



Agronomická
fakulta

8. dubna 2015, Brno

Připravil: Ing. Petr Junga, Ph.D.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

TECHNIKA PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ (5)

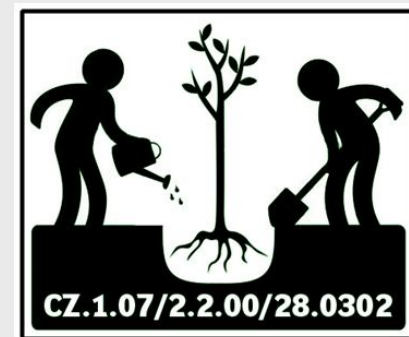
Elektroodpad

Mendelova
univerzita

v Brně ovace studijních programů AF a ZF MENDELU

•směřující k vytvoření mezioborové integrace

•CZ.1.07/2.2.00/28.0302



Úvod a cíl

- Prezentace je zaměřena na problematiku techniky pro zpracování elektroodpadů. Cílem je získání základních informací v oblasti sběru, technologie zpracování a využití jednotlivých druhů elektroodpadů.

Klíčová slova

- elektroodpad, zpětný odběr, úprava, zpracování, využití.

Úvod



- Lidská společnost využívá čím dál **větší množství a spektrum** elektronických přístrojů.
- Elektronika postupně **stárne a je vyřazována** z provozu, čímž vzniká vzrůstající množství **elektroodpadu**.
- **Elektroodpad je odpad z elektrických a elektronických zařízení** (průmyslová, strojní a přístrojová technika, měřicí a regulační technika, spotřební a zábavní technika), který vzniká ve všech oblastech lidské činnosti (domácnosti, průmysl, obchod a služby, administrativa, doprava atd.).

Úvod



- **Elektroodpad** je charakteristický významným množstvím **hodnotných druhotných surovin**, které jsou v něm obsaženy (z tohoto důvodu je **ekonomicky výhodné** a samozřejmě **environmentálně žádoucí** tento odpad **recyklovat** a dále **využívat**).
- Vedle hodnotných složek může obsahovat podíl **látek nebezpečných** pro **zdraví** nebo **životní prostředí** (např. těžké kovy, polychlorované bifenylly, difenylethery, freony apod.).

Nejdůležitější související legislativa

- Směrnice evropského parlamentu a rady **2002/96/ES** ze dne 27. ledna 2003 **o odpadních elektrických a elektronických zařízeních (OEEZ)**.
- Zákon č. 185/2001 Sb. **o odpadech** a o změně některých dalších zákonů ve znění pozdějších předpisů,
- Vyhláška č. 352/2005 Sb. **o podrobnostech nakládání s elektrozařízeními a elektroodpady a o bližších podmínkách financování nakládání s nimi.**

Nejdůležitější související terminologie

- **Elektrické nebo elektronické zařízení** (dále jen elektrozařízení), je zařízení jehož funkce závisí na elektrickém proudu nebo na elektromagnetickém poli nebo zařízení k výrobě, přenosu a měření elektrického proudu nebo elektromagnetického pole, které náleží do některé ze skupin uvedených v příloze č. 7 zákona č. 185/2001 Sb. ve zn. pozd. předp., a které je určeno pro použití při napětí nepřesahujícím 1000 V pro střídavý proud a 1500 V pro stejnosměrný proud, **s výjimkou zařízení určených výlučně pro účely obrany státu.**

Nejdůležitější související terminologie

- **Elektroodpad je elektrozařízení, které se stalo odpadem**, včetně komponentů, konstrukčních dílů a spotřebních dílů, které v tom okamžiku jsou součástí zařízení.
- **Opětovné použití** znamená použití zpětně odebraného elektrozařízení nebo elektrozařízení, které se stalo odpadem, nebo komponentů takového elektrozařízení bez jejich dalšího přepracování ke stejnému účelu, pro který byly původně určeny.

Nejdůležitější související terminologie

- **Zpracování elektroodpadu** znamená **jakoukoliv operaci** prováděnou po převzetí elektroodpadu do zařízení ke zpracování elektroodpadu za účelem jeho dekontaminace, demontáže, drcení, využití nebo přípravy na odstranění nebo jakákoliv jiná činnost provedená s **cílem využití nebo odstranění elektroodpadu**.

Nejdůležitější související terminologie

- **Výrobce** je fyzická nebo právnická osoba oprávněná k podnikání, která bez ohledu na způsob prodeje, včetně použití prostředků komunikace na dálku:
 - pod vlastní značkou vyrábí a prodává elektrozařízení,
 - prodává pod vlastní značkou elektrozařízení, vyrobená jinými dodavateli, neobjevuje-li se na zařízení jméno nebo firma osoby,
 - v rámci své podnikatelské činnosti dováží elektrozařízení do České republiky nebo tato elektrozařízení uvádí v České republice na trh.

Nejdůležitější související terminologie

- **Elektrozařízení pocházející z domácnosti** je použité elektrozařízení pocházející z domácnosti nebo svým charakterem a množstvím jemu podobný elektroodpad od práv. a fyzických osob oprávněných k podnikání.
- **Zpětný odběr elektrozařízení** znamená odebírání použitých elektrozařízení pocházejících z domácností od spotřebitelů bez nároku na úplatu na místě k tomu výrobcem určeném.
- **Oddělený sběr elektroodpadu** znamená odebírání použitých elektrozařízení nepocházejících z domácností od konečných uživatelů na místě k tomu výrobcem určeném.



Skupiny elektrozařízení

- **Skupina 1** - velké domácí spotřebiče (např. velká chladicí zařízení, chladničky, mrazničky atd.).
- **Skupina 2** - malé domácí spotřebiče (např. vysavače, fritovací hrnce, topinkovače, kávovary atd.).
- **Skupina 3** - zařízení informačních technologií a telekomunikační zařízení (např. Sálové počítače, servery, osobní počítače, notebooky, tiskárny, mobilní telefony atd.).
- **Skupina 4** - spotřebitelská zařízení (televizory, videokamery, rádiové soupravy, videorekordéry, hudební nástroje atd.).



Skupiny elektrozařízení

- **Skupina 5** - osvětlovací zařízení (lineární zářivky, kompaktní zářivky atd.).
- **Skupina 6** - elektrické a elektronické nástroje, s výjimkou velkých stacionárních průmyslových nástrojů (např. vrtačky, pily, zařízení pro soustružení atd.).
- **Skupina 7** - hračky, vybavení pro volný čas a sporty (např. videohry, elektrické vláčky, výherní automaty apod.).



Skupiny elektrozařzení

- **Skupina 8** - lékařské přístroje (s výjimkou všech implantovaných a infikovaných výrobků),
- **Skupina 9** - přístroje pro monitorování a kontrolu (např. detektory kouře, regulátory vytápění, termostaty apod.),
- **Skupina 10** - výdejní automaty (např. výdejní automaty na horké nápoje, výdejní automaty na chlazené láhve či konzervy apod.).



Elektrozařízení vyjmutá ze skupin elektrozařízení

- **Výrobky, pro které není elektrický proud hlavním zdrojem energie** (např. plynový hořák s elektrickým ovládáním s výjimkou elektrických nebo elektronických součástí jako např. termostat, které mohou být z výrobku vyčleněny).
- **Výrobky, pro které elektronické součásti nejsou nezbytně nutné pro splnění jejich základní funkce** jako např. elektronické blahopřání nebo mluvící hračky).
- **Zařízení s elektrickými a elektronickými součástkami, které jsou stálou součástí jiného celku** jako např. autorádio, palubní osvětlení apod.).

Elektrozařízení vyjmutá ze skupin elektrozařízení

- **Velké stacionární průmyslové nástroje**, tj. stroje nebo systémy sestavené kombinací jednotlivých zařízení nebo systémů za účelem společného provozu v jednom celku a ke specifickému účelu.
- **Zařízení určená výlučně pro obranu státu**, splňující definici elektrozařízení.
- **Lékařské přístroje**, které jsou implantované nebo infikované.
- **Běžné, přímo žhavené žárovky** a svítidla pro **zářivky** z domácností.

Zpětný odběr elektroodpadu



- **Výrobce elektrozařízení musí zajistit zpětný odběr elektrozařízení pocházejícího z domácností.**
- Pro elektroodpad nepocházející z domácností výrobce elektrozařízení musí zajistit jeho oddělený sběr.
- Zbavit se elektroodpadu nebo elektrozařízení pocházejícího z **domácnosti** smí jeho držitel jen jeho **předáním zpracovateli** nebo na místo **zpětného odběru** nebo **odděleného sběru**.





Zpracování elektroodpadu

- **Výrobce elektrozařízení musí vytvořit systém pro zpracování elektroodpadu** za použití nejlepších dostupných technik, jeho zpracování, využívání a materiálového využívání.
- **Výrobce elektrozařízení musí poskytnout zpracovatelům elektroodpadu veškeré informace,** které jsou nutné k jeho zpracování, především údaje o obsažených nebezpečných látkách, možnostech opětovného použití elektrozařízení a materiálového využití elektroodpadu, případně způsobu jejich odstranění.



Zpracování elektroodpadu – povinnost zpracovatele

- **Provozovat zařízení** ke zpracování elektroodpadu v souladu s jeho **provozním řádem** a plnit další **povinnosti oprávněné osoby**.
- **Přednostně odstranit** z elektroodpadu všechny látky a součásti.
- **Skladovat a zpracovávat** elektroodpad v souladu s technickými požadavky.
- **Zajistit využití** elektroodpadu.
- **Vést evidenci** o převzatém elektroodpadu a způsobu jeho zpracování a zasílat příslušnému správnímu úřadu údaje o zařízení.

Využívání elektroodpadu

- **Výrobce elektrozařízení** musí vytvořit **system**, podle kterého bude zajištěno **využití elektroodpadu** navazující na **zpětný odběr** elektrozařízení nebo **oddělený sběr** elektroodpadu.
- Zpětně odebraná a odděleně sebraná **elektrozařízení** se před předáním zpracovateli **přednostně opětovně použijí jako celek**.
- **Opětovně lze použít** pouze elektrozařízení či jejich komponenty, které splňují požadavky příslušných právních předpisů.

Využívání elektroodpadu – povinnosti výrobce elektrozařízení

- U **elektrozařízení** uvedených ve **skupinách 1 a 10** v rozsahu **80 %** jeho průměrné hmotnosti a opětovné použití a materiálové využití komponentů, materiálů a látek v rozsahu **75 %** jeho průměrné hmotnosti,
- U **elektrozařízení** uvedeného ve **skupinách 3 a 4** v rozsahu **75 %** jeho průměrné hmotnosti a opětovné použití a materiálové využití komponentů, materiálů a látek v rozsahu **65 %** jeho průměrné hmotnosti.

Využívání elektroodpadu – povinnosti výrobce elektrozařízení

- U **elektrozařízení** uvedeného ve **skupinách 2, 5, 6, 7 a 9** v rozsahu **70 %** jeho průměrné hmotnosti a opětovné použití a materiálové využití komponentů, materiálů a látek v rozsahu **50 %** jeho průměrné hmotnosti,
- U **výbojek a zářivek** opětovné použití a materiálové využití komponentů, materiálů a látek v rozsahu **80 %** jejich průměrné hmotnosti.

Technické požadavky na místo pro shromažďování nebo skladování elektroodpadů

- **Zpevněná podlaha**, nepropustná vůči únikům nebezpečných látek, vybavená zařízením na jímání úniků nebezpečných látek, pokud jsou v elektroodpadu obsaženy.
- **Pomůcky pro úklid a látky pro absorpci uniklých provozních kapalin, zařízení pro odstranění uniklých kapalin**, pokud jsou v elektroodpadu obsaženy, **shromažďovací prostředky** pro vznikající odpady a případně **další zařízení** k úpravě odpadů.
- **Zařízení umožňující přemístování elektroodpadů.**





Technické požadavky na místo pro zpracování elektroodpadů

- Vhodné **zařízení ke stanovení hmotnosti** zpracovávaného elektroodpadu.
- **Zpevněná podlaha**, nepropustná vůči únikům nebezpečných látek, se **zařízením na jímání úniků nebezpečných látek**, pokud jsou v elektroodpadu obsaženy.
- **Vhodné nádoby** pro skladování baterií, akumulátorů, pro kondenzátory obsahující PCB či PCT a jiné nebezpečné odpady, jako např. radioaktivní odpady.
- **Vhodným skladovacím prostorem** pro demontované konstrukční díly a součásti.
- **Zařízením pro čištění odpadních vod.**



Technické požadavky na zpracování elektroodpadů

- **Vyjmuté a demontované části elektroodpadů** se zařazují pod jednotlivá čísla a dále se třídí podle jednotlivých druhů.
- Při **zpracování elektroodpadů** se používají pouze technologie, zaručující že **nedojde k úniku látek ohrožujících životní prostředí**.
- **Části, součásti a materiály** přednostně demontované z elektroodpadů se **využívají** nebo **odstraňují** v souladu se zvláštními právními předpisy upravujícími nakládání s nebezpečnými látkami v nich obsaženými.



Technické požadavky na zpracování elektroodpadů – přednostní demontáž

- Z elektroodpadů se přednostně demontují.
 - kondenzátory obsahující PCB,
 - součásti obsahující **rtuť**, jako jsou např. přepínací nebo fluorescenční lampy na podsvěcování displejů,
 - **baterie a akumulátory**,
 - **tištěné spoje** z mobilních telefonů obecně nebo z jiných přístrojů, pokud je povrch tištěného spoje větší než 10 cm²,
 - **inkoustové kartridže**, tonerové kazety pro kapalnou a pastovitou náplň, stejně jako barevné tonery,



Technické požadavky na zpracování elektroodpadů – přednostní demontáž

- **plasty** obsahující bromované retardéry hoření,
- **azbestové odpady** a konstrukční součásti obsahující azbest,
- **obrazovky,**
- **regulované látky,**
- **roztok amoniaku a vody** u absorpčních chladicích zařízení,
- **všechny ostatní kapaliny** zejména oleje a žíraviny,
- **výbojky, zářivky,**



Technické požadavky na zpracování elektroodpadů – přednostní demontáž

- **displeje z tekutých krystalů (LCD)** o ploše větší než 100 cm² (pokud možno společně s pouzdem) a všechny displeje podsvícené výbojkami,
- **vnější elektrické kabely,**
- součásti obsahující **ohnivzdorná keramická vlákna,**
- součásti obsahující **radioaktivní látky,**
- **elektrolytické kondenzátory** s výškou od 25 mm a průměrem od 25 mm nebo srovnatelného objemu.



Technické požadavky na zpracování elektroodpadů – přednostní demontáž

- Stanovené způsoby zpracování vybraných elektroodpadů z přednostní demontáže:
 - z **obrazovek** se odstraní vrstva luminoforů a elektronový zdroj,
 - z **elektroodpadu obsahujícího regulované látky**, definované zákonem č. 201/2012 Sb. (zákon o ochraně ovzduší), které poškozují ozónovou vrstvu, se řádně odsají a zpracují plyny. S plyny poškozujícími ozónovou vrstvu se nakládá v souladu se zvláštním právním předpisem,
 - u konstrukčních **součástí obsahujících rtuť** se provedou vhodná opatření k zabránění emisí rtuti.

Technologie zpracování odpadů

- **Starší technologie** zpracování byly zaměřeny především na zpracování **elektrických kabelů** a **částečně také plošných spojů**.
- Jednalo se o **zařízení s jednodušší technologickou koncepcí**, s **nízkou zpracovatelskou výkonností** a orientací pouze na vybraný druh odpadu (např. elektrické kabely z automobilového průmyslu, plošné spoje z počítačů atd.).
- V současné době jsou však požadavky na zpracování elektroodpadu vyšší a tudíž je nutné využívat **technologie schopné zpracovat širší spektrum elektroodpadů**.



Technologie zpracování odpadů



- **Materiály**, ze kterých se **elektroodpad skládá**, se odlišují nejen z hlediska **druhu odpadu**, ale i z hlediska **okamžiku výroby**.
- **Specifickým elektroodpadem** jsou zařízení označované jako **historická** (tato zařízení oproti současným obsahují větší podíl dřeva, desek s plošnými spoji, ale také zlata, které se ve větší míře používalo k pokovení kontaktů, a to hlavně v sálových počítačích a telefonních ústřednách).



Technologie zpracování odpadů



- V současné době se **ve větší míře používají plasty** a podíl zastoupení plošných spojů vůči celkovému objemu elektrospotřebiče se zmenšuje.
- **Elektroodpad** je odpadem, kde je **v jednom zařízení několik druhů vzájemně provázaných materiálů najednou** (tato skutečnost do značné míry ovlivňuje **technologickou koncepci zařízení** pro jejich zpracování, především separační technologie s určitým podílem lidské práce).



Technologie zpracování odpadů

- Z hlediska **charakteru složení materiálu** a v závislosti na možnostech technologického zařízení pro zpracování elektroodpadu je třeba co nejefektivněji rozdělit jednotlivé frakce po nadrcení materiálu **na hrubou a jemnou frakci**.
- **Velikostní granulometrická hranice je 30 mm** a je dána technologickými možnostmi konkrétního zařízení, na kterém je odpad zpracován.



Technologie zpracování odpadů

- Pro **ekonomickou efektivitu prodeje** jednotlivých vytríděných odpadů je určujícím faktorem **cena**, za kterou je odpad prodán na trhu a její výše je významně ovlivněna **čistotou vytríděného odpadu**.
- Předpokladem **vysoké efektivity a výtěžnosti** je použití několika stupňů **drcení a třídění** odpadu.

Technologie zpracování odpadů

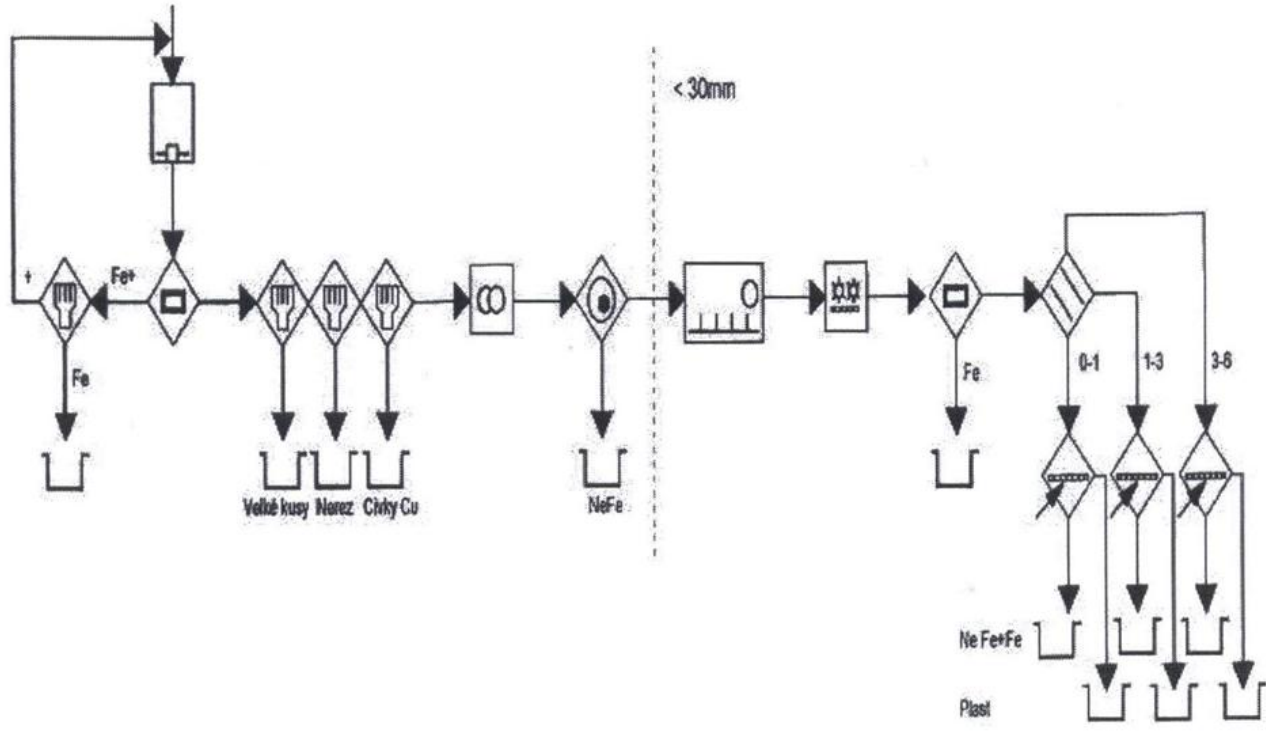
- Z materiálů je z hlediska ceny za vytrídění s ohledem na **investiční náklady na separátor a drtící zařízení** nejrentabilnější **magnetický odlučitelný kusový materiál** a dále **nemagnetické kovy**.
- Pro získávání **vzácných kovů** jsou naopak technologie **nejsložitější** a investičně **nejnáročnější**.



Technologická linka a procesy při zpracování elektroodpadů

- **Elektroodpad** je do technologické linky podáván pomocí **vstupního dopravníku**.
- Na dopravník lze ukládat jednak **celá elektrozařízení** (bez demontovaných částí **nebezpečného odpadu** a **zásobníků na inkoust** nebo určitý ručně vytríděný druh odpadu, např. desky plošných spojů z televizorů).

Schéma technologické linky pro zpracování elektroodpadů



LEGENDA KE SCHÉMATU

-  ŘETĚZOVÝ DRTIČ
-  DVOUROTOROVÝ DRTIČ
-  MLÝN - SKULOVAČ
-  VIBRAČNÍ TŘÍDIČ DVOUSTOVÝ
-  FLUIDNÍ TŘÍDIČ
-  VYLUČOVAČ NEMAG.KOVŮ
-  BUBNOVÝ VYLUČOVAČ MAGNETICKÝCH KOVŮ
-  PŘEBĚHOVÝ VYLUČOVAČ MAGNETICKÝCH KOVŮ
-  RUČNÍ TŘÍDĚNÍ
-  ZÁSOBNÍ SILO
-  BOX (KONTEJNER)
-  TOK MATERIÁLU

Technologická linka a procesy při zpracování elektroodpadů



- Z dopravníku je následně **odpad dávkován** do **řetězového drtiče**, což je rychloběžný drtič s řetězovým drtícím mechanismem, který je schopen odpad nadrtit a v maximální míře od sebe oddělit jednotlivé složky odpadu.
- **Drcení odpadu** je průběžné, za drtičem je umístěn **magnetický separátor**, který provede první oddělení magnetické složky odpadu.

Technologická linka a procesy při zpracování elektroodpadů

- Následně je provedeno **ruční dotřídění** odpadu na vodorovném dopravníku.
- Zde se **odstraňují** zbývající **větší kusy** odpadu a prvky z **antikorozi oceli**, případně **cívky a další cenné složky**.
- **Ruční třídění** je důležité **jako ochrana** před poškozením dalších částí zařízení zařazených v technologické lince, zejména jejich drtících nástrojů.

Technologická linka a procesy při zpracování elektroodpadů



- Poté je odpad **drcen na dvourotorovém drtiči** a následně je z něho **vytríděn nemagnetický kov** na základě **indukčních vlastností** (s využitím vířivých proudů).
- **Zbylá část odpadu je shromažďována do zásobníku** nebo z ní může být navíc odstraněn **magnetický kov**, který se nepodařilo odstranit na předchozím zařízení nebo při ručním třídění.



Technologická linka a procesy při zpracování elektroodpadů



- Pokud je třeba, z důvodů velikostních parametrů požadovaných odběratelem, **drtit odpad dále**, pak je odpad **drcen na rychloběžném mlýnu** a poté je **roztříděn** do tří velikostních frakcí pro **zvýšení účinnosti třídění**.
- **Následné třídění** probíhá na **fluidním principu**, kdy se váhově oddělí těžká složka od lehké.
- **Tato část technologické linky** má, na rozdíl od první části linky, obvykle **pětinovou výkonnost** a je investičně asi **tříkrát dražší**.



Technologická linka a procesy při zpracování elektroodpadů

- V **první části** technologické linky se z celkového množství odseparují **cca 2/3 odpadu** a na **jemné drcení** zbývá **cca 1/3 odpadu** (podíly se ale mohou lišit, a to v závislosti na druhu drceného elektroodpadu).
- Celá technologická linka je opatřena **ventilačním systémem**, který zajišťuje **odsávání uvolňovaných prachových částic**.



Technologická linka a procesy při zpracování elektroodpadů

- Technologická linka je obsluhou řízena pomocí centrálního řídicího systému.
- Pro zajištění **bezpečnosti obsluhy** je technologická linka vybavena, v souladu s platnými předpisy, **systémem nouzového vypnutí celé linky**, **systémem diagnostiky bezpečnostních prvků před startem** a v době provozu a **systémem preventivní ochrany před nebezpečím výbuchu prachových částic**.



Technologická linka a procesy při zpracování elektroodpadů

- **Ruční demontáž** je postup, který je nutno využívat u některých zařízeních s obrazovkami jako např. **monitory, televizory** apod.
- **Obrazovky** je nutné zpracovat mimo technologickou linku a to **rozříznutím a odsátím luminoforu**.
- Z hlediska ostatních elektrozařízení se dá předpokládat výskyt **akumulátorů, tonerů, cartridge a dalších prvků**, které je nutné rovněž **ručně vyjmout** tak, aby se nedostaly na zpracování v technologické lince.



Technologická linka a procesy při zpracování elektroodpadů

- Běžná **zpracovatelská výkonnost** těchto technologických linek je **5000 až 10 000 tun elektroodpadu za rok** (tj. při přepočtu na 260 pracovních dnů a dvousměnný provoz 20 až 40 tun za den, což je 1,25 až 2,5 tuny za hodinu).



Možnosti recyklace plošných spojů

- **Plošné spoje** jsou jako **propojovací a nosné elementy elektronických prvků** nedílnou součástí téměř každého elektrozařízení (protože v sobě zahrnují téměř všechny chemické prvky mají, vzhledem k obtížné recyklaci, negativní dopad na životní prostředí).
- **Materiálová různorodost** a s ní spojená **obtížná recyklace** je dána přítomností velkého množství elektronických prvků.



Možnosti recyklace plošných spojů

- **Desky** obsahují množství **nebezpečných látek**, ale i **drahých kovů** (např. stříbro, zlato, platina a palladium - zejména na plošné konektory a piny).
- **Optimálním materiálem** pro desky plošných spojů je **vrstvený izolant** (laminát).
- **Laminát** je materiál na bázi pryskyřic a papíru s přiměřenou navlhavostí, střední pevností a dobrými elektrickými vlastnostmi.
- V oblasti **počítačové techniky** a v **průmyslové elektronice** se nejčastěji používají základní materiály na bázi **skleněných tkanin**.

Možnosti recyklace plošných spojů – průměrný obsah kovů

Chemický prvek	Obsah [%]	Oblast použití
Měď Cu	10 až 25	Vodivé cesty, vodiče, chladiče
Železo Fe	5 až 10	Konstrukční a spojovací části
Olovo Pb	1 až 5	Složka pájky, kondenzátory
Nikl Ni	1 až 3	Akumulátory
Hliník Al	2	Konstrukční části, chladiče
Cín Sn	0,8 až 4	Složka pájky, kondenzátory
Zinek Zn	0,3 až 0,4	Fluorescenční materiály
Antimon Sb	0,1	Složka pájky, kondenzátory
Stříbro Ag	0,05 až 0,3	Elektrické kontakty, konektory
Zlato Au	0,01 až 0,1	Elektrické kontakty, konektory
Platina Pt	0,004	Elektrické kontakty, konektory
Palladium Pd	0,004 až 0,03	Náhrada zlata, kontakty, relé

Možnosti recyklace plošných spojů

- **Před recyklací** desek plošných spojů je prvním krokem **odstranění veškerých elektronických součástí.**
- Následně může být použita **metoda mechanického odstranění**, která je vhodná pro **selektivní separaci** pouze některých důležitých součástek (např. diody, tranzistory, rezistory apod.).
- Provádí se **mechanickým odstraněním pinů** z vhodných komponent.



Možnosti recyklace plošných spojů

- Dalším používaným postupem je **tavení**, kdy dochází k postupnému roztavení cínových spojů a uvolnění pinů součástek, které se mechanicky odstraní.
- **Plošný spoj** se umístí **pod ochranný kryt na hliníkovou desku**, která se **topnými tělesy ohřeje** na teplotu 350 až 400°C.
- Dále je využíváno **řezání**, kdy se deska plošného spoje umístí do **upínacího rámu**, ve kterém se **piny odřezou pilou na kov**.
- **Nevýhodou tohoto postupu je**, že odpad, vznikající při odřezávání obsahuje **směs kovových a laminátových pilin**.



Možnosti recyklace plošných spojů

- Dalším technologickým postupem je **drcení plošných spojů**.
- Podle konkrétních **požadavků na zrnitost drceného materiálu** se používají břitové drticí stroje, granulační mlýny, řezací zařízení nebo brousky.
- Mezi **zvláštní způsoby zdrobňování** kovových odpadů lze zařadit také tzv. **kryogenní drcení**.
- Kryogenní drcení spočívá v tom, že **drcený odpad je nejprve hluboce podchlazen** na teplotu -100 až -170 °C a teprve **poté drcen**.

Možnosti recyklace plošných spojů

- Při kryogenním drcení se **využívá různých účinků nízkých teplot na fyzikální vlastnosti materiálů.**
- **Podchlazené materiály** potřebují k **dokonalé fragmentaci** drtiče s **přibližně polovičním příkonem** než při drcení standardním.
- **Nevýhodou jsou vysoké náklady** na tuto technologii.

Možnosti recyklace plošných spojů

- Dalším technologickým procesem je **separace materiálů z drti**.
- Třídění **feromagnetických materiálů z drti plošných spojů** se provádí pomocí magnetické separace, vibračním tříděním, elektrostatickou separací a gravitační úpravou (umožňuje oddělování jednotlivých materiálů v prostředí kapaliny, na základě rozdílné hustoty).



Možnosti recyklace plošných spojů – získávání drahých kovů – extrakce v tavenině olova

- **Rozdrcené desky** s tištěnými spoji jsou dávkovány přímo do **tavících zařízení**, kde se **mísí s roztaveným olovem**.
- **Plasty vyhoří, železo a část barevných kovů plave na povrchu taveniny**, odkud se stahuje mimo (do roztaveného olova přechází většina ušlechtilých kovů).
- **Tavenina je následně provzdušňována** a většina olova a obecných kovů **zoxiduje** a odstraní se jako **struska**.
- **Zbylá část olova**, obohacená o drahé kovy je podrobena **rafinaci**.

Možnosti recyklace plošných spojů – získávání drahých kovů – extrakce v tavenině olova

- Tímto technologickým způsobem je získávána nejen **měď**, ale i **selen, nikl, tellur, olovo, cín a rtuť**.
- **Výhodou** procesu je malá náročnost na pracovní sílu a **univerzálnost** vůči vstupní surovině.
- **Nevýhodou je nižší environmentální šetrnost** této technologie.

Možnosti recyklace plošných spojů – získávání drahých kovů – kyanidové loužení

- Touto technologií je možné **zlato** selektivně a snadno izolovat **loužením zředěnými roztoky alkalických kyanidů**.
- **Podmínkou** je, aby pozlacený **materiál byl obnažen** (jeho povrch musí být přístupný kontaktu s loužicím roztokem).
- **Loužení má vysokou účinnost** a jeho **výhodou** je skutečnost, že ostatní kovy jím nejsou znehodnoceny.

Možnosti recyklace plošných spojů – získávání drahých kovů – kyanidové loužení

- Při kyanidovém loužení Nejčastěji používané slitiny na bázi mědi, zinku a niklu tak mohou tak mohou být dále **metalurgicky rafinovány**, aniž by tyto kovy přecházely do roztoků, ze kterých by musely být **složitě izolovány**.
- **Nevýhodou je vysoká toxicita** použitého činidla.
- Při **řádném řízení** procesu a bezpečném zacházení s výluhy vzniká **minimální množství** dalších odpadů s **nízkou mírou nebezpečnosti**.
- **Provozní rizika** a potenciální možnost **havárie** však činí tento proces **problematickým**.

Možnosti recyklace plošných spojů – získávání drahých kovů – sulfáto-nitrátový postup

- Tento technologický postup se používá pro **separaci palladia**.
- Pokud se **surovina s obsahem palladia** zpracovává **sulfáto-nitrátovou** cestou, pak lze vzniklé **roztoky** po **denitraci** velmi snadno **redukovat formaldehydem** a získat s vysokou účinností **palladium**.

Možnosti recyklace plošných spojů – získávání drahých kovů – elektrolýza

- **Elektrolýza** se používá tehdy, kdy se při procesu recyklace elektroodpadu získá **frakce barevných kovů** nebo **výluh** z některého podílu odpadu.
- **Roztok** ale obvykle obsahuje velké množství kovů (měď, zinek, nikl, kadmium, stříbro, palladium, železo atd.) a **izolace všech složek není ekonomicky možná, ani žádoucí.**
- Většinou se elektrolýzou získá **podíl mědi**, případně **niklu** a **složka drahých kovů** zůstává většinou obsahem **anodických kalů.**

Náhrada nebezpečných materiálů v plošných spojích

- V poslední době probíhá intenzivní výzkum možností nahrazení nebezpečných, škodlivých materiálů v plošných spojích za jiné.
- **Nejpokročilejší** jsou výsledky výzkumu v oblasti **bezolovnatých pájek a zpomalovačů hoření** bez obsahu halogenů.
- **Vývoj bezolovnatých pájek** trval cca 10 let a ukazuje se, že jejich použití v praxi je reálné.
- V současné době používá tyto pájky několik **významných výrobců elektroniky**, jako např. Panasonic, Nokia, Sony, Toshiba.

Náhrada nebezpečných materiálů v plošných spojích

- Použití **bezolovnatých slitin** má **vyšší ekonomickou náročnost**, což vede k tomu, že jsou intenzivněji využívány **recyklované kovy** z vyřazených výrobků.
- **Olovo** v pájkách může být nahrazeno **slitinami** na bázi **cínu a bismutu** s legurami **stříbra, mědi a zinku**.