy byla u významných prodejců světelné techniky zřizována první sběrná místa.

Do konce roku 2001 bylo sebráno a recyklováno více než 1000 tun použitých zářivek a výbojek.

Tento princip systému zpětného odběru platí i v současné době. Provoz sběrných míst odpadu byl postupně nahrazen provozem míst zpětného odběru použitých výrobků a uveden do souladu s novým zákonem o odpadech.

Povinnou osobou zajišťující zpětný odběr použitých zářivek a výbojek jsou dovozci a výrobci výrobku světelné techniky. Jediným českým výrobcem je TESLAMP Holešovice, a.s. Z nejvýznamnějších autorizovaných dovozců jsou do systému zapojeni Philips Česká republika, s.r.o., OSRAM, s.r.o., GE Lighting, s.r.o. a Sylvanit LI. Místa zpětného odběru (MZO) se zřizují zejména v síti prodejců výrobků světelné techniky.

Následným zpracováním tohoto druhu odpadu v zařízení recyklační stanice jsou získávány druhotné suroviny, jako měkké a tvrdé sklo, hliník, mosaz, rtuť, železo, papír apod., s účinností minimálně 90 %.

V současnosti je 158 míst zpětného odběru, rozmístěných po celém území ČR. Z těchto míst bylo v roce 2002 odvezeno a recyklováno 350 tun nefunkčních světelných zdrojů s obsahem rtuti a podíl odebraných použitých a prodaných nových výrobků světelné techniky dosahoval kolem 15 %.

Postup recyklace zářivek a výbojek

Při mechanické úpravě se výrobek uvede do styku s vodným roztokem sulfidu nebo polysulfidu alkalických kovů nebo alkalických zemin, zvláště sulfidu vápenatého. Dále následuje třídění hliníkových patič od převažujícího skla [13].

2.6.4 Žárovky

Rozbité či nefunkční žárovky lze bez jakýchkoliv výhrad odložit do nádoby na směsný komunální odpad. V případě, že je tento odpad spalován v městské spalovně komunálních odpadů, jsou skleněné střepty přetaveny a kovová patice vypadne na konci spalovacího procesu působením elektromagnetického separátoru (jako železný šrot k další recyklaci). V případě skládkování odpadu skončí žárovka pod mohutnými koly drtiče.

Žárovka obsahuje wolfram, což je tzv. "vzácný" kov, ale nikoliv toxický. Wolfram bezpečně odolává vysokým teplotám, aniž by se přetavil, přičemž poskytuje vysokou svítivost. Dutina žárovky je plněna dalším prvkem – inertním plynem, který zabraňuje oxidaci (vyhoření) vlákna. Nejčastěji se jedná o argon. A protože je to opravdu inertní (chemickému a fyzikálnímu působení netečný) plyn, tak od něj žádné nebezpečí.

Od rozbité žárovky hrozí pouze jediné nebezpečí - ve formě střepů, tzn. možného úrazu při fyzickém kontaktu s ní. Nefunkční, ale nepoškozená žárovka "nás" neohrožuje žádným způsobem. Jiná situace nastane, pokud budeme chtít vyhodit vysloužilou úspornou žárovku, tedy správně úspornou kompaktní zářivku. Úsporné kompaktní zářivky obsahují 3 až 10 mg rtuti (podle typu a výrobce). Částečně je tato hodnota eliminována úsporou rtuti uvolněné do prostředí při spotřebě elektrické energie u klasické žárovky (rtuť se uvolňuje při spalování uhlí). Úsporné kompaktní zářivky nepatří do koše, ale do sběrného dvora mezi nebezpečný odpad. Podle informací „Iniciativy pro úsporné osvětlování“ lze pak recyklovat až 95 % rtuti [14].

2.6.5 Kompaktní disky (CD, DVD)

Obsahují kromě plastu (polykarbonát) laky, pryskyřici a mikrofilm z různých druhů kovů, včetně hliníku, zlata, stříbra a titanu. Průměrná životnost disku je 4 roky a při vypalování dat se zničí něco kolem 2 % disků. Disky na skládce mohou znehodnotit půdu i podzemní vody těžkými kovy. Při likvidaci ve spalovnách se při hoření mohou uvolňovat nebezpečné dioxiny.

Pokud se jedná o velké množství CD (řádově tuny), daly by se zpracovat na granulát, ale v malém množství je můžeme klidně vhodit, tak jako jiné plasty, do sběrných

nádob k dalšímu zpracování. Ty se pak zpracovávají na různé těžké výrobky, které nahrazují prvotní materiály (plastové palety, plotovky, lavičky, kabelové žleby, zatravňovací dlaždice apod.). Ve firmě Transform a.s. Lázně Bohdaneč zpracovávají směsné plasty na uvedené těžké výrobky metodou downcycling (nejedná se tedy o čistou recyklaci). Zde jim malé množství kovové folie z disků nevadí, ve výrobku se jednoduše ztratí.

Kompaktní disky lze tedy házet do kontejnerů na plast. Společnosti svázející obsah těchto nádob, by tento měla roztřídit na jednotlivé typy plastu, např. PET, PVC, polykarbonát atd. S těmito druhy umělých hmot už se dá obchodovat na trhu druhotných surovin. Výkupní firmy recyklují tyto plasty a vracejí je zpět do výroby, např. v automobilovém průmyslu apod. Vyhazování nepotřebných CD do kontejnerů na směsné plasty je mnohem šetrnější než do kontejnerů na komunální odpad. Směsné plasty jsou dále dotřídřovány na třídících linkách podle druhu materiálu [15].

2.6.6 Recyklace obrazovek

Zneškodňování obrazovek z vyřazených elektronických jednotek bylo a stále je velkým problémem jak u nás, tak v zahraničí. Základním problémem tohoto odpadu je jeho rychle rostoucí produkce, nízký stupeň recyklace, malý počet využívaných složek, přítomnost řady škodlivin, obtížná demontáž a vysoká životnost odpadu.

Nejcennější složkou tohoto odpadu jsou luminofory s obsahem europia, terbia a jiných lanthanoidů, yttria a kovů vzácných zemin. Přes trvalý vývoj dalších luminiscenčních látek není možné se zříci používání těchto látek. Dosud se většina materiálů z obrazovek obvykle skládkuje. Recyklace separovaných luminiscenčních směsí je sice už technologicky zvládnutelná, ale technicky dost náročná a ekonomicky nákladná.

V současnosti se zatím pro získávání lanthanoidů europia, terbia aj. a také yttria a jiných kovů vzácných zemin celkem neprosadil do praxe žádný technologicky a hlavně ekonomicky vhodný postup.

Luminiscenční vrstvy

Pro černobílé obrazovky se nanáší jen modře a žlutě svítící luminiscenční látky obvykle mřížkovým systémem. Pro barevné obrazovky se nanáší červeně, modře a zeleně svítící luminiscenční látky systémem pravidelně střídajících se proužků nebo lépe bodů. Vrstva luminoforu je potom překryta dvěma vrstvami laku, mezi nimiž je napařena vrstva hliníku o tloušťce asi desetin mikrometru. Celek pokrývá vrstva grafitického uhlíku. Tloušťka takto vytvořené vrstvy se pohybuje v rozmezí asi 10 až 15 mikrometrů. Pro obrazovky běžné velikosti (uhlopříčka 55-63 cm) se používá asi 10 až 15 gramů luminiscenční látky.

Nejpoužívanějšími luminofony pro optimální vlastnosti vysokého kontrastu a jasů jsou dnes oxidy, sulfidy, křemičitany a fosforečnany s kationy zinku, kadmia, europia a yttria. Průměrný obsah kovů v luminoforu je asi 9,2 % Zn, 4,6 % Pb, 3,4 % Cd, 3,1 % Al, 0,8 % Y, 0,05 % Ni a 0,002 % Cu a Cr.

Recyklace obrazovek

Obrazovky z televizorů, monitorů nebo radarů se nejprve zpracují mechanicky, a to zavzdušněním a odejmutím krku s vyvíjecím zařízením. Následuje ruční odstranění implozivního ochranného rámu a rozdělení kónusového a stínítkového skla mechanickým řezem nebo tepelným rázem, případně narušením tmelu alkalickým loužením. Potom následuje ruční vyjmutí kovových součástí z vnitřku trubic (stínítkové masky). Odstranění nepříliš pevně fixované luminiscenční vrstvy se provádí buď suchou cestou (odsátím, okartáčováním) nebo mokrou cestou (oplachem, ostříkáním tlakovou vodou). Klasickou cestou zpracování obrazovek je jejich rozdrčení v drtičích a magnetické nebo ruční odstranění kovových (feromagnetické kovy) a nekovových částí (dřevo, plasty) ze skelné drtě. Následuje drcení granulátu a čištění skelné drtě od luminoforu suchou nebo mokrou cestou.

Suchá cesta spočívá v přečištění skelné drtě na vibračním sítu a flotačního dělení skelného prachu od luminoforu. Separace ovšem není dokonalá a výsledkem je čisté směsné sklo, směs kovů, plastů a luminoforu se skelným prachem.

Mokrá cesta je založena na ostřiku skla vodou v pračce obvykle bez chemických přísad. Separace luminoforu je v tomto případě dokonalejší. Po vyprání se skelný granulát

přenesu do vyplachovacího zařízení, kde se z něho dodatečně odstraní zbytky luminoforu (ulpívá na skle jako kalová vrstva) a usadí se v sedimentačních jímkách. Po jeho odtáhnutí se obvykle luminofor vysuší a připraví na další zpracování. Voda se čistí v uzavřeném koloběhu vakuovým kondenzačním agregátem. Kondenzát se znovu používá jako prací voda.

Zpracování získaného luminoforu

Nejvíce používanou metodou je dělení lanthanoidů (zejména Eu, Tb, a Yt) pomocí jejich oxalátů. Směs se nechá zreagovat se silnou minerální kyselinou na dusičnany, chloridy resp. sírany a sráží se koncentrovaným roztokem kyseliny oxalové při teplotě asi 70 °C. Sraženina se několikrát promyje destilovanou vodou při teplotě asi 80 °C, vysuší a vyžihá při teplotě max. 1000 °C. Produkt obsahuje hlavně oxidy europia a yttria. Výtěžnost je obvykle kolem 90 %. Tato metoda je vhodná hlavně pro červenou část luminoforu. Metoda kyselinového loužení je založena na dělení luminiscenčních fosforeskujících sloučenin jako málo rozpustných solí vanadičné kyseliny, za přítomnosti sulfidů kadmia a zinku, aktivovaných stříbrem. Tato metoda je vhodná pro červenou část luminoforu. Velmi rozšířenou metodou dělení oxidů lanthanu, europia, gadolinia a také yttria z luminoforu ve směsi se sulfidy kadmia a zinku je loužení roztoky NaOH. Metoda je vhodná také pro získávání prakticky všech kovů vzácných zemin ze všech typů luminoforů.

Přestože je proces regenerace vzácných složek luminoforu velmi zajímavý a žádaný, nelze zatím přesně říct, kdo a jakým způsobem může tento proces tj. plnohodnotnou regeneraci žádaných složek provádět. Provozy pro zpracování těchto odpadů zatím získávají většinou pouze koncentrované směsi těchto látek, které obvykle odesílají do závodů vyrábějících luminofoxy, kterým se už ekonomicky vyplatí tyto směsi zpracovávat. Ve státech tzv. Visegrádské čtyřky je to téměř výhradně monopolní výrobce a dodavatel luminoforů podnik LWB tj. Leuchtstoffwerk G.m.b.H. [16].

2.6.7 Recyklace mobilních telefonů

Obvyklým způsobem je proto výrobky demontovat a získávat z nich využitelné nebo recyklovatelné součásti. To je však velmi nákladná záležitost vyžadující zatím velký podíl lidské práce.

Odborníci z Brunelovy univerzity proto vypracovali technologii tzv. "aktivní demontáže". Podle ní jsou při konstrukci mobilu používány "chytré" prvky ve formě

pružin, upevňovacích prvků a šroubků vyráběných ze slitin s tvarovou pamětí a polymerů, které mění vlivem teploty výrazně některé své vlastnosti. S jejich použitím se dá vyrobit výrobek, který označují jako "samodestruktivní mobilní telefon".

Kovy i plasty udržují při různých teplotách různé tvary. Když se telefon rychle zahřeje, "chytré" upevňovací součásti otevrou schránku telefonu, pružiny vysunou displej a šrouby se uvolní tak, že umožní, aby vypadly destičky obvodů. Výrobky se tedy vlastně demontují samy na běžícím pásu bez jejich mechanického poškození, ke kterému dochází při ruční demontáži. Díky tomu lze jednotlivé součástky znovu použít, případně kvalitně vytřídit pro následnou recyklaci. Elektronické čipy je možno znovu namontovat, destičky obvodů se taví a získávají se z nich vzácné kovy a baterie a LCD prvky (displeje z tekutých krystalů) lze zpracovat tak, aby z nich byly odstraněny toxické prvky.

Praktické využití technologie pro komerční účely nyní prověřují firmy Nokia, Sony a Motorola. Podmínkou je, aby aplikace nových materiálů neovlivnila použitelnost mobilů v praxi, ani nezvýšila výrobní ceny.

2.7 Technologie zpracování vytrřiděného odpadu

2.7.1 Recyklace cestou olova

Firma Kovohutě Příbram s tradicí v recyklaci olověných akumulátorů, se v posledních čtyřech letech stále více zabývá recyklací odpadů s obsahem drahých kovů a elektrošrotu.

Zpracováním odpadů s obsahem drahých kovů (stříbro, zlato, palladium, platina) se u nás zabývá přibližně deset firem. Příbramská technologie zpracování OEEZ (odpadních elektrických a elektronických zařízení) cestou olova, tedy pyrometalurgicky, a následně získávání drahých kovů rafinací je ojedinělá.

Odpady obsahující drahé kovy zahrnují například různé kontakty, diody, čipy, konektory, celé desky tištěných spojů z počítačů a mobilních telefonů. Většinu těchto odpadů Kovohutě vykupují již jako vytrřiděný odpad k přímému zpracování (v největší míře z demontážních středisek). Pro účely obchodu i zpracování jsou tyto odpady

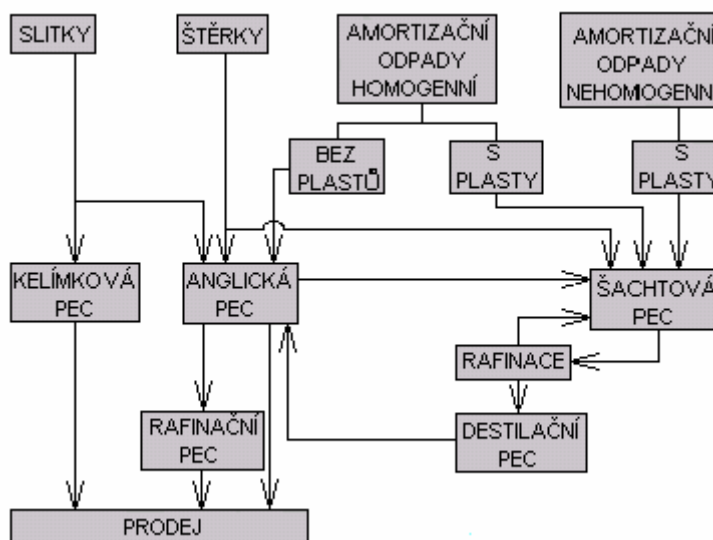
rozděleny do několika skupin. Nejdůležitějším faktorem pro dělení je obsah plastů, homogenita a samozřejmě i obsah drahých kovů v dodaném materiálu.

Desky tištěných spojů patří mezi tzv. nehomogenní amortizační odpady. Z důvodu získání reprezentativního vzorku je nutno nadrtit celou dodávku a u získaného vzorku se provádí analýza, která se pak vztáhne na celkové dodané množství. Poté se nabídne zákazníkovi cena a po odsouhlasení přechází materiál do samotné výroby.

Zpracování elektroodpadu

Desky tištěných spojů jsou zpracovávány cestou olova (viz.schéma) ve speciálních kampaních je tento materiál přidáván do běžné vsázky šachtové pece. Produktem šachtové pece je tzv. stříbrné olovo, z něž se rafinací získá obohacená pěna, která obsahuje zhruba 2 % stříbra, zinek, olovo. Obsažený zinek se poté oddělí v destilační peci a materiál pokračuje do procesu pece anglické, kde se vháněním kyslíku lázeň zbavuje nečistot (olovo a ostatní příměsi), a tím dochází k nárůstu obsahu drahých kovů v lázni. Dále se přidávají materiály s vyšším obsahem drahých kovů (stěrky, slitky) a za stálého vhánění kyslíku dojde až k takovému dočištění lázně, že celkový obsah drahého kovu je kolem 98 % (stříbro s obsahem zlata, palladia a platiny). Z anglické pece dochází přímo k odlévání anod a nebo je odlita slitina, která může být ještě dočištěna v peci rafinační a až poté se odlijí finální výrobky, stříbrné anody.

Zpracování amortizačních odpadů cestou olova je ve světě ojedinělé a má nesporné množství výhod. Na druhé straně při tomto způsobu zpracování dochází ke ztrátě obsažené mědi, která v tomto procesu přechází do kamínku (produktu šachtové pece) ukládaném na skládku. Samozřejmě ani výtěžnost drahého kovu není stoprocentní a dochází k určitým ztrátám.



Obr. 7. Zpracování odpadů s drahými kovy cestou olova

Postupy recyklace

Ve světě pracují různé linky na zpracování a recyklaci elektronického odpadu obvykle na principu ruční demontáže a několikastupňového drcení, granulování a separace.

- První stupeň – ruční demontáž, separace nebezpečných komponent (baterie, PCB kondenzátory, součástky s obsahem Hg...), případně motorů, velkých hliníkových či železných částí.
- Druhý stupeň – hrubé zpracování, upravený šrot bývá podáván do drtícího zařízení a nadrcen. Na pásu jsou pak ručně vytríděny případné další nebezpečné složky a větší kovové součásti.
- Třetí stupeň – konečné zpracování. V tomto stupni probíhá většinou další drcení materiálu a následná granulace (např. v kladivovém drtiči). Síta následně roztřídí granulát na různé velikosti. Magneticky jsou zachycovány hrubší železné kousky. V následném separátoru (např. separátor vzduchový, elektromagnetický) neželezných kovů, které mohou být ještě roztříděny na těžké a lehké kovy.

Výstupy bývají v závislosti na použité technologii různé kvality. Vždy se ovšem jedná o směs železných kovů, dále o směs plastů, koncentráty mědi (jemná frakce ještě navíc obsahuje drahé kovy), hliníku. Závisí již jen na tržních možnostech, do jakého

finálního výstupu je třeba technologický postup směřovat: zda je dostačující směs hliníku s mědí a je pro ni odbyt, nebo zda je z důvodu trhu tuto směs dále separovat na kvalitativně čistší koncentráty mědi a koncentrát hliníku.

Ve chvíli, kdy všechna vyrobená zařízení a přístroje končí svůj životní cyklus a stávají se odpadem, mohou vzbuzovat obavy především z hlediska životního prostředí, nebo být obrovským materiálovým potenciálem, který nyní nenávratně mizí na skládkách a ve spalovnách [17].

2.7.2 Technologie zpracování obrazovek firmou Aquatest, a.s

Monitory televizní obrazovky patří mezi nebezpečný odpad z důvodu obsahu luminoforu na vnitřní straně stínítka. Aquatest a.s. vyvinul technologii dělení obrazovky diamantovým kotoučem. Oddělením stínítka od kónusu lze odstranit vrstvu luminoforu a obrazovka tak přestává být nebezpečným odpadem. Stínítka z této technologie je možné předat jako surovinu do sklářské huti bez nutnosti dalšího čištění. Kónus je nutné ještě zbavit aktivních povlaků. Firma používá technologii „odstranění za sucha“. Díky suché metodě dělení obrazovek je luminofor jednoduše odstraněn odsavačem a shromážděn ve sběrném sáčku.

Čištění skloviny kónusů

Kónus je sklovina olovnatého typu. Technologie mechanického odstranění povlaků za sucha, spočívá v mechanickém odírání, třídění a magnetické separaci. Odpadá problém s následnou likvidací nebezpečných kalů vznikajících při mokrému způsobu čištění. Není také nutná temperovaná hala – v zimě nehrozí zamrznutí technologie. Čištění skloviny kónusů se také využívá pro výrobu nových obrazovek – menší spotřeba vstupních surovin, nižší energetické nároky.

Technologie - linka

Linka slouží k dělení obrazovek televizních přijímačů a počítačových monitorů na stínítkovou a kónusovou část metodou řezu diamantovým kotoučem za sucha. Po rozdělení obrazovky se získají produkty, které jsou dále prodejné. Jedná se zejména o sklovinu ze stínítek (Baryum - Stroncium), po dočištění sklovinu z kónusů (Olovo), železný a měděný produkt a luminofor.

Stručný postup řezání obrazovky

Obrazovka se přiloží stínítkem na přísavku a zajistí posuvným fixačním pouzdrem. Poté se aktivuje přísavka. Antiimplozivní kovový rámeček se přeřízne úhlovou bruskou a odstraní. Nastaví se požadovaná rovina řezu a diamantovým kotoučem umístěným na kyvném rameni se rozřízne obrazovka na stínítkovou a kónusovou část. Poté je možné sejmut kónusovou část obrazovky, odstranit kovovou masku (barevné obrazovky) a speciálním odsavačem jednoduše odstranit luminofor ze stínítka – výhoda suchého řezu. Bruskou se speciálním kartáčem se odstraní napařený hliníkový rámeček. Stínítka zbavené kovových fixátorů je připraveno pro zpracování ve sklářské huti.

Stínítková část TV nebo monitorové obrazovky jako jeden z výstupů linky dělení obrazovek, je plnohodnotným produktem, který je možné přímo předat k dalšímu zpracování do sklářské huti bez nutnosti jakékoli další úpravy. Sklovinu kónusů je nutné před recyklací ve sklářské huti zbavit aktivních povlaků.

K tomuto účelu byla společností AQUATEST a.s. vyvinuta technologie čištění skloviny způsobem fyzikálně-mechanického odstranění za sucha. Touto technologií je možné sklovinu zbavit aktivních (grafitových a ferooxidografitových) povlaků a získat tak prodejný produkt, který je poté možné předat k dalšímu využití do sklářské huti. Pracovní prostor stroje je vybaven dvojnásobnou (vnitřní a vnější) protihlukovou izolací. Demontážní stroj obrazovek je certifikován Strojírenským zkušebním ústavem v Brně. Součástí linky je průmyslový odsavač pro odsávání pracovního prostoru. Filtrační komora je osazena dvěma patronovými filtry. Vzdušinu z odsavače je možné vypouštět zpět do pracovního prostoru. Výkonnost linky lze zvýšit dodáním samostatné, odsávané digestoře, pro provádění přípravných a dokončovacích operací (odstranění antiimplozivního rámečku, vyjmutí masky, odsátí luminoforu, odstranění mikrovrstvy hliníku). V demontážním stroji obrazovek poté probíhá pouze proces řezání [18].

2.8 Plošné spoje (PLS)

Plošné spoje jsou konstrukčně jednoduché a přebírají spolehlivě funkci elektrického propojení i funkci mechanického upevnění součástek. Jsou přehledné a snadno se montují. Plošné spoje je možné vyrábět a osazovat velmi efektivně. Konstrukce

desky s plošnými spoji. Deska plošných spojů se skládá z nosné desky a vodivých fólií. Jako materiál nosné desky se používají různé izolanty (papír tvrzený fenolovou pryskyřicí, tkanina tvrzená epoxidovou pryskyřicí, polyesterová fólie, keramika)

Papír tvrzený fenolovou a epoxidovou pryskyřicí se např. používá v rozhlasové a televizní technice a u měřicích přístrojů. Epoxidová skelná tkanina se využívá pro velmi kvalitní plošné spoje, např. pro počítače. Pro výrobu ohebných fólií s plošnými vodiči se jako základní materiál používá polyesterová fólie.

Základní materiál desky plošných spojů je potažen jednostranně nebo oboustranně měděnou fólií. Tloušťka měděné fólie je většinou $35\ \mu\text{m}$ nebo $70\ \mu\text{m}$. Celková tloušťka desky, tzn. Izolační látky a fólie, může být 0,5 mm až 3,2 mm. Standardní tloušťky jsou 1,0 mm, 1,5 mm, 1,6 mm a 2 mm. Velikost desek se volí podle užití. Často se používá tzv. evropský formát (100 mm x 160 mm). Dále se používá několikavrstvá technologie plošných spojů (kvůli složitosti například pro PC) [19].

Výrobní technologie

Při výrobě plošných spojů rozlišujeme substraktivní a aditivní techniku.

Subtraktivní technika

Při této technice se vytvoří pozitivní obraz vodivých drah odolných proti leptání. Při procesu leptání se odstraní zbývající měď z měděné vrstvy. K leptání plošných spojů se používají roztoky z chloridu železitého nebo amonného.

Obraz vodivých drah se může nakreslit, nalepit, natisknout nebo vyrobít pomocí počítačového programu. Symboly, např. pájecí očky, se mohou nalepit nebo nanést. Na vodivé dráhy je možno použít ohebné pásky. Tak se dají vytvořit také oblouky. K připojení součástek se používají pájecí očka. Vyrytí pomocí fólie se provádí tvrdým hrotem, např. kuličkovým perem. K výrobě plošných spojů se používá také fototechnika nebo sítotisk. Fototechnika je vhodná pro výrobu jednotlivých plošných spojů s velkou přesností. Obraz vodivých drah se nakreslí, nalepí nebo vyryje na průsvitný papír nebo fólii. Tomu se říká layout (nákres či struktura). Obraz se pak přenese průhlednou vrstvou ultrafialovou lampou (např. rtuťovou lampou) na destičku pokrytou fotocitlivou látkou. Po osvětlení se deska

vyvíjí a leptá. Části, které nebyly osvětleny, jsou chráněny před odleptáním zbývající vrstvou.

Při aditivní technice se odlučováním nanášejí měděné cesty. Jako základní materiál se používá nepokovený materiál. Výhodou aditivní techniky je možnost výroby nejjemnějších vodivých cest, např. 0,1 mm, s minimálními vzájemnými vzdálenostmi i při velkých sériích.

Osazování plošného spoje

Po leptání se musí vyvrtat otvory pro součástky. To se provádí na poměděné straně vodivé dráhy. Tím nevznikne ostří po vrtání. Průměry otvorů mají velikost přípojkových drátů součástek. Obvyklé otvory pro integrované obvody a tranzistory jsou 0,8 mm, pro rezistory a kondenzátory 1 mm, pro trimr (malý otočný kondenzátor) nebo potenciometr 1,3 mm. K vyvrtání otvorů se používají vrtáky z tvrdého kovu. Po vyvrtání se nanáší na plošný spoj ochranný lak. Při osazování se začíná nejmenšími součástkami. Připoje součástek se ohnou kleštěmi nebo přípravkem na rozměry rastru. Pak se součástky zapájí podle osazovacího plánu.

Technologie povrchové montáže

Při výrobě plošných spojů jsou vývody součástek zasunuty do průchozích pokovených otvorů a připájeny k vodícím drahám. Pro dosažení další miniaturizace a zlepšení kvality při současném snížení nákladů byla vyvinuta tzv. technologie SMD (Surface Mount Devices). Technologií SMD se rozumí montáž součástek, např. rezistorů, kondenzátorů a tranzistorů, přímo na povrch plošného spoje na straně vodivých drah.

Upevnění součástek na desce lepením a pájením vlnou nebo přetavením (reflow) zvyšuje automatizaci výroby. Při pájení přetavením se osazené součástky ohřejí horkým vzduchem nebo infračerveným zářením, až se pájecí pasta roztaví. Osazovací automaty umožňují technologii SMD osazování velkého počtu součástek současně. Ruční osazování součástkami při technologii SMD má smysl jen při malém počtu kusů.

Součástky vyrobené technologií SMD

Pro povrchovou montáž rozlišujeme součástky aktivní a pasivní. Nemají žádné vývody, ale přípojně plošky pro elektrické a mechanické spojení s vodivou cestou.

V některých jednotlivých případech, např. při velkých výkonech, se používají součástky s vývody. Pak se jedná o smíšené osazování. Aby se součástky při pájení neuvolnily, např. při obracení, používá se k jejich upevnění lepidlo. Lepidlo se nanáší na součástku nebo na desku.

Zpracování součástek v technologii SMD

V praxi je nutné součástky v technologii SMD např. při vývoji nebo při opravě zapájet nebo odpájet ručně. Tvar pájeného místa má vliv na mechanickou pevnost a na elektrickou funkci obvodu. Jelikož součástky a jejich spojovací plochy jsou při technologii SMD velmi malé, je nutné při jejich montáži pracovat velmi pečlivě.

Rozdělení součástek

Součástky pro povrchovou montáž lze rozdělit do dvou skupin. Na pasivní (rezistory, kondenzátory), aktivní (především polovodiče) a ostatní (optoelektronické, mikrovlnné a jiné funkční struktury jako filtry).

Pasivní součástky jsou zastoupeny v elektronických obvodech především rezistory a kondenzátory, které tvoří více než 80 % z celkového objemu pasivních povrchově montovaných součástek. V tabulce je zachycen procentuální podíl jednotlivých typů těchto součástek a jejich převažující tvarové provedení. Je zřejmé, že většina pasivních součástek je dnes v provedení tvaru kvádru, který umožňuje jednoduchou manipulaci i montáž na nosný substrát.

Tabulka VI. Přehled nejpoužívanějších typů pasivních součástek pro SMT

Typ součástky	Celkový podíl [%]	Podíl SMD [%]	Převažující tvar
Keramické kondenzátory	43	88	Kvádrový
Rezistory	14	55	Kvádrový
Tantalové kondenzátory	14	75	Kvádrový
Hliníkové kondenzátory	4	16	Kvádrový
Induktory	6	50	Kvádrový
Oporové trimry	6	62	Kvádrový
Kapacitní trimry	2	57	Kvádrový
Filtry	3	66	Kvádrový
Konektory	4	33	Dle provedení
Vypínače a přepínače	2	15	Dle provedení

Aktivní součástky

Pro povrchovou montáž jsou řešeny v různých typech pouzder, jejichž volba závisí jak na parametrech samotného čipu a požadovaného počtu vývodů, tak i na požadavcích vycházejících z parametrů elektronického systému, pro který jsou určeny. Mnohdy je rozhodující ekonomické hledisko související s velikostí výrobních sérií a aplikační oblastí, pro kterou jsou určeny. Podle provedení vývodů je rozděluje do tří základních skupin:

- pouzdra s páskovými vývody
- pouzdra s kontaktními ploškami
- pouzdra s kulovými (pahýlovými) vývody

Tři stěžejní operace v technologii povrchové montáže jsou:

- nanášení pájecí pasty resp. lepidla,
- osazování součástek
- pájení přetavením

Popis zařízení pro osazování a pájení technikou povrchové montáže

Celé zařízení se skládá z řídicí jednotky a tří dalších nástrojů k ní připojených. Ty je možné poté obsluhovat nezávisle:

- **podtlakový manipulátor**, kterým se ze zásobníků odebírají všechny typy SMD součástek a pohodlně se osazují na desku plošného spoje s aplikací pájecí pasty.
- **horkovzdušné pájedlo** s nastavitelným množstvím i teplotou výstupního vzduchového proudu, kterým se osazené součástky přetavením pasty připájí.
- **mikropájedlo** se snadno vyměnitelnými hroty a speciálními nástavci ...pro jemné kontaktní pájení, ale zejména pro rychlé a šetrné odpájení základních typů SMD.
- **pracovní stůl s podehřívací ploténkou** je další zařízení, které lze připojit k řídicí jednotce. Pracovní plocha se po zapnutí vyhřeje na nastavitelnou teplotu (80-150°C), takže pájecí proces na takto podehřáté osazené DPS probíhá rychleji, součástky jsou méně tepelně namáhány a zapájené spoje jsou kvalitnější. Toto zařízení není součástí základní sady [20].

Recyklace tištěných spojů

Celý postup recyklace zahrnuje několik bodů:

- Třídění typů plošných desek podle technologie montáže klasická a povrchová.
- Odtrhávání součástek kleštěmi (odstranění větších součástí)
- Tavení pájecího cínu. Desky plošných spojů se položí na rošt (hliníková deska), pod kterým je topné zařízení. Dosahuje se teploty až 400°C. Následně dochází k roztavení cínových spojů a uvolnění kontaktů součástek, které se následně mechanicky odstraní.

V některých asijských zemích se dosud používá jako topné těleso plechovka s uhlím. Poté se tištěné spoje ponoří do nádoby s roztavenou olovo-cínovou směsí. Tato směs se naváže na ohřáté a uvolněné součástky. Po vyjmutí a následném zchladnutí, se rázem o cihlu od sebe oddělí olověná část se součástkami od desky. Zůstane tak základní deska a olověná část.

Recyklace integrovaných obvodů

Integrované obvody a další součástky jsou tříděny podle cennosti pro předprodej specializovaným firmám (SAFINA, Kovohutě Příbram, a další, kde se z nich dále získávají drahé kovy).

Prázdné desky tištěných spojů se po odstranění většiny součástek drtí. Ve větším množství se používá jako alternativní palivo cementáren. V případě zbylých součástek se tyto odstraňují v kyselé lázni.

Získávání částic s obsahem železných kovů

Tomuto procesu předchází drcení. Využívají se především břitové drtící stroje a granulační mlýny. K separaci feromagnetických materiálů se využívají buď magnetické separátory, nebo vibrační třídící stoly. Ke třídění dochází vzájemným působením proudu vzduchu procházejícího síťovou plochou a jejím kmitáním.

Způsoby oddělování drahých kovů z drtě

Využívají se především čtyři způsoby:

- nátrásné prosévání – oddělování částic podle velikosti
- vibrační třídění – oddělování lehkých a těžkých částic

- odlučování ve vířivém proudu – oddělování elektricky vodivých částic
- elektrostatické oddělování – umožňuje separaci drtě na základě různých elektromagnetických vlastností, např. kovů od plastů a skla.
- gravitační úprava – v těžkých kapalinách umožňuje oddělování materiálů na základě různé hustoty. Kritérium pro oddělování je hustota kapaliny. Pro komplexní oddělování musí materiál proběhnout několika za sebou řazenými postupy s různou hustotou oddělovací kapaliny. Výsledkem je lehká a těžká frakce. (těžká frakce – granulát směsí různých kovů. Podle obsahu vzácných kovů v granulátu se následně dodává ke zpracování do hutí, lehká frakce – skládá se z plastů se zbytkovými materiály, které mohou obsahovat i škodlivé látky. Tato frakce se dosud spaluje nebo sládkuje).

Získávání drahých kovů

Nadrcené desky tištěných spojů se taví za teploty 1250°C. Do reaktoru se vhání vzduch bohatý na kyslík a všechny zněčišťující části včetně plastů se spalují. Tímto procesem se získává měď, nikl, selen, telur, olovo, cín, rtuť.

Železo, olovo, zinek a cín oxidují a zachycují se buď ve filtračním prachu nebo ve škváře. V reaktoru získaný materiál má podíl mědi okolo 70 % a dále se upravuje v konvertoru.

Materiálové složení desek plošných spojů:

Průměrné materiálové složení desek plošných spojů ukazuje tabulka. Největší podíl zaujímá měď. Z nekovů jsou to především keramika a sklo (33 %), plasty 30 % a halogeny.

Tabulka VII. Materiálové složení desek plošných spojů

prvek	obsah [%]
měď	10 - 25%
olovo	1 - 5%
železo	5 - 10%
hliník	2%
nikl	1 - 3%
cín	0,8 - 4%
antimon	0,10%
stříbro	0,05 - 0,3%
zlato	0,01 - 0,1%
zinek	0,3 - 0,4%
platina	0,00%
palladium	0,004 - 0,03%
kadmium, titan, rtuť	4 - 10 %

2.8.1 Technologie povrchových úprav plošných spojů

Chystaný zákaz používání kadmia, olova a dalších prvků v elektrotechnice nutí výrobce desek plošných spojů hledat a vyvíjet nové technologie povrchových úprav. Jednou z nich je i chemický cín Ormecon.

U plošných spojů se bezolovnaté povrchy začaly objevovat v souvislosti s požadovanou rovinností při použití SMD součástek. Někdejší HALy nebyly dostatečně kvalitní při samotném procesu horkovzdušného zarovnání povrchu a na plošném spoji zůstávaly poměrně rozdílné vrstvy cínu. Dnes to sice už příliš neplatí, moderní HALy jsou dostatečně rovné, nicméně další problém – olovo nutí techniky k vývoji jiných alternativ. Jedna z nich je i bezolovnatý HAL, který má však stále poměrně velké náklady na energii a jelikož se celá deska musí ponořit do pájky, která je o 20 % teplejší než olovnatá, dochází k větší deformaci desky.

Dostupné povrchové úpravy lze zhruba rozdělit do těchto kategorií :

- **Pájecí laky :** V počátcích elektrotechniky šlo především o pájecí laky na bázi kalafunové pryskyřice rozpuštěné v organickém ředidle. Na tehdejší velké mechanické prvky to dostačovalo, ani značná hydroskopičnost laku nebyla příliš na závadu. To je samozřejmě překonaná metoda, i když v amatérské praxi stále běžná a velice levná i pro specifické typy plošných spojů - na reprovýhybky apod.

- **Organické povrchy :** Jedna z dalších alternativ byl organický povlak, např. MECSAL. Efektivní složky jsou absorbované na povrchu mědi pomocí chemické vazby, vytvoří tak organickou vrstvu, která má vynikající tepelnou a vlhkostní odolnost. Opticky však vypadá deska jako měděná, což odráží část uživatelů. I z pohledu údržby lázně jde o náročný proces, lázeň se musí udržovat aktivní v obsahu efektivních složek, při jejichž nedostatku je deska hůře pájitelná. Vyčerpanost lázně se však opticky nedá poznat.
- **Přetavení slitinou SnPb v brodicím válci :** jde v podstatě o ofsetový způsob, kterým se roztavený cín jakoby natiskne na měděné plochy. U jednoduchých motivů se dá docílit velmi dobré jak ceny, tak i pájitelnosti srovnatelné s HALem, avšak materiál prochází menší tepelnou zátěží. Povrch však není rovný a není určen pro SMD plošky a pokovené otvory. Použitá slitina SnPb je navíc olovnatá.
- **Hot Air Levelling (HAL) :** je metoda ponoření desky do cínu s následným zarovnáním přebytku cínu horkým proudem vzduchu. Tento způsob však začíná zastarávat, protože jde o energeticky velmi náročný proces, při němž vzniká množství zplodin a cín obsahuje neekologické olovo. Nesplňuje požadavek dokonalé rovinnosti plošek, nelze cínovat speciální materiály a deska navíc dostává velký tepelný šok. Prozatím se stále používá nejvíce, doporučujeme si však zvykat na modernější povrchové ochrany.

Kovové imersní povrchy :

Před časem se začaly objevovat i povrchy kovové na bázi zlata, stříbra či cínu. Ty jsou vylučované chemickou cestou a jejich velkým problémem je difundace mědi do velmi tenké vrstvy většiny z nich.

- **Imersní stříbro :** se v praxi nikdy výrazně neprosadilo
- **Imersní zlato :** se aplikuje chemickým pokovením niklem a následně zlatem. Vzniklo jako náhrada HALu kvůli rovinnosti, je to však technologicky náročný a tedy drahý výrobní proces. Kvůli difundaci mědi do zlata je nutné jej oddělit mezivrstvou niklu, což dále prodražuje výrobu. Při pájení je potřeba zvýšit teplotu o 20 %, což nemá příznivý vliv na součástky a vyžaduje i určitou zručnost. Objevily se i metody galvanického zlacení, které jsou velice kvalitní v mnoha

směrech a dávají plošnému spoji i značnou estetickou váhu. Metoda rovněž zjednodušuje a tedy zlevňuje proces výroby prokovené desky.

- **Imersní cín** : prozatím vypadá, že by mohl mít největší komerční úspěch ze všech alternativních metod. Přece jen i chemický cín je nejlépe smáčivý s cínovou pájkou, cenově je poměrně příznivý, technologicky poměrně nenáročný a ekologicky velmi vyhovující. V Evropě se proto začaly objevovat produkty renomovaných firem, například Atotech v Berlíně vyvinul jeden z nich.

Ormecon

Nejnovější povrchovou metodou je **chemický cín Ormecon**. Tento polyfenylamin polymerové soli vytváří selektivní metodu cínování měděných povrchů a odpovídá všem moderním požadavkům na plošné spoje. Jeho první složka je disperze organického kovu a nanáší se jako mezivrstva mezi měď a cín. To zajišťuje optimální přípravu pro následné chemické cínování. Tenká vrstva Ormeconu (pouze $0,08\ \mu\text{m}$) zabraňuje difúzi mědi do cínu a udržuje tak schopnost pájení cínového povrchu po dobu potřebnou v praxi. Druhá složka je chemická cínovací lázeň. Pokryje selektivně měděný povrch tenkou, rovnoměrnou vrstvou cínu o síle $0,8\ \mu\text{m}$. Ormecon je první organický kov - skutečně poprvé tato charakteristika byla upozorována v materiálu, který nenáleží do tradiční skupiny kovů, ale spíše je skutečný vnitřní vodivý polymer. Tento první organický kov, *Ormecon*, náleží do rodiny polyanilinů a představuje unikátní řadu vlastností : - je pouze organický a skládá se z prvků C, O, H, N, a S,

- je elektricky vodivý,
- má mocenství vzácného kovu (je umístěný mezi Ag a Cu v řadě kovů),
- má katalytické vlastnosti,
- je možno ho redukovat a oxidovat bez proměny jeho formy,
- je nerozpustný ve vodě a proto je zpracován na disperzi.

Některé z těchto vlastností se používá pro kombinování s imersním cínem. Dále je velmi omezen proces difundace. Ta spočívá ve vzlínání atomů mědi po stěnách krystalů cínu. A protože krystaly cínu jsou hodně malé, mědi je na nich poměrně dost. I tenká organická vrstva $0,08\ \mu\text{m}$! Ormecon zajistí, že krystaly jsou podstatně větší a difundace tak výrazně nižší. A protože Ormecon kov je vodivý, bez problémů na něj lze nanést chemický cín.

Zkušenosti s předchozími cínovými roztoky byly špatné, po krátké době byly špatně pájitelné a často i značně nevzhledné a zčernalé. Ormecon však tuto technologii natolik odladil, že nepochybně i zásluhou organické mezivrstvy má povrch prakticky samé výhody:

- Vytváří naprosto rovné povrchy pro technologii SMD a je vhodný pro veškeré typy plošných spojů – od reproduktorových výhybek a zdrojů až po vícevrstvé desky v 7. třídě přesnosti.
- Přináší úsporu energie ve srovnání s HALem. Její množství potřebné ke zpracování určité plochy je až 5 x nižší, zplodiny vznikající spálením tavidla zde neexistují. To je další, vedlejší prvek ekologičnosti.
- Při zpracování jsou nadále použitelné všechny běžné nepájivé masky i tavidla a pájky. Není nutné vůbec měnit zavedené zvyky a vybavení.
- Umožňuje vícenásobné pájení i s mezi skladováním. Při kombinaci metod pájení na vlně a reflow jen to velmi důležitý parametr, pájecí laky i Mecseal jsou zde zcela nepoužitelné.
- Materiálově se mu rovněž meze nekladou – cínovat lze jak laminát typu FR, taky i ohebné substráty HALem nezpracovatelné. Dokonce i pájitelnost, dříve tak kritizovaná je podle laboratorních testů nejen srovnatelná s HALem, ale teoreticky dokonce i lepší ! V praxi se ukazuje, že realita tomu odpovídá.
- cenově patří k nejlevnějším bezolovnatým produktům, levnější je snad jen organický kov.
- Velice dobrá pájitelnost i v různých podmínkách ve srovnání s ostatními technologiemi.

Chemický cín Ormecon má vlastně jen jediné omezení – povrch cínu z HALu je silný 20 – 100 μm , povrch chemického cínu pouze 0,8 μm . Je tak daleko citlivější na pot a nečistoty, které po delší době působení dokáží vrstvu zcela porušit. Ovšem moderní součástky jsou rovněž daleko citlivější než někdejší elektronky. Kdo s nimi umí pracovat, pro něho nebude problém zpracovat ani tento povrch [21].

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 Exkurze u firmy AGM RECYKLING, s.r.o.

V dubnu jsem navštívil firmu zabývající se recyklací elektrotechnického a elektronického odpadu. Schůzku ve Velkých Těšanech u Kroměříže jsem si domluvil s jednatelem firmy ing. Petrem Nedomou. Společnost se zabývá zpracováním a recyklací elektrotechnického odpadu již od roku 1997.

Ekologicky odstraňuje a recykluje stará a vyřazená elektrotechnická, elektronická a telekomunikační zařízení, vyřazené elektropřístroje, zastaralou výpočetní a kancelářskou techniku, spotřební elektroniku, atd. Zajišťuje svoz a ekologické odstranění tohoto elektroodpadu pro celou Moravu. Odpady se ke zpracování sváží od 350 firem, s některými na základě smlouvy. Jejich služby jsou částečně spojeny i s výkupem tohoto materiálu a snahou zajistit maximální možnou míru materiálové recyklace, tak jak ji ukládá zákon č.185/2001 Sb. o odpadech a evropská legislativa Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2002/96/ES o odpadních elektrických a elektronických zařízeních (OEEZ). Firma doposud zpracovala více než 1100 tun tohoto odpadu a tím přispěla nejen k odstranění, ale především k využití těchto zařízení v souladu s principem minimálního zatížení životního prostředí a získávání druhotných surovin [1].

Společnost zaměstnává třináct osob a v sezónu přibírá 7 brigádníků. Každoročně se množství recyklovaného odpadu zvyšuje o 20 – 30 %. V loňském roce se podařilo zpracovat celkem 240 tun a pro letošní rok se předpokládá výtěžnost kolem 300 tun.

Společnost AGM recykling, s.r.o. zpracovává tato zařízení, přístroje a jejich díly:

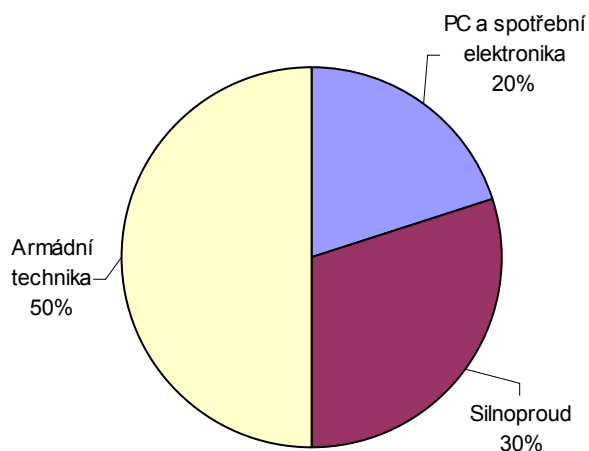
- rozvaděče osazené a jejich části
- spínací, ochranné a jistící prvky (relé, pojistky, stykače, vypínače, tlumivky,

Transformátory, vše včetně plastových a keramických částí)

- elektromotory
- kabely všech typů a velikostí
- měřicí a regulační prvky, sestavy a jejich části
- elektrické a elektronické ruční nářadí a jejich části

- elektronické systémy řízení a regulace
- samostatné desky plošných spojů
- telekomunikační zařízení, ústředny, části ústředen, telefony, faxy, mobily a jejich části
- kancelářská elektronická zařízení a jejich části
- výpočetní technika včetně jejich částí a periferií
- monitory
- spotřební elektroniku (videopřehrávače, audio/video zařízení, elektronické hračky,...)

Podle požadavků EU musí být alespoň 85% odpadu recyklováno a jen 15% odvezeno na skládku. Společnost AGM recykluje 90% elektroodpadu a pouze 10% putuje na skládku.



Obr. 8. složení zpracovávaného elektroodpadu firmou AGM recykling

Provoz:

Firma zpracovává veškerý elektroodpad. Největší zakázky přicházejí od Armády ČR. Recyklují se především raketové hlavice a vyřazená armádní elektronika, která je bohatá na drahé kovy (Au, Ag, Pd a další). Mezi dalšími dodavateli je i celá řada významných firem, jako například JME a.s., České Dráhy – Datis, AutoCont CZ, Van Gansewinkel, OZO Ostrava, HT služby Ostrava, Mora – Moravia, BorsodChem Ostrava,

Biopas Kroměříž, TOSHULIN, Aliachem Fatra Napajedla, ZPS – Tajmac, Siemens Frenštát, BVK, Dalkia Morava, a.s, ...

Nejprve se odpad třídí na jednotlivé kategorie (viz. výše) a poté probíhá ruční separace komponentů a součástí na stolech. Roztříděné plasty, kovy, relé, stykače, polovodičové součástky, transformátory, sklo (obrazovky, výbojky, trubice), kabely (ty větší se stahují z izolace) putují k dalšímu zpracování. Plošné spoje se přeprodávají firmám Kovohutě Příbram a Safina.

Na zpracování jističů a stykačů se využívá šrotovací zařízení. Zářivkové trubice a výbojky recyklují jiné společnosti. Drobné části jako počítačové klávesnice jsou odváženy k demontáži chráněným dílnám (využití pracovní síly z řad postižených spoluobčanů). Podobně se odváží skleněné části z obrazovek (CRT), televizí a monitorů k recyklaci do chráněných dílen v Uherském Hradišti.

ZÁVĚR

Sběrem a následnou recyklací elektroodpadu se lidstvo zabývá teprve několik posledních let. Opravdu vážně tuto problematiku začaly vyspělé země řešit až s masivním rozvojem výpočetní techniky. Ta také umožnila vznik a rychlý vývoj několika dalších zařízení s podobnou konstrukcí jako počítače. Jsou to především telekomunikační zařízení, kancelářská technika, ale také domácí spotřebiče a průmyslová elektronika. Všechna tato zařízení využívají desky plošných spojů osázené elektronickými součástkami. Právě jejich materiálové složení nutí výrobce pod tlakem legislativy omezovat používání některých chemických prvků a podílet se na jejich recyklaci.

Teoretická část této práce definuje jednotlivé skupiny zdrojů elektroodpadu zahrnuté v legislativě našeho státu jako členské země EU. Velmi podrobně uvádí složení některých hodně používaných spotřebičů.

Desky plošných spojů, součástky, ale i obal obsahují nebezpečné látky pro člověka i životní prostředí. Ty nejpoužívanější jsou uvedeny v přehledné tabulce a jsou popsány jejich negativní vlivy na lidský organismus.

Recyklační proces se vedle spalování a skládkování odpadů jeví jako nejšetrnější. Umožňuje nejenom opětovné použití funkčních součástí do nových zařízení, ale především získávání drahých kovů, plastů a skla jako suroviny pro další výrobu.

Bakalářská práce dále ukazuje způsoby recyklace vybraných odpadů a možnosti využívání jejich částí. Například na zpracování vakuových obrazovek firmy využívají několik technologií a další se zavádějí.

Poslední kapitola teoretické části poměrně podrobně vysvětluje způsoby výroby plošných spojů a osazování součástek. Právě na tyto části se zaměřuje z hlediska pozdější desintegrace a získání vzácných kovů.

Praktická část shrnuje získané informace ve firmě, která sbírá a separuje elektroodpad ve zlínském regionu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] eWaste Guide – Welcome [online], poslední revise 1.4. 2005. Dostupné z:
<<http://www.ewaste.ch/welcome>>
- [2] Příručka pro zpracovatele OEEZ [online], poslední revise 5.4. 2005. Dostupné z:
<http://www.cir.cz/issphp/upload/95/83/iss_839118125629583.pdf>
- [3] Mobile [online], poslední revise 5.4. 2005. Dostupné z:
<http://www.fraunhofer.de/german/publications/df/df2001/mag1-2001_42.pdf>
- [4] Microelectronics and Computer Technology Corporation (MCC) - Electronics Industry Environmental Roadmap. Austin, TX: MCC, 1996.
- [5] Složení OEEZ [online], poslední revise 12.5. 2005. Dostupné z:
<<http://odpady.ihned.cz>>
- [6] EMPA St.Gallen, Technical Control Body for SWICO and S.EN.S (2004) [online], poslední revise 13.3. 2005. Dostupné z:
<http://www.ewaste.ch/facts_and_figures>
- [7] Per capita calculation based on population data from CIA World Fact Book, [online], poslední revise 13.3. 2005. Dostupné z:
<<http://www.cia.gov/cia/publications/factbook>>
- [8] E-waste Guide [online], poslední revise 20.3. 2005. Dostupné z:
<http://www.ewaste.ch/facts_and_figures/hazardous_materials/substances>
- [9] E-waste Backgrounder [online], poslední revise 14.4. 2005. Dostupné z:
<<http://www.svtc.org/cleancc/pubs/sayno.htm>>
- [10] ROČEK, DAVID: Automobilové akumulátory, Semestrální práce, Dopravní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice, 2001
- [11] Baterie [online], poslední revise 30.3. 2005. Dostupné z:
<<http://www.ekologie.aktualne.cz/temata/recyklace/recyklace.htm>>
- [12] Sběr a recyklace malých baterií - ODPADY 6/2004 (str. 9)
- [13] Zpětný odběr zářivek a výbojek - ODPADY 1/2004 (str. 8)
- [14] Kam se starými žárovkami [online], poslední revise 14.4. 2005. Dostupné z:
<<http://www.ekolist.cz/dotaz.shtml?x=44318>>
- [15] Kompaktní disky [online], poslední revise 20.1. 2005. Dostupné z:
<<http://www.ekolist.cz/dotaz.shtml?x=205794>>

- [16] Recyklace obrazovek - ODPADY 4/2003 (str.20-21)
- [17] MATOUŠEK, JAN: Recyklace cestou olova, ODPADY 7-8/2004 (str.19)
- [18] Aquatest [online], poslední revise 3.5. 2005. Dostupné z:
<www.aquatest.cz/download/odpady/ppt/>
- [19] BASTIAN, PETR a kol.: Praktická elektrotechnika, Europa Sobotáles cz. s.r.o.,
2004, ISBN: 80-86706-07-9
- [20] SZENDIVCH, IVAN a kol.: Technologie elektronických obvodů a systémů,
VUTIUM, 2002, ISBN: 80-214-2072-3
- [21] RIEDEL, JIŘÍ: Technologie povrchových úprav plošných spojů [online], poslední
revise 3.5. 2005. Dostupné z: <<http://www.hw.cz/docs/ormecon/index.html>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

OEEZ: Odpady z elektrických a elektronických zařízení.

OECD:(Organization for Economic Cooperation Development). Mezinárodní organizace založená v roce 1961 jako nástupnická organizace OEEC (Organizace pro evropskou hospodářskou spolupráci, anglicky Organization for European Economic Cooperation; založená v roce 1948 jako stálý orgán, který zajišťoval realizaci programu evropské obnovy (Marshallův plán) s cílem liberalizovat vzájemný obchod a podpořit růst ekonomik západní Evropy. Členy byly evropské státy, které přijaly americkou pomoc: Belgie, Dánsko, Francie, Irsko, Island, Itálie, Lucembursko, Nizozemí, Norsko, Portugalsko, Rakousko, Řecko, Švédsko, Švýcarsko, Turecko, od roku 1949 SRN a od roku 1959 i Španělsko); sídlí v Paříži. Hlavním cílem je liberalizace mezinárodního obchodu a financí. Každoročně vydává ekonomickou analýzu a hodnocení hospodářských výsledků jednotlivých zemí.

Členové (rok přijetí): Austrálie 1971, Belgie, Česká republika 1995, Dánsko, Finsko 1969, Francie, Irsko, Island, Itálie, Japonsko, Kanada, Korejská republika 1996, Lucembursko, Maďarsko 1996, Mexiko 1994, Německo, Nizozemsko, Norsko, Nový Zéland, Polsko 1996, Portugalsko, Rakousko, Řecko, Slovensko 2000, Spojené království, Spojené státy americké, Španělsko, Švédsko, Švýcarsko, Turecko

ES: viz. EU

EU: (European Union). Evropská unie. Česká republika je členem od roku 2004.

EEZ: Elektrické a elektronické zařízení.

ZPJ: Základní příslušenství počítačů – myš, klávesnice...

ABS: (Akryl – Butadien –Styrol). Polystyrénové plasty velmi často používané v elektrotechnickém průmyslu.

PLS: Deska tištěných (plošných spojů).

CRT: (Catode – ray tube). Obrazovka

LCD: Displej z tekutých krystalů

DNA: Genetická informace živého organismu. Kyselina deoxyribonukleová.

Downcycling: Nejde ve skutečnosti o recyklaci v pravém slova smyslu, při které by se vyráběly znovu stejné výrobky. Tzv. downcycling znamená, že kvalita suroviny se postupně snižuje a možnost dalšího materiálového využití je omezena. Např. z plastových lahví již nové vyrobit nelze. Velká část vytríděných plastů se mimo jiné v malé míře zpracovává na palivo do cementáren a jiných energetických zdrojů

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Materiálová studie složení mobilních telefonů.....	15
Obr. 2. Tiskárenné náplně.....	16
Obr.3. Složení elektroodpadu v USA	21
Obr. 4. Složení vyprodukovaného elektroodpadu ve Švýcarsku v roce 2003	22
Obr. 5. Složení elektroodpadu v Německu	24
Obr. 6. Podíl sběrných míst na zpětném odběru	39
Obr. 7. Zpracování odpadů s drahými kovy cestou olova	47
Obr. 8. Složení zpracovávaného elektroodpadu firmou AGM recykling	61

SEZNAM TABULEK

Tabulka I. Produkce elektroopadu v zahraničí	19
Tabulka II. Složení elektroodpadu v USA za rok 2000	20
Tabulka III. Složení elektroodpadu ve Švýcarsku v roce 2003	22
Tabulka IV. Složení elektroodpadu v Německu v roce 2005	23
Tabulka V. Obsah toxických látek v elektroodpadu	25
Tabulka VI. Přehled nejpoužívanějších typů pasivních součástek pro SMT	52
Tabulka VII. Materiálové složení desek plošných spojů	56

SEZNAM PŘÍLOH

P 1: Elektromagnetický separátor

Popis funkce elektromagnetického separátoru

Elektromagnetický separátor je určen k signalizaci přítomnosti kovových předmětů v nekovovém materiálu zpravidla na dopravníkovém pásu.

Kovové předměty, které se nejčastěji vyskytují v kontrolovaném materiálu: železo a slitiny železa, manganová slitina používaná u vrtných souprav, hliník a slitiny hliníku, měď, mosaz, atd. Tyto předměty nemusí mít magnetické vlastnosti, tzn. magnetický separátor je neodstraní. Všechny tyto předměty je elektromagnetický separátor schopen indikovat v závislosti na jejich chemickém složení, velikosti a vzdálenosti od antény.

Separátor po projití kovového předmětu sepne kontakt relé, které převážně zastaví dopravníkový pás. Signálu přítomnosti kovu lze využít taktéž k překlopení klapy v dráze toku materiálu a tím odstranit část materiálu z kovovým předmětem. Po odstranění se klapa vrátí zpět a tok materiálu je obnoven. Další možností je zapínat elektromagnetický separátor jen na dobu nezbytnou pro odstranění kovového předmětu.

Kontrolovaný materiál může svým složením také obsahovat stopové množství prvků kovu, které může ovlivnit míru citlivosti separátoru. Do určité míry lze tyto prvky eliminovat snížením citlivosti nebo speciální úpravou jednotky.

Vzhledem k možnostem výroby různých tvarů antén například tvar U, oblouk, tvar V, je možné elektromagnetický separátor použít i na skluzu, pneumatickou dopravu v trubkách apod.

