

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Katedra technologických zařízení a staveb

## **Návrh sestavení technologické linky na zpracování vybraného elektroodpadu**

### **Diplomová práce**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Sander

Autor práce: Vojtěch Jícha

Praha, 2013

- 1 -

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra technologických zařízení staveb

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jiří Vojtěch

Technika a technologie zpracování odpadů

Název práce

**Návrh sestavení technologické linky na zpracování vybraného elektroodpadu**

Anglický název

**Proposal assemblies of technological line for selected electronic waste**

### Cíl práce

Na základě analýzy současného stavu zpracování elektroodpadu provést návrh sestavení linky na zpracování vybraného elektroodpadu a vytvořit podklady pro projekt.

### Metodika

Po počítačím rozboru druhů elektroodpadu a jednotlivých metod jejich zpracování provede návrh linky na zpracování vybraného elektroodpadu. Proveďte porovnání vlastností a efektivity navržené linky se stávajícími.

### Osnova práce

I. Úvod

II. Cíl práce

III. Životní cyklus elektroodpadu

IV. Metody a zařízení pro zpracování elektroodpadu

V. Vyběr elektroodpadu

VI. Návrh modelové linky na zpracování elektroodpadu

VII. Porovnání existující linky s navrhovaným projektem

VIII. Závěr

## Resazh textové části

45-50

## Klíčová slova

elektronický odpad, technologická linka, zpracování odpadů, metody zpracování, třídění odpadu

## Doporučené zdroje informací

§ 37g zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech

GRUBER, V. Chemie: metody recyklace elektroodpad (online). Ústav chemických procesů AV ČR, Praha (cit. 2011-10-07), <http://archiv.strojni.gpr.vutbr.cz/users/imagu/default/C2Seminar/Mun006sem013.pdf>.

ŘEŠNĚNÁ, K. Odpadové hospodářství. 1. vyd. Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí Univerzity Jiráka Evangelisty Parkybné a Ústí nad Labem, 1998. 180 s. ISBN 88-7344-213-1.

Ministerstvo životního prostředí a ochrany životního prostředí

Technická literatura výrobců zařízení na zpracování elektroodpadu

Odpadové Fórum, Občasný měsíčník o věcech se souvisí s odpady

## Vedoucí práce

Sandler Jan, Ing., Ph.D.

## Termín zadání

listopad 2012

## Termín odevzdání

duben 2013

doc. Ing. Miroslav Příkrýl, CSc.  
Vedoucí katedry

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.  
Děkan fakulty

vypracováno dne 3.5.2013

**Prohlášení:**

Prohláuji, že jsem diplomovou práci na téma šNávrh sestavení technologické linky na zpracování vybraného elektroodpaduů vypracoval samostatn pod vedením Ing. Jana Sander. a uvedl jsem všechny prameny, ze kterých jsem erpal.

V Praze dne 6. kv tna 2013

í í í í í í ...

Vojt ch Jícha

**Pod kování:**

Tímto bych chtěl podkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Janu Sanderovi a všem ostatním, kteří mi poskytli pomoc a potřebné informace k vytvoření této diplomové práce.

**Abstrakt:** Diplomová práce vychází ze zadání ve veřejné zakázce Technické agentury České republiky na vytvoření analýzy materiálových toků odpadních elektrozařízení a možnosti navýšení jejich recyklace, využití a opětovného použití. Jak je z názvu analýzy patrné, zabývá možnostmi recyklace, případně likvidace elektronických odpadů a navíc se pokouší nalézt různé modelové linky na zpracování elektroodpadu. Rozebírá životní cyklus elektroodpadu, čímž se rozumí koloběh odpadu jako suroviny od výrobce až po jeho zpracování, různé systémy sběru a vlivy dotační politiky. Dále zpracovává jednotlivé metody na nakládání s ušloubeným elektroodpadem a nabízí pohled na různé používané v jiných zemích, jak v Evropské Unii tak i mimo ni. V další části prezentuje výše zmíněnou linku na zpracování elektroodpadu a na závěr porovnává navrženou linku s již existující linkou.

**Klíčová slova:** elektroodpad, recyklace, OEEZ, e-waste,

### **Concept of line for electrical waste treatment**

**Summary:** The diploma thesis is based on a public contract request from the Technical Agency of Czech republic. The request is to create electronic waste's mass flow analysis and to find possibilities to increase its level of recylation, usage and reuse. The thesis describes possibilities of recylation, reuse or if necessary liquidation of electronic waste. Moreover, the thesis strives to find a possible design of e-waste treatment line. The thesis also describes life cycle of e-waste, which means resources rotation from originator to its processing. It also deals with principles of e-waste collection and grant politics. It processes each method of collected e-waste treatment and gives solutions from other countries in EU and elsewhere. It presents e-waste treatment line mentioned above and compares it with already existing treatment line in the end.

**Key words:** electronic waste, recycling, WEEE, e-waste

## Obsah:

1. Úvod .....	1
2. Cíl práce a metodika .....	2
3. životní cyklus elektroodpadu .....	3
3.1 P vodce odpad .....	7
3.2 Systémy sb ru .....	8
3.2.1 Asekol .....	8
3.2.2 Elektrowin .....	9
3.2.3 REMA .....	9
3.2.4 Retela .....	10
3.2.5 D+P Remont .....	10
3.3 P edcházení vzniku elektroodpadu .....	10
3.4 Elektroodpad v zahrani í .....	11
3.4.1 USA .....	11
3.4.2 Kanada .....	13
3.4.3 <sup>TM</sup> ýcarsko .....	14
3.4.4 ína .....	14
4 Metody a za ízení pro zpracování vybraného elektroodpadu .....	16
4.1.1 Demontáž .....	16
4.1.2 Rozm l ování .....	17
4.1.2.1 Drtí e .....	17
4.1.2.1.1 Drtí e elis ové .....	17
4.1.2.1.2 Odrazové drtí e .....	18
4.1.2.1.3 Jednoh ídelové drtí e .....	19
4.1.2.1.4 Dvouh ídelové drtí e .....	19
4.1.2.1.5 Bubnové drtí e odpadu .....	20
4.1.2.2 Mlýny .....	20
4.1.3 Jemn j-í drcení a granulace .....	21
4.1.4 Mechanická separace .....	21
4.1.4.1 Magnetický separátor .....	21
4.1.4.2 Elektrodynamicky separátor .....	22

4.1.4.3 Fluidní vibrační splav	22
4.1.4.4 Vzduchové separátory	23
4.1.4.4.1 Gravitační odlušovače	24
4.1.4.4.2 Vířivé odlušovače (cyklóny)	25
4.1.4.5 Suchá a mokrá gravitační separace	26
4.1.4.6 Vibrační třídiče	27
4.1.4.7 Pneumatické třídiče	27
4.1.5 Chemická separace	28
4.2 Zhodnocení jednotlivých způsobů zpracování vybraného elektroodpadu	28
5. Návrh modelové linky na zpracování vybraného elektroodpadu	31
5.1 Realizace návrhu	33
5.1.1 I. Stupeň drcení	35
5.1.2 Pásový dopravník	36
5.1.3 II. Stupeň drcení	39
5.1.4 Magnetický separátor	40
5.1.5 Vzduchový separátor	41
5.1.6 Elektrostatický odlušovač	44
5.1.7 Pneumatická doprava a filtrace	45
5.2 Ekonomické posouzení návrhu	46
5.2.1 Celkové investiční náklady	46
5.2.2 Amortizace zařízení	47
5.2.3 Parametry investice	48
5.2.4 Stanovení návratnosti investice	49
6. Porovnání vlastností existující linky s navrhovaným projektem	50
6.1 Úspora údajů porovnávané linky	50
6.2 Hodnocení linky	51
7. Závěr	53
Seznam literatury	55
Seznam tabulek	59
Seznam obrázků	60



## 1. Úvod

Elektrozařízení jsou všude okolo nás. Usnadňují nám naše činnosti, pomáhají nám při každodenní práci, starají se o naši zábavu. Jejich vývoj se neustále zrychluje, jejich výroba se zdokonaluje, jejich cena se významně snižuje. Elektrospotřebiče máme doma po každém koutě a všude. Spolu s naším konzumním způsobem života se perioda obměny elektrozařízení stále zmenšuje a tak dochází ke vzniku velkého množství nepotřebných elektrozařízení. Logicky se pak musíme ptát: šCo s nimi? Jak sbírat, uchovávat a zpracovávat miliony tun vyřazených přístrojů, je-li jsou podle definice odpadem a ve většině případů zároveň i odpadem nebezpečným?

Elektroodpad se v ČR u nás zpracovává po mnoho let. Bohužel bez jasné koncepce. Většina projektů je aktuální problém, a ne zpracování elektroodpadu jako celku. Mnohdy tyto projekty i brzdí a znemožňují vstup na trh soukromým firmám ochotným se na sběr, zpracování a likvidaci za jasné daných podmínek podílet. Doufejme, že právě z důvodu řešení této situace vypsala Technická Agentura České republiky zakázku na vypracování analýzy materiálových toků odpadních elektrozařízení a možnosti navýšení jejich recyklace, využití a opětovného použití, což se tato práce snaží také naplnit.

## 2. Cíl práce a metodika

Cílem práce je sestavit zpracovat zadání ve veřejné zakázce Technické agentury České republiky, a to vytvořením modelového návrhu linky na zpracování elektroodpadu. Práce se drží metodiky výše zmíněné ve veřejné zakázce, a kde je to z hlediska úplnosti práce vhodné, přidává analýzy vlastní.

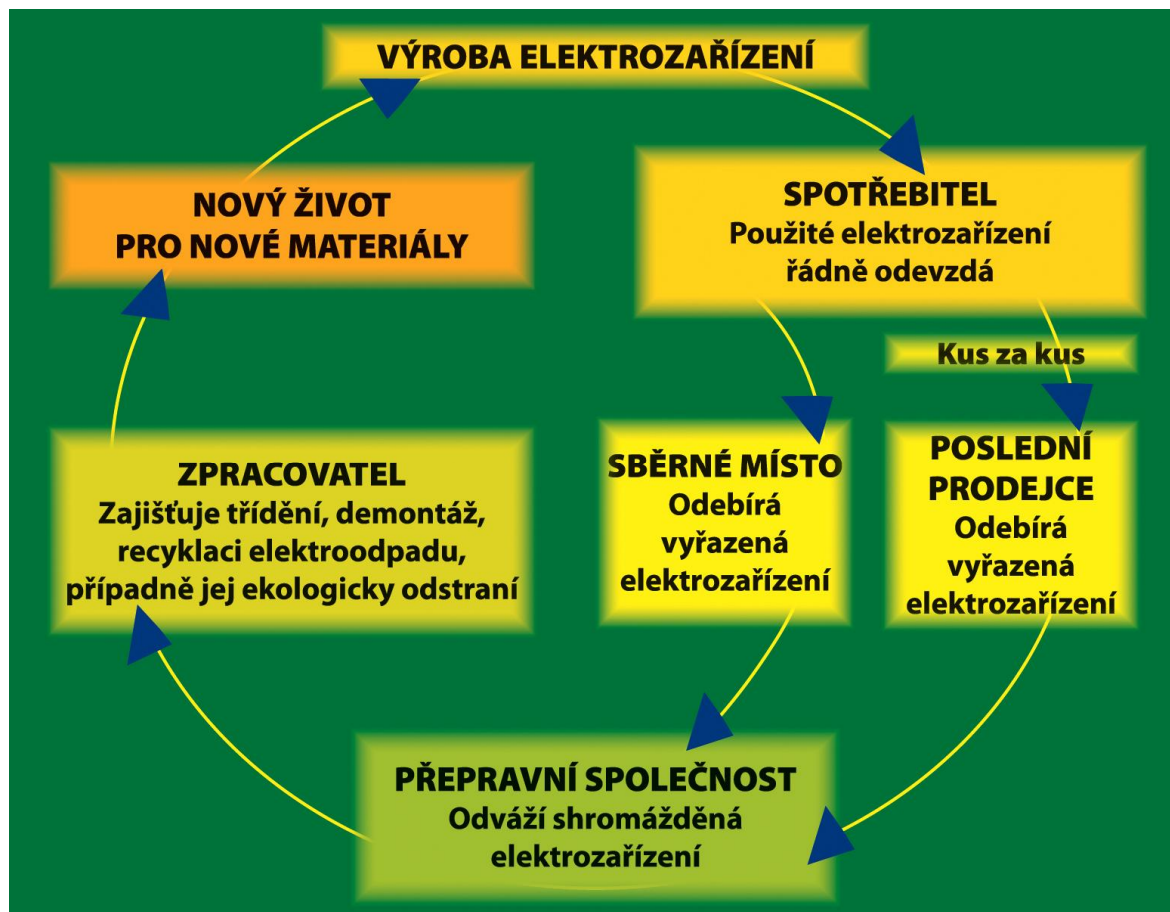
Metodika vychází z charakteristiky právních předpisů, druhů recyklačních technologií a legislativních podmínek v oblasti odpadového hospodářství. Účinnost se skládají z jednotlivých metod podle technických norem zabývajících se oblastí zpracování odpadních elektrozařízení a možností navýšení jejich recyklace, využití a opětovného použití a zavádění nových technologií. Metodika účinnosti jednotlivých postupů je založena na analytickém zpracování stanovených a analyzovaných parametrů a hodnot a jejich syntéze.

Postup účinnosti spoívá v analýze materiálového toku odpadních elektrozařízení, v dotazování jednotlivých státních a ostatních složek v oblasti zpracování elektroodpadu, v analýze materiálového toku odpadních elektrozařízení v průběhu zpracování, v dotazování jednotlivých zpracovatelů odpadních elektrozařízení, v analýze odbytových složek vzniklých z odpadních elektrických a elektronických zařízeních, ve vlastní analýze následného využití recyklátu, v návrhu linky na zpracování elektronických zařízeních a v ústředním ověření funkcí navrhované linky.

### 3. životní cyklus elektroodpadu

Na životní cyklus elektroodpadu se lze dívat ze dvou pohledů. První pohled je jednodušší a je jen pohyb elektrozařízení. Dle schématu na obrázku 1 je v cyklu nejprve výrobek vyroben a následně prodán spotřebiteli. Spotřebitel poté, co má úmysl nebo povinnost se za zařízení zbavit, ho odevzdá do sběrného místa k tomu speciálně určenému nebo ho odevzdá prodejci, od kterého kupuje za zařízení nové. Ze sběrných míst, respektive od prodejce, jsou za zařízení odvážena přepravní společnostmi ke zpracovateli elektroodpadu. Zde jsou za zařízení zpracovávána metodami a postupy podrobněji popsány v kapitole 4. Výstupem od zpracovatele jsou prvotní materiály, které jsou následně použity na výrobu nových zařízeních.

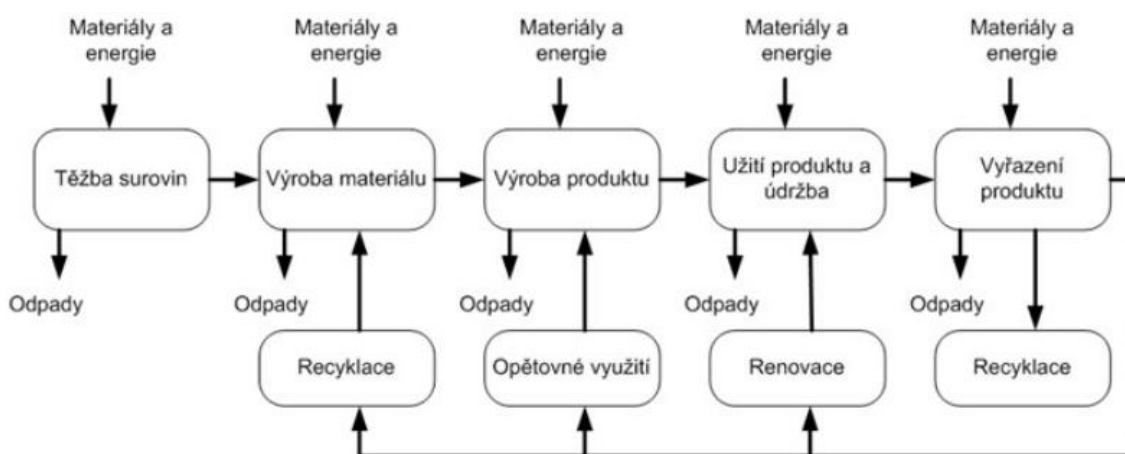
Obrázek 1: životní cyklus elektrozařízení [1]



Druhý pohled je složitější a je pohyb materiálu, respektive suroviny, pro výrobu elektrozařízení, oproti minulému se jen neomezuje na konstatování, že se výrobek vyrobí a

následně po uplynutí nějaké doby zpracuje. Jde více dopodrobna a hlavně ukazuje detailně fakt, že i při nevýrobních procesech vzniká odpad. Pracuje s možností opětovného využití jak celého elektrozařízení, tak i vznikajícího odpadu a na možnosti znovuvyužití a renovaci tohoto odpadu – viz obrázek 2. Cyklus začíná těžbou surovin. Uplatnění samotné těžby jsou potřeby vstupní suroviny a samozřejmě energie. Navíc při těžbě také vzniká odpad, toto ale není náplní této práce a nebude dále řešeno. Následuje výroba materiálu z mixu vytěžených surovin nebo z surovin vrácených do cyklu recyklací. Další částí cyklu je výroba produktu. Toto je opět docilováno výrobou část z nového materiálu nebo je možné, i když pravda ne moc často, použít funkční součástky z jiných vyřazených výrobků. Poté je v cyklu užití produktu a jeho údržba, při níž opět vzniká elektroodpad, který je možné zpracovat. Posledním v cyklu je vyřazení produktu. Produkt z nějakého důvodu dosloužil a podle vhodnosti bude renovován, rozebrán na součástky, které mohou být následně využity, nebo recyklován na prvotní materiály.

Obrázek 2: Uplatnění metodiky LCA při ekodesignovém návrhu elektrotechnického výrobku



Nutno říci, že v současnosti se ve většině zemí postupuje prvním způsobem. V České republice nakládání s elektroodpadem obecně upravuje zákon 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, který vychází z směrnice Evropské unie 2002/96/ES o odpadu z elektrických a elektronických zařízení, její novelizace 2003/108/ES a 2002/95/ES, o omezení používání některých nebezpečných látek

v elektronických zařízeních. Některé jsou elektrická zařízení plně nebezpečného odpadu dokazuje tabulka 1. Tyto směrnice mají dopad na množství subjektů, po níž je výrobci a maloobchodními prodejci, ať po spotřebiteli a další uživatelé elektrických a elektronických zařízení. Účelem této směrnice je prevence vzniku odpadních elektrických a elektronických zařízení a navíc opatření pro využití, recyklaci a další formy využití tohoto odpadu tak, aby se snížilo odstranění odpadu. Princip lze obecně definovat takto: Jednotlivé obce zřizují sbírná místa pro elektroodpad, jejichž úkolem je odpad převzít a ekologicky zlikvidovat. Náklady jsou započítávány do cen výrobku a jsou uváděny jako tzv. recyklační poplatek, jak je uvedeno v tabulce 2. [3]

Tabulka 1: Výskyt toxických a ekotoxických látek v elektroodpadu [3]

Výskyt v elektroodpadu	
<b>Halogenové směsi</b>	
PCB (polychlorované bifenyly)	kondenzátory, transformátory
TBBA (tetrabromobifenol)	samožhášecí přísada v těsných spojích
PBB (polybromované bifenyly)	zpomalovač hoření pro plasty
PBDE (polybromované bifenyly)	
PVC (polyvinyl chlorid)	kabelová izolace
<b>Těžké a ostatní kovy</b>	
Arzen	diody
Baryum	v CRT obrazovkách
Berylium	napájecí zařízení
Kadmium	baterie, CRT obrazovky, toner
Čistý chrom	datové pásy, diskety
Olovo	CRT obrazovky, těsné ploché spoje, baterie
Lithium	baterie
Rtuť	CCFL zářivky v LCD panelech, rtuťové spínače, baterie
Nikl	baterie, elektronová tryska v CRT obrazovkách
Selen	starší kopírky
Sulfid zinečnatý	vnitřek stín CRT
<b>radioaktivní látky</b>	
Americium	hlásič požáru

Tabulka 2: Aktuální tabulka s výší recyklačních poplatků [5]

Poplatek v Kč bez DPH	Poplatek v Kč s DPH	Externí třída (do přílohy č. 7/2005Sb.)	Popis kategorie
0	0	0-0	Nezařazené - polofky bez poplatku (zařízení pod 100g, neelektrické, příslušenství atd.)
109,24	130	1-1	Velké domácí spotřebiče (pračky, sušičky, myčky nádobí, pečicí zařízení, elektrické sporáky, elektrické plotny mimo sklokeramiku, ostatní velká zařazená používaná k vaření a jinému zpracování potravin, topení a ohřev vody nad 30kg, klimatizace, ostatní velké domácí spotřebiče v jiné podskupině neuvedené
352,94	420	1-2	Chlazení (velké chladicí zařízení, chladničky, kombinace chladničky a mrazničky, mrazničky, ostatní velká zařazená používaná pro chlazení, uchovávání a skladování potravin)
29,41	35	1-3	Vysavač (vysavač, čistič stroje na koberce, ostatní zařazené pro úklid, mimo AKU), mikrovlnná trouba, odsavač, sklokeramické desky, topení a ohřev vody od 10kg do 30kg
8,4	10	2-1	Malé domácí spotřebiče (řezací stroj, mandlovač a další péči o dřevo, topinkovač, fritovací hrnce, mlýnky, kávovary, el. otvárače, elektrické nože, spotřebiče pro stříhání vlasů, sušička vlasů, čistič zubů, holení, masáče, péči o tělo, hodiny, budíky, měřiče, váhy, ventilátory, vařiče elektrické malé, AKU vysavač, topení a ohřev vody do 10kg
3,36	4	3-1	Mobilní telefony a příslušenství, telefonní přístroje, bezdrátové telefony, vysílačky, kapesní a stolní kalkulačky, myš, PC komponenty (harddisky, optické mechaniky, disketové jednotky, základní desky, grafické karty, procesory, paměti, modemy, faxmodemy, atd., síťové prvky apod.)
8,4	10	3-2	Klávesnice, elektronické diáře, telefonní záznamníky
29,41	35	3-3	PC základní jednotky (včetně barebones), faxy, dálnopisy
50,42	60	3-4	Monitory do úhlopříčky 21", notebooky, laptopy, tiskárny nebo kopírky nebo skenery nebo multifunkční zařazené do hmotnosti 20 kg, elektrické psací stroje, telefonní ústředny
84,03	100	3-5	Tiskárny nebo kopírky nebo skenery nebo multifunkční zařazené do hmotnosti od 20 do 50 kg
168,07	200	3-6	Monitory s úhlopříčkou nad 21", tiskárny nebo kopírky nebo skenery nebo multifunkční zařazené o hmotnosti nad 50 kg, servery nebo mainframy nebo jiné počítače nad 50 kg
3,36	4	4-1	Analogové fotoaparáty, sluchátka, dálkové ovladače, mikrofony, komponenty zabezpečovacích systémů (vidla, ústředny apod.)
8,4	10	4-2	Discmany, walkmany, MP3 přehrávače, jiné osobní přehrávače, digitální fotoaparáty, radiobudíky, babysittery (el. chůvy), sady autoreproduktorů
25,21	30	4-3	Videokamery, autorádía, navigační systémy, GPS, přenosné radiomagnetofony, sady reproduktorů
50,42	60	4-4	Televize do úhlopříčky 21" (55 cm) včetně DVD, video přehrávače a rekordéry, mikro/midí/midí v flé, hifi komponenty (zesilovač, receiver, tuner), SAT a DVBT přijímače, dataprojektory, elektrické a elektronické hudební nástroje
84,03	100	4-5	Domácí kina (DVD mechanika, tuner a zesilovač v-e integrované v jeden celek + sada reproduktorů, bez TV)
168,07	200	4-6	Televize s úhlopříčkou nad 21"
8	9,52	5-1	Světelné zdroje - podskupina 5.2., 5.3., 5.4., 5.5. = zářivky lineární a kompaktní, výbojky nízkotlaké/vysokotlaké (sodíkové/halogenové), určené pro instalaci mimo domácnosti 8,-Kč/ks (+ 19% DPH)
35	41,65	5-2	Světidla - podskupina 5.1., 5.6 = interiérová/exteriérová světidla pro zářivky, výbojky určené pro instalaci mimo domácnosti 35,-Kč/ks (+ 19% DPH)
8,4	10	6-1	Veškeré elektrické nářadí a nástroje, ruční elektrické nářadí, zahradní technika a údržbová technika (mimo velké průmyslové stacionární stroje)

### 3.1 Povodce odpad

Povodcem odpad je právnická osoba nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, p i jejichfl innosti vznikají odpady, nebo právnická osoba nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, které provád jí úpravu odpad nebo jiné innosti, jejichfl výsledkem je zm na povahy nebo složení odpad , a dále obec od okamfliku, kdy nepodnikající fyzická osoba odpad odloží na míst k tomu ur eném; obec se sou asn stane vlastníkem tohoto odpadu.

Jeho povinnosti jsou:

- a) odpady za azovat podle druh a kategorií podle § 5 a 6,
- b) zajistit p ednostní vyuffití odpad v souladu s § 11,
- c) odpady, které sám nem fle vyuffit nebo odstranit v souladu s tímto zákonem a provád - cími právními p edpisy, p evést do vlastnictví pouze osob oprávněné k jejich p evzetí podle § 12 odst. 3, a to bu p ímo, nebo prost ednictvím k tomu z ízené právnické osoby, 22)
- d) ov ovat nebezpečné vlastnosti odpad podle § 6 odst. 4 a nakládat s nimi podle jejich skute ných vlastností,
- e) shromaflovat odpady ut ídné podle jednotlivých druh a kategorií,
- f) zabezpečit odpady p ed neřáduícím znehodnocením, odcizením nebo únikem,
- g) vést p řeb řnou evidenci o odpadech a zp sobech nakládání s nimi, ohla-ovat odpady a zasílat p íslu-nému správnímu ú adu další údaje v rozsahu stanoveném tímto zákonem a provád cím právním p edpisem v etn evidencí a ohla-ování PCB a za ízení obsahujících PCB a podléhajících evidenci vymezených v § 26. Tuto evidenci archivovat po dobu stanovenou tímto zákonem nebo provád cím právním p edpisem,
- h) umofnit kontrolním orgán m p ístup do objekt , prostor a za ízení a na vyřládání p edložit dokumentaci a poskytnout pravdivé a úplné informace související s nakládáním s odpady,
- i) zpracovat plán odpadového hospodá ství v souladu s tímto zákonem a provád cím právním p edpisem a zaji-ovat jeho pln ní,
- j) vykonávat kontrolu vliv nakládání s odpady na zdraví lidí a řivotní prost edí v souladu se zvlá-tními právními p edpisy a plánem odpadového hospodá ství,
- k) ustanovit odpadového hospodá e za podmínek stanovených tímto zákonem podle § 15,
- l) platit poplatky za ukládání odpad na skládky zp sobem a v rozsahu stanoveném v tomto

zákon . [6]

### 3.2 Systémy sběru

Systémy sběru elektroodpadu se realizují prakticky jen donákovým způsobem a sítě sběrných dvorů. V České Republice je sběr realizován pomocí čtyř hlavních neziskových systémů a to Asekol, Elektrowin, D+P Remont, REMA a Rebel. Dále lze zmínit Ekolamp nebo Ecobat.

Výrobci a dovozci elektrozařízení a baterií do ČR mají zákonnou povinnost řešit to, jak bude naloženo s vysloužilými elektrozařízeními a bateriemi na konci jejich životnosti. Zákon o odpadech nabízí tři varianty řešení, první z nich je přenesení povinností výrobce/dovozce na tzv. kolektivní systém. Kolektivní systémy se historicky zabývaly určitými skupinami elektrozařízení, v dnešní době dochází k tomu, že začínají nabízet řešení pro všechny skupiny elektrozařízení. Zjednodušen lze tedy říci, že každý kolektivní systém je vybraným výrobcem a dovozcem povinnosti, které ukládá zákon. Mezi kolektivními systémy je velký rozdíl, na které se zabývají prvním zpracováním elektroodpadu, nikoli pouze zprostedkováním jeho zpracování. (Například například D+P Remont) [7]

#### 3.2.1 Asekol

ASEKOL je nezisková hospodářská společnost, která v zastoupení výrobce a dovozce elektrozařízení organizuje celostátní systém zprávní odběru elektrozařízení, tj. sběr, dopravu a recyklaci elektrozařízení včetně financování celého systému. ASEKOL je tzv. kolektivní systém zprávní odběru elektrozařízení, jehož služby mohou na základě smlouvy využít výrobci nebo dovozci elektrozařízení. ASEKOL zajišťování chodu systému zprávní odběru úzce spolupracuje s městy a obcemi, posledními prodejci a servis, svazovými společnostmi a zpracovateli elektrozařízení.

Výrobci a dovozci elektrozařízení financují systém prostřednictvím příspěvků. Příspěvky jsou odváděny ASEKOLu čtvrtletně na základě množství elektrozařízení uvedených v daném čtvrtletí výrobcem nebo dovozcem na trh. Příspěvek se sestává ze systémového poplatku, o jedná se o paušální poplatek, který kryje náklady na administrativní provoz systému, je pro všechny klienty stejný vysoký. Příspěvky na historická a nová elektrozařízení jsou vyčísleny pro každý druh elektrozařízení odděleně. Nedochozí tak ke kolektivnímu financování, tj. že by z příspěvků vybraných za jeden druh elektrozařízení byla fi-



nancována likvidace jiného druhu elektroza ízení. V p ípad ě jsou elektroza ízení, za která byly zaplacený p ísp vky vyvezena do zahrani í, je mofné pofládat o refundaci p ísp vk . Z vybraných p ísp vk je hrazen provoz systému ó sb r, doprava a recyklace elektroza ízení a osv tové aktivity. [8]

### **3.2.2 Elektrowin**

Kolektivní systém Elektrowin a. s. je založen na principu rovného p ístupu ke v-em ú astník m systému. Smlouvy s výrobcí jsou stejné pro akcioná e i pro dal-í p idružené výrobce. Vý-e p ísp vku je stanovena pro v-echny stejn . Základním principem pro uvád ní p ísp vku je, ě po dobu 8 - 10 let v-ichni výrobci zapojení do kolektivního systému Elektrowin a. s. budou uvád t odd l n p i jejic prodeji. Spole nost je založena jako nezisková, tzn. ě mezi akcioná e nebude rozd lován p ípadný zisk.

Za výsledky zp tného odb ru a dosažení míry vyuffití se kolektivní systém zodpovídá nejen ú astník m systému, ale práv i Ministerstvu flivotního prost edí, kterému o své innosti p edkládá kařdor n ro ní zprávu. P edev-ím ale zodpovídá za napln ní v-ech povinností stanovených výrobc m, se kterými uzav el smlouvu, a za které tyto povinnosti plní. [9]

### **3.2.3 REMA**

Vznik REMA Systému iniciovali nejv t-í dovozci a výrobci informa ních technologií a telekomunikací v R. Impulsem k jeho založení byla novelizace zákona . 185/2001 Sb. o odpadech. Ta dává od 13. srpna 2005 za povinnost výrobc m a dovozcc m elektroza ízení vytvo it systém, který je povinen zajistit a financovat zp tný odb r, zpracování a ekologicky -etrné odstran ní elektroza ízení.

Hlavním smyslem innosti REMA Systému je ochrana flivotního prost edí zabezpe ením efektivní recyklace odpad elektrických a elektronických za ízení (OEEZ). Za tímto ú elem REMA Systém zaji-uje organizaci sb ru, t íd ní, nakládání a recyklaci v celé eské republice.

REMA Systém se v rámci své innosti zam ũje na komplexní e-ení pro v-echny skupiny elektroza ízení. Financování inností REMA Systému je zaji-t no na základ finan ního p íplatku, který se od 1. zá í 2005 p ípo ítává k cen výrobku. Je pro v-echny

klienty v rámci REMA Systému závazný a pro daný výrobek vždy stejný tak, aby neskytál konkuren ní výhodu. [10]

### 3.2.4 Retela

RETELA, s.r.o. je provozovatelem kolektivního systému a byl založena 11.5.2005 jako 100% dce iná společnost eskomoravské elektrotechnické asociace, která je členem Svazu pro myslu a dopravy R a zároveň je členem evropské asociace ORGALIME sdružující strojírenské a elektrotechnické svazy ze zemí EU.

Kolektivní systém RETELA v souladu s §37h odst (1) c) Zákona . 7/2005 Sb. přebírá zodpov dnost za výrobce a dovozce elektroza ízení (povinnou osobu) za odpad, který vznikne po skon ení životnosti elektroza ízení, tj. zajistí jeho sb r, demontáží, recyklaci a následné využití, jak ukládá zákon. Povinná osoba odvádí do systému RETELA recykla ní příspěvek, jehož výše je stanovena dle skupiny elektroza ízení, pod kterou povinná osoba spadá, a množství zboží uvedeného na trh v p ede-lém období. [11]

### 3.2.4 D+P Rekont

Firma separuje suroviny ve velmi vysoké čistotě, ze kterých jsou jednotlivé elektroodpady vyrobeny. Suroviny pak přímo expeduje do hutí a dalších zpracoven recyklovaných materiálů a po úpravě slouží k výrobě nových elektroza ízení nebo jiných výrobků.

### 3.3 Předcházení vzniku

Předcházet vzniku elektroodpadu lze několika způsoby. Jednak zlepšením materiální úrodnosti výrobků, a to speciálně u výrobků tvořících nebezpečný odpad. Toho lze dosáhnout za len ním kritérií materiální úrodnosti do produktových norem, s přihlédnutím k využití přirodních zdrojů a odpadů, které vznikly v průběhu životního cyklu výrobku. Dále zlepšením přístupu spotřebitelů k informacím o kvalitě, případně trvanlivosti produktu prostřednictvím označování výrobků. Zavedením centrálního střediska, které poskytuje poradenské služby podnikům, orgánům státní správy a domácnostem. A podporovat užití těchto produktů například tak, že při zadávání veřejných zakázek se zvolí taková kritéria, aby produkt splňoval nároky na předcházení vzniku odpadu.

Další možností je opětovné použití OEEZ, čímž je minimalizován dopad na životní prostředí, protože je používán, jak nejdéle je to možné. Nicméně poptávka po second-hand

elektrických a elektronických zařízení není v současnosti významná a rozšíření sítě op-  
tovného používání může pomoci splnit požadavek na zlepšení předcházení vzniku elektrood-  
padu. Zjednodušení postupu ke sběrným střediskům a obecně k síti op-  
tovného používání elektrozařízení může usnadnit identifikaci těchto produktů, které mohou být snadno oprave-  
ny a použity znovu.

Program EPR (Extended Producer Responsibility) vytváří odpovědnost za náklady  
na konci životnosti elektroodpadu. EPR přímo propojuje producenty s jejich výrobky a nepo-  
stihuje celé odvětví. Tím je docíleno odměnění těchto producentů, kteří podnikli kroky  
ke zlepšení odolnosti a opravitelnosti výrobků a nebo také zjednodušení jeho recyklaci. [13]

### **3.4 Elektroodpad v zahraničí**

#### **3.4.1 USA**

Američané kupují více elektrotechniky než zbytek světa. Na které studie odhadují,  
že asi 75% staré a nepoužitelné elektroniky je skladováno a čeká na zpracování. V USA je  
v průměru každé tři roky vyměněn starý počítač za nový, to společně s více než polovinou  
domácností vlastní osobní počítač tvoří značné množství odpadní elektroniky. Odhaduje  
se, že v prvním desetiletí tohoto století to bylo 1.3 milionu tun.

Spojené státy nemají ucelenou koncepci na zpracování elektroodpadu v celostátním  
mřížku. Na rozdíl od Evropy ale vzniká množství projektů přímo od prodejce, či výrobce  
zařízení (například E-Cycle). Tyto jsou ale bohužel jen malé projekty, neschopné čelit  
v poměru ohromný proud elektroodpadu, jehož značná část končí na skládkách či spalov-  
nách. S tím souvisí problém úniku nebezpečných látek do životního prostředí, jak je zná-  
mý z tabulky 3. [14]

Tabulka 3: Množství nebezpečných látek uvolněných do životního prostředí v jednotlivých státech USA v tunách za rok [14]

State	Xylenes	Toluene	Tetrachlor	Styrene	Nickel	Methylene	Mercury	Lead	Arsenic
Alabama	12405.85	18666.07	729.59	744.28	19.06	1219.90	4.36	45.29	6803.78
Arizona	7683.21	13201.83	555.81	437.12	6.27	736.00	1.68	33.87	5790.72
Arkansas	6675.89	10842.08	444.41	862.57	27.98	1000.53	1.91	59.00	3860.80
California	30982.29	54666.88	2607.96	1446.15	52.68	3844.34	6.01	52.12	12737.58
Colorado	10160.05	15660.35	759.73	323.13	15.21	952.84	1.92	21.34	8323.61
Connecticut	6121.21	10487.49	537.54	259.76	14.35	1291.57	1.62	4.76	2235.69
Delaware	1110.37	1479.29	134.90	90.11	9.47	165.56	0.95	2.09	588.02
D.C.	548.10	934.80	61.66	21.55	1.05	102.56	0.27	0.41	255.05
Florida	31746.28	50090.39	1612.97	2820.26	31.22	2810.84	14.97	163.22	15719.52
Georgia	17741.78	29084.43	969.77	2327.35	13.76	2506.85	4.56	54.93	10139.71
Idaho	5490.03	7305.82	119.87	274.32	5.63	186.06	1.32	299.75	4128.47
Illinois	34365.32	53581.40	4308.79	2443.08	34.92	3996.16	5.82	86.79	10458.73
Indiana	18790.10	28378.76	1249.81	2392.10	49.11	4179.87	8.46	146.99	7951.13
Iowa	9200.14	12498.13	355.05	812.16	8.55	1053.51	1.75	12.46	3923.98
Kansas	6672.25	9806.11	635.35	384.36	6.06	644.93	1.31	21.43	3769.11
Kentucky	10501.29	16556.77	642.70	794.63	15.93	1456.78	4.65	33.85	4957.15
Louisiana	12105.68	18115.38	653.91	769.61	26.99	873.38	3.66	45.68	8024.99
Maine	10471.46	12294.66	112.75	272.99	14.61	260.23	1.10	13.04	3719.00
Maryland	6924.90	10885.21	449.45	341.55	7.68	861.07	3.83	13.66	3885.83
Massachusetts	10422.76	19172.03	1746.51	358.01	25.29	2416.18	4.56	31.33	4761.07
Michigan	52271.54	62010.61	1125.84	2040.54	33.04	3165.25	5.45	43.66	18579.89
Minnesota	32742.66	38509.59	447.15	1137.41	28.00	1102.89	4.04	69.56	13049.53
Mississippi	7479.72	12598.17	489.69	375.52	5.34	2689.33	0.96	18.55	4374.10
Missouri	14166.35	21996.18	2352.69	916.62	93.80	1644.25	3.15	304.53	6596.15
Montana	4496.03	6109.14	90.13	116.16	6.32	159.32	0.87	29.96	3975.84
Nebraska	4375.25	6686.44	325.55	274.14	22.31	363.85	1.41	50.54	2302.14
Nevada	3019.77	5141.31	190.75	304.76	1.77	292.54	0.55	10.87	2372.99
New Hampshire	6144.98	7382.40	142.64	159.75	5.48	360.88	0.61	5.37	2080.21
New Jersey	12944.87	21282.84	802.90	626.97	21.18	1974.10	3.73	32.68	5070.96
New Mexico	4314.54	7502.98	192.09	165.63	6.49	299.58	0.71	17.42	4833.02
New York	40291.81	64365.36	1980.95	1650.81	49.93	6385.15	13.36	106.06	11697.43
North Carolina	17707.87	28913.03	1097.67	1156.35	108.05	4186.09	6.07	114.93	9388.90
North Dakota	2231.99	3422.76	76.99	134.34	2.36	106.33	1.57	2.45	1648.18
Ohio	25707.89	38142.07	1873.68	2281.34	39.46	3223.99	8.28	70.82	13389.84
Oklahoma	8187.65	13241.16	610.69	600.72	31.00	1230.81	2.61	13.90	4762.43
Oregon	8503.81	12604.01	321.87	1235.72	37.94	929.37	1.05	18.63	6272.01
Pennsylvania	24001.82	39158.45	1238.16	1725.76	65.72	4990.34	11.38	114.98	11265.95
Rhode Island	2130.43	3898.96	206.02	140.68	1.04	239.04	0.47	4.93	678.09
South Carolina	9676.36	16060.31	596.20	856.02	7.15	1229.22	2.19	25.44	5354.40
South Dakota	2671.91	3620.57	73.25	96.50	0.57	117.71	0.40	2.23	1417.83
Tennessee	12250.63	23190.40	867.33	2923.14	12.32	3713.97	4.12	34.88	6400.09
Texas	45786.50	68793.25	2710.19	5171.14	71.11	4233.10	12.96	143.14	25807.44
Utah	7234.86	10792.49	228.49	238.76	24.54	388.63	1.33	22.24	5233.45
Vermont	4189.12	5063.63	52.59	93.63	0.28	99.89	0.12	2.04	1440.06
Virginia	7829.59	12663.38	439.43	384.49	3.12	601.66	1.35	19.37	4194.02
Washington	14669.99	21935.17	576.71	1486.25	15.20	1294.43	3.33	32.07	9048.18
West Virginia	3717.81	6463.20	188.54	452.83	21.56	315.56	2.87	28.07	2678.41
Wisconsin	32653.10	38118.51	1639.72	973.39	25.56	1980.84	3.68	23.62	11086.02
Wyoming	3734.91	5066.04	47.60	117.13	2.50	127.03	1.10	2.59	3289.18

Ashraf Ghaly, An Examination of the Enviromental Impact of Electronic Waste Disposal, Union College 2007, 12 s

### 3.4.2 Kanada

V Kanadě se v prvním desetiletí jednadvacátého století vyprodukovalo více než 140 kilotun elektroodpadu. Značná část kanadské legislativy je inspirována směrnicemi Evropské unie, mimo jiné 2002/95/EC o snížení množství nebezpečného odpadu. Zpracování elektroodpadu v Kanadě má dvě části. Zprvu je v legislativě zakotvena odpovědnost za zbavení se elektroodpadu na postzákaznických, což znamená že odpovědnost mají za tímto úelem vzniklé firmy a sdružení, které ze zákona musí odebírat tento elektroodpad. Z druhé, tato odpovědnost je de facto rozdělena i na producenty zařízení, kteří mají finanční, a z hlediska toku materiálu i fyzickou povinnost zabezpečit elektroniku po ukončení jejího života. Jako značný problém se jeví rozdílnost výše zmíněné legislativy. Tato legislativa neplatí ve všech provinciích Kanady. Jako ústeňe se mimo přesně specifikovaných podmínek jeví přijetí zákona o zákazu vývozu elektroodpadu ze země, tudíž nedochází k exportu odpadu do zemí této světa. Toto, ale nee rozdíly mezi jednotlivými provinciemi, v jejich případě dochází k obcházení legislativy přesunem do jiné provincie. [15]

Obrázek 3: Státy Kanady s přijatou legislativou na zpracování elektroodpadu (označeny černě) [15]



### 3.4.2 <sup>TM</sup>ýcarsko

<sup>TM</sup>ýcarská legislativa je zna n podobná evropské. Jejich legislativa také upravuje nutnost platit recykla ní poplatek p i nákupu za ízení, a to tak fle musí být viditeln odd - len od ceny výrobku, aby se spot ebitelé mohli rozhodovat podle evidentní náro nosti na recyklaci, ímfl jsou výrobci nuceni navrhovat za ízení tak, aby jejich následná recyklace byla jednoduší. Také mají vypracovaný systém sb rných dvor a povinnost prodejce pro zp tný odb r. Na rozdíl od eské republiky mají systém dokonalejší v tom, fle spot ebitelé mají usnadn né doná-ení elektroodpadu díky r zným svozovým sluffbám, mnoflství specializovaných popelnic a z mého pohledu hlavn jednoduchostí jejich t íd ní pouflitím aplikací pro mobilní telefony, které za pomoci barbone kód napovídají spot ebiteli, jak s daným výrobkem naloflit. Ve <sup>TM</sup>ýcarsku také intenzivn eší nastupující problém recyklace i likvidace jak nanotechnologických elektroza ízení, tak i ostatních produkt s pouflitím této technologie. [16]

### 3.4.3 ína

Systém zpracování elektroodpadu v ín je diametráln odli-ný od jifl zmín ných stát . Nevyvíjel se zde jako v ostatních zemích po mnoho let, nebyl zpo átku budován soukromým sektorem, aby nakonec dosp l k ucelené sluffb specializované na místní podmínky. Zpracování elektroodpadu v ín je charakterizováno et zem legálních a nelegálních aktivit. Organizován malými spole nostmi, skupinami nebo dokonce jedinci, je elektroodpad sbírán, obchodován, rozebírán a zpracováván. Není p ekvapením, fle takto orientovaný sektor se zabývá jen zlomkem ve-kerého odpadu, který je finan n zajímavý na zpracování. Tudífl cena za prodaný materiál musí být vyší nefl náklady na jeho zpracování. V d sledku toho jsou vybírány drahé kovy a n které plasty a následn prodávány jako druhotná surovina. Net eba zmi ovat, fle v d sledku toho je do p írody vyhazováno a p i zpracování uvol ováno mnoflství ekotoxických látek.

V d sledku toho byla ína nucena v roce 2011 zavést národní strategii pro zavedení recykla ních program pro elektroodpad, která se hlavn v nuje nakládání s televizory, lednicemi, pra kami, klimatizacemi a po íta i. Strategie nutí producenty a dovozce být zodpov dni za své produkty, nutí je z ídit fond na podporu sb ru a zpracování elektroodpadu a nastavuje pravidla pro provozování recykla ních center.

Reálné změny lze očekávat jen za předpokladu efektivního a silného vymáhání nastavených pravidel. Je velmi pravděpodobné, že neformální sektor bude stále existovat, a proto je důležité pochopit, jak tento sektor funguje. V souvislosti je nakládání s elektroodpadem rozděleno do několika směrů. Prvním je sběr neformálními sběrači, kteří chodí ode dveří ke dveřím. Domácnosti nevědí, kdy sběrači přijdou a tak se stává, že jsou intervaly velmi dlouhé. V některých oblastech není sběrům povolen vstup, a tak domácnostem není umožněn tento způsob zbavení se elektroodpadu. Dalším způsobem zbavení se elektroodpadu je přenesení odpovědnosti za jeho zbavení na někoho jiného darováním zastaralé elektroniky členům rodiny, přátelům, i organizacím které repasují použité zařízení. Jiným ale velmi podobným způsobem je jejich prodej bazarům. Některá elektronika je přímo vyhozena s odpadem z domácností. V poslední době je v souvislosti s přijetím zmínovaného zákona vyvíjena i možnost způsobu odběru zařízením při nákupu nového. [17]

#### 4 Metody a zařízení pro zpracování vybraného elektroodpadu

Samotné desky tiskových spoj obsahují vedle nosného plastu a skelné tkaniny hlavně měď, cín, hliník, nikl, zinek, olovo, drahé a další kovy. Podrobněji a přesněji výčet prvků, včetně jejich použití je uveden v tabulce 4. Tato přítomnost velkého množství prvků ztěžuje možnosti recyklace. Zvláště desky ze starších zařízení obsahují velký podíl olova, proto v těchto případech desky tiskových spoj spadají do kategorie nebezpečného odpadu.

Tabulka 4: Obsah kovů v deskách plošných spojů [4]

prvek	použití	obsah [%]
měď	vodivé cesty, dráty, chladiče	10 - 25
železo	konstrukční a spojovací části	5 - 10
olovo	složka pájky, kondenzátory	1 - 5
nikl	akumulátory	1 - 3
hliník	konstrukční části, chladiče	2
cín	složka pájky, kondenzátory	0,8 - 4
zinek	fluorescenční materiály	0,3 - 0,4
antimon	složka pájky, kondenzátory	0,1
stříbro	elektrické kontakty, konektory	0,05 - 0,3
zlato	elektrické kontakty, konektory	0,01 - 0,001
platina	elektrické kontakty, konektory	0,004
palladium	náhrada Au, kontakty, relé	0,004 - 0,03
kadmium, titan, rtuť	akumulátory, spínače, relé, baterie	4 - 10

##### 4.1.1 Demontáž

Demontáž jednotlivých elektronických součástí z desek plošných spojů (dále PLS) je možno provádět ručně nebo mechanicky. Při ručním zpracování se z desek odstraní hlavně kondenzátory, baterie a další elektronické součástky, které by mohly znamenat znečistění, zejména při pozdějších procesech zpracování. Případně se je třeba oddělit části s kontakty z drahých kovů pro jejich snadnější využití. Mechanická separace elektro-



nických součástí z desek plošných spojů se provádí nejprve mechanickým odstraněním, tavením a ležáním. Při mechanickém odstranění dochází mechanicky k oddělení diod, tranzistorů, rezistorů apod. od desek plošných spojů.

Metoda tavení spoívá ve vystavení PLS teplotám 350 až 400 °C, při kterých dochází k postupnému roztavení pájených spojů a uvolnění pinů (konektorů) součástek, je-li se dále odstraní mechanicky.

Při ležání se desky plošných spojů uchyť do speciálního rámu, ve kterém dojde k odlepení pinů pilkou na kov. Nevýhoda této metody spoívá ve vzniku odpadu při odlepení (směs laminátových a kovových pilin). [18]

#### **4.0.2 Rozmílání**

Pokud jsou uvláčené elektronické komponenty odstraněny, v druhé fázi se desky plošných spojů rozdrtí podle požadavku na zrnitost drceného materiálu. K drcení se používají různé typy drtičů, mlýnů, ležáků za řízení a brusky. Existuje i metoda tzv. kryogenního drcení. Drtič za řízení je voleno podle fyzikálních vlastností látek, podle účelu použití a podle požadovaných vlastností na výsledný produkt. [19]

#### **4.1.2.1 Drtič**

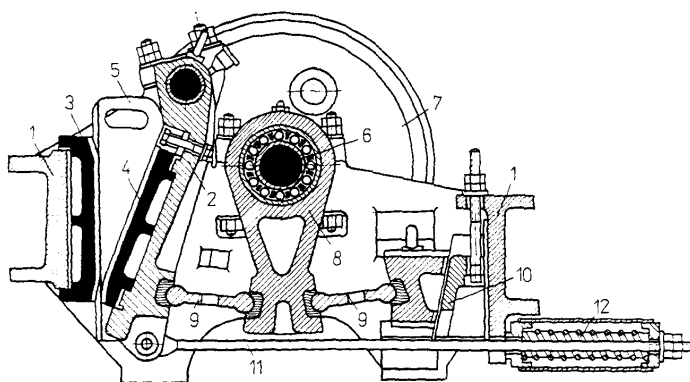
Drtič je stroj sloužící k rozmílání materiálu do formy zrn, nezávisle na prachu - k tomu slouží mlýny. Konstrukce drtiče vychází z fyzikálních vlastností drceného materiálu. Vzhledem k tomu, že rozměry kusů vstupujícího materiálu bývají značně velké, jsou konstrukce těchto strojů poněkud robustní a rozměrné. V současnosti je ve zpracovatelských linkách provozována rozsáhlá sada těchto strojů různých typů a provedení, z nichž každý má své konstrukční i provozní zvláštnosti. Podle koncepce provedení a konstrukčního provedení lze pak drtiče rozdělit do několika typických skupin. [19]

##### **4.1.2.1.1 Drtič elisové**

Existují dva druhy drtičů, jednovzpurné a dvouvzpurné. Prakticky se používají jen dvouvzpurné drtiče, a to hned z několika důvodů. U jednovzpurných drtičů především velký krouhovitý zdvih pohyblivé elisty ve vstupním otvoru by mohl při podání delších předmětů způsobovat vibrace těchto předmětů, což by bylo nebezpečné pro obsluhující personál. Oproti nim mají dvouvzpurné elisové drtiče menší stavební výšku, což hraje

podstatnou roli hlavně u mobilních drtících jednotek, a nižší opotřebení drtících elementů, nevýhodou je ale jejich větší hmotnost. Proto se výrobci dvouvozových elisových drtičů pro pojezdové soupravy zaměřili na soustavné odlehčování jejich konstrukce a výsledkem jsou lehké stroje se svařovaným ložem a zdokonaleným pohybovým mechanismem. Pro případ vniknutí větší nedrtitelných předmětů jsou vybaveny pojistným zařízením, které zabrání jejich případné havárii. [20]

Obrázek 5: Dvouvozový elisový drtič [21]

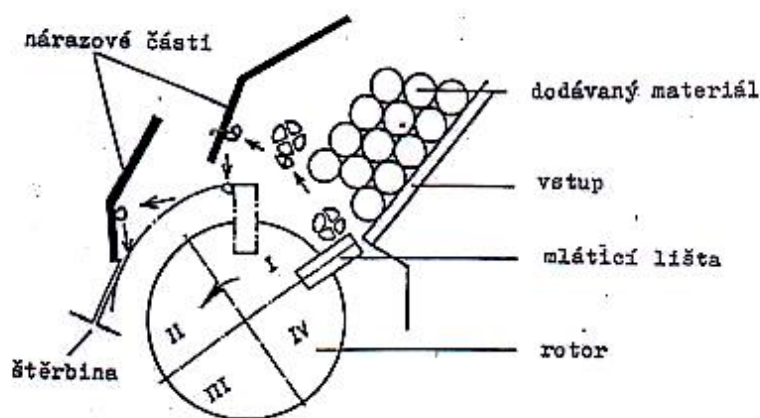


1 rámeček, 2 kyvadlo, 3 pevná elista, 4 pohyblivá elista, 5 postranní klíny, 6 výstředníkový hřídel, 7 setrvačnice, 8 ojnice, 9 vzpěrné desky, 10 klín, 11 táhlo, 12 proužina

#### 4.1.2.1.2 Odrazové drtiče

Odrazové drtiče pracují na zcela odlišném principu než elisové. Podávaný materiál je drcen rázy bicích lišt rychle se otáčejícího rotoru, vrhán jimi proti pancéřovému statoru, odráží se zpět do dosahu lišt rotoru a tento cyklus se několikrát opakuje, ať podrcený materiál vychází špičkovou mezerou mezi lištami rotoru a hranou spodního pancéře statoru ze stroje. Teoretický způsob drcení v odrazovém drtiči je na obrázku 6. [21]

Obrázek 6: Teoretické znázornění odrazového drcení [21]



#### 4.1.2.1.3 Jednohřídelové drtiče

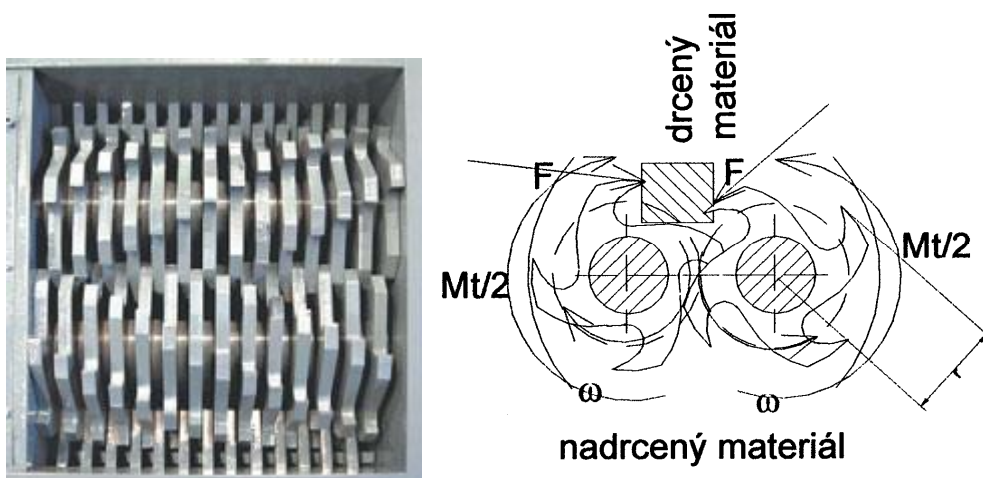
Jednohřídelové drtiče pracují na principu střetávání mezi bity upevněnými na rotoru a pevným statorovým ostřím ve tvaru hřebene. Pod drtičem je umístěno síto, velikost otvorů v síte definuje konečnou výstupní velikost nadrcených kousků. Tento typ drtiče se používá při drcení různých druhů odpadu na požadovanou velikost výstupní frakce, nejčastěji mezi 8 a 50 mm. Jsou vhodné na drcení rozmanitých odpadů s garancí zrnitosti drti. Otáčky hřídele jsou 20 ot/min. [21]

#### 4.1.2.1.4 Dvuhřídelové drtiče

Dvuhřídelové drtiče, jejich princip a vzhled je na obrázku 7, střetávají a drtí materiál pomocí segmentů na hřídelích, které se pomalu otáčejí proti sobě. Výstupem z drtiče jsou proušky nebo kousky odpadu, jejich velikost závisí na charakteru vstupního odpadu a na síle segmentů.

Drtiče jsou poháněny přes převodovky jedním nebo dvěma elektromotory, případně hydromotory. Často jsou tyto stroje využívány také jako první stroj pro předdrcení odpadu před jeho drcením nebo mletím najemno. V případě potřeby mohou být drtiče vybaveny přítlačným zařízením, které zajistí natlačení objemného odpadu mezi drtící segmenty. [21]

Obrázek 7: Drtící prostor dvouhřídelové drtiče a odpadu [21]



#### 4.1.2.1.6 Bubnové drtiče a odpadu

V bubnových drtičích, drcení probíhá pomocí rotačního mechanismu drtiče a zároveň vzájemným narážením jednotlivých částí drceného materiálu na sebe, výsledkem je vysoká účinnost drcení. [21]

#### 4.1.2.2 Mlýny

Na rozdíl od drtičů, jsou mlýny stroje a zařízení pro získání produktu o menší velikosti zrn.

Kulové mlýny patří do skupiny mlýnů s volně uloženými mlecími tělesy. Ve válcové části drtiče, která je vylovena otvorem z druzdorným materiálem, se volně pohybují mlecí tělesa o koule. Válec se pomalu otáčí a unáší mlecí tělesa, která při pádu drtí a rozpojují materiál. K rozpojování dochází také vzájemným třením koulí mezi sebou a mezi vyložením válce.

Vibrační mlýny patří do skupiny zařízení s volným uložením mlecích těles, jejich pohyb není pouze závislý na gravitačních silách. Vibrační mlýn má tvar flábu, který je zakryt víkem a obsahuje mlecí tělesa (koule) a rozpojovaný materiál. Těleso mlýna je uloženo na dvou soustavách pružin. Kmitavý pohyb je vyvozen excentricky uloženým závažím na rotujícím hřídeli. Při pohybu náplně, dochází k mletí částic rozbíjením mlecími tělesy a vlivem smykových sil a souasně je intenzivně promícháván zpracovávaný materiál.

Válcové mlýny pracují na stejném principu jako válcové drtiče s tím rozdílem, že mezera mezi válci je podstatně menší. Jejich výhodou je hlavně poměrně stejná

frakční složení produktu a krátká doba zdržení v mlecím prostoru. Disipace energie tak nezpůsobí tepelné znehodnocení produktu. Dvojice válců se obvykle proti sobě otáčejí různou obvodovou rychlostí a jejich povrch je jemně rýhován. [20]

#### **4.1.3 Jemnější drcení a granulace**

Ve další fázi se získaná drůbka dále upravuje na požadovanou zrnitost a následně se granuluje. Tato třetí fáze není bezpodmínečně nutná a lze se jí vyhnout vhodným nastavením předchozího stupně drcení. [19]

#### **4.1.4 Mechanická separace**

Po rozdrcení na požadovanou velikost zrn jsou různé složky tříděny. Přitídní se vyvíjí zejména jejich rozdílné hmotnosti nebo jejich magnetických vlastností. [19]

##### **4.1.4.1 Magnetický separátor**

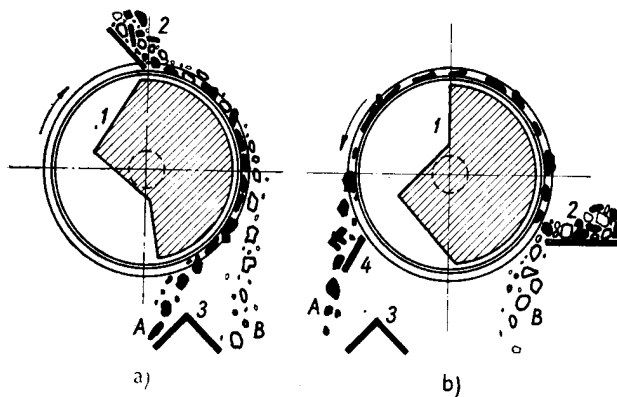
Pro separaci feromagnetických částic se úspěšně využívají magnetické separátory a filtry. Magnetické separátory mohou být osazeny feritovými, neodymovými nebo Al-NiCo magnety.

První ze skupiny separátorů je separátor s pásem, který kontinuálně odstraňuje zachycený materiál. Tyto stroje jsou ale spíše vhodné pro odlučování tříděných částic ve velkém množství.

Základné magnetické separátory se vyrábějí buď s permanentním, nebo elektrickým magnetickým systémem. V případě použití permanentních magnetů není potřeba další energie na magnetické pole. Díky tomu je zajištěna vysoká provozní bezpečnost a separátor se tak stává v podstatě bezúdržbovým zařízením. Proto jsou tyto separátory ideálním řešením pro mobilní recyklační linky.

Druhou skupinu magnetických separátorů tvoří bubnové, viz obrázek 8, separátory a magnetické válce. Vyznačují se vysokou účinností separace pro velká objemová množství upravovaného materiálu. Magnetický systém bubnových separátorů je tvořen fixovaným magnetickým segmentem s obíhajícím nemagnetickým bubnem. Naproti tomu u magnetických válců je magnetický systém vyplněn celý obvod válce rotující jako celek. V praxi se často setkáváme se sestavou základního separátoru a magnetického válce umístěného na konci dopravní cesty. [22]

Obrázek 8: Princip bubnového magnetického separátoru [22]



a) horní průvod materiálu, b) spodní průvod materiálu

A) feromagnetický materiál, B) nemagnetický materiál

1 - bubnový magnetický separátor, 2 odtok materiálu, 3 odložitelná páneň

#### 4.1.4.2 Elektrodynamický separátor

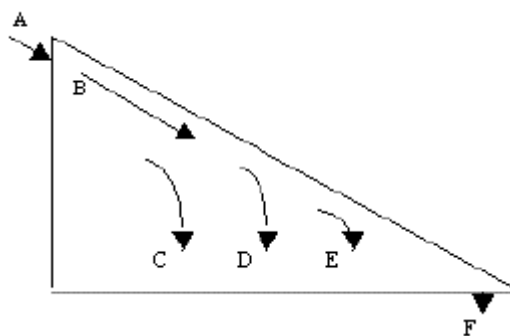
Pokud potřebujeme separovat nemagnetické kovové materiály, jako jsou hliník, mangan, mosaz, nabízí se separátor nefelezných kovů, tzv. elektrodynamický separátor, který je znázorněn na obrázku 10, pracující na principu vířivých proudů. Toto zařízení je vhodné především v případech, kdy je obsah nefelezných kovů v materiálu vyšší než 2 %. [22]

#### 4.1.4.3 Fluidní vibrační sít

Fluidní vibrační sít se používá pro separaci suchých sypkých směsí, které obsahují částice o různé hmotnosti. Separátorní plocha tvaru pravoúhlého trojúhelníku je buzena pravidelnými kmity a současně profukována proudem vzduchu. Separovaná směs, jak je znázorněno na níže uvedeném obrázku 9, vstupuje na vstupní plochu v místě A. Při soběním kmitů postupuje směrem B. Částice o malé specifické hmotnosti jsou procházejícím proudem vzduchu nadlehovány, tudíž na v omezené míře sobě kmitů separátorní plochy. Při soběním obou těchto faktorů se částice o různé specifické hmotnosti na vstupní síti rozdělí na jednotlivé složky podle specifické hmotnosti jednotlivých částic

a ty vystupují z t řídící plochy výstupními hubicemi (C, D, E, F) umíst ěnými podél její delší odvěsny. [23]

Obrázek 9: Schéma t řídící plochy fluidního vibra ního splavu [23]



Fluidní splav, jehož základní tvary jsou zobrazeny na obrázku . 12, je tvo ěn nosnou sk ěn ě, ve které je umíst ěno t řídící síto tvaru pravoúhlého trojúhelníka a dv ěma rotačními p ůlofnými vibrátory s nevývafky pro zaji-t ění řízeného kmitání nosné sk ěn ě a tím i t řídícího síta, p ěi emfism r budící síly rota ních p ůlofných vibrátor ů svírá s rovinou t řídícího síta úhel 30°. Nosná sk ě ě a t řídící síto je shora zakryto odsávacím krytem se sacím hrdlem pro p ěipojení odsava ě s mořností regulace množství vzduchu procházejícího t řídícím sítem podle druhu t říd ěné sm ěsi. T řídící síto je opat ěno nastavitelnými klapkami a výstupními hubicemi. K vybuzení kmit ě separa ní plochy jsou pouřity dva rota ní p ůlofné vibrátory s nevývafky. R zným nastavením nevývafk ě lze m ěnit amplitudu dráhy kmit ě separa ní plochy. [23]

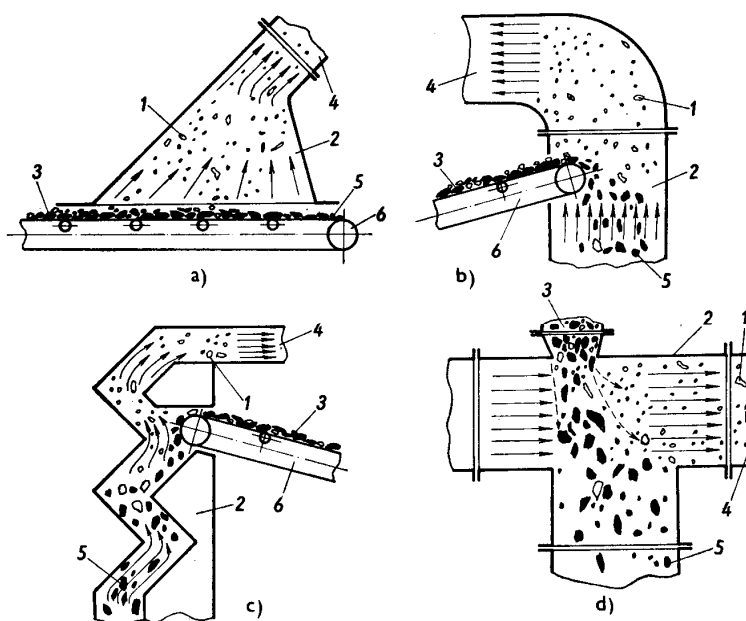
#### 4.1.4.4 Vzduchové separátory

Vzduchové separa ní systémy jsou v odpadovém hospodá ství vyuřívány p ěde- v ěm k odd ělování lehkých a t ěflkých sloflek. Zpravidla jsou vzduchové separátory zapoje- ny p ěímo za drti ěe odpadu. P ěi této ěinnosti vzniká prach, který je odsáván jifl v samotném drti ěi radiálním ventilátorem. Jemné prachové frakce se sají potrubím do mokřého odlu o- va ěe, kde je prach smá ěen vodou a vzniklý kal je dopravníkem vyná ěen do kontejneru. Hrub ěí prachová frakce je odsávána do suchého odlu ova ěe a rovn ěfl je vyná ěena do kon- tejneru.

Celá soustava odsávání pracuje s podtlakem 0,06 MPa a je zaji-t ěna proti p ětlaku, který m ěfle vzniknout výbuchem benzínových par v drti ěi, gumovými klapkami. Dal ěím

za ízením, v n mfl jsou odd lovány hrub-í lehké ne istoty, je cyklon umíst ný za drti em. Nadrcený materiál je gumovým pásovým dopravníkem p epravován do cyklonu, ve kterém tento materiál padá z vý-ky 8 m a proti n mu p sobí vzduch, který odná-ějí prach k odlu ova i. Lehký podíl (nekovový) je odsáván do téhofl suchého odlu ova e jako podobný podíl z drti e. Tímto zp sobem jsou podrcené kovy zbaveny prachu a lehkých ne- istot jako jsou ásti gummy, a plastických hmot. Princip vzduchového separátoru je znázor- n n na obrázku 10.[24]

Obrázek 10: Vzduchový separátor [25]



a) odsávání, b) svislý trubkový t ídi , c) lomený t ídi , d) trubkový t ídi tvaru T s horizontálním proudem vzduchu

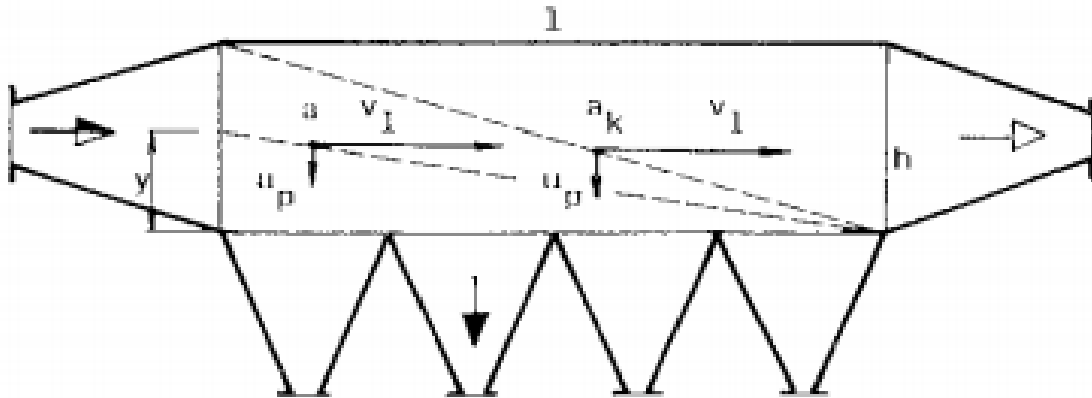
1 ó lehké ástice, 2 ó t lesot ídi e, 3 ó zaváflený -rot, 4 ó výstup vzduchu, 5 ó vyt ídné t fl-í ástice, 6 ó dopravník

#### 4.1.4.4.1 Gravita ní odlu ova e

Gravita ní odlu ova e pat í mezi nejjednodu-í odlu ova e, vyuffívají k odlou ení ástic gravita ního principu. Nejb fln j-ím typem odlu ova je je usazovací komora, zná- zorná na na obrázku 11. Rychlost plynu v komo e se zpravidla pohybuj pod 1 m za sekundu.

Obrázek 11: Gravita ní vzduchový separátor [26]





Zvýšení odluovacího efektu lze dosáhnout znásobením odluvacích ploch a snížením odluvací výšky. Vestavba zároveň slouží k potlačení turbulence v jiné části odluovače. Zvýšení odluvitosti se také dosahuje prodloužením doby zdržení částic v prostoru odluovače a to vložením svislých přepážek.

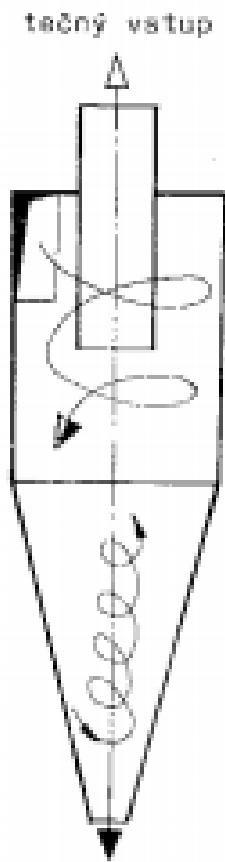
Všeobecně je tlaková ztráta gravitačních odluovačů nízká, protože rychlosti proudu v odluovači jsou nízké. Odluovače lze použít pro vysoce teploty i abrazivní prachy a vysoké koncentrace jako předodluvače. Naopak je nevhodné jejich použití pro lepkavé a vláknité prachy. Nevýhodou těchto zařízení je velká potřeba prodrsněného prostoru. [26]

#### 4.1.4.2 Vírové odluovače (cyklóny)

Vírové odluovače, neboli cyklóny, patří mezi široce rozšířené suché mechanické odluovače. Tyto odluovače patří mezi nejstarší a od 19. století prošly dlouhým konstrukčním vývojem, takže existuje mnoho typů a provedení.

Základem všech typů je využití odstředivé síly, která působí na částice při průchodu plynu válcovou a kuželovitou částí odluovače. Charakteristické znaky vírových odluovačů je jednoduchá konstrukce, malá spotřeba materiálu, nenáročná obsluha, malá spotřeba materiálu. Nevýhodou je náchylnost k zalepování a snížená fluitnost při použití pro abrazivní prachy a nízká odluvitost pro jemné částice. [26]

Obrázek 12: Princip vírového odlučování se středním vstupem [26]



Na obrázku 12 je princip nejefektivnějšího vírového odlučování se středním vstupem ve kterém se plyn přivádí vstupním otvorem do odstředivé komory. Poté plyn proudí vnitřní sestupnou spirálou směrem k výmetnému otvoru, kde se v osovém směru obrací a proudí vnitřní vzestupnou spirálou k výstupní trubce kterou opouští odlučovadlo. Částice se vlivem odstředivé síly pohybují v radiálním směru směrem ke stěm válcové i kufelové komory a sestupným pohybem se dostávají výmetným otvorem do prostoru výsypky, která je uzavřena tlakovým uzávěrem. [26]

#### 4.1.4.5 Suchá a mokrá gravitační separace

Separace se provádí buď na suchém nebo mokřím gravitačním splavu. Předrcený materiál se drtí v drti 1. a 2. stupně jejich výstupem jsou částice o velikosti 4 mm. Základem zpracování polymetalických materiálů je pomalé drcení (kvůli zabránění tvorby prachu a následné odprášení před separací plastu a kovu). Poté se nadrcený materiál, buď za přítomnosti vody (mokrá separace) a nebo jen vzduchu (suchá separace), gravitační cestou oddělí

na různé frakce. Výsledný produkt gravitačního splavu je pak velice cennou surovinou. [10]

#### 4.1.4.6 Vibrační třídiče

Jsou využívány k rozdělení drti na více frakcí. Nosný rám musí být ukotven na vhodný základ s ohledem na účinky dynamické síly vznikající při provozu stroje. V nosném rámu je zavěšen pohyblivý rám, který je osazen výměnnými sítmi (viz obrázek 13). Ty jsou buď drátěné, gumové, textilní a nebo polyuretanové. Po setí je dán po této frakci, na které má být tříděný materiál separován. Výsledkem třídění obvykle bývají tři velikostní frakce.

Tříděný materiál vynáší pásový dopravník na síťovou plochu s největšími rozměry otvoru síta. Prvním produktem je nadsítná frakce tohoto síta. Podsítná frakce propadává na druhou síťovou plochu, kde dojde k rozdělení na zbylé dvě velikostní frakce (nadsítnou a podsítnou). Jsou vyráběny jak s vibračním eliptickým, tak s přímočarým pohybem. [27]

Obrázek 13: Vibrační třídiče [28]



#### 4.1.4.7 Pneumatické třídiče

Pneumatický třídič se používá pro třídění stejně velkého zrnitého materiálu s rozdílnou specifickou hmotností. Dávkovacím zařízením v jednom rohu stolu pivád n materiál s rozdílnou specifickou hmotností na pracovní plochu. Pracovní výměnný nástavec kmitá pomocí excentrického pohonu v příčném směru, po setí zdvih (kmit) je nastavitelný. Materiál je tak tříděn na vibrujícím stole, kterým zesponu prochází nastavitelné množství vzduchu. Sklon stolu lze nastavit podélně a příčně. Stůl je nastaven tak, že od pivodu materiálu ke straně těžkého materiálu vzniká stoupání, na stranu lehkého materiálu klesání. Kombinací kmitání stolu a zesponu pivádného vzduchu je třídění mezi jednotli-

vými zrny téměř odstraneno. Těžký materiál se pohybuje v jívotě a chová se jako kapalina, těžké části klesají, zatímco lehká zrna vyplavou nahoru. Těžká zrna mají tedy lepší kontakt s povrchem stolu. Z důvodu kmitavého pohybu se pohybují směrem nahoru. Nahore plovoucí lehká zrna se pohybují dolů - na stranu lehkého materiálu. [20]

#### **4.1.5 Chemická separace**

Rentabilnímu získání obecných a barevných kovů (Fe, Al, Cu, Pb, ...) v tuzemsku brání to, že jednotlivé součástky elektrotechnických zařízení je-li obsahují kovy jsou převážně drobného charakteru a s mnoha propojeními a jejich segregace je proto náročná. Existuje několik chemických procesů pro jejich oddělení. Následující podkapitoly se zabývají konkrétně segregací kovů z desek tuzemských spojů. [19]

#### **4.3 Zhodnocení jednotlivých způsobů zpracování vybraného elektroodpadu**

V současnosti jsou v České republice spíše preferovány menší a specializované recyklační linky zaměřující se na kvalifikované demontáže přístrojů a zařízení. Tento trend je nejvýraznější u linek na zpracování CRT obrazovek. Zčásti je to samozřejmě dáno nutností speciálního nakládání s tímto typem odpadu, zčásti ale i relativně levnou pracovní silou v ČR, umožňující finanční návratnost méně automatizovaných linek. Trend vývoje směřuje zejména k vyšší výtržnosti materiálů z recyklovaných elektroodpadů, kde vyšší náklady z důvodu větší nároky na pracovní sílu nebo nároky na více finanční náročnosti zařízení kompenzují větší zisky z prodeje recyklovaných surovin. Firmy navíc mohou využít systém chráněných dílen, tzn. zaměstnávat osoby se sníženou pracovní schopností a tím docílit nejen značných úspor mzdových nákladů, ale i úspor daňových. Současný vývoj směřuje i k vyšší automatizaci celého procesu, zejména v jeho první fázi tzn. demontáže jednotlivých elektronických součástí z zařízení. [19]

Tabulka 5: Zhodnocení metod recyklace elektroodpadu [19]

metody:		náročnost na energii	náročnost na obsluhu	technologická náročnost	dopad na životní prostředí	investiční náročnost
demontáž	ruční	*	*****	*	*	*
	mechanická	***	**	**	**	**
rozmělování	drtiče	**	**	**	**	**
	mlýny	***	**	***	**	***
	kryogenní	****	**	****	**	****
mechanická separace	magnetická	**	*	**	*	**
	elektrodynamická	***	*	***	*	**
	vzduchová	***	*	**	*	**
	gravitační	*	*	*	**	**
	vibrační	**	*	**	*	***
	pneumatická	***	*	****	*	****
	fluidní vibrační splav	***	*	*****	*	*****
	ionizovaným plynem	****	*	****	*	****

Hodnocení: \* - nejmenší vliv, \*\*\*\*\* - největší vliv z hlediska daného parametru

V tabulce 5 jsou zhodnoceny metody popsané v předchozích kapitolách. Počet hvězdiček znázorňuje intenzitu daného parametru. Například čím více hvězdiček v parametru náročnost na energii, tím více je daná metoda náročná na energii, čím více hvězdiček v parametru dopad na životní prostředí, tím více metoda životní prostředí poškozuje apod.

Demontáž jednotlivých elektronických součástí z zařízení je dle mého názoru nejdůležitější částí z celého procesu recyklace. Od ní se odvíjí náročnost a výnosnost následujících postupů. Ruční demontáž je velmi náročná na obsluhu z důvodu pomalé a přesné manuální práce. Na druhou stranu její náročnost na energii je velmi malá. S tím souvisí i její nízká investiční a technologická náročnost. Pokud je provedena správně, její dopad na životní prostředí je také malý. Naproti tomu mechanizovaná demontáž není tolik náročná na obsluhu, ale evidentně je nutné kvalitní proškolení personálu z důvodu manipulace s nástroji ohrožující zdraví obsluhy. Náročnost na energii je oproti ruční demontáži mnohem větší hlavně v případě tavení. Z tohoto důvodu je i větší dopad na životní prostředí. Investiční náročnost je zřejmě větší než u ruční demontáže, ale vzhledem k relativně nízké technologické náročnosti nejde o velké částky.

Proces rozmělování jednotlivých komponent je také důležitý, ale při použití vhodného sledu metod v něm není mnoho prostoru pro variace. Drtiče oproti mlýnům jsou z důvodu dleňování komponent na větší části méně energeticky náročné. Náročnost na obsluhu je u obou zařízení v podstatě stejná. Je nutné proškolení obsluhy, aby nedošlo k jejímu

úrazu, ale proces je víceméně automatizovaný a tudíž nenáročný. Technologická náročnost drti je oproti mlynářskému mletí a dopad na životní prostředí je prakticky stejný, možná o trochu horší v případě mlynu, z důvodu větší emisí prachu. Investiční náročnost je u mlynářské drti větší a to hlavně z důvodu jejich větší technologické náročnosti. Kryogenní drti je vlastní skupinou rozmělovačů. Jejich náročnost na energii je na zátku procesu značně z důvodu hlubokého podchlazení rozmělovaných materiálů, ale při samotném procesu drcení je mnohem menší, zvláště u mokkých a vazných materiálů. Vzhledem k tomu, že jde o novou technologii, je investiční náročnost velká a i technologická náročnost je větší.

V procesu separace je známých a používaných mnoho metod a často se používají najednou v jedné lince. Všechny druhy separace jsou nenáročné na obsluhu, protože celý proces může být i často automatizován. I dopad na životní prostředí bývá malý z důvodu nulové produkce odpadu a nemoc velké náročnosti na energii. Výjimku tvoří mokrá gravitační separace, u které vzniká malé množství odpadu. U magnetické separace velmi záleží na tom, zda použijeme trvalé magnety nebo elektromagnety. Přesto náročnost na energii hodnotím jako nízkou, právě z důvodu možného použití trvalých magnetů. Technologická náročnost také není velká a stejně tak i investiční náročnost, protože se jedná o léty prověřenou a zdokonalovanou technologii. Velmi podobná je elektrodynamická separace, která je však náročná na energii a je i technologicky náročná. Vzduchová separace je též mírně náročná na energii, kvůli nutnosti výkonných vzduchových dmychadel. S tím souvisí i technologická náročnost. Gravitační separace má tu výhodu, že je velmi málo náročná na energii, je málo technologicky náročná a i investiční náročnost je nízká. Bohužel při jejím provozu vzniká odpad ve formě kapaliny znečištěné separovanými zbytky. Vibrační separátory nejsou zřejmě náročné na spotřebu energie a i jejich technologická a investiční náročnost není velká, ale jejich nevýhodou je produkovaný hluk a vibrace. Pneumatické separátory jsou mírně více náročné na energii a jsou i technologicky náročná. To se bohužel odráží i do jejich investičních nákladů. Nejvíce investičně náročným se jeví fluidní vibrační splav. Jde o nejnovější technologii na poli separátorů elektroodpadu a to se promítá do jejich technologické náročnosti. Na druhou stranu není moc energeticky náročný a jeho hlavní výhodou je přesná separace do několika sloček a tudíž není nutné používat více separačních technologií.

## **5. Návrh modelové linky na zpracování vybraného elektroodpadu**

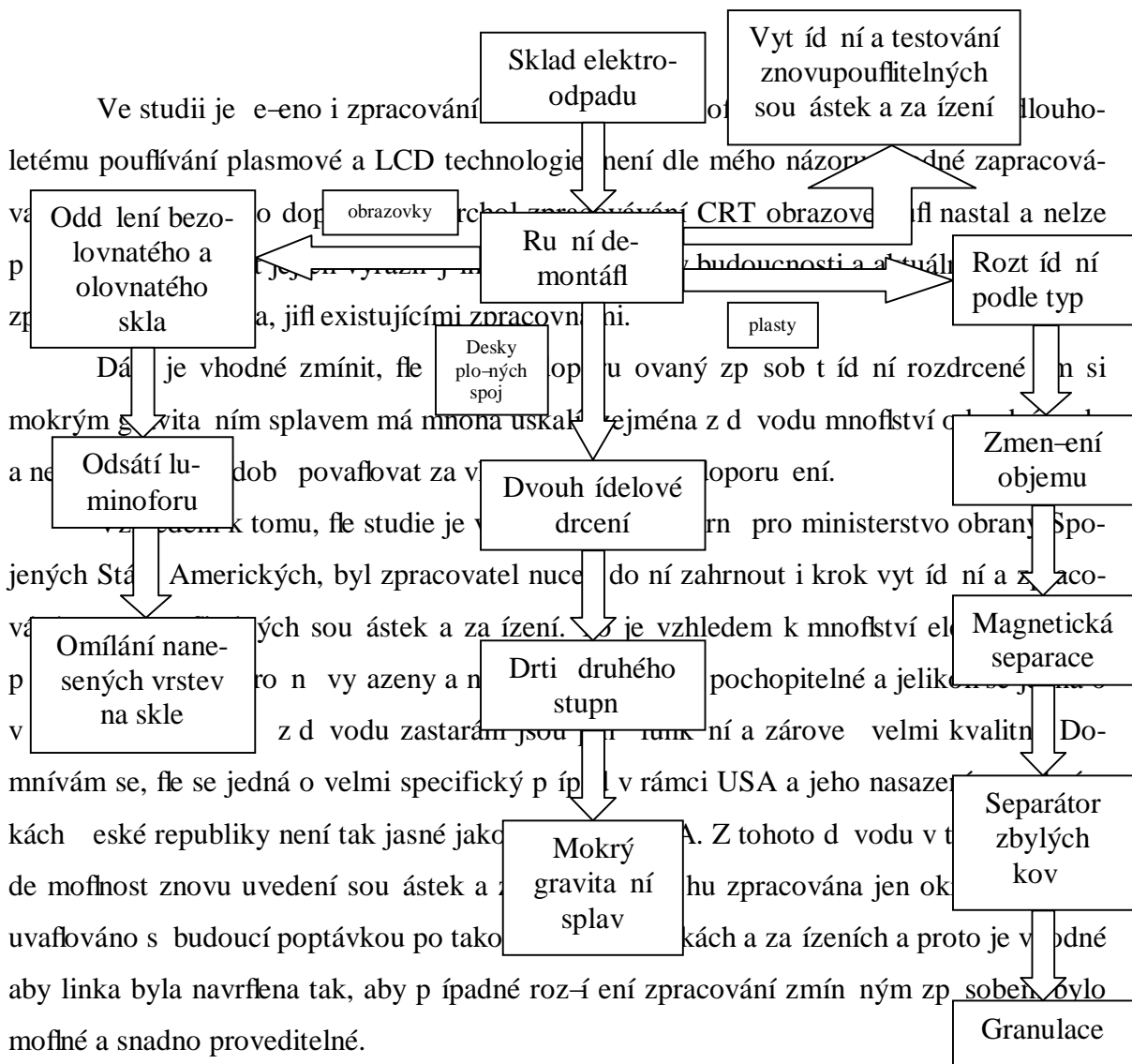
Při návrhu modelové linky se lze poukázat na zkušenosti z vypracování studie DEER2 (Demanufacturing of Electronic Equipment for Reuse and Recycling), která byla vypracována v roce 2002 podle zadání vlády Spojených Států Amerických.

Záměrem zadavatele bylo navrhnout doporučení pro realizaci demontážního a recyklačního centra, tak aby sloužilo jako vzor pro podnikatelské subjekty vstupující na, v té době, nové průmyslové odvětví a trh.

Výsledkem této studie je mimo jiné schéma technologických operací znázorněných na obrázku 14, jehož hlavním záměrem je separace kovů obsazených v elektroodpadu, jelikož tyto jsou hlavním nositelem zisku z recyklačních operací. [29]

Do projektu byly také zahrnuty koncové recyklační operace jako elektrolytická rafinace mědi, cínu a zpracování drahých kovů, které ale nejsou předmětem zájmu této kapitoly.

Obrázek 14: Schéma linky ze studie DEER2



### 5.1 Účel návrhu

Linka na zpracování elektroodpadu bude okrajově vycházet z studie DEER2 popsané v předchozí kapitole, upravené pro současné potřeby zpracování elektroodpadu a bude doplněna o současné poznatky a zkušenosti. Blokové schéma linky je na obrázku 15. Linka bude zpracovávat elektrozařízení obsahující výrazné množství desek tištěných spojů. Maximální zpracovávané množství je 600 kg / h.

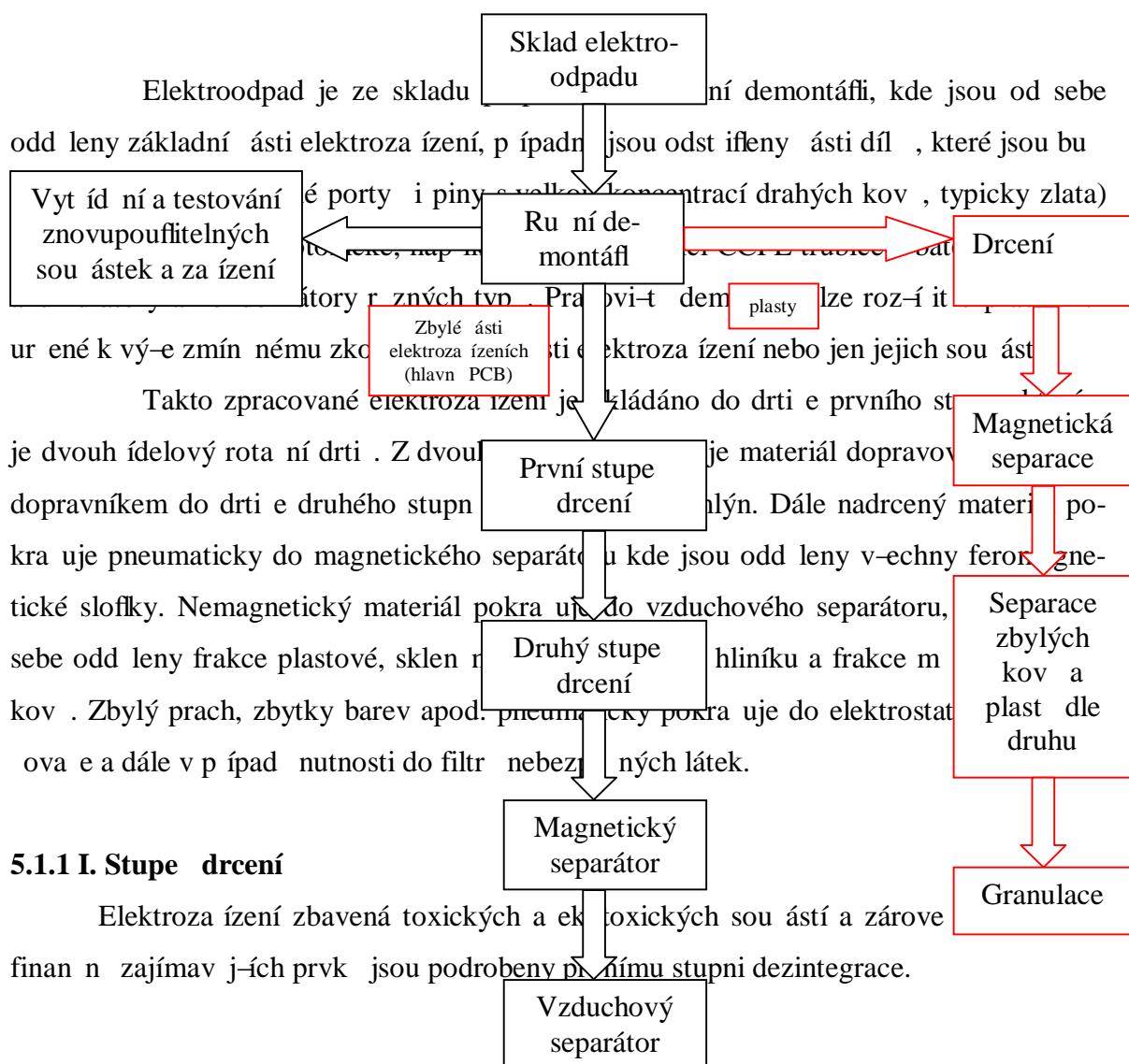
V schématu je znázorněna většina zpracování plastů. Je tu z důvodu její variability. Linka bude zpracována tak, aby bylo možné zpracovávat celá zařízení na černé tváře, což povede k značné redukci nákladů jednak na ruční demontáž, ale hlavně nákladů po i-



zovacích na ervenou v tev linky. Na druhou stranu se tím sníží kvalita separace. V p ípad velkého množství plastové sloflky v za ízeních je možné za adit do pouflití, zmi-  
 ovanou ervenou v tev a tím uspo it provozní náklady na zpracování jednotlivého za íze-  
 ní. Lze je-t navrhnout st ídavý provoz, kdy na jediné v tvi budou st ídav zpracovávány  
 plasty a zbylé sou ásti elektroza ízení. Toto je ale na finan ní úvaze jednotlivých z izova-  
 tel a není náplní této práce. Vzhledem k praktické dualit erné a ervené v tve, li-ící se  
 jen výkonem drti e a nastavením separátoru bude e-ena jen v tev erná.

Vzhledem k p edchozímu hodnocení dnes pouflívaných metod na separaci elektro-  
 odpadu bude pouflit vzduchový separátor z d vodu jeho nízkých náklad na údrflbu, rela-  
 tivn nížích po izovacích náklad , zanedbatelné náro nosti na údrflbu a velké p edpoklá-  
 dané flivotnosti.

Obrázek 15: Blokové schéma navrhované linky na zpracování elektroodpadu.



### 5.1.1 I. Stupe drcení

Elektroza ízení zbaená toxických a ek toxických sou ástí a zároveň  
 finan n zajímav j-ích prvk jsou podrobeny p ímu stupni dezintegrace.

Vzhledem k maximálnímu výkonu je 600 kg / h a vlastnostem materiálu je vybrán v dvouhřídelový drtič AV 13/15 od společnosti BOCO PARDUBICE machines s.r.o., který je na obrázku 16. Tento typ drtiče má dostatečně velký vstupní otvor a tak odpadá nutnost stříhání nebo seznáčení případných rozměrnějších elektrozařízení a tím je urychlen tok materiálu a i náročnost na obsluhu. Výsledkem jsou kusy materiálu o šířce cca 10cm, které dále pokračují do drtiče druhého stupně.

Obrázek 16: Dvouhřídelový drtič AV 13/15 [30]



Technické parametry:

Velikost vstupního otvoru:	1 270 × 620 mm
Výkon:	11 kW
Tloušťka nože :	15,30
Hmotnost:	2 100
Rotací rychlost:	19,3 / 10,5 min <sup>-1</sup>
Cena:	1,5 mil. Kč

#### 4.1.2 Pásový dopravník

Z drti e prvního stupn je materiál dopravován do drti e druhého stupn pásovým dopravníkem, pořadavky na dopravník jsou:

Požadovaná výkonnost pásu  $Q_m = 600 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$

požadovaná rychlost  $v = 0,01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

sypaná hmotnost odpadu  $\rho_v = 1400 \text{ kg} / \text{m}^3$

dopravní výška  $H = 1,5 \text{ m}$

úhel stoupání dopravníku  $= 30^\circ$ .

**Výpočet úkolu pro výkon dopravníku:**

$$Q_v = 3600 \cdot S \cdot v \cdot \psi_c$$

$$Q_m = 3600 \cdot S \cdot v \cdot \rho_v \cdot \psi_c$$

Kde:

$Q_v$  ó dopravní výkonnost [ $\text{m}^3 / \text{h}$ ]

$Q_m$  ó hmotnostní výkonnost [ $\text{kg} / \text{h}$ ]

$S$  ó Pr ez p epravní ásti dopravníku [ $\text{m}^2$ ]

$v$  ó rychlost dopravního pásu [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$\rho_v$  - sypaná hmotnost [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

$\psi_c$  ó sou initel sklonu dopravníku (má hodnotu 0,75 pro  $30^\circ$ ) [-]

Tudíí:

$$S = \frac{Q_m}{3600 \cdot v \cdot \rho_v \cdot \psi_c} = 0,016 \text{ m}^2$$

Zárove platí:

$$S = \frac{1}{6} b^2 \cdot \text{tg} \beta$$

Kde:

$b$  ó sí ka lofného profilu dopravníku [ $\text{m}^3$ ]

$\beta$  ó pohybový sypaný úhel [ $^\circ$ ]

tedy:

$$b = \sqrt{\frac{6S}{tg\beta}} = 0,41m$$

Volím  $b = 0,5$  m

**Výpočet potrubného výkonu poháňací jednotky:**

$$q_{rz} = m_r * \frac{z_z}{t_{sz}} = 8 \frac{15}{21,3} = 5,64 \text{ [kg/m]}$$

$$q_{rp} = m_r * \frac{z_p}{t_{sp}} = 8 \frac{6}{21,3} = 2,25 \text{ [kg/m]}$$

Kde:

$q_{rz}$  – hmotnosť rotujúcej časti váľky v zatížených v tvči na 1 m [kg/m]

$q_{rp}$  – hmotnosť rotujúcej časti váľky v vratných v tvči na 1 m [kg/m]

$z_z$  – počet váľky v stolic zatížených v tve [m]

$z_p$  – počet váľky v stolic prázdnych v tve [m]

$t_{sz}$  – rozte stolic zatížených v tve [m]

$t_{sp}$  – rozte stolic prázdnych v tve [m]

$m_r$  – hmotnosť rotujúcej časti jedného váľky [kg]

$$F_{wz} = \left[ C * w * l_o * \cos\alpha \left( q_p + q_{rz} + \frac{Q_m}{3600 * v} \right) + h \left( q_p + \frac{Q_m}{3600 * v} \right) \right] * g \text{ [N]}$$

$$F_{wz} = \left[ 1,9 * 0,2 * 9,1 * \cos 0,5236 \left( 1,65 + 5,64 + \frac{600}{3600 * 0,01} \right) + 1,5 \left( 1,65 + \frac{600}{3600 * 0,01} \right) \right] * g = 973 \text{ N}$$

$$F_{wp} = \left[ C * w * l_o * \cos\alpha (q_p + q_{rz}) + h * q_p \right] * g \text{ [N]}$$

$$F_{wp} = \left[ 1,9 * 0,02 * 9,1 * \cos 0,5236 (1,65 + 5,64) + 1,5 * 1,65 \right] * g = 238 \text{ N}$$

Kde:

$F_{wz}$  – odpor zatížených v tve [N]

$F_{wp}$  – odpor nezatížených v tve [N]

$C$  ó souinitel odpor dopravníku [-] (z tab. 1,9)  
 $w$  ó souinitel pohybových odpor [-] (volím 0,2)  
 $l_0$  ó délka dopravníku [m]  
 $\alpha$  ó úhel sklonu dopravníku [rad]  
 $q_p$  ó hmotnost 1 m pásu [kg/m] (1,65 kg/m)  
 $h$  ó dopravní výška [m]

$$F_O = F_{wz} + F_{wp} = 973 + 238 = 1211 \text{ N}$$

Kde:

$F_O$  ó obvodová síla pro pohon dopravníku [N]

$$P_d = F_O * v = 1211 * 0,01 = 12,1 \text{ W}$$

Kde:

$P_d$  ó potebný výkon dopravníku [W]

$$P = \frac{P_d}{\eta} = \frac{3,85}{0,7} = 17,3 \text{ W}$$

Kde:

$P$  ó výkon jednotky [W]

$\eta$  ó účinnost asynchronního elektromotoru [-]

Vzhledem k velmi malému potebnému výkonu pohonu dopravníku, daného především malým hmotnostním tokem a nízkou elevací materiálu lze tvrdit, že bude vhodný jakýkoliv dopravník, který splňuje potebné rozměry.

Linka bude vybavena pásovým dopravníkem 40CD, 40CM, 40C od firmy Haberkorn Ulmer s.r.o. z Mokrého Lazce.

Technické parametry:

Délka dopravníku: 500 ó 6000 mm

Šířka pásu: 40 ó 600 mm

Zatížení dopravníku: 10 kg / m

Pohon:	3 x 400 V (1 x 230 V)
Rychlost pásu:	standardně 3 až 30 m/min, lze upravit
Transportní pás:	PVC, PU, textilní

#### 4.1.3 II. Stupeň drcení

K drcení materiálu v nořovém mlýně dochází na p římkovém ost ří pracovních nástroj , které se nacházejí na rotoru a statoru stroje. Pracovní nástroje na statoru tvo ří dva ploché noře, na uná-e řích rotoru je upevn ěno ěst ař deset takových noř . K definování velikosti pořádané frakce výstupu z drtícího za řízení slouří síto pod ob řinou dráhou rotoru. Otvory síta mají pr ěm ěr 6-25 mm. Výkon drtí e je ař 55 KW. Násypky jsou zakry- ty zvukov ě izola ěními materiály ke sníření hladiny hluku. Dvojitě clony u vstupního otvo- ru zabra ují zp řt ěnému vyhazování zpracovávaného materiálu b ěhem provozu.

Obrázek 17: Nořový mlýn G50/80 [31]



Jako nevhodná se jeví nořlový mlýn G50/80 od společnosti BOCO PARDUBICE machines s.r.o. (na obrázku 17). Technické parametry jsou uvedeny níže.

Technické parametry:

Výkon motoru:	30 - 55 kW
Rozměry sekací komory:	500 x 800 mm
Počet otáčivých nořů	6/10
Počet pevných nořů	2/4
Otvory výstupního síta	6 ó 25 mm
Výkon kg/hod	400 ó 600
Plnicí dmychadlo	4 ó 5,5 kW
Hmotnost:	3000 kg
Velikost vstupní násypky:	600 x 500 mm
Cena:	2 miliony K

#### 4.1.4 Magnetický separátor

Z důvodu snížení separovaného objemu a snížení opotřebení následujících separátorů je po drcení hned zařazen magnetický separátor. Je nutné použít separátor velké účinnosti k dokonalému odstranění feromagnetických materiálů z proudu rozdrčeného materiálu. Toho se dosáhne použitím silných permanentních neodymových magnetů. Pro takto koncipovanou linku je vhodné použít potrubní magnetické separátory s automatickým odběrem materiálu, či závěsný magnetický separátor s patřičnou úpravou pro pneumatickou dopravu. Cena magnetického separátoru podle uvedených parametrů se pohybuje okolo 500 000 Kč.

#### 4.1.5 Vzduchový separátor

Třídění na pofladované frakce bude prováděno na vzduchovém separátoru, který musí splňovat tyto parametry:

Hodinový výkon minimálně 600 kg.

Hermetický pracovní prostor.

Podávání materiálu pomocí pneumatické dopravy

Výstup prachu musí být také pneumaticky dopraven do filtrů.

Možnost oddělení vyseparovaného materiálu, bez ztráty hermetičnosti.

Jako vhodný separátor se jeví gravitační separátor vlastního návrhu. Jak ufl je výše zmíněno, hlavními složkami elektroodpadu jsou plast, skelné vlákno, hliník, měď, zlato a další drahé kovy. Vzhledem k podobným hustotám drahých kovů lze uvažovat, že za použití těchto metod nebude možné je od sebe separovat. Protože se ale tyto kovy v elektroodpadu prakticky nevyskytují samostatně a je nutné je jinak (zpravidla chemicky) oddělit od jiných kovů, není nutné tento problém řešit. Hustoty předpokládaných frakcí jsou v tabulce 6.

Tabulka 6: Hustoty hlavních separovaných frakcí [32]

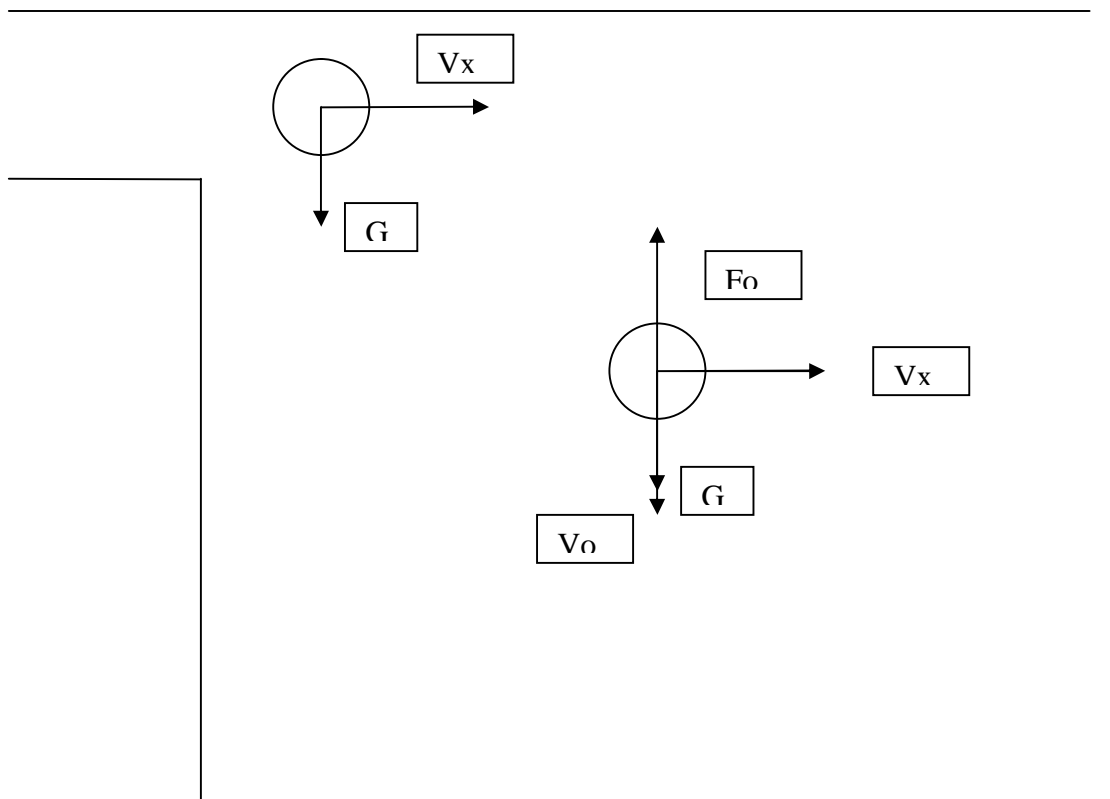
Frakce	Hustota [kg/m <sup>3</sup> ]
Plasty	900-2200
Skelné vlákno	1900-2000
hliník	2700
Měď	8960
Zlato	19320
Platina	21450
Bezolovnaté pájky	8838 - 10680

Při výpočtu lze vycházet z této úvahy:

Nadrcené zrna vycházející z drti druhého stupně jsou urychlovány na rychlost 1 metru za sekundu. Při vstupu do separátoru mají horizontální rychlost 1 m / s a vertikální nulovou. Jakmile vstoupí do drti horizontální rychlost je stále konstantní a vertikální začíná vzrůstat vlivem působení gravitační síly. Proti gravitační síle působí rychlost odporu vzduchu (viz. Obrázek 18), která roste s druhou mocninou rychlosti. V určitém momentu zrno dopadne na dno separátoru. Ze známé doby pádu, je možné určit horizontální posunutí a tím i vhodně rozvrhnout jednotlivé násypky na jednotlivé frakce.

Obrázek 18: Síly působící na zrna v gravitačním tání





Tudífi:

$$\vec{F} = \vec{F}_o + \vec{G}$$

a

$$\vec{F} = m * \vec{a}$$

Pro horizontální složku platí

$$x: 0 = m * a_x$$

a pro vertikální

$$y: m * g - F_o = m * a_y$$

tudífi:

$$m * g - C * v^2 = m * a_y$$

kde: C ó konstanta sou initele odporu vzduchu

a protože:

$$a_y = \frac{v dv}{ds}$$

$$ds = dy$$

tak:

$$\int dy = \int \frac{v dv}{g - \frac{Cv^2}{m}}$$

Po úprav :

$$y = -\frac{m}{2C} \ln\left(g - \frac{C}{m} v_y^2\right) + \frac{m}{2C} \ln(g)$$

kde:  $v_y$  - dopadová rychlost

Dále je třeba nutně uvažovat vliv stínění:

Stokes:

$$\frac{v_u * D}{v_u} = (1 - d_p / D)^{2,25}$$

Newton:

$$\frac{v_u * D}{v_u} = (1 - d_p / D)^{1,5}$$

a vliv tvaru částice:

$$v_u = \varphi_{Ar} v_{u0}$$

kde:

$v_u$  - rychlost usazování

$\varphi_{Ar}$  - dynamický faktor nekulové částice

Dále pak vliv koncentrace částic v suspenzi z poměru celkové hmotnosti částic v úseku a usazených částic:

$$\frac{m_u}{m} = 1 - y_0 + \int_0^y (v_u / v_{u0}) dy$$

Z výše uvedeného je patrné, že významně záleží na tvaru a aerodynamických vlastnostech jednotlivých zrn. Vzhledem k charakteru elektroodpadu lze předpokládat značnou tvarovou diverzitu mezi jednotlivými zrny v závislosti na materiálu zrna. Lze předpokládat, že hliníková složka bude tvořena lupinkami plechu, naopak u plastů lze očekávat poměrně pravidelné útvary. Proto bude nutné rozměry separátoru určit experimentálně, v závislosti na charakteru zpracovávaného odpadu. Jako vhodné se jeví jednotlivé separační oddíly navrhnout variabilně, aby bylo umožněno zlepšování separace v závislosti na změně charakteru elektroodpadu. I přesto je možné objektivně odhadnout náklady na výstavbu separátoru a to na 1 milion korun. [33]

#### **4.1.6 Elektrostatický odlučovač**

Elektrostatický odlučovač je použit z důvodu nutnosti odstranění prachu z nosného vzduchu, před jeho zbavením zbytků nebezpečných látek. Elektrostatický odlučovač odlučuje částice malých rozměrů a je vhodný k použití v systémech, ve kterých je nutné čistit velký objem vzduchu. Vzduch je přiváděn do ionizační jednotky, kde jsou částice nabitы kladným nábojem díky napětí 20 kV, a při letu kolem záporně nabitých lamel na nich ulpívají. Lamely musí být vybaveny z důvodu možného vzniku elektrického oblouku. Dle zkušeností z jiných projektů lze doporučit potrubím navrhované linky odpovídá nejlépe elektrostatický odlučovač EF 301, na obrázku XXX, od firmy Bristol T&G International GmbH. Cena se pohybuje okolo jeden a půl milionu korun.

Obrázek 19: Elektrostatický odlučovač EF 301 [34]



Technické parametry:

Maximální pr tok:	1800 m <sup>3</sup> / hod
Rozm ry	1185 x 570 x 760 mm
Hmotnost	180 kg
Celková filtra ní plocha	11,5 m

#### 4.1.7 Pneumatická doprava a filtrace

Vzhledem k možnému výskytu nebezpečných látek v elektrozařízeních, jejichž možnost výskytu a i způsob jejich odstranění byly rozebrány v předchozích kapitolách, je nutné linku vybavit zařízeními, které jsou schopny tyto látky ze vzduchu odstranit. Také kvůli vysokému vzniku prachových částic je nutné linku vybavit systémem na zabránění úniku zmíněného prachu a nebezpečných látek do okolního životního prostředí. To je znanou usnadněno typem poufletých technologií. Od druhého stupně drcení je směs vzduchu a nadrcených elektrozařízeních hermeticky díky použití pneumatické dopravy izolována od okolního prostředí. Jakýkoliv výstup z linky je odebírán buhem neinosti stroj, nebo je umožněno tlakové oddělení odebíraného materiálu od zbytku linky. První stupeň drcení je vybaven samostatným prmyslovým odsáváním, jehož vyústění je do pneumatické sítě linky jednak z důvodu úspory investičních nákladů, ale i z důvodu jednoduchosti systému.

Pro zachycení zbylých nebezpečných látek jsou poufity filtry od firmy WEMAC spol. s r.o z Břehovic. Celkové náklady na pneumatickou dopravu a filtraci 2 miliony korun.

## 4.2 Ekonomické posouzení návrhu

V případě realizace návrhu linky podle kapitoly 4.1 je nutné zjistit její finanční rentabilitu. Linka se bude zabývat zpracováním odpadních elektrozařízení. Realizací záměru bude vhodné povolat firmu v oboru zabývanou a znalou problematiky, která se dlouhodobě věnuje realizaci podobných projektů. Na rozhodnutí o zpusobnosti zpracovatele bude vhodné vypsát výběrové řízení. Realizaci investice lze doporučit v následujícím desetiletí z důvodu zastarávání technologií a vývoje nových. Z tohoto důvodu budou uvažovány jen aktuální ceny surovin, materiálů, energií apod. a jejich prognóza jen na dobu předpokládané životnosti. Do finanční kalkulace jsou zahrnuty veškeré náklady na pořízení linky, uvedení do provozu a zaškolení obsluhového personálu. Veškeré stavby a pozemky budou pronajímány.

### 4.2.1 Celkové investiční náklady

Celkové investiční náklady se budou odvíjet podle toho, jaká firma bude vybrána ve výběrovém řízení. Přesto se ale s jistou mírou přesností celkové investiční náklady dají odhadnout. Z důvodu toho, že realizační firma není známa, nelze počítat náklady na dopravu. Tyto náklady jsou typicky menší než 5% investice, a tudíž jejich absence výrazně neovlivní výsledek. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, náklady na pořízení potrubných staveb a pozemků nebudou uvažovány, protože tato potřeba bude vyřešena pronajmem vyhovující haly s připojením na všechny potřebné energetické sítě a infrastrukturu. Lze doporučit využití dotací z fondů evropského programu EU a MZP České republiky. Bohužel nelze tuto podporu do výpočtu zakalkulovat, protože nelze odhadnout trendy a nastavení podmínek udělování dotací. V tabulce 7 jsou znázorněny investiční náklady potřebné na zřízení linky na zpracování vybraného elektroodpadu. Cena je navýšena o rezervu 10 procent daně částky. Ceny stavebních úprav jsou odhadnuty a je v nich zahrnuto drobné úpravy nutné na zprovoznění linky (místní rozvody sítí, úprava komunikace apod.) Cena za zkompletování linky je odhadnuta na základě komunikace s Aquatest a.s. a je v ní zahrnuta i cena za zaškolení obsluhového personálu.

Tabulka 7: Investiční náklady potřebné na zřízení linky na zpracování vybraného elektroodpadu včetně 21 % DPH

Jednotlivé náklady	Cena [Kč]
Linka na elektroodpad	8 800 000
Stavební úpravy haly	1 700 000
Výstavba linky	600 000
<b>Celkové investiční náklady</b>	<b>11 100 000</b>

#### 4.2.2 Amortizace vybraného zařízení

Zařízení použité na lince na zpracování vybraného elektroodpadu jsou ze 2. odpisové skupiny s dobou odpisování 5 let. Využijí rovnoměrný způsob odpisování, kdy je roční odpis vypočítáván na základě daných procentuálních odpisů a to tak, že v prvním roce se jedná o 11 % z pořizovací ceny a v dalších letech o 22,25 % z pořizovací ceny. [35]

Výpočet ročních odpisů:

$$RO = \frac{VC * S}{100}$$

Kde:

S - roční odpisová sazba

VC - vstupní cena

RO - roční odpis

Vypočtený plán odpisů je zobrazen v tabulce 8.

Tabulka 8: Plán odpisů linky na zpracování vybraného elektroodpadu

Rok [-]	Sazba [%]	Odpis [Kč]	Zstatková cena [Kč]
I.	11	1 221 000	9 879 000
II.	22,25	2 469 750	7 409 250
III.	22,25	2 469 750	4 939 500
IV.	22,25	2 469 750	2 469 750
V.	22,25	2 469 750	0

### 4.2.3 Druh investice

Investovat adov deset milionu není problém jen pro v t-í investory a zavedené společnosti. Je nutno zvařit, jak z ízení linky na zpracování vybraného elektroodpadu financovat, ale jako nejjednoduší se jeví financování bankovním úv rem. V sou asnosti nejniří úrokovou sazbu nabízí Moravský pen řní ústav, který nabízí p j ku afl 170 milionu korun na dobu 5ti let s úrokem 5,9 % po dobu dvou let.

V p ípad ě možného realizátora je uvařováno s nulovou úhradou z vlastních zdroj , tudíř bude nutný úv r ve vý-í 11 100 000 K , s dobou splatnosti 5 let a ro ní úrokovou mírou 5,9 %. [37]

Výpo et anuitních splátek: [35]

$$A = K_0 \cdot \frac{q^n \cdot (q - 1)}{q^n - 1}$$

$$A = 11100000 \cdot \frac{1,059^5 \cdot (1,059 - 1)}{1,059^5 - 1} = 2627940 \quad \text{K}$$

kde:

A -anuitní splátka [K ]

$K_0$  -po áte ní jistina [K ], ( $K_0 = 11,1$  mil. K )

n - doba splácení [rok], (podle parametr úv ru 5 let)

i - úroková míra [%], (podle parametr úv ru 5,9 %)

q..... umovatel [-], ( $q = 1 + i = 1,06$ )

Tabulka 9: Splátkový kalendář zvoleného úv ru

Rok	Stav na začátku roku	Úrok	Úmor	Anuitní splátka	Stav na konci roku
I.	11 100 000	654 900	1 973 040	2 627 940	9 126 960
II.	9 126 960	538 491	2 089 449	2 627 940	7 037 511
III.	7 037 511	415 213	2 212 727	2 627 940	4 824 784
IV.	4 824 784	284 662	2 343 278	2 627 940	2 481 506
V.	2 481 506	146 408	2 481 506	2 627 940	0
$\Sigma$		2 039 674	11 100 000	15 767 640	

#### 4.2.4 Stanovení návratnosti investice

Výnosy z linky na zpracování elektroodpadu jsou realizovány z prodeje druhotných surovin. Základními druhotnými surovinami z elektroodpadu jsou mangan, ocel, olovo, hliník a směs drahých kovů. Procentuální zastoupení těchto surovin v elektroodpadu je znázorněno v tabulce 4. Cena manganu je v současnosti okolo 135 Kč/kg, oceli 5,2 Kč/kg, olova 39 Kč/kg, hliníku 35 Kč/kg, Z uvedeného vyplývá průměrná cena ze kilogram elektroodpadu 16,68 Kč.

Za předpokladu, že linka pojedí na troj směnný provoz lze z důvodu, nutných technologických pauz, uvažovat maximální využití okolo 75% tzn. 273,75 dní v roce. Což znamená, že linka zpracuje 3942 tun ročně, tzn. příjem z zpracování elektroodpadu bude 65 752 560. Obvykle se uvažuje s návratností 10 let. Z toho a tabulky 9 je patrné, že pro splnění těchto podmínek musí být čistý zisk vyší než 1 576 764 Kč ročně. Pokud se případnému zizovateli podaří zajistit takové podmínky nákupu materiálu, zaměstnaneckých mezd a jiných fixních a variabilních nákladů, že po odečtení od příjmové složky bude výsledek vyší než zmíněných 1 576 764 Kč ročně lze investici prohlásit za dobrou.



## 6. Porovnání vlastností existující linky s navrhovaným projektem

Navrhovaný projekt bude porovnáván s linkou, kterou vlastní Technická fakulta České zemědělské univerzity v Praze. Tato linka je využívána jen pro potřeby university a není na ní provozováno žádné komerční zpracování elektroodpadu.

### 6.1 Úspornost porovnávané linky

Na začátku procesu je linka vybavena ručními mlynkami, kterými je pokud je to nutné změněna rozměry zpracovávaného materiálu. Tyto mlynky jsou dvouotáčkové, bez pneumatického pohonu.

Za mlynkami je začátek I. stupně drcení, který je realizován dvouhřídelovým drtičem D 4/2 x 3 kW od firmy Pavel Jelínek. Technické parametry jsou následující:

Jmenovitý výkon vstupu:	600 kg / h
Spotřeba výkonu:	6 kW
Hmotnost:	350 kg
Napětí:	400 V / 50 Hz

Následuje druhý stupeň drcení. Je jím Noflový mlýn G 200/300 od firmy Teriér s.r.o, jehož účelem je dezintegrace na jemná zrna. Drtič umí nastavit výš pracovní části na kladivový drtič. Je tak možné dosáhnout lepšího stupně dezintegrace v závislosti na charakteru vstupního odpadu. Technické parametry drtiče II. stupně jsou:

Spotřeba výkonu:	13/17 kW
Hmotnost:	350 kg
Otvory výstupního síta:	8 mm
Hlučnost	105 dB

Nadrcený materiál je dopravován pneumaticky do vírového odluškování, kde jsou odděleny jemné částice (prach, kousky barev), dále dopravované do nádob s textilními filtry. Větší částice z vírového odluškování propadávají do zásobníku, který je hermeticky uzavřen regulační klapkou. Technické parametry vírového odluškování jsou:

Výkon ventilátoru:	4 kW
Filtrovací plocha:	25 m <sup>2</sup>
Regenerace filtr :	pneumatická

Odtud je materiál pomocí vibračního podavače o výkonu 300 W dopravován do fluidního vibračního splavu od firmy Aquatest a.s. Technické parametry tohoto separátoru jsou:

Průkon:	900 W
Jmenovitý výkon vstupu:	200 kg/h
Hmotnost:	370 kg
Pracovní frekvence:	16,6 Hz
Amplituda kmit :	1 ó 3 mm
Velikost třídící plochy:	0,34 m <sup>2</sup>
Granulometrie směsi:	0,2 ó 15 mm

Fluidní vibrační splav je vybaven pro myslivým odsavačem s automatickým oklepením filtračních patron. Přefiltrovaný vzduch splňuje hygienické požadavky nutné k jeho vypouštění zpět do prostoru linky. Technické parametry pro myslivého odsavače jsou:

Průtok vzduchu:	2 000 m <sup>3</sup> /h
Průkon motoru:	2,2 kW
Hmotnost:	220 kg
Filtrace vzduchu:	dvoustupňová
Regenerace filtr :	pneumatická

## 6.2 Hodnocení linky

Linka plně vyhovuje požadavkům na ní kladených. To znamená výzkumné práci, ověření výsledků diplomových a bakalářských prací, i jako praktická ukážka pro studium. Na plnohodnotné zpracovatelské využití se nehodí. Má mnoho v dnešní době uflpěkných řešení. Jako nejzásadnější shledávám absenci filtračních nebezpečných částí. Díky této absenci musí být kladen velký důraz na to, aby vstupní materiál neobsahoval žádné nebezpečné látky. V opačném případě hrozí riziko ohrožení zdraví obsluhujícího personálu, sankcí ze strany hygienické stanice a poškození fluidního prostředí.

Z technického jsou nejproblematickými místy drtič a fluidní vibrační splav. V prvním případě se jedná o praktický nedostatečný výkon drtiče. Problémy fluidního splavu jsou v jeho nedostatečné variabilitě. Jeho úspěšnost separace významně závisí na charakteru vstupujícího materiálu, jakmile se tento charakter mění není možné dohrflet požadovanou úroveň separace. Důsledkem je nutnost přístupu v podstatě homogenního materiálu, který nevykazuje žádné známky odchylek od průměru. Dalším problémem souvisejícím s nutností přesného nastavení je, že vzhledem k množství nastavitelných parametrů, je prakticky nemožné nastavení replikovat, i od nastavení pro jeden druh odpadu alespoň hrubě odvodit nastavení pro odpad jiný.

Všechny tyto nedostatky jsou v návrhu linky eliminovány. Problém nebezpečných látek je vyřešen uhlíkovými filtry a elektrostatickým separátorem. Problém nevariabilní separace je vyřešen použitím jiného separátoru, který vzhledem k jeho rozměrům umožní už je značnou variabilitu separace a velký prostor pro její chyby a po experimentálním upřesnění nastavení separátoru je možné tyto výsledky aproximovat do nastavení pro elektroodpad jiného charakteru.

## 7. Závěr

Cílem této práce bylo na základě zadání Technické agentury České republiky zhodnotit současné trendy ve zpracování elektroodpadu a navrhnout řešení jeho sběru a následného zpracování. Základy současných principů sběru vyřazených elektrozařízení jsou dobré a prakticky vycházejí z principů používaných ve většině zemí, které zpracovávají elektroodpad na lepší úrovni. Jako možné vylepšení je možné se inspirovat metodami používanými ve Švýcarsku. Základní předtídní odpad obecně je přeneseno na domácnosti, ale na druhou stranu mají tyto domácnosti velmi usnadněné zbavování se odpadu mimo jiné velkým množstvím sběrných míst, různými svozovými službami a nakonec i aplikacemi pro mobilní telefony, které významně usnadní předtídní odpadu.

Problematické naopak je, že některé firmy se snaží, a jsou neziskové a státem určené k organizování sběru elektroodpadu, ovládnout co největší podíl na trhu. Takto získaný elektroodpad se snaží předprodat svým firmám zabývajících se zpracováním vyslouplých elektrozařízení, což zabráňuje vstupu nových nebo rozvoji stávajících podnikatelských subjektů, které nejsou navázány na tyto sběrné systémy. Jako řešení se nabízí neumožnit společnostem, které se zabývají sběrem elektroodpadu, jakkoliv se spojují s firmami na zpracování elektroodpadu a vyžadovat pro každý kontrakt na prodej vyřazených elektrozařízení transparentní výběrové řízení. Dále by bylo vhodné revidovat velikost finanční odměny za sběr elektroodpadu, aby nedocházelo k situacím, kdy firma dostává zapláceno za sběr suroviny, kterou následně opět prodává.

Při samotném zpracování je nejdůležitější dkladná demontáž jednotlivých součástí a částí elektrozařízení. Je zřejmé, že kvalitní demontáž lze docílit kvalitní separací jednotlivých frakcí, což vede k značným finančním úsporám, ale i ke snížení ekologické zátěže v důsledku snížení množství odpadních chemikálií použitých v chemické koncovce. V současnosti je k tomuto nejvhodnější ruční demontáž, ale do budoucna s rozvojem automatizace a výrobní techniky lze předpokládat plnou mechanizaci a automatizaci demontáže.

Za nejdůležitější z celé koncepce zpracování elektroodpadu lze považovat vytvoření principů a norem na návrh samotných elektrozařízení. Principy a norem usnadňující prodloužení životnosti výrobku, tj. umožnění oprav poškozených částí a usnadňujících jeho konečné zpracování, tj. jeho snadnou demontáž a recyklovatelnost. Toho lze docílit finanční motivací pro výrobce, je-li na tuto politiku připraven a budou navrhovat zařízen

s d ruzem na jejich opravitelnost a po skon ení jejich životu recyklovatelnost. Nebo naopak postihem pro producenty, kteří tyto principy nebudou dodržovat. Další možností je informovanost spotřebitelů, aby právě oni vyřadili výrobky, vyvinuté s d ruzem na tyto principy.

## 8. Seznam literatury

[1] životní cyklus výrobku [online] [cit. 20.1.2013]. Dostupné z WWW:

<http://www.uspornaziarovka.sk/pages/o-je-to-Smernica-o-OEEZ%3F.html>

[2] Uplatnění metodiky LCA při ekodesignovém návrhu elektrotechnického výrobku [online] [cit. 20.1.2013]. Dostupné z WWW:

<http://bestproduct.cz/ekodesign.pdf>

[3] o je to smernica o OEEZ [online] [cit. 20.1.2013]. Dostupné z WWW:

<http://www.uspornaziarovka.sk/pages/o-je-to-Smernica-o-OEEZ%3F.html>

[4] CHOCHRUBA, R.: Recyklace elektrických a elektronických odpadů, způsob desintegrace plošných spojů

UTB ve Zlíně, Fakulta technologická, 2005. 70 s.

[5] Aktuální tabulka s výší recyklačních poplatků [online] [cit. 24.1.2011]. Dostupné

z WWW: <http://www.alphaobchod.cz/Recyklace-cenik.htm>

[6] Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změnách některých dalších zákonů

[7] Provozovatelé kolektivních systémů se souhlasem pro zajištění financování

nakládání s elektroodpady a s historickými elektrozařízeními [online] [cit. 20.1.2013]. Dostupné z WWW:

[http://www.env.cz/C1257458002F0DC7/cz/kolektivni\\_systemy\\_oeez/\\$FILE/OODP-kontakty\\_kol\\_systemy-20130328.pdf](http://www.env.cz/C1257458002F0DC7/cz/kolektivni_systemy_oeez/$FILE/OODP-kontakty_kol_systemy-20130328.pdf)

[8] činnosti systému [online] [cit. 20.1.2013]. Dostupné z WWW:

<http://www.asekol.cz/kdo-je-asekol/cinnosti-systemu.html>

[9] Princip kolektivního systému [online] [cit. 20.1.2013]. Dostupné z WWW:

<http://www.elektrowin.cz/cs/o-spolecnosti/princip-kolektivniho-systemu.html>

- [10] O nás [online] [cit. 20.1.2013]. Dostupné z WWW:  
<http://www.remasystem.cz/index.php/cz/o-nas.html>
- [11] Představujeme se [online] [cit. 20.1.2013]. Dostupné z WWW:  
<http://www.retela.cz/index.php?s=6>
- [12] Ing. Blanka Chudobová, D+P Rekont
- [13] Preparing a Waste Prevention Programme, BioIntelligence Service S.A.S, Paříž 2012,  
62 s
- [14] GHALY, Ashraf. An Examination of the Environmental Impact of Electronic Waste Disposal, Union College 2007, 12 s
- [15] LEPAWSKY, Josh, Legal geographies of e-waste legislation in Canada and the US: Jurisdiction, responsibility and the taboo of production, 2011, 12s
- [16] SANER, D. - WALSER, T. a VADENBO, C. O. End of life and waste management in life cycle assessment, 2012, 6s
- [17] STREICHER-PORTE, M. GEERING, A. Opportunities and Threats of Current E-Waste Collection System in China, 2010, 8s
- [18] Recyklace plošných spoj [online] [cit. 30.1.2013]. Dostupné z WWW:  
[http://www.ucitsnadno.cz/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=flypage.tpl&product\\_id=156&category\\_id=15&option=com\\_virtuemart&Itemid=67](http://www.ucitsnadno.cz/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=156&category_id=15&option=com_virtuemart&Itemid=67)
- [19] JÍCHA, Vojtěch. Technika a technologie zpracování vybraného elektroodpadu, ZU 2011
- [20] Rozpojování [online] [cit. 30.1.2013]. Dostupné z WWW:  
[http://users.fs.cvut.cz/~jiroutom/vyuka/hmz/hmz13\\_rv.pdf](http://users.fs.cvut.cz/~jiroutom/vyuka/hmz/hmz13_rv.pdf)

- [21] MALA ÁK, J. Drtírny v provozech odpadového hospodá ství, ZU
- [22] Magnetické separátory [online] [cit. 1.2.2013]. Dostupné z WWW: <http://stavebni-technika.cz/clanky/magneticke-separatory-firmy-wamag/>
- [23] Linka fluidní separace [cit. 5.2.2013]. Dostupné z WWW: [http://aquatest.cz.kappa.nen.cz/underwood/download/files/9.LINKA\\_FLUIDNI\\_SEPARACE.pdf](http://aquatest.cz.kappa.nen.cz/underwood/download/files/9.LINKA_FLUIDNI_SEPARACE.pdf)
- [24] Vzduchový separátor pro za ízení sloufíc k t íd ní odpadu [cit. 12.2.2013]. Dostupné z WWW: <http://www.hoecker-polytechnik.cz/vyrobky/vzduchove-separatory-ventraci-zarizeni/vzduchovy-separator-pro-zarizeni-slouzici-k-trideni-odpadu.html>
- [25] K ukatý vzduchový separátor [cit. 12.2.2013]. Dostupné z WWW: <http://www.arcon-environmental.sk/applications/79/>
- [26] NOVÝ, R. a kol. Technika prost edí, VUT 2000, 267 s
- [27] RUBE<sup>TM</sup>L; a kol.: Technologie oprav I , Praha, Státní zem d lské nakladatelství, 1978, 329 s.
- [28] Vibra ní t ídi [cit. 20.2.2013]. Dostupné z WWW: <http://www.sg-stroj.cz/vibracni-tridic>
- [29] HAI-YONG ó SCHOENUNG, Julie M. Electronic waste recycling: A review of U.S infrastructure and technology options, 2005, 31 s.
- [30] Dvouch ídelový drtí shredder [cit. 20.4.2013]. Dostupné z WWW: <http://www.boco.cz/cs/produkty/stroje-a-zarizeni/mlyny-drtice-a-pulverizery/av-dvouchridelovy-drtic-shredder/>



- [31] Mlýn středního výkonu [cit. 20.4.2013]. Dostupné z WWW:  
<http://www.boco.cz/cs/produkty/stroje-a-zarizeni/mlyny-drtice-a-pulverizery/rada-g50-mlyn-stredniho-vykonu/>
- [32] CHAJDA, R. Matematické, fyzikální a chemické tabulky, Praha 2012, 208 s
- [33] TRNITA, D. a kol. Příklady a úlohy z chemického inženýrství I a II, VUT ČHT, Praha 2002
- [34] David Kratochvíl, Wemac spol. s.r.o, Prospekt 2013
- [35] BERVIDOVÁ, L. - VAN UROVÁ, P. Cvičení z ekonomiky podniků I. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2009. 118 stran.
- [36] Linka Aquatest [online]. 2005 [cit. 1.5.2013], firemní materiály
- [36] Charts & Data Results [cit. 1.5.2013]. Dostupné z WWW:  
<http://www.infomine.com/chartsanddata/BrowseSearch.aspx?vt=2&ty=Commodity>
- [37] Úvěry, financování [cit. 1.5.2013]. Dostupné z WWW:  
<http://www.mpu.cz/cs/produkty-a-sluzby/firmy-a-podniky/financovani-uvery>

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1: Výskyt toxických a ekotoxických látek v elektroodpadu [3]

Tabulka 2: Aktuální tabulka s výší recyklačních poplatků [5]

Tabulka 3: Množství nebezpečných látek uvolněných do životního prostředí v jednotlivých státech USA v tunách za rok [14]

Tabulka 4: Obsah kovů v deskách plošných spojů [4]

Tabulka 5: Zhodnocení metod recyklace elektroodpadu [19]

Tabulka 6: Hustoty hlavních separovaných frakcí [32]

Tabulka 7: Investiční náklady potřebné na zřízení linky na zpracování vybraného elektroodpadu včetně 21 % DPH

Tabulka 8: Plán odpisů linky na zpracování vybraného elektroodpadu

Tabulka 9: Splátkový kalendář zvoleného úvru

## Seznam obrázků

Obrázek 1: životní cyklus elektrozařízení [1]

Obrázek 2: Uplatnění metodiky LCA při ekodesignovém návrhu elektrotechnického výrobku

Obrázek 3: Státy Kanady s přijatou legislativou na zpracování elektroodpadu (označené červeně) [15]

Obrázek 4: Pracovní demontáž

Obrázek 5: Dvouúrovňový elisový drtí [21]

Obrázek 6: Teoretické znázornění odrazového drcení [21]

Obrázek 7: Drtící prostor dvouúrovňového drtíče odpadu [21]

Obrázek 8: Princip bubnového magnetického separátoru [22]

Obrázek 9: Schéma třídící plochy fluidního vibračního splavu [23]

Obrázek 10: Vzduchový separátor [25]

Obrázek 11: Gravitační vzduchový separátor [26]

Obrázek 12: Princip vírového odluškování s tečným vstupem [26]

Obrázek 13: Vibrační třídič [28]

Obrázek 14: Schéma linky ze studie DEER2

Obrázek 15: Blokové schéma navrhované linky na zpracování elektroodpadu.

Obrázek 16: Dvouúrovňový drtíč AV 13/15 [30]

Obrázek 17: Nožový mlýn G50/80 [31]

Obrázek 18: Síly působící na zrna v gravitačním třídiči

Obrázek 19: Elektrostatický odluškovací EF 301 [34]