

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Bakalářská práce

Recyklace počítačových součástek

Jiří Váchal

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jiří Váchal

Systemové inženýrství a informatika
Informatika

Název práce

Recyklace počítačových součástek

Název anglicky

Computer hardware recycling

Cíle práce

Cílem práce je průzkum procesu recyklace počítače a jeho negativního vlivu na životní prostředí. Dílčí cíle: analýza složení různých typů počítačů, analýza postoje veřejnosti k recyklaci počítačových součástek, návrh zlepšení procesu recyklace počítačů a snížení negativních vlivů na životní prostředí.

Metodika

Teoretická východiska práce jsou zpracována na základě studia odborné literatury a dále na základě související legislativy České republiky a Evropské Unie.

Praktická část se zaměřuje na zhodnocení několika vybraných typů počítačů o různých technických vlastnostech a stáří z hlediska spotřeby a použitých materiálů.

Dalším záměrem práce je vyhodnotit zjištěné skutečnosti ve zkoumané oblasti.

V závěru bude provedena interpretace výsledků a návrh na snížení negativních vlivů na životní prostředí.

Doporučený rozsah práce

50

Klíčová slova

Počítač, recyklace, životní prostředí, hardware, elektronický odpad

Doporučené zdroje informací

- ALWAEI, Mohamed. Municipal solid waste: recycling and cost effectiveness. New York: Nova Science Publishers, c2011. Waste and waste management series. ISBN 9781613248539
- BENDA, V. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: Profi Press, 2012. ISBN 978-80-86726-48-9.
- FORTI, Vanessa, Cornelis BALDÉ, Ruediger KUEHR a Garam BEL. The Global E-waste Monitor 2020. 2020. ISBN 978-92-808-9114-0.
- NPCS BOARD OF CONSULTANTS & ENGINEERS. The Complete Technology Book on E-Waste Recycling. India, January 1, 2015
- SCHRÖDER, Patrick, Manisha ANANTHARAMAN a Kartika ANGGRAENI. The circular economy and the global south: sustainable lifestyles and green industrial development. New York, NY: Routledge, 2019
- WIPO. Patent Landscape Report on E-Waste Recycling Technologies. UNEP; Secretariat of the Basel Convention (SBC), 2013.
-

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Karel Kubata, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 29. 7. 2020

Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2020

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 29. 10. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Recyklace počítačových součástí" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.3.2021

Poděkování

Rád(a) bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Karlu Kubatovi Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval. Dále bych chtěl poděkovat všem respondentům, za jejich přínos v případové studii této bakalářské práce. V neposlední řadě patří obrovské poděkování mé rodině za ohromnou podporu po celou dobu mého studia.

Recyklace počítačových součástí

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou recyklace počítačových součástí a vlivem počítače na životní prostředí. Teoretická část se věnuje stručné historii počítače, jeho pozitivního i negativního vlivu na životní prostředí a rozboru počítačového hardwaru. Nadále zkoumá proces recyklace tohoto hardwaru. V poslední řadě je teoretická část věnována elektronickému odpadu a jeho legislativě. Vlastní práce se věnuje českým firmám zpracovávající elektroodpad a porovnání jejich dosažených výsledků s legislativou. Dále je zkoumán rozdíl různých typů počítačů s ohledem na použití materiálů na výrobu, úspěšnost jejich recyklace a spotřebu elektrické energie. V poslední řadě je provedena případová studie veřejnosti se zaměřením na nakládání občanů s elektronikou, která nese v závěru i poučnou informační hodnotu. Budou vyvozeny závěry o úspěšnosti plnění nařízení EU pro zpětný odběr elektroodpadu České republiky.

Klíčová slova: Počítač, recyklace, životní prostředí, hardware, elektronický odpad, materiál

Computer hardware recycling

Abstract

The bachelor's thesis deals with the issue of recycling computer components and the impact of computers on the environment. The theoretical part deals with a brief history of the computer, its positive and negative impact on the environment and the analysis of computer hardware. It continues to investigate the process of recycling this hardware. Last but not least, the theoretical part is devoted to electronic waste and its legislation. The thesis deals with Czech companies processing electrical waste and comparing their results with legislation. Furthermore, the difference between different types of computers focusing to the use of materials for production, the success of their recycling and electricity consumption is investigated. In the end a case study is conducted focusing on the citizens handling of electronics in the form of inquiries with informative value. Conclusions will be drawn on the success of compliance with the EU regulations for the take-back of electrical waste in the Czech Republic.

Keywords: Computer, recycling, environment, hardware, electronic waste, material

Obsah

1 Úvod.....	11
Cíl práce a metodika.....	12
1.1 Cíl práce	12
1.2 Metodika	12
2 Teoretická východiska	13
2.1 Počítač	13
2.1.1 Pozitivní vliv počítače na životní prostředí	14
2.1.2 Negativní dopad počítačů na životní prostředí	16
2.1.3 Výstupní zařízení	17
2.1.4 Vstupní zařízení	19
2.1.5 Hardware uvnitř počítačové skříně	21
2.2 Recyklace	23
2.3 Recyklace počítače.....	24
2.3.1 Demontáž	24
2.3.2 Zušlechťování	27
2.3.3 Možnosti recyklace plastů počítačového odpadu	28
2.3.4 Ekologické a ekonomické aspekty recyklace počítačového odpadu	32
2.3.5 Současné stávající problémy recyklace počítačového odpadu	33
2.3.6 Budoucnost recyklace počítačového odpadu	35
2.4 Elektronický odpad	35
2.4.1 Statistické údaje elektronického odpadu.....	36
2.5 Zákon o nakládání s elektrozařízením a elektroodpadem	37
2.5.1 Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb.....	39
2.5.2 Legislativa ve světě.....	39
3 Vlastní práce	41
3.1 České firmy zabývající se zpětným odběrem a recyklací elektroodpadu	41
3.1.1 ASEKOL a.s.	41
3.1.2 REMA Systém, a.s.....	42
3.1.3 ELEKTROWIN, a.s.	42
3.1.4 RETELA, s.r.o.	43
3.2 Zpětný odběr České republiky v číslech	43
3.2.1 Zpětný odběr největších společností v ČR za rok 2018.....	45
3.3 Analýza spotřeby materiálů na výrobu počítačů	47
3.4 Spotřeba elektrické energie na výkon počítače	49
3.5 Případová studie	51

4 Výsledky a diskuse	54
4.1 Plnění limitu zpětného odběru České republiky daného směrnicí EU.....	54
4.1.1 Plnění limitu jednotlivých firem v roce 2018	55
4.2 Spotřeba materiálu na výrobu počítačů a jejich recyklovatelnost.....	55
4.3 Spotřeba elektrické energie počítačů	55
4.4 Vyhodnocení případové studie.....	56
Závěr	59
5 Seznam použitých zdrojů	61
6 Přílohy	65

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Porovnání elektronického odpadu ve světě.....	37
Obrázek 2 - Světová legislativa o elektronickém odpadu.....	40

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Minimální stanovená úroveň zpětného odběru pro Českou republiku od roku 2016, Zdroj: směrnice EU.....	38
Tabulka 2 - Zpětný odběr v ČR od roku 2006 do roku 2018, Zdroj: MŽP	43
Tabulka 3 - Zpětný odběr největších společností v ČR za rok 2018, Zdroj: MŽP	45
Tabulka 4 - Spotřeba materiálů na výrobu počítače a jeho míra návratnosti na 1 kg, Zdroj: Deník Resources, Conservation & Recycling 2016.....	48
Tabulka 5 - Výsledky měření výkonu a spotřeby procesorů a grafických karet u různých typů počítačů.....	49

Seznam grafů

Graf 1 - Množství EEZ uvedených na trh a množství celkového zpětného odběru v tunách	44
Graf 2 - Podíl zpětného odběru společností v ČR za rok 2018.....	46
Graf 3 - Množství EEZ uvedených na trh a množství celkového zpětného odběru v tunách u jednotlivých firem za rok 2018	46
Graf 4 - Úroveň zpětného odběru 4 největších společností v procentech za rok 2018.....	47
Graf 5 - Efektivita spotřeby elektrické energie procesorů s ohledem na jeho výkon.....	50
Graf 6 - Efektivita spotřeby elektrické energie grafických karet s ohledem na jeho výkon	50
Graf 7 - Plnění limitu směrnice EU	54
Graf 8 Otázka č. 1 - nákup nové elektroniky	67
Graf 9 Otázka č. 2 - důvod nákupu nové elektroniky	67
Graf 10 Otázka č. 3 - nakládání s nepoužívanou elektronikou	68
Graf 11 Otázka č. 4 - místa zpětného odběru	68
Graf 12 Otázka č. 5 - problém s elektroodpady	69
Graf 13 Otázka č. 6 - průměrně vygenerovaný odpad obyvatele EU za 1 rok	69
Graf 14 Otázka č. 7 - nebezpečné látky v počítačích.....	70

Graf 15 Otázka č. 8 - obsah nebezpečných látek v počítači	70
Graf 16 Otázka č. 9 - překvapenost respondentů.....	71
Graf 17 Otázka č. 10 - motivace odevzdání elektroniky v místech zpětného odběru	71
Graf 18 Otázka č. 11 - podnícení k zamyšlení.....	72

Seznam použitých zkratk

DPS — Deska plošných spojů

CRT — Cathode ray tube

LCD — Liquid crystal display

ABS — Akrylonitrilbutadienstyren

HIPS — High impact polystyren

PP — Polypropylen

PE — Polyethylen

PC — Polykarbonát

PS — Polystyren

PET — Polyethyltereftalát

PVC — Polyvinylchlorid

1 Úvod

Naše životní prostředí je ovlivněno od samotné výroby počítačů až po jejich likvidaci. Pro výrobu se používají toxické chemikálie, těžké kovy, samotným výrobním procesem se vypouští do atmosféry škodlivé plyny, nebezpečné odpady a dochází k spotřebování obrovského množství vody. Používáním počítačových zařízení využíváme spoustu elektrické energie, která není získávána šetrným způsobem a produkuje velké množství škodlivých emisí, například oxid uhličitý. Ale největším škodlivým dopadem pro naše životní prostředí je likvidace počítačových zařízení, protože obsahují nebezpečné látky jako je: kadmium, kobalt a olovo. Tyto kovy se během rozkladu uvolňují do půdy, vody, vzduchu a případně do našich těl.¹

Život bez počítače si pravděpodobně už nedokážeme představit. Počítače jsou všude kolem nás, každý ho neustále nosíme s sebou v podobě mobilního telefonu. Počítače jsou s námi už velmi dlouhou dobu. Kde končí ty, které přestanou fungovat, nebo jsou nahrazeny novějšími? Tato práce se zabývá problematikou s elektrickým a elektronickým odpadem. V práci zaměřuji pozornost na kladný a záporný vliv počítače na životní prostředí, rozbor materiálů, které jsou obsaženy v hardwaru počítače, nebo použity pro jeho výrobu. Zkoumám proces recyklace e-odpadu, jeho efektivitu a možná nebezpečí.

¹ GREEN, Emily. *Computers Impact the Environment* [online]. 2013 [cit. 2020-9-13]. Dostupné také z: <https://usgreentechnology.com/green-jobs-is-your-laptop-destroying-the-environment-a-look-at-pc-consumption/>

Cíl práce a metodika

1.1 Cíl práce

Cílem práce je průzkum procesu recyklace počítače a jeho negativního vlivu na životní prostředí. Dílčí cíle: analýza složení různých typů počítačů, analýza postoje veřejnosti k recyklaci počítačových součástí, návrh zlepšení procesu recyklace počítačů a snížení negativních vlivů na životní prostředí.

1.2 Metodika

Teoretická východiska práce jsou zpracována na základě studia odborné literatury a dále na základě související legislativy České republiky a Evropské Unie. Praktická část se zaměřuje na zhodnocení několika vybraných typů počítačů o různých technických vlastnostech a stáří z hlediska spotřeby a použitých materiálů. Dalším záměrem práce je vyhodnotit zjištěné skutečnosti ve zkoumané oblasti. V závěru bude provedena interpretace výsledků a návrh na snížení negativních vlivů na životní prostředí.

2 Teoretická východiska

2.1 Počítač

Počítačová revoluce zasáhla celý svět a není jediné místo, kterého by se vliv počítače nedotkl. Je to obrovské ulehčení života. Použití počítače změnilo jednoduchou manuální práci na sofistikovanou automatizovanou práci v globálním měřítku, kde poptávka vyžadovala vyšší produktivitu, efektivitu a preciznost.

Počítač je elektronické zařízení operující pod kontrolou instrukcí, které jsou uloženy v jeho vlastní paměti. Tyto instrukce říkají zařízení, co má dělat. Počítač je schopen přijmout data, poté je aritmetickými a logickými operacemi zpracuje, a nakonec výsledky interpretuje, nebo uloží pro budoucí použití. Historie vývoje počítačů se řadí do pěti generací. Každou charakterizuje určitá inovace, která změnila chod a fungování celého počítače.²

- **První generace (1940-1956) - Elektronky**

První počítače používaly elektronky pro obvody. Byly často obrovské a zabíraly celé místnosti. Jejich provoz byl velice nákladný, vytvářely velké množství tepla a byly často poruchové. Počítače prováděly operace ve strojovém jazyce a mohly řešit pouze jeden problém najednou. Vstup byl prováděn pomocí děrných štítků, výstup pomocí výtisků.³

- **Druhá generace (1956-1963) – Tranzistory**

Tranzistory nahradily elektronky. Počítače se staly rychlejšími, menšími, levnějšími, energeticky účinnějšími a spolehlivějšími. Místo strojových instrukcí se začaly používat první programovací jazyky.⁴

- **Třetí generace (1964-1971) – Integrované obvody**

Tranzistory byly zmenšeny a umístěny na křemíkové čipy zvané polovodiče. Drasticky se zvýšila rychlost a efektivita počítačů. Místo štítků a výtisků se používaly monitory a klávesnice. Operační systém umožňoval chod

² ADEBIS, Jeleel Adekunle. *FUNDAMENTALS OF COMPUTER STUDIES*. University of Ilorin, 2013 [cit. 2020-11-16]. s. 5

³ ADEBIS, Jeleel Adekunle. *FUNDAMENTALS OF COMPUTER STUDIES*. University of Ilorin, 2013 [cit. 2020-11-16]. s. 7

⁴ ADEBIS, Jeleel Adekunle. *FUNDAMENTALS OF COMPUTER STUDIES*. University of Ilorin, 2013 [cit. 2020-11-16]. s. 7

vícero aplikací najednou. Počítače se staly přístupnými pro běžné lidi, protože byly menší a levnější než jejich předchůdci.⁵

- **Čtvrtá generace (1971 - současnost) – Mikroprocesory**

Mikroprocesory byly sestaveny z tisíce integrovaných obvodů na jediném křemíkovém čipu. To, co v první generaci zaplnilo celou místnost, se nyní vešlo do lidské dlaně. Mikroprocesory se přesunuly z počítačů i do dalších běžných produktů, které se používaly každý den. Malé počítače se dokázaly spojit, což vedlo k rozvoji internetu.⁶

- **Pátá generace (současnost) – Umělá inteligence**

Výpočetní zařízení založené na umělé inteligenci jsou stále ve vývoji. Dnes používáme technologii umělé inteligence například k rozpoznávání hlasu. Cílem páté generace je vývoj zařízení schopných reagovat na náš přirozený jazyk, samoučení a sebeorganizaci.⁷

Hardware je fyzický komponent počítače, jako například: klávesnice, myš, disk nebo grafická karta. Hardware provádí operace počítače. Naopak software je program nebo operační systém. Software řídí, co má počítač dělat. Rozdíl mezi hardwarem a softwarem si můžeme snadno představit na jednoduchém příkladu. Náš mozek je hardware, je hmotný. Naopak naše mysl je software, jedná se o nehmotnou věc.⁸

2.1.1 Pozitivní vliv počítače na životní prostředí

V následujícím textu jsou uvedeny příklady, kdy počítače skutečně pomáhají a mají pozitivní vliv na životní prostředí.

Vyčištění 5,25 miliardy kusů plastů, které znečišťují naše oceány

Bude trvat až 500 let než se deset tun plastu, které každý rok skončí ve světových oceánech, rozloží. Mezitím se všechny ty šamponové lahve a plastové nákupní tašky

⁵ ADEBIS, Jeleel Adekunle. *FUNDAMENTALS OF COMPUTER STUDIES*. University of Ilorin, 2013 [cit. 2020-11-16]. s. 7

⁶ ADEBIS, Jeleel Adekunle. *FUNDAMENTALS OF COMPUTER STUDIES*. University of Ilorin, 2013 [cit. 2020-11-16]. s. 7-8

⁷ ADEBIS, Jeleel Adekunle. *FUNDAMENTALS OF COMPUTER STUDIES*. University of Ilorin, 2013 [cit. 2020-11-16]. s. 8

⁸ ADEBIS, Jeleel Adekunle. *FUNDAMENTALS OF COMPUTER STUDIES*. University of Ilorin, 2013 [cit. 2020-11-16]. s. 8

navzájem hroutí a rozpadají se na drobné plovoucí úlomky. „Plastic Adrift“ je projekt oceánografa Erika van Sebilla, který sleduje proudy plavoucích plastů, aby identifikoval zdroj šíření. Na povrchu oceánu je vidět pouze 1 procento všech plastů. Úkolem je najít zbylých 99 procent.⁹

Sledování kvality vody pomocí robotů

Plasty nejsou jedinou věcí, která znečišťuje naši vodu. Neošetřená odpadní voda, odtok zemědělských produktů a těžké kovy kontaminují naše řeky a jezera. Plavoucí robot samostatně sbírá vzorky vody a testuje je na toxické látky. Pokud je nějaká látka zaznamenána, robot dokáže vysledovat zdroj kontaminace¹⁰

Levnější větrná energie

Existují místa, která pravidelně zažívají vysoké rychlosti větru. Ta by mohla generovat obrovské množství elektrické energie, pokud by ji vědci dokázali využít. Větrná energie musí být spolehlivá a předvídatelná, ale terén ovlivňuje větrné podmínky a ztěžuje předpověď. Přesnější předpovědi by pomohly k využití většího množství větrné energie a ke snížení nákladů na elektřinu.¹¹

Snížování městské spotřeby energie

Města produkují 60-80 % celosvětových emisí a spotřebují 80 % celosvětových dodávek energie. Komerční a obytné budovy vyžadují vytápění, větrání, klimatizaci a osvětlení. Městští úředníci se snaží analyzovat a vyčistit data z tisíce budov. Počítač měří skutečnou spotřebu energie budov a porovnává je s podobnými budovami. Jeho cílem je najít účinnější a efektivnější distribuci energie.¹²

⁹ ALERING, Alisa. *Surprising ways computers are greening our planet* [online]. 2017 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://sciencenode.org/feature/5-surprising-ways-computers-are-greening-our-world.php>

¹⁰ ALERING, Alisa. *Surprising ways computers are greening our planet* [online]. 2017 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://sciencenode.org/feature/5-surprising-ways-computers-are-greening-our-world.php>

¹¹ ALERING, Alisa. *Surprising ways computers are greening our planet* [online]. 2017 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://sciencenode.org/feature/5-surprising-ways-computers-are-greening-our-world.php>

¹² ALERING, Alisa. *Surprising ways computers are greening our planet* [online]. 2017 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://sciencenode.org/feature/5-surprising-ways-computers-are-greening-our-world.php>

Záchrana stromů pomocí dronů

Zvýšení teploty a sucho, které souvisí se změnou klimatu, ničí lesy po celém světě. Pokud se teplota zvýší pouze o 1 stupeň Celsia, 5-7 % stromů zahyne. Použitím dronů ke sběru dat v lese a k analýze v reálném čase pomocí vysoce výkonných počítačů se zjistí, které faktory mají největší vliv na zdraví lesů, jaké stromy jsou ke změnám nejcitlivější a jakým hrozí největší nebezpečí.¹³

2.1.2 Negativní dopad počítačů na životní prostředí

V následujícím textu jsou naopak uvedeny příklady negativních dopadů počítačů na životní prostředí, které jsou problémem od začátku samotné výroby až po jejich likvidaci.

Obrovská spotřeba elektrické energie

Na konci roku 2019 vlastnily osobní počítač přibližně 1,3 miliardy lidí. Jen ve Spojených státech amerických disponuje vlastním počítačem zhruba 164 milionů lidí. Počítače používané pro obchodní a osobní použití kladou na elektrickou síť obrovskou zátěž. Průměrný počítač ročně spotřebuje 746 kilowattů, což vyžaduje více energie než lednička, která využívá pouze 500 kilowattů. Počítače zvyšují tlak na elektrárny, aby produkovaly dostatek energie pro napájení celého světa. Výroba energie vytváří znečištění a emise. Množství elektřiny potřebné k napájení počítačů každoročně přispívá k milionům tun skleníkových plynů, které jsou vypouštěny do atmosféry.¹⁴

Plýtvání elektrické energie

Počítače také přispívají k plýtvání energií. Odpad vytváří zbytečné znečištění, které by bylo možné každý rok ušetřit, kdyby podniky a domácnosti vypnuly své počítače a monitory, pokud je nepoužívají. Americké podniky každoročně plýtvají přibližně 1 miliardou dolarů za elektřinu používanou k napájení počítačů a monitorů, které zůstaly zapnuté i po konci pracovní doby. Uvedení počítače do pohotovostního režimu nebo přechod monitoru do režimu spánku také vytváří plýtvání energií, protože tyto režimy stále vyžadují energii. Dokonce i ponechání počítače zapojeného v době, kdy je vypnutý, bude

¹³ ALERING, Alisa. *Surprising ways computers are greening our planet* [online]. 2017 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://sciencenode.org/feature/5-surprising-ways-computers-are-greening-our-world.php>

¹⁴ MAIER, Casandra. *How Do Computers Pollute the Environment* [online]. 2019 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://sciencing.com/how-do-computers-pollute-the-environment-13660586.html>

čerpat malé množství energie z elektrické zásuvky. Tento energetický odpad se promítá do vytváření přebytečného množství skleníkových plynů, které přispívají ke znečištění a globální změně klimatu.¹⁵

Výroba počítačů

I výroba počítačů vytváří znečištění. Zhotovování počítačů vyžaduje velké množství fosilních paliv a chemikálií. Navzdory skutečnosti, že počítače se stále zmenšují, vyžadují počítače během výroby desetinásobek své hmotnosti v chemických látkách a znečišťujících látkách. Znečištění způsobené počítačovou výrobou je škodlivé pro zdraví lidí žijících v těsné blízkosti těchto továren, které vylučují škodlivé chemikálie a znečišťující látky do ovzduší.¹⁶

Elektronický odpad

Měnící se technologie a poruchy počítačů vedou každý rok k milionům tun odpadu ve vyřazených zařízeních. Většina z těchto vyřazených počítačů je odesílána na skládky do zámoří, Afriky, Číny, Indie, Vietnamu a na Filipíny. V těchto zemích existují celé regiony, které jsou znečištěny v důsledku elektronického odpadu. Počítače obsahují těžké kovy, jako je olovo, a toxické chemikálie, které znečišťují půdu a kontaminují podzemní vody, když jsou umístovány na skládky. Odtok z těchto skládek může kontaminovat vodu používanou k pití a koupání, a tím vystavovat lidi nebezpečným chemikáliím.¹⁷

2.1.3 Výstupní zařízení

Výstupní zařízení je takové, které obdrží data od počítače a převede je do jiné formy, z které jsme my lidé schopni číst informace. Tato informace může být vizuální, sluchová, nebo dokonce vytištěná jako textový dokument.¹⁸

¹⁵ MAIER, Casandra. *How Do Computers Pollute the Environment* [online]. 2019 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://sciencing.com/how-do-computers-pollute-the-environment-13660586.html>

¹⁶ MAIER, Casandra. *How Do Computers Pollute the Environment* [online]. 2019 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://sciencing.com/how-do-computers-pollute-the-environment-13660586.html>

¹⁷ MAIER, Casandra. *How Do Computers Pollute the Environment* [online]. 2019 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://sciencing.com/how-do-computers-pollute-the-environment-13660586.html>

¹⁸ GOODMAN, Paul. *Computer Basics: What Is an Output Device* [online]. 2020 [cit. 2020-10-24]. Dostupné z: <https://turbofuture.com/computers/Computer-Basics-10-Examples-of-Output-Devices>

Na rozdíl od vstupních zařízení, nejsou výstupní zařízení nezbytná pro chod počítače. Bez nich však počítač ztrácí svůj smysl, protože nevíme, jak jsou data zpracovávána a co vlastně systém dělá.¹⁹

Monitor

Monitor je pro nás asi nejpoužívanějším výstupním zařízením našeho počítače. Displej nám poskytuje okamžitou zpětnou vazbu tím, že nám zobrazuje textové nebo grafické obrázky. Každý monitor má jiné rozlišení, to určuje počet jednotlivých barevných bodů, které známe jako pixely. Používáme dvě hlavní technologie pro výrobu monitorů:

- CRT
- LCD

CRT monitor obsahuje miliony drobných červených, zelených a modrých fosforových teček, které září, pokud jsou zasaženy elektronovým paprskem. Výhodou CRT monitorů je jejich nižší cena, lepší barevné znázornění, rychlejší vykreslování a větší odolnost.²⁰ Materiály použité pro výrobu CRT monitorů²¹: cesium, měď, sklo, zinek, stříbro, kadmium, křemík, hliník, baryum, stroncium, olovo, nikl, plasty.

LCD monitor funguje na principu tekutých krystalů. Dva kusy polarizovaného skla mají mezi sebou materiál z tekutých krystalů. Podsvícení vytváří světlo, které prochází prvním sklem. Elektrické proudy současně způsobují vyrovnání molekul tekutých krystalů, aby umožnily průchod různých úrovní světla do druhého skla. LCD monitory spotřebují méně elektrické energie, jsou lehčí a menší, jsou nastavitelnější a méně namáhají oči.²² LCD monitory jsou vyrobeny z těchto materiálů²³: sklo, plasty, křemík, indium, měď, zlato, železo, fosfor, argon, xenon, olovo.

¹⁹ TECHOPEDIA. *Output Device* [online]. 2020 [cit. 2020-10-24]. Dostupné z: <https://www.techopedia.com/definition/3538/output-device>

²⁰ TYSON, Jeff a Carmen CARMACK. *How Computer Monitors Work* [online]. [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: <https://computer.howstuffworks.com/monitor.htm>

²¹ HOW PRODUCTS ARE MADE. *Cathode-Ray Tube* [online]. [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: <http://www.madehow.com/Volume-2/Cathode-Ray-Tube.html>

²² TYSON, Jeff a Carmen CARMACK. *How Computer Monitors Work* [online]. [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: <https://computer.howstuffworks.com/monitor.htm>

²³ OIDE, Josh. *The life cycle of lcd televisions* [online]. 2018 [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: <http://www.designlife-cycle.com/lcd-televisions>

Reproduktory

Reproduktor je výstupní zařízení, které převádí elektrické vlny na vlny mechanické a slyšitelný zvuk. Zvuk je vytvářen pomocí vibrací objektu. Reproduktory vytváří zvukové vlny o různých frekvencích. Frekvence je rychlost, jakou vibrují částice ve vzduchu. Lidské ucho je schopno slyšet od 20hertzů do 20kilohertzů. Reproduktory se za několik desetiletí příliš nezměnily, jsou vyráběny z těchto materiálů²⁴: železo, hliník, keramika, stroncium, papír, plasty, měď.

Tiskárny

Tiskárna je výstupní zařízení, které vezme elektronická data z počítače a vytvoří jejich fyzickou podobu. Nejčastěji používáme tiskárny pro tisk dokumentů a fotografií. Tiskárny rozlišujeme na několik typů, a to primárně na: jehličkové, termální, inkoustové, laserové, LED tiskárny, 3D tiskárny a multifunkční tiskárny. Každý typ tiskárny má jiné vlastnosti, jako například kvalita nebo rychlost tisku, které dále také záleží na výrobcu a ceně.^{25 26} Látky obsažené v tiskárnách a inkoustech potřebné pro tisk jsou následující^{27 28}: titan, ocel, hliník, kobalt, nikl, železo, ABS plast, LED (hliník, indium, galium), chrom, molybden, kadmium a další vzácné kovy, pojiva nebo rozpouštědla.

2.1.4 Vstupní zařízení

Vstupní zařízení je hardware, který posílá data počítači. Většina vstupních zařízení s počítačem nějakým způsobem interaguje nebo jej ovládá. Nejznámějšími a nejběžnějšími vstupními zařízeními jsou počítačové myši a klávesnice, ale existuje spousta dalších, jako například: touchpad, skener, kamera, joystick a mikrofon.

²⁴ HOW PRODUCTS ARE MADE. *Stereo Speaker* [online]. 2018 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <http://www.madehow.com/Volume-7/Stereo-Speaker.html>

²⁵ SAHANA. *Types of Printers* [online]. 2020 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.classmate4u.com/types-of-printers/>

²⁶ COMPUTER HOPE. *Printer* [online]. 2019 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.computerhope.com/jargon/p/printer.htm>

²⁷ GE ADDITIVE. *Metals in Additive Manufacturing* [online]. 2017 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing/information/metal-additive-manufacturing-materials>

²⁸ LECHÊNE, Robert. *Printing* [online]. [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/printing-publishing/Printing-inks>

Na rozdíl od výstupních zařízení mohou vstupní zařízení pouze posílat data počítači, kdežto výstupní zařízení naopak od počítače data obdržují.²⁹

Myš

Počítačovou myš používáme pro pohyb kurzoru na monitoru počítače k jeho ovládání. Existují dva hlavní typy počítačové myši. Kuličková myš využívá kovovou kuličku obalenou gumou pro detekci pohybu dvěma senzory. První zajišťuje pohyb nahoru a dolů. Druhý senzor zase pohyb doprava a doleva. Kuličková myš nefunguje na každém povrchu a kulička se často obalí nečistotami a nefunguje správně. Druhým, nyní běžnějším typem, je optická myš. Využívá světlo pomocí LED diody, které se odráží zpět od povrchu skrz lupu do fotobuňky. Čip uvnitř myši poté zpracuje, jak se myš hýbe.³⁰ Počítačová myš může obsahovat tyto materiály³¹: ABS plast, kovy, guma, laminát, měď, křemík, LED (hliník, indium, galium).

Klávesnice

Klávesnice je jedním z nejdůležitějších vstupních zařízení pro náš počítač. Klávesnice umožňuje nejen psát písmena, znaky a čísla, ale umožňuje nám používat i klávesové zkratky pro různé funkce. Typická klávesnice má celkem 104 tlačítek. Většinou se setkáme s klávesnicemi s rozložením QWERTY. Rozložení kláves není náhodné a má svůj důvod, ulehčuje a urychluje nám totiž psaní.³² Dnes již máme na výběr spousty různých typů klávesnic, ale v klávesnici se mohou objevit všechny tyto materiály³³³⁴: ABS plast, PVC plast, guma, LED diody (hliník, indium, galium), kovy, laminát, měď.

²⁹ GOODMAN, Paul. *What Is an Input Device* [online]. 2020 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://turbofuture.com/computers/Examples-of-Input-Devices>

³⁰ WOODFORD, Chris. *Computer mice* [online]. 2020 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://www.explainthatstuff.com/computermouse.html>

³¹ MADEHOW. *Computer mouse* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <http://www.madehow.com/Volume-5/Computer-Mouse.html>

³² COMPUTER HOPE. *Keyboard* [online]. 2020 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://www.computerhope.com/jargon/k/keyboard.htm>

³³ TYSON, Jeff, Tracy V. WILSON a Chris POLLETTE. *How Computer Keyboards Work* [online]. 2018 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://computer.howstuffworks.com/keyboard.htm>

³⁴ WOODFORD, Chris. *Computer keyboards* [online]. 2020 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://www.explainthatstuff.com/computerkeyboards.html>

2.1.5 Hardware uvnitř počítačové skříně

Základní deska

Základní deska umožňuje propojení veškerého hardwaru počítače, jako například procesoru, pevného disku nebo grafické karty. Základní deska se skládá převážně ze 2 hlavních materiálů:

- laminát – používá se pro izolaci
- měď – vytváří vodivé cesty

Desku tvoří 4-8 vrstev laminátu s mědí. Jeden z důvodů, proč se základní desky vrství, je ten, že základní deska poté zabírá daleko méně místa. Díky tomuto vrstvení musí elektrony urazit menší vzdálenosti, a tím pádem je i přenos dat ještě rychlejší.³⁵ Základní desku tvoří velké množství kondenzátorů, rezistorů a pájky. Dalšími materiály, které se mohou na základní desce objevit, jsou³⁶: ruthenium, platina, palladium, stříbro, tantal, indium, zinek, antimon, bizmut.

Procesor

Procesoru se říká srdce počítače. Provádí veškeré výpočty počítače. Rychlost procesoru vysoce ovlivňuje celkový výkon počítače. Procesor operuje ve 3 krocích. Nejdříve načte instrukce z paměti, poté je instrukce dekodována a procesor zjistí, co má vykonávat. Nakonec je instrukce provedena a celá operace je hotová. Tento tříchodový cyklus se opakuje stále dokola. Procesor používá čítač instrukcí ke zjištění, jaká instrukce má následovat. Ta je uložena v registru. Registr je vyhrazené paměťové místo přímo v procesoru.³⁷ Obsahuje tyto materiály³⁸: křemík, měď, hliník, plasty, zlato, stříbro.

³⁵ CONROY, Shaun. *How Are Motherboards Made: Understanding The Process Of Motherboard Manufacturing* [online]. 2020 [cit. 2020-10-17]. Dostupné z: <https://www.wepc.com/tips/how-are-motherboards-made-manufacturing>

³⁶ WHEELER, Andrew. *What Raw Materials Are Used to Make Hardware in Computing Devices* [online]. 2018 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.engineering.com/Hardware/ArticleID/17668/What-Raw-Materials-Are-Used-to-Make-Hardware-in-Computing-Devices.aspx>

³⁷ WATSON, Catie. *How Does a CPU Work* [online]. 2018 [cit. 2020-11-04]. Dostupné z: <https://www.techwalla.com/articles/how-does-a-cpu-work>

³⁸ CAI, Jin. *Raw Materials of CPU* [online]. 2016 [cit. 2020-11-04]. Dostupné z: <http://www.designlife-cycle.com/cpu>

Grafická karta

Každý počítač potřebuje grafickou kartu pro vykreslení obrázků, animací nebo videozáznamu. Grafická karta provádí rychlé matematické výpočty a pracuje na podobném principu jako procesor. Na rozdíl od procesoru nepoužívá pouze pár jader, ale tisíce malých jader zaměřených na multitasking. Grafické karty se dělí na integrované a dedikované. Integrované karty jsou uloženy v procesoru a s procesorem sdílí i paměť. Dedikované karty jsou samostatné jednotky, které mají svou vlastní grafickou paměť, tudíž paměť počítače RAM není tolik zatěžována. Pro lepší výkon počítače je tedy jasná volba dedikované grafické karty namísto integrované.³⁹ Grafická karta může obsahovat tyto materiály⁴⁰: laminát, měď, tantal, palladium, bór, kobalt, wolfram, zlato, hliník, plasty, keramika.

Paměť RAM

Paměť RAM je vysoce rychlostní komponent počítače, který dočasně ukládá data, se kterými počítač pracuje. Rychlost přístupu do paměti je daleko rychlejší než například do pevného disku. Bez paměti RAM by všechna zařízení pracovala mnohem pomaleji.⁴¹ Je vyrobena z těchto materiálů⁴²: germanium, arsen, selen, antimon, tellur, křemík.

Pevný disk

Disk počítače může být dvojího typu. Prvním typem je HDD, který používáme už přes 50 let. Jedná se o pohyblivý disk, který využívá k zápisu a čtení dat magnetickou pásku. Skládá se z motoru, který pohání rameno a jednu nebo více ploten, jež se otáčejí a rameno na ně zapisuje data, nebo je čte. Každá plotna využívá speciální adresy pro organizaci dat. Čím rychleji se plotny mohou otáčet, tím rychleji lze číst a zapisovat data. Nevýhodou HDD disku je jeho hlučnost, pomalá rychlost oproti novým SSD diskům, větší hmotnost, a jelikož je disk pohyblivý, dochází v případě velkého nárazu k problému.

³⁹ HARDING, Sharon. *A Basic Definition of Graphics Cards* [online]. 2018 [cit. 2020-11-10]. Dostupné z: <https://www.tomshardware.com/reviews/gpu-graphics-card-definition,5742.html>

⁴⁰ WHEELER, Andrew. *From Sand to Microchips and Memory Cards: The Integrated Circuits of CPUs, GPUs, and RAM* [online]. 2018 [cit. 2020-11-10]. Dostupné z: <https://www.engineering.com/Hardware/ArticleID/17668/What-Raw-Materials-Are-Used-to-Make-Hardware-in-Computing-Devices.aspx>

⁴¹ MARTINDALE, Jon. *What is RAM* [online]. 2020 [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/computing/what-is-ram/>

⁴² MATERION. *PC-RAM Materials* [online]. [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://materion.com/-/media/files/advanced-materials-group/me/materion-pc-ram-materials.pdf>

Naopak HDD disky jsou levnější, mají stejně velkou, nebo dokonce větší kapacitu jako SSD disky a jedná se o velice ověřenou technologii.⁴³ Pro výrobu HDD disků se používají tyto materiály⁴⁴: hliník, hořčík, křemík, měď, zinek, nikl, kobalt, železo, platina, ruthenium.

Druhým typem je disk SSD. Používají paměť typu flash, díky které jsou rychlejší a také odolnější než HDD disky. SSD disk si můžeme představit jako USB flash disk, který každý známe a pravidelně používáme, uvnitř počítače s větším rozměrem. SSD je oproti HDD disku nepohyblivý disk. Proto je tichý a využívá méně elektrické energie. Nevýhodou SSD disků je jejich cena a také jejich kapacita, jež může být menší než u disků HDD. Naopak jejich výhodou je rychlost, menší váha a menší spotřeba energie.⁴⁵ SSD obsahuje poněkud jiné materiály⁴⁶: křemík, měď, hliník, cín, zlato, laminát, plasty.

2.2 Recyklace

Recyklací rozumíme jakékoliv využití odpadu, kdy je znovu zpracován na výrobky, materiály či látky. Může být využit za původním účelem, nebo také úplně jinak. Recyklací však není energetické využití a zpracování na výrobky, které slouží jako palivo či zásypový materiál.⁴⁷

Avšak recyklace nepřináší jen klady. I přesto, že v poslední době se o recyklaci mluví ve spojení se zlepšením životního prostředí, není to tak. Při recyklaci pouze snižujeme míru poškozování tím, že jí částečně můžeme nahradit zdroj materiálů a nemusí se těžit v tak vysoké míře. Recyklací rozumíme průmyslové zpracování, kde se z prvotního

⁴³ CRUCIAL. *SSD vs. HDD* [online]. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://www.crucial.com/articles/about-ssd/ssid-vs-hdd>

⁴⁴ WHEELER, Andrew. What Raw Materials Are Used to Make Hardware in Computing Devices [online]. 2018 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.engineering.com/Hardware/ArticleID/17668/What-Raw-Materials-Are-Used-to-Make-Hardware-in-Computing-Devices.aspx>

⁴⁵ CRUCIAL. *SSD vs. HDD* [online]. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://www.crucial.com/articles/about-ssd/ssid-vs-hdd>

⁴⁶ WHEELER, Andrew. What Raw Materials Are Used to Make Hardware in Computing Devices [online]. 2018 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.engineering.com/Hardware/ArticleID/17668/What-Raw-Materials-Are-Used-to-Make-Hardware-in-Computing-Devices.aspx>

⁴⁷ SAMOSEBOU. *RECYKLACE* [online]. [cit. 2020-10-31]. Dostupné z: https://www.samosebou.cz/dictionary/recyklace/?fbclid=IwAR3EbKX2k-3L84X2DeP-p0RTY48tO6o4eRx1D1ulWxJ5khMInEH_8w1pHUo

materiálu (odpadu) snažíme vytvořit něco dalšího. Při těchto procesech se ale samozřejmě spotřebovává energie i voda, stejně jako v každém jiném průmyslu.

Ne vždy je to také ekonomicky výhodné. Aby se to vyplatilo, musí být cena recyklátu menší než polovina výdajů na nový materiál. Také nelze všechno recyklovat do nekonečna, dřív nebo později dojde ke kritickému bodu, kdy materiál už nesplní potřebnou kvalitu či bezpečnost. Popřípadě také existují materiály, které ani s dnešní vyspělou technologií nezvládneme smysluplně recyklovat.⁴⁸

2.3 Recyklace počítače

Produkty elektronického odpadu z počítačů jsou heterogenní a komplexní. Obsahují spoustu odlišných materiálů. Obsahují plasty, nekovy a kovy, které jsou navíc často integrovány do sebe a jsou často zasazené do velmi tenkých vrstev. Demontáž a odstranění těchto odlišných materiálů je složité. Přesto recyklace může obnovit až 95 % materiálů z počítače a až 45 % materiálů z CRT monitorů. Postup recyklace zahrnuje metalurgické a chemické procesy pro recyklaci kovů a mechanické a tepelné procesy pro recyklaci plastů.⁴⁹

2.3.1 Demontáž

Recyklace vysoce kvalitních plastů a kovů je veliký a náročný problém při recyklaci počítačových součástek. Plasty a kovy musí být tříděny při jakékoliv recyklaci elektronického odpadu. Prvním krokem recyklačního procesu je předúprava materiálu k odstranění viditelných nečistot na povrchu počítačových součástek, jako je prach, štítky a částičky oleje. Počítačové součástky zahrnují spoustu produktů: plastové pouzdro, CRT a LCD monitory, diskety, CD a DVD mechaniky, kabely pro přenos dat nebo elektrické energie a další hardware uvnitř počítače, jehož základem je deska plošných spojů (DPS). Během první fáze demontáže jsou používány zpravidla 2 postupy, manuální a

⁴⁸ TŘÍDĚNÍ ODPADU. *CO JE TO RECYKLACE* [online]. [cit. 2020-10-31]. Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/recyklace?fbclid=IwAR0gIndwaUHBcGk5iQscimwM1kP2en3guPIDtCYvZXbXOaOoOckLhqTLHfi>

⁴⁹ SURESH SUNIL, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. Process Safety and Environmental Protection. 116. Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials (LARPM), Central Institute of Plastics Engineering and Technology (CIPET), B-25, CNI complex, Patia, Bhubaneswar, Odisha, 751024 India, 2018. s. 483

automatizované třídění. To nám umožňuje obnovit celé homogenní části, které mohou být nadále znovu použitelné, cenné a recyklovatelné. Velké části jako například CRT trubice a jiné nebezpečné materiály jsou při této fázi kompletně odstraněny. CRT trubice a DPS potřebují projít odděleným recyklačním procesem, protože obsahují velkou škálu různých těžkých kovů. DPS jsou manuálně demontovány, jelikož obsahují vysoce cenné materiály. Problémem je, že manuální třídění má nízkou efektivitu, je pracovně náročné a většina manuálního třídění je prováděna ve špatných pracovních podmínkách. Automatizované třídění má oproti manuálnímu velkou výhodu v jeho jednoduchosti. Materiály počítačového odpadu jsou drceny pomocí drtičů. Po této proceduře rozmělnění je počítačový odpad směsí drcených plastů a kovů. Díky jiným fyzickým vlastnostem je každý materiál ve směsi znovu roztríděn pro dosažení vysoké kvality recyklovaného materiálu.

Po rozdrcení jsou materiály tříděny mnoha technikami, jako je magnetická separace, elektrostatická separace, separace vířivými proudy, triboelektrostatická separace, separace na základě hustoty a pěnová flotace.⁵⁰

Magnetická separace

Aby se odstranil obsah železných kovů přítomných v heterogenní směsi z drtiče počítačového odpadu, lze využít metodu magnetické separace. Elektromagnety se obvykle používají k odebrání materiálů, jako je železo, pozinkované železo, ocel potažená cínem a magnetických materiálů, jako jsou čipy, cívky a transformátory. Slitiny nerezové oceli přítomné ve zbytcích drcené směsi jsou slabě magnetické. Lze je tedy třídít pomocí silného magnetického pole. Jednou z hlavních nevýhod magnetické separace je to, že jsou přitahovány i neželezné částice, které jsou připojeny k železným materiálům, což snižuje účinnost procesu. K magnetické separaci byla vyvinuta nová metoda vertikálních vibrací. Výsledky naznačují, že tato metoda zlepšuje efektivitu třídění více, než použití pouze samotné magnetické separace.⁵¹

⁵⁰ SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. *Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques*. India: Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, 2018. s. 483-484

⁵¹ SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. *Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques*. India: Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, 2018. s. 484-485

Elektrická separace založená na vodivosti nebo odporu

Separace založené na elektrické vodivosti, jako je elektrostatická separace, separace vířivými proudy a triboelektrostatická separace, byly uvedeny jako účinné techniky pro izolaci komponent z elektronického odpadu.

Elektrostatická separace je určena k oddělení kovů od plastů. Principem elektrostatické separace je selektivní třídění polarizovaných a nabitých částic v elektrickém poli. Tato technika se hodí pro částice o rozměru 0,1-5 mm. Metoda elektrostatické separace se hojně využívá pro mechanickou recyklaci DPS, protože obsahuje spoustu rozdílných materiálů. Tento typ separace se také hodí k odebrání vodivých kovů, jako je měď a hliník, z kabelů a vodičů, které byly použity v elektronických zařízeních.

Triboelektrostatická separace je vhodná pro izolaci rozdílných plastů ze směsí a dokáže zachovat původní vlastnosti materiálů. Při této metodě je povrch plastových materiálů nabitý pomocí třecí elektrifikace vzájemným třením polymerních materiálů. Různé polymerní materiály přítomné ve směsi odpadu získávají po trojnásobném nabití opačné polarity, jsou vychýleny v elektrickém poli podle polarit, a poté mohou být odděleny. Byla vyvinuta jednoduchá a levná triboelektrostatická technika pro izolaci PVC a gumy ze šrotu, kde se PVC a gumové materiály vychýlí do kladné elektrody a záporné elektrody. Podobná technika je využita také pro různé typy plastů, jako je PC, PS, PE a PP. Tuto triboelektrostatickou technologii lze aplikovat na materiály HIPS a ABS, které mají největší zastoupení v počítačovém odpadu. Také bylo zjištěno, že tato metoda pro získání izolovaných plastů zajišťuje jejich vysokou úroveň čistoty, a to více než 95 %. Avšak čistota a účinnost izolace souvisí s charakteristikou daného přístroje.⁵²

Hustotní a flotační technika separace

Separace založená na hustotě je jedna z konvenčních metod, která je hojně využívána pro izolaci materiálu na základě hodnoty jeho hustoty ze směsí elektronického odpadu. Separace založená na hustotě je považována za efektivní a jednoduchou. Hustotní

⁵² SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. *Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques*. India: Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, 2018. s. 485

separaci lze provést za sucha pomocí vzduchových klasifikátorů, nebo pomocí kapalného separačního média. Tuto separaci lze použít i na částičky kovů a keramiky.

Flotační technika se osvědčuje jako dobrá technika pro izolaci plastů, která využívá princip selektivního připojení bublin do hydrofobního povrchu plastů, ale plasty musí mít přiměřenou nepodobnost ve smáčivosti povrchu. Bylo zjištěno, že metoda flotačního třídění je použitelná v plastových součástech s podobnou hustotou. V důsledku stárnutí plastového materiálu během jeho životního cyklu a mletí za mokra by však většina plastových granulí ztratila svou vlastní hydrofobicitu. V takových případech musí být provedena fyzikální modifikace na povrchu plastů. Výsledky oddělení PVC od ostatních plastů flotační technikou ukázaly 100% výtěžek PVC materiálu ze směsi s čistotou 96,4 %.⁵³

Metoda třídění plastů na základě rozpustnosti

Tato účinná metoda třídění může být užitečná při získávání recyklovaných plastů s významnými mechanickými vlastnostmi, tento materiál musí splňovat přísné specifikace vyžadované dalšími průmyslovými odvětvími. Postup třídění na základě rozpustnosti zahrnuje selektivní rozpouštění polymerů v rozpouštědle, rozpuštěné polymery lze získat přidáním vhodného antirozpouštědla. Avšak ve srovnání s jinými metodami má třídění podle rozpustnosti nevýhodu v nutnosti použití rozpouštědla a ve vyšší ceně.⁵⁴

2.3.2 Zušlechťování

Hlavní část počítačového odpadu tvoří kovy a plasty, které lze obnovit během fáze demontáže a po vylepšení jejich vlastností je lze dále použít.

Další vylepšení fragmentů obsahujících kov se provádí metalurgickými procesy, jako je hydrometalurgie nebo pyrometalurgie. Hydrometalurgické zušlechťování spočívá ve vyluhování kovů v kyselině nebo ligandu. Pro vyluhování kovů se používají různá

⁵³ SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. *Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques*. India: Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, 2018. s. 485-486

⁵⁴ SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. *Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques*. India: Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, 2018. s. 486

rozpouštědla – kyanid, thiomocovina, thiosíran, hydroxid sodný a kyseliny, například kyselina sírová, kyselina dusičná a kyselina chlorovodíková. Po ukončení procesu loužení se příslušné kovy izolují různými procesy, jako je extrakce rozpouštědlem, srážení, cementace, adsorpce, iontová výměna, filtrace a destilace. Pyrometalurgický proces je považován za tradiční způsob získávání kovů, například železa, mědi, niklu, olova a drahých kovů z e-odpadu. Zahrnuje spalování, tavení v plazmové obloukové peci nebo vysoké peci, tavení a reakci v plynné fázi za vysokých teplot. Skládá se z tavení pevného odpadu, jenž se mění na roztavenou strusku, do které se rozpouští a hromadí drahé kovy. Pyrometalurgický proces má určitá omezení, protože se dosahuje pouze částečné separace kovů, ta má za následek omezené zušlechtnění kovů. Separace drahých kovů v této metodě trvá dlouho. Další nevýhodou pyrometalurgické metody je znečištění životního prostředí a vysoká spotřeba energie během procesu. Vzácné kovy dodávají počítačovým odpadům vysokou hodnotu, proto je získávání drahých kovů z počítačového odpadu atraktivnější. Většina drahých kovů je přítomna na DPS, protože se používají jako kontaktní materiál ve spojích, spínačích nebo v čidlech. Metoda chemického loužení je jednou z nejlepších dostupných technik pro těžbu drahých kovů s minimalizací nečistot. Pro extrakci drahých kovů jsou užitečná chemická činidla, jako je roztok kyanidu sodného, thiomocovina, thiosíran. Pro extrakci drahých kovů z odpadu se také používá oxidační loužení pomocí HNO_3 nebo H_2O_2 v chloridovém médiu. K extrakci drahých kovů z DPS se používají anorganická rozpouštědla, jako FeCl_3 , CuCl_2 a HCl . Technika chemického loužení je velmi rychlá a efektivní, avšak přináší problémy pro životní prostředí, například v podobě přebytečného chemického rozpouštědla pro regeneraci kovů. Ve srovnání s pyrometalurgickými procesy vyžadují hydrometalurgické procesy poměrně nízký kapitál a mají menší dopad na životní prostředí.⁵⁵

2.3.3 Možnosti recyklace plastů počítačového odpadu

Hned po kovech mají plasty v počítačovém odpadu nejvyšší potenciál recyklace z ekonomického hlediska, protože recyklované plasty mají přibližně 80% poměr úspory energie ve srovnání s původními plastovými materiály. Existuje více možností recyklace

⁵⁵ SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. *Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques*. India: Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, 2018. s. 486

plastů z počítačového odpadu. Avšak recyklace plastů z počítačového odpadu je složitější než recyklace kovů. Důvodem je heterogenní povaha plastů. Různé polymery se používají k výrobě počítačových komponentů, jako jsou myši, klávesnice, bedny počítačů, procesory, DPS nebo elektrické kabely. Kromě toho jsou navíc často tyto produkty něčím potaženy, označeny či natřeny. Povlaky a štítky musejí být odstraněny již před vstupem do recyklačního procesu, protože tyto materiály by během recyklaci měnily mechanické vlastnosti polymerů. Barvy a další povlaky lze odstranit broušením nebo použitím rozpouštědla. Vytríděné plasty, které jsou považovány za recyklovatelné, lze poté různými metodami recyklovat na nové plastové výrobky. K recyklaci plastů získaných z počítačového odpadu se běžně používají metody recyklace, jako je mechanická recyklace, chemická recyklace a tepelná recyklace. Většina plastů je kombinována s různými přísadami, jako jsou plniva a těžké kovy, řada z nich je nebezpečná pro životní prostředí. Proto by výběru recyklační metody měla být věnována dostatečná pozornost.⁵⁶

Mechanická recyklace polymerů

Mechanická recyklace se často označuje jako „recyklace plastů v uzavřené smyčce“, která je zavedena jako vynikající metoda recyklace plastových komponent z počítačového odpadu. Tato konvenční metoda umožňuje přepracování recyklovaných plastů na nové výrobky, které budou mít téměř stejnou, nebo nižší úroveň kvality ve srovnání s původním materiálem. Protože termoplasty jsou hlavní variantou u počítačů, lze tyto materiály přetavovat a formovat. Před metodou recyklace tavením je však nutno podniknout řadu kroků, jako je odstranění znečišťujících látek, tím myslíme prach, připojené mastnoty a olejové částice. K dosažení maximálních mechanických vlastností jsou nezbytné další procesy třídění, čištění a sušení. Mechanická recyklace vyžaduje málo energie a produkuje méně CO₂ ve srovnání s jinými metodami. Termoplasty jako ABS, HIPS, PP, PE, PET a PVC se běžně recyklují mechanickou recyklací, jako je vstřikování, vytlačování, rotační lisování a lisování do nových výrobků o jiném tvaru. Různí vědci zkoumali možnosti mechanické recyklace různých polymerních materiálů počítačového odpadu. Před

⁵⁶ SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. *Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques*. India: Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, 2018. s. 486-487

mechanickou recyklací účinně použili techniku třídění NIR ve směsi plastů⁵⁷. NIR (near infrared technology) neboli blízká infračervená spektroskopie pracuje se spektrem velikostí mezi 760 a 2500 nanometry, které je pro člověka neviditelné. Typické vzory materiálů, které jsou založeny na molekulárních vibracích, lze detekovat v tomto rozsahu vlnových délek po excitaci světlem⁵⁸. Výsledky ukázaly zlepšení mechanických vlastností materiálu HIPS a ABS. Touto recyklační metodou bylo zjištěno, že mají srovnatelné mechanické vlastnosti s původními materiály. PVC materiály z datových kabelů prokázaly stejné možnosti recyklace pomocí této metody.

Mechanická recyklace je vhodná pouze tehdy, když jsou plasty stabilizovány proti degradaci. V některých případech polymery, používané v počítačových součástkách, podléhají během svého životního cyklu degradaci v chemické struktuře. Recyklace tohoto typu materiálu vede v důsledku roztržení chemické vazby ke špatné kvalitě recyklovaného produktu. Přesto ale existují techniky opětovné stabilizace, jako je zabudování některých plnidel a přísad, které mohou do určité míry snížit degradaci polymerů během recyklace. Rovněž bylo shledáno, že vzájemné míchání polymerních materiálů je vynikající technikou pro zlepšení mechanických a tepelných vlastností recyklovaných materiálů z počítačového odpadu. Hlavní obavy, které vznikají během přípravy recyklované směsi z recyklovaných materiálů, jsou však způsobeny nekompatibilitou materiálů. Kvůli částečné mezifázové adhezi vykazuje většina recyklovaných směsí horší mechanické vlastnosti. Avšak kompatibilizátory hrají významnou roli při zlepšování mezifázové adheze dvou povrchů prostřednictvím fyzikálních nebo chemických interakcí.⁵⁹

Chemická recyklace polymerů

Chemickou recyklací rozumíme přeměnu plastového odpadu na plyny, paliva, monomery, nové polymery nebo jiné cenné uhlovodíky. Během recyklace suroviny se molekulární struktura materiálu depolymerizuje a produkty z něj vyrobené se používají spíše pro jiné účely než pro výrobu původních materiálů. Tato metoda recyklace suroviny

⁵⁷ SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. *Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques*. India: Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, 2018. s. 487

⁵⁸ STEINERT. *NEAR-INFRARED SORTING* [online]. [cit. 2020-11-21]. Dostupné z:

<https://steinertglobal.com/magnets-sensor-sorting-units/sensor-sorting/nir-sorting-systems/>

⁵⁹ SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. *Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques*. India: Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, 2018.

se používá k rozpadu polymerního řetězce na monomery, které ho tvoří, různými chemickými procesy, jako je pyrolýza, hydro krakování nebo zplyňování. Vytvořený produkt, jako jsou monomery, lze znovu použít v rafinériích pro výrobu petrochemických produktů.

V posledních dnech projevují vědci velký zájem o recyklaci surovin, protože recyklované produkty se tvoří s nižší spotřebou energie. Kvalita získaného produktu po recyklaci suroviny však závisí na různých faktorech, například chemickém složení polymerního materiálu, typu a provozních podmínkách použitých reaktorů, mezi které patří teplota, tlak, doba zdržení atd. Nízkoteplotní krakovací (<400 °C) techniky pyrolýzy plastového odpadu upřednostňují výrobu viskózní kapaliny a vysokoteplotní krakování (> 600 °C) vede k tvorbě plynných produktů. Na rozdíl od techniky mechanické recyklace lze recyklaci chemickou aplikovat na směsné plastové materiály bez účinné techniky třídění. Byla provedena řada studií týkajících se složek počítačového odpadu, včetně termoplastů a termosetů používaných v klávesnicích, pouzdrech, krytech a deskách plošných spojů. Došli k závěru, že teplotní rozsah 430–460°C je nejvhodnější pro pyrolýzu složek počítačového odpadu.

Mechanická recyklace složek typu BFR a PVC by mohla vést k uvolnění organobromu a HCl, které jsou extrémně škodlivé nejen pro životní prostředí, ale i pro člověka. V takových případech se metody chemické recyklace považují za extrémně účinné při přeměně odpadních plastů na užitečné produkty. Avšak i po provedení pyrolýzy mohou vytvořené produkty obsahovat halogenované sloučeniny, které brání jejich dalšímu opětovnému použití. Pokročilé techniky, jako je použití katalytického konvertoru a dvoustupňové pyrolýzy, mohou být užitečné pro dosažení cíleného obsahu halogenů a jiných podobných sloučenin, které jsou nebezpečné pro životní prostředí. Touto pokročilou metodou lze účinně odstranit nebezpečné plyny, jež se vylučují při recyklaci BFR, které jsou obsažené v ABS a HIPS.⁶⁰

Techniky tepelné recyklace

Technika tepelné recyklace nebo metoda spalování se používá k obnovení energie. Tepelná recyklace plastových odpadních materiálů se obecně provádí pomocí kotlů,

⁶⁰ SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. *Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques*. India: Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, 2018. s. 488-489

spaloven, spalovacích komor, nebo ve velkých průmyslových zařízeních používajících zařízení k tepelné recyklaci. Tato technika je zaměřena zejména na plastové materiály, které jsou heterogenní povahy nebo jsou kontaminované a nelze je ekonomicky recyklovat jinými metodami.

Vzhledem k vysoké výhřevnosti plastů, která je srovnatelná s běžnými palivy, jsou vhodnou volbou pro výrobu energie. Znamená to, že odpadní plasty získané z e-odpadu mají vysokou výhřevnost 7375 kcal / kg, což je mnohem více než výhřevnost komunálního odpadu s 3450 kcal / kg. Spalováním DPS pomocí plazmatronového reaktoru při použití 30 kg odpadu DPS lze vygenerovat až 117 kW energie. Během recyklace samotný reaktor spotřebuje pouze 66 kW energie. Naopak vedlejší produkty vznikající při tepelné recyklaci odpadních plastů, jako je popel, těžké nebezpečné materiály, například cín, antimon, olovo, halogenované sloučeniny a skleníkové plyny, mohou způsobovat zdravotní problémy nebo představují hrozbu pro životní prostředí. Přidáním speciálního příslušenství pro regulaci emisí, úpravy spalovacích komor a systémy pro zachycení jedovatých plynů mohou tyto problémy do jisté míry regulovat.⁶¹

2.3.4 Ekologické a ekonomické aspekty recyklace počítačového odpadu

Rozmanitá povaha materiálů používaných v počítačích vede k tomu, že recyklace je obtížná. Recyklační podniky ve většině zemí věnují pozornost pouze kovovým částem a opomíjí plasty a další materiály. Tyto materiály tedy nejčastěji končí na skládce, nebo v ohni. Ovšem ukládání plastů na skládky představuje riziko pro člověka i životní prostředí, a to hlavně kvůli dlouhé době degradace a postupnému uvolňování retardantu hoření, který znečišťuje půdu i podzemní vody. Stejně tak by mohlo dojít k otevřenému spalování odpadních produktů z počítačů, při kterém by se tvořily emise kovových výparů, furan i emise skleníkových plynů.

Recyklace může nejen ušetřit přírodní zdroje, ale je užitečná i při získávání cenných materiálů. Recyklace polymerních materiálů z počítačového odpadu má velký ekonomický i ekologický význam. I když recyklace počítačových odpadních produktů

⁶¹ SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. *Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques*. India: Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, 2018. s. 489

spotřebovává značné množství energie a vede k tvorbě skleníkových plynů, jako jsou CO₂, N₂O a CH₄, tak se jich uvolní podstatně méně než při výrobě z původních materiálů.

Na druhou stranu materiály, jako kovy a plasty, které se získávají z odpadních počítačů, lze použít pro výrobní postup. Značné množství původních materiálů může být nahrazeno obnovenými materiály, tím se dají snížit negativní dopady na životní prostředí.

Stále ale není možné 100 % využití materiálů z vyhozených počítačů a notebooků, kvůli jejich složité struktuře a nedostatku vyspělých segregáčnických systémů. Většina plastových materiálů a kovů však může být, na rozdíl od původních produktů, využita a recyklována. Tyto recyklované materiály jsou také levné. Recyklovaný plast lze použít při výrobě nových produktů, jako jsou dopravní kužely, podlahové dlaždice, venkovní nábytek a výroba opláštění elektronických částí. V dnešní době se ukázalo, že vmíchání plastových granulí do horkého asfaltového betonu může být užitečné, protože může pomocí chemických vazeb zvýšit pevnost.⁶²

2.3.5 Současné stávající problémy recyklace počítačového odpadu

Potenciál recyklace počítačového odpadu vzniká v době, kdy produkty zastarávají. Ve většině případů spotřebitelé nemají žádnou představu o svých poškozených nebo nefunkčních počítačích, v lepším případě je při nákupu nového počítače nechali v obchodě, případně končí vyřazené v komunálním odpadu. Výrobce nebo maloobchodníci by měli při obchodování se svými produkty upozornit na možnost recyklace, nebo repasování komponent e-odpadu. Takové programy by mohly být užitečné pro zvýšení povědomí zákazníků o recyklaci jejich produktů s ukončenou životností, jako jsou počítače. Kromě toho oficiální politika zpětného odběru výrobci nařizuje řádnou správu odpadních produktů od spotřebitelů. Taková rozšířená odpovědnost výrobce může být užitečná při přeměně dostupných odpadních materiálů z počítačových produktů na užitečné produkty. Míra úspěšnosti politiky zpětného odběru je však omezena na některé evropské země, což pokrývá pouze 57 % světové populace. Takto vybrané výrobky však mohou zajistit správnou recyklaci s vyššími standardy. Globální účinnost materiálového využití a

⁶² SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. *Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques*. India: Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, 2018. s. 489

recyklace produktů počítačového odpadu lze zajistit řádným prováděním politiky zpětného odběru po celém světě.

Rozvojové země, jako například Indie, nicméně nemají vhodný systém recyklace. Kromě toho mají velký počet neformálních a formálních recyklátorů v různých zemích. V takových případech by mohla být integrace obou neformálních a formálních recyklátorů dobrou volbou pro sběr a recyklaci produktů e-odpadu, kterými jsou počítače. Navíc je to také ekonomičtější a ekologičtější než současný systém. Pro odpad z počítačů by mělo být zavedeno vhodné sběrné místo s recyklačním zařízením. Musí s ním být nakládáno jako se zvláštním odpadem, jiným než komunálním, takže odpad počítačových komponent může být redukován z dvorů komunálního odpadu.

Podobně, jak je uvedeno v předchozích částech, hlavní překážka recyklace odpadu je spojena s různorodým obsahem materiálů v něm a také s odlišným strukturálním chováním. Proto je obtížné vytvořit vhodný recyklační systém, který by vyhovoval i ekonomickým nárokům. Navíc většina výrobců používá různé pryskyřice, a to i pro podobné konstrukční součásti. Například se vyrábějí skříně počítačových produktů s různými pryskyřicemi, jako jsou ABS, HIPS, PC nebo jejich směsné systémy v proměnlivém poměru. Navíc většina plastů používaných v elektrozařízeních obsahuje různé přísady, jako jsou plastifikátory, tepelné stabilizátory atd. Použití různých pryskyřic a přísad v nich omezuje proveditelnost recyklace komponent, zejména plastů. Omezení počtu polymerních pryskyřic na 3–5 a použití podobných přísad s menším množstvím v počítačových zařízeních však může zajišťovat snadnou izolaci a zpracování polymerů s využitím současných technologií mechanické recyklace.

Ze všech recyklačních metod je mechanická recyklace považována za nejdůležitější, protože má potenciál upravovat materiály na průmyslově použitelný produkt. Při snižování počtu termoplastů si mohou výrobci zvolit konkrétní materiál pro vývoj nového materiálu. Díky začlenění recyklovaného materiálu do původního materiálu mohou výrobci snížit náklady na konečný produkt. Je však zásadní, aby zákazníci nejen přijali recyklované materiály ve svých nových výrobcích, ale aby s nimi byli také spokojeni.⁶³

⁶³ SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. *Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques*. India: Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, 2018. s. 489-490

2.3.6 Budoucnost recyklace počítačového odpadu

Očekává se, že recyklace počítačových komponent se v budoucnosti bude zvyšovat, a to hlavně kvůli velké produkci počítačového odpadu, homogenní charakteristice materiálu a vyčerpání přírodních zdrojů. V těchto dnech neustále rostou trhy s recyklovanými materiály. Odpad vznikající z počítačových produktů se postupně zvyšuje v důsledku své krátké průměrné životnosti, technologických změn a změn životního stylu. Technologická revoluce počítačových produktů vyústila ve změnu softwaru a hardwaru. Nicméně tyto výrobky mohou mít v recyklačním dvoře stále vysokou hodnotu. Se zlepšením možností nakládání s odpady a řádnou úpravou strukturálního návrhu počítačových produktů založených na konkrétních skupinách spotřebitelů můžeme omezit vznik velkého objemu počítačového odpadu.

Kromě toho jsou materiály, jako například polymery a kovy získané z počítačových odpadních produktů, velmi cenné, nelze je však použít při špičkových aplikacích kvůli ztrátě jejich vlastností. Mnoho vědců identifikovalo různé techniky pro zlepšení mechanických vlastností plastových komponent přidáním různých elastomerů a plnidel. Mechanické vlastnosti plastů lze zlepšit pomocí různých nanomateriálů. Využití těchto nanomateriálů ke zlepšení mechanických vlastností plastů z počítačového odpadu je však v dnešní době velmi omezené. Budoucí práce mohou dále hledat výrobu nanomateriálů z bromované plastové složky získané z počítačů na zpracování odpadu. Horizontální recyklace může být navíc přijata jako recyklační technika pro materiály získané z počítačového odpadu, zejména pro kovy, protože i po recyklaci mají vysokou čistotu.⁶⁴

2.4 Elektronický odpad

Elektronická zařízení a součástky pro svůj provoz využívají elektrickou energii. Téměř každá domácnost dnes taková zařízení používá. Nejčastěji se setkáváme například s počítači, mobilními telefony nebo kuchyňskými spotřebiči. Taková zařízení nejsou

⁶⁴ SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. *Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques*. India: Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, 2018. s. 490

používaná pouze v našich domácnostech, ale i ve všech částech průmyslu, zejména ve vysoce rozšiřujícím se odvětví IoT neboli internetu věcí.

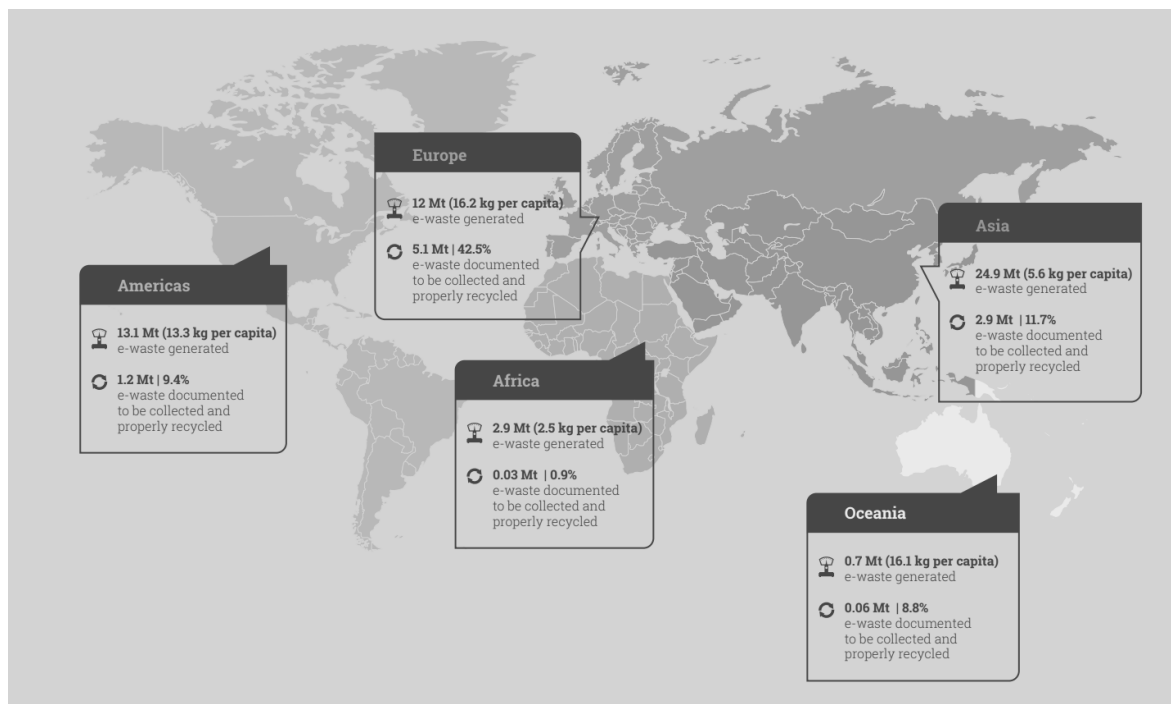
Zařízení se stává elektronickým odpadem v případě, že ho majitel vyřadí, bez zájmu ho použít znovu. Každé zařízení obsahuje jiné součástky a materiál. Musí tedy být zlikvidováno, nebo recyklováno jinými způsoby. Některé materiály představují nebezpečí pro životní prostředí, nebo dokonce zdravotní rizika pro samotného člověka, pokud s nimi není nakládáno správným způsobem.⁶⁵

2.4.1 Statistické údaje elektronického odpadu

Za rok 2014 bylo přibližně generováno 44,4 megatun elektronického odpadu. Za pouhých 5 let se zvýšilo množství odpadu o dalších 10 megatun. Tedy pouze za rok 2019 bylo generováno 53,6 megatun elektronického odpadu. To je v průměru 7,3 kg odpadu na jednoho člověka z celého světa. Odhaduje se, že do roku 2030 se množství elektronického odpadu zvýší až na 74,7 megatun. Nárůst elektronického odpadu se každým rokem zvyšuje, to znamená, že proces recyklace nestíhá držet krok se zvyšujícím se nárůstem elektronického odpadu. Zajímavostí je, že hmotnost elektronického odpadu ve formě počítačových monitorů klesl. Příčinou poklesu hmotnosti odpadu monitorů není snížení počtu vyřazených kusů, ale technologický pokrok z přechodu ze starších CRT monitorů na ploché panelové displeje, které váží daleko méně než starší těžké CRT monitory. Přestože

⁶⁵ FORTI, Vanessa, Cornelis Peter BALDÉ, Ruediger KUEHR a Garam BEL. *The Global E-waste Monitor 2020*. UNU/UNITAR and ITU, 2020. ISBN 978-92-808-9114-0. s. 18

vyhazujeme tedy více monitorů než dříve, celková hmotnost odpadu monitorů je menší.⁶⁶



Obrázek 1 - Porovnání elektronického odpadu ve světě⁶⁷

V roce 2019 bylo nejvíce elektronického odpadu generováno v Asii (24,9 Mt). Na druhém místě je Amerika (13,1 Mt) a hned za ní Evropa (12 Mt). Nejlépe dopadla Afrika (2,9 Mt) nebo Austrálie a Oceánie (0,7 Mt). Přestože Austrálie a Oceánie si vedly nejlépe, množství elektronického odpadu na člověka v dané oblasti je 16,1 kg. Naopak Asie produkující největší množství elektronického odpadu dosáhla pouze v průměru 5,6 kg na člověka. Z hlediska recyklace elektronického odpadu Evropa jasně vítězí s 42,5 %.⁶⁸

2.5 Zákon o nakládání s elektrozařízením a elektroodpadem

Zpracovávání elektrického a elektronického dopadu je aktuální problém pro životní prostředí. Tyto odpady obsahují látky, které zatěžují životní prostředí. Obsahují také materiály, jež můžeme znovu efektivně využít, recyklovat je. Podmínkou úspěšné recyklace je zajištění sběru elektroodpadu a jeho následné třídění. Největším problémem je

⁶⁶ FORTI, Vanessa, Cornelis Peter BALDÉ, Ruediger KUEHR a Garam BEL. *The Global E-waste Monitor 2020*. UNU/UNITAR and ITU, 2020. ISBN 978-92-808-9114-0. s. 23-24

⁶⁷ FORTI, Vanessa, Cornelis Peter BALDÉ, Ruediger KUEHR a Garam BEL. *The Global E-waste Monitor 2020*. UNU/UNITAR and ITU, 2020. ISBN 978-92-808-9114-0.

⁶⁸ FORTI, Vanessa, Cornelis Peter BALDÉ, Ruediger KUEHR a Garam BEL. *The Global E-waste Monitor 2020*. UNU/UNITAR and ITU, 2020. ISBN 978-92-808-9114-0. s. 25

získání vyřazených elektrozařízení od obyvatelstva. Další komplikace způsobuje nemožnost realizovat jednotný způsob sběru, jelikož elektrozařízení se výrazně liší. Musejí být tedy pro sběr používány různé metody, např. pomocí sběrných dvorů, kontejnerů nebo prodejců. Pro zvýšení motivace obyvatelstva za účelem správného sběru se využívají i nástroje finančního či soutěžního charakteru.⁶⁹

Problematikou nakládání s elektrickými a elektronickými zařízeními se zabývá Evropská unie, konkrétně směrnice 2012/19/EU o odpadních elektrických a elektronických zařízeních. Tato směrnice se zabývá i stanovenou úrovní sběru. Úroveň sběru je vypočítána jako podíl hmotnosti zpětně odebraného a uvedeného EEZ na trh. Minimální úroveň sběru od roku 2016 činí 45 %. Státy mají také povinnosti tuto úroveň sběru od roku 2016 až do roku 2019 postupně zvyšovat. Od roku 2019 má minimální úroveň sběru činit alespoň 65 %. Některé členské státy, mezi něž patří i Česká republika, se z důvodu nedostatku infrastruktury, nebo nízké úrovně spotřeby EEZ, mohou rozhodnout plnit snížené cíle, a to úroveň sběru 40 % od roku 2016 a odložení 65 % úrovně sběru až od roku 2021.⁷⁰

Tabulka 1 - Minimální stanovená úroveň zpětného odběru pro Českou republiku od roku 2016, Zdroj: směrnice EU

Rok	Úroveň zpětného odběru
2016	40 %
2017	40 %
2018	40 %
2019	40 %
2020	40 %
2021	65 %

⁶⁹ MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Elektrozařízení* [online]. [cit. 2020-9-17]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/cz/elektrozarizeni>

⁷⁰ SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2012/19/EU ze dne 4. července 2012 o odpadních elektrických a elektronických zařízeních (OEEZ). In: L 197/38.

Česká republika tuto problematiku řeší svým zákonem o odpadech č. 185/2001 Sb. Další podrobnosti o zpětném odběru elektrických a elektronických zařízení jsou stanoveny ve vyhlášce č. 352/2005 Sb. o nakládání s elektrozařízeními a elektroodpady.⁷¹

2.5.1 Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb.

Problematiku elektrických a elektronických zařízení upravuje zákon o odpadech č. 185/2001 Sb., čtvrtá část, díl 8 (§ 37f – 37s). Tento díl zákona zpracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje povinnosti výrobců, posledních prodejců, distributorů a konečných uživatelů elektrických a elektronických zařízení, zpracovatelů elektrických a elektronických zařízení, která se stala odpadem, a pověřených zástupců výrobců. Tento díl zákona vymezuje⁷²:

- § 37g Základní pojmy
- § 37h Základní povinnosti výrobců elektrozařízení
- § 37i Seznam výrobců elektrozařízení
- § 37j Uvádění elektrozařízení na trh
- § 37k Zpětný odběr elektrozařízení a oddělený sběr elektroodpadu
- § 37l Zpracování elektroodpadu
- § 37m Využívání elektroodpadu
- § 37n Financování nakládání s elektrozařízením pocházejícím z domácností
- § 37o Financování nakládání s elektroodpadem
- § 37p Financování nakládání s elektroodpadem ze solárních panelů
- § 37q Pověřený zástupce
- § 37r Přeshraniční přeprava použitých elektrozařízení
- § 37s Registr míst zpětného odběru

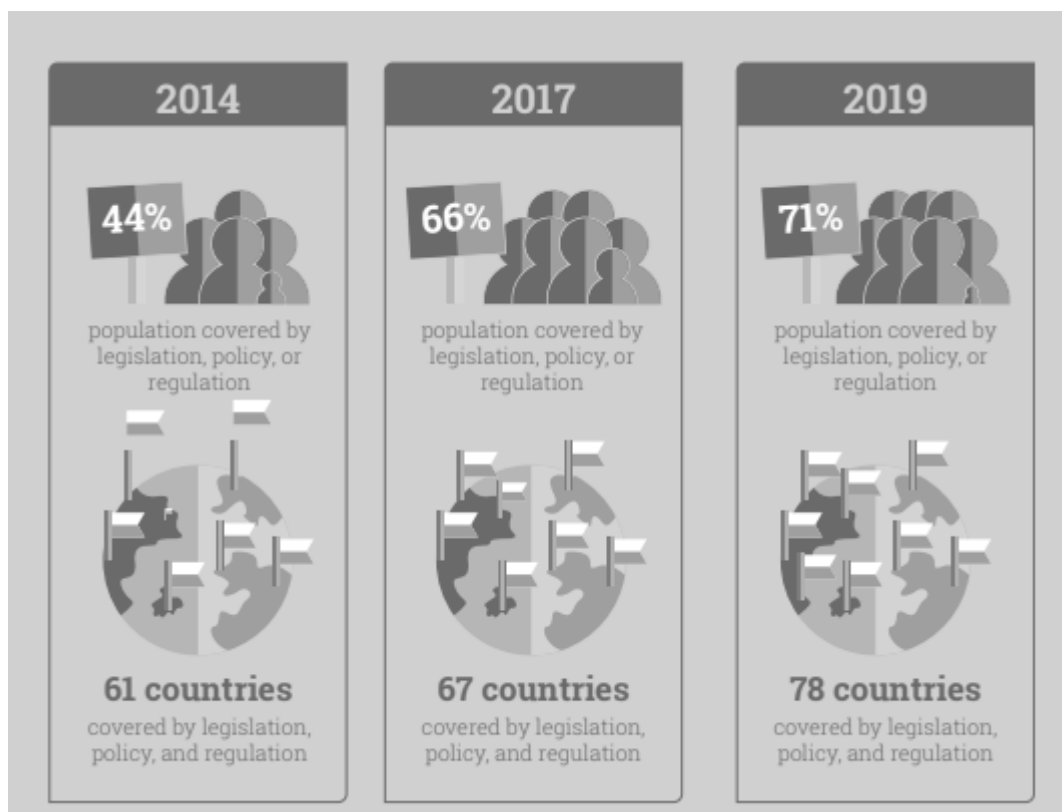
2.5.2 Legislativa ve světě

Pokud jde o nakládání s elektronickým odpadem je 71 % populace z celého světa od konce roku 2019 pod regulací, legislativou a politickou kontrolou. Jedná se o výrazné zlepšení od roku 2014, kdy bylo pod touto kontrolou pouze 44 % populace, tedy téměř

⁷¹ MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Elektrozařízení* [online]. [cit. 2020-9-17]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/cz/elektrozariadeni>

⁷² ČESKO. Zákon č. 185 ze dne 15. května 2001 *o odpadech a o změně některých dalších zákonů*. In: Sbírka zákonů České republiky. 2001, částka 71, s. 4074-4113.

polovina. Nicméně toto číslo je z velké části ovlivněno Čínou a Indií. Tyto bohatě zalidněné země, podporující tuto odpadovou politiku, totiž zaujímají velmi značné procento, protože se jedná o 2 nevíce zalidněné státy světa. Politiku pro regulaci elektronického odpadu tedy razí pouze 78 států ze 193. To znamená, že méně než polovina zemí celého světa podporuje zákon o elektronickém odpadu.⁷³



Obrázek 2 - Světová legislativa o elektronickém odpadu⁷⁴

⁷³ FORTI, Vanessa, Cornelis Peter BALDÉ, Ruediger KUEHR a Garam BEL. *The Global E-waste Monitor 2020*. UNU/UNITAR and ITU, 2020. ISBN 978-92-808-9114-0. s. 26

⁷⁴ FORTI, Vanessa, Cornelis Peter BALDÉ, Ruediger KUEHR a Garam BEL. *The Global E-waste Monitor 2020*. UNU/UNITAR and ITU, 2020. ISBN 978-92-808-9114-0.

3 Vlastní práce

3.1 České firmy zabývající se zpětným odběrem a recyklací elektroodpadu

K dokončení své bakalářské práce, jsem oslovil několik českých firem a požádal je o spolupráci. Díky jejich ochotě mi byla poskytnuta spousta informací a dat, které mi umožnily vyhotovit výsledky.

3.1.1 ASEKOL a.s.

ASEKOL je neziskově hospodařící společnost, která v zastoupení výrobců a dovozců elektrozařízení organizuje celostátní systém zpětného odběru elektrozařízení. Zajišťuje sběr, dopravu a recyklaci vysloužilých elektrospotřebičů, včetně financování celého systému. ASEKOL je tzv. kolektivní systém zpětného odběru elektrozařízení. Jeho služeb na základě smlouvy využívají výrobci nebo dovozci elektrozařízení. ASEKOL při zpětném odběru úzce spolupracuje s městy a obcemi, posledními prodejci a servisy, svozovými společnostmi a zpracovateli elektrozařízení. ASEKOL založili v červenci 2005 nejvýznamnější představitelé na trhu spotřební elektroniky, kancelářské, telekomunikační a výpočetní techniky. Společnost zajišťuje 20 625 sběrných míst a 3 763 červených kontejnerů.⁷⁵

Cíle společnosti ASEKOL jsou:

- Zajistit sběr a ekologické zpracování vysloužilých elektrospotřebičů
- Být důvěryhodným partnerem pro orgány státní správy a samosprávy
- Dbát na efektivitu vynaložených nákladů
- Přísně dodržovat kvalitu ekologického nakládání s elektroodpadem
- Provádět osvětu široké veřejnosti
- Podporovat práci spoluobčanů se změněnou pracovních schopností v chráněných dílnách

⁷⁵ ASEKOL A.S. *O nás* [online]. [cit. 2021-1-17]. Dostupné z: <https://www.asekol.cz/o-nas/>

3.1.2 REMA Systém, a.s.

REMA Systém, a.s., je neziskově hospodařící akciová společnost, která vznikla pro splnění povinností daných novelou zákona o odpadech. Systém byl založen 14. února 2005. Vznik REMA Systému iniciovali největší dovozci a výrobci informačních technologií a telekomunikací v ČR. Impulsem k jeho založení byla novelizace zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech. Ta dává od 13. srpna 2005 za povinnost výrobcům a dovozcům elektrozařízení vytvořit systém, který je povinen zajistit a financovat zpětný odběr, zpracování a ekologicky šetrné odstranění elektrozařízení. Hlavním smyslem činnosti REMA Systému je ochrana životního prostředí zabezpečením efektivní recyklace odpadů elektrických a elektronických zařízení (OEEZ). Za tímto účelem REMA Systém zajišťuje organizaci sběru, třídění, nakládání a recyklaci v celé České republice. Společnost má více než 20 000 sběrných míst, což z ní dělá kolektivní systém s jednou z největších a nejhustších sběrných sítí v České republice⁷⁶

3.1.3 ELEKTROWIN, a.s.

Společnost ELEKTROWIN a.s. byla založena 25. května 2005 jako provozovatel kolektivního systému, a to výrobci velkých a malých domácích spotřebičů. ELEKTROWIN a.s. je největším kolektivním systémem zaměřeným na zpětný odběr vysloužilých elektrospotřebičů v České republice. Společnost zajišťuje sběr, zpracování, využití a odstranění elektrozařízení a elektroodpadu. Od svého založení v roce 2005 již zrecykloval více než 25 000 000 vyřazených elektrospotřebičů o celkové hmotnosti více než 430 000 tun. Společnost je nezisková, jejími akcionáři jsou přední výrobci velkých a malých domácích spotřebičů. Sběrnou síť tvoří téměř 14 000 sběrných míst, z toho více než 4 600 je veřejně dostupných. Veřejně dostupná místa jsou vytvořena ve spolupráci s 1 500 městy a obcemi na 2 300 sběrných dvorech a umístěných kontejnerech na malé spotřebiče a v 2 400 provozovnách posledních prodejců. Veřejný sběr také probíhá prostřednictvím mobilních svozů v zaregistrovaných obcích a v obcích, kde působí sbory dobrovolných hasičů, kterých je do našeho projektu zapojeno již více než 1 400. Další sběrná místa jsou vytvářena speciálně pro projekty zaměřené na zpětný odběr

⁷⁶ REMA SYSTÉM, A.S. *O nás* [online]. [cit. 2021-1-17]. Dostupné z: <https://www.rema.cloud/o-nas-2/>

elektrozařízení, např. ve školách v rámci projektu Recyklohraní aneb Uklidme si svět, ve firmách (vězeňské služby, dopravní podniky apod.)⁷⁷

3.1.4 RETELA, s.r.o.

Kolektivní systém RETELA provozuje společnost RETELA, s.r.o., která byla založena 11. května 2005. Hlavním smyslem kolektivního systému RETELA je ochrana životního prostředí a zdraví člověka zajištěním efektivního systému sběru a recyklace elektroodpadu. Za výrobce plníme povinnosti týkající se odděleného sběru, zpětného odběru, zpracování, využití a odstranění elektrozařízení a elektroodpadu. RETELA dbá na dodržování ekologických standardů při celé činnosti systému nakládání s elektrozařízeními, bateriemi a solárními panely a dále dbá na zapojení pracovníků znevýhodněných formou práce v chráněných dílnách. RETELA sdílí sběrná místa společně se společností ELEKTROWIN a.s.⁷⁸

3.2 Zpětný odběr České republiky v číslech

Tabulka 2 - Zpětný odběr v ČR od roku 2006 do roku 2018, Zdroj: MŽP⁷⁹

rok	EEZ uvedené na trh [t]	EEZ zpětně odebráno [t]	Úroveň zpětného odběru EEZ [%]	Úroveň zpětného odběru EEZ [kg/obyv./rok]
2006	196967	22170	11.3 %	2.2
2007	199857	32929	16.5 %	3.2
2008	207207	44534	21.5 %	4.3
2009	181844	58206	32.0 %	5.5
2010	166063	52989	31.9 %	5
2011	182324	55438	30.4 %	5.3
2012	168840	53685	31.8 %	5.1
2013	181886	54215	29.8 %	5.2
2014	179328	58585	32.7 %	5.6
2015	182025	74288	40.8 %	7
2016	174147	91513	50.5 %	8.7
2017	189959	91325	51.2 %	8.6
2018	196918	93083	51.1 %	8.8

⁷⁷ ELEKTROWIN A.S. *O společnosti* [online]. [cit. 2021-1-17]. Dostupné z: <https://www.elektrowin.cz/cs/o-spolecnosti.html>

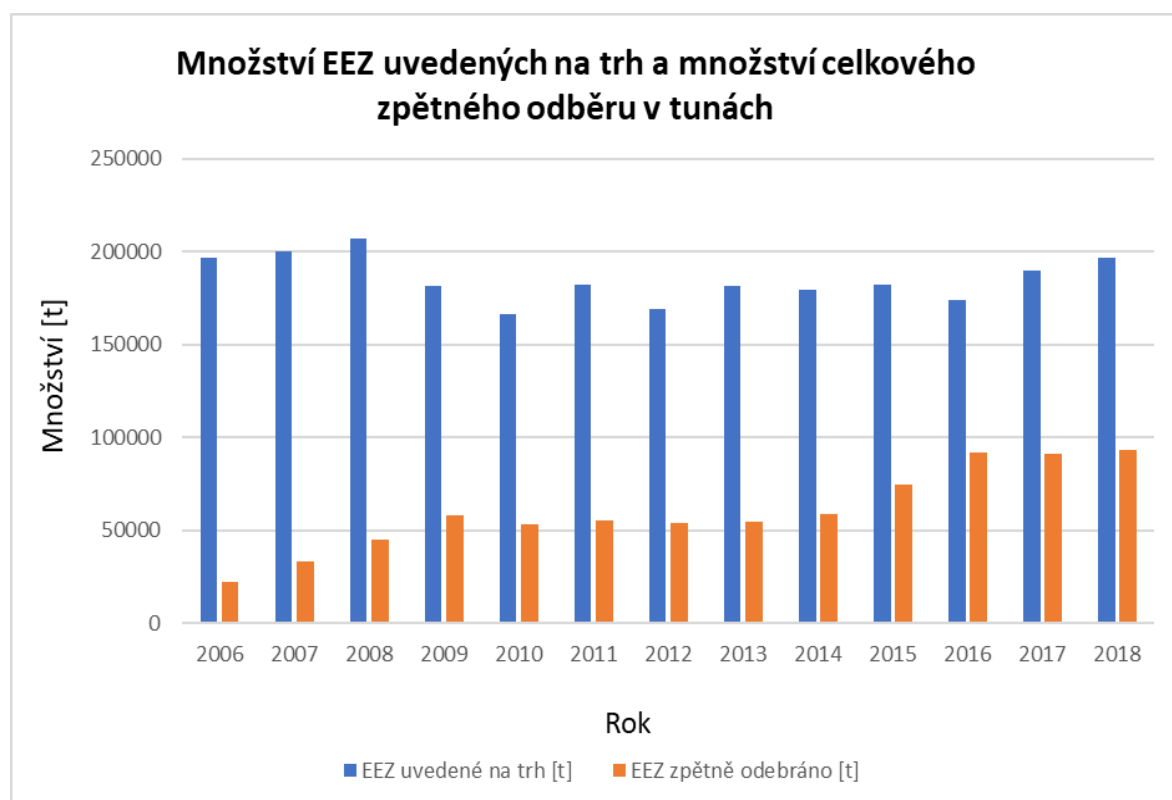
⁷⁸ RETELA, S.R.O. *O nás* [online]. [cit. 2021-1-17]. Dostupné z: <https://www.retela.cz/o-nas>

⁷⁹ MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Vybrané ukazatele odpadového hospodářství v oblasti odpadních elektrických a elektronických zařízení za rok 2018*. 2020 [cit. 2021-1-28].

V české republice se počet EEZ uvedených na trh od roku 2006 do roku 2008 zvyšoval. Poté došlo k velkému poklesu pravděpodobně z důvodu hospodářské krize. Od roku 2016 docházelo opět k rapidnímu nárůstu blížícímu se k 200 000 tun EEZ uvedeného na trh.

Na druhou stranu zpětný odběr EEZ nám již od roku 2006 až do roku 2018 vzrostl. Můžeme si všimnout rapidního nárůstu od roku 2006 do roku 2009. Poté došlo až do roku 2014 k jakési stagnaci. Od roku 2014 došlo opět k rapidnímu nárůstu zpětného odběru až do roku 2016. Od roku 2016 do roku 2018 dochází k další stagnaci, ale úroveň zpětného odběru překročila hranici 50 %. Úroveň zpětného odběru EEZ na 1 obyvatele za rok v kilogramech se od roku 2006 do roku 2018 zčtyřnásobila.

Graf 1 - Množství EEZ uvedených na trh a množství celkového zpětného odběru v tunách



Z grafu si můžeme všimnout, že množství EEZ uvedeného na trh od roku 2006 do roku 2018 zůstává zhruba stejné. Nedochozí protazím k nějakému většímu nárůstu či poklesu. Avšak zpětný odběr nám narostl od roku 2006 do roku 2018 z přibližných 11 % až na 51 %. Vidíme zde rapidní zlepšení. České republice se tedy daří plnit požadavek určený směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2012/19/EU o odpadních elektrických a

elektronických zařízeních na minimální sběr elektrozařízení. Tento požadavek je ale navyšován a od roku 2021 bude minimální míra zpětného odběru stanovena na 65 %.

3.2.1 Zpětný odběr největších společností v ČR za rok 2018

V roce 2018 přes 90 % zpětného odběru zajistily pouze čtyři velké společnosti, které disponují svojí rozsáhlou sítí. O zajištění tak velkého podílu se postaraly společnosti: ASEKOL a.s., ELEKTROWIN s.r.o., REMA Systém a.s. a RETELA s.r.o.

Nejvíce elektroniky na trh jednoznačně uvedla společnost ELEKTROWIN s téměř 91 780 tunami. Společnost ASEKOL uvedla přibližně poloviční množství, a to něco málo nad 45 070 tun. Nejméně pak společnost REMA Systém s 28 620 tunami a společnost RETELA s 21 130 tunami.

O největší odběr zpětné elektroniky s 40 709 tunami se postarala opět společnost ELEKTROWIN. Ale druhým největším odběratelem se stala společnost REMA Systém s 19 672 tunami, která zpětně odebrala více než společnost ASEKOL s 18 460 tunami, přestože společnost ASEKOL na trh uvedla téměř dvojnásobné množství elektroniky než společnost REMA Systém. Nejméně zpětně odebrala společnost RETELA, a to 8 260 tun.

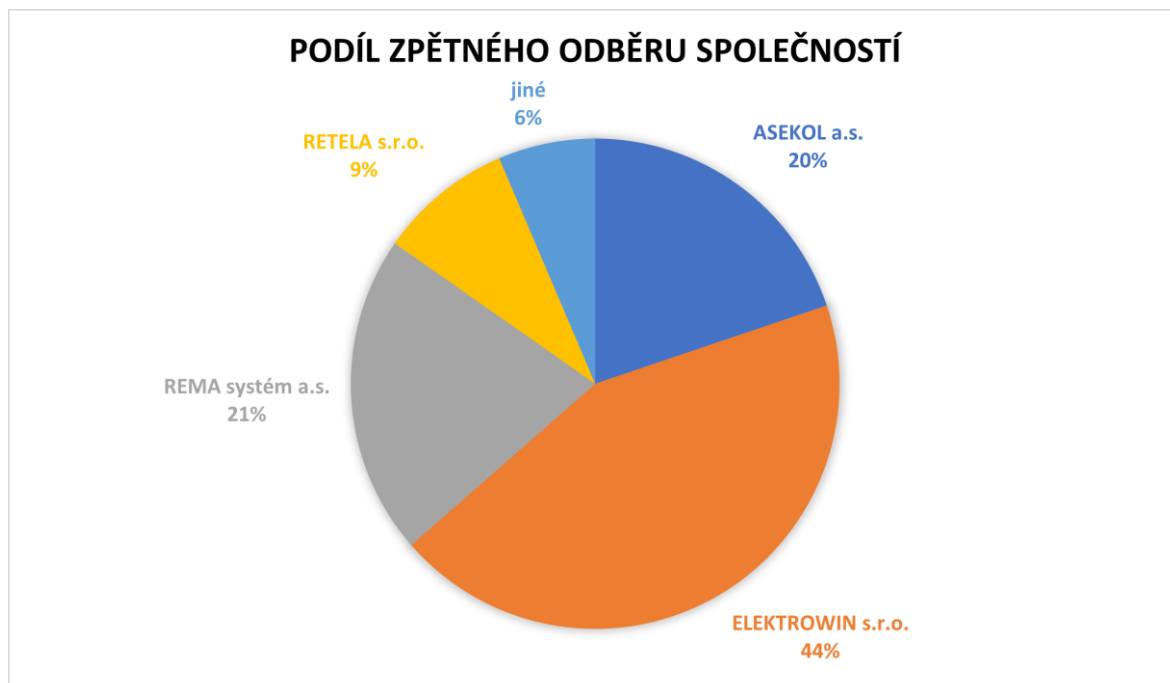
O nejlepší úroveň zpětného odběru se s velkým náskokem postarala společnost REMA Systém, jejíž úroveň zpětného odběru přesáhla 67 %. O druhé místo se postarala společnost ASEKOL s 58,6%. Překvapivě společnost s největším množstvím uvedené i zpětně odebrané elektroniky ELEKTROWIN skončila až na třetí pozici s 45,6%. Nejhůře se vedlo naopak společnosti RETELA s 37,5%, která uvedla a zpětně odebrala nejmenší množství elektroniky.

Tabulka 3 - Zpětný odběr největších společností v ČR za rok 2018, Zdroj: MŽP⁸⁰

Společnosti	Uvedené EEZ na trh [t]	Zpětný odběr celkem [t]	Úroveň zpětného odběru
ASEKOL a.s.	45070.2	18459.4	58.6 %
ELEKTROWIN s.r.o.	91779.5	40709.4	45.6 %
REMA Systém a.s.	28620	19671.9	67.4 %
RETELA s.r.o.	21129.1	8259.3	37.5 %

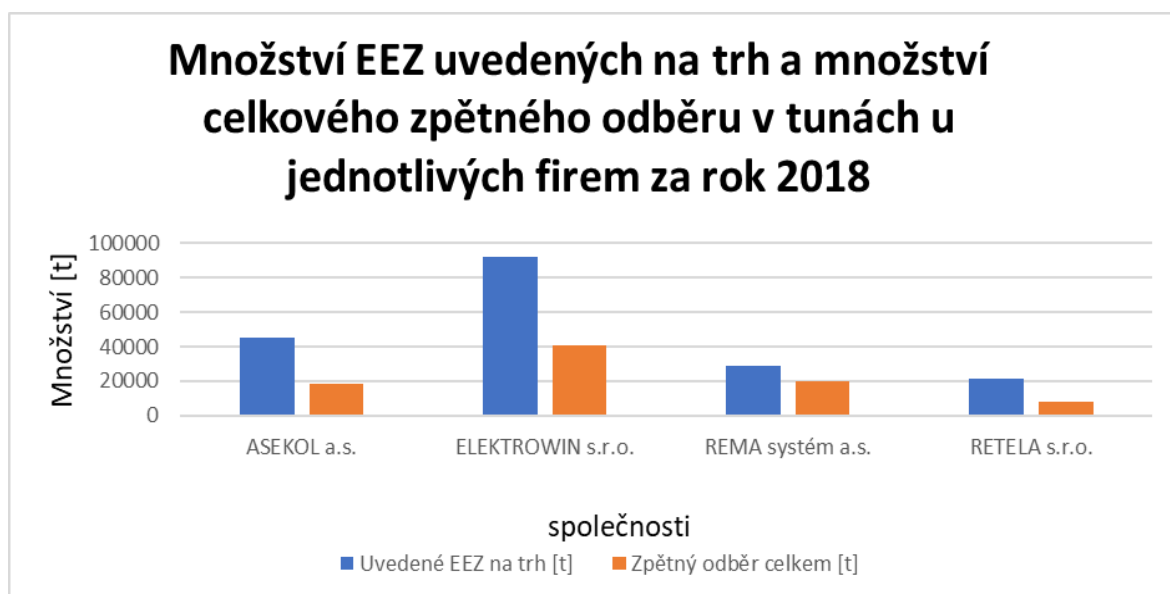
⁸⁰ MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Vybrané ukazatele odpadového hospodářství v oblasti odpadních elektrických a elektronických zařízení za rok 2018* [online]. 2020 [cit. 2021-1-28].

Graf 2 - Podíl zpětného odběru společností v ČR za rok 2018



Z grafu můžeme vyčíst, že opravdu 94 % zpětného odběru celé České republiky za rok 2018 zajistily 4 největší společnosti a téměř o polovinu zpětného odběru se zasloužila společnost ELEKTROWIN s.r.o.

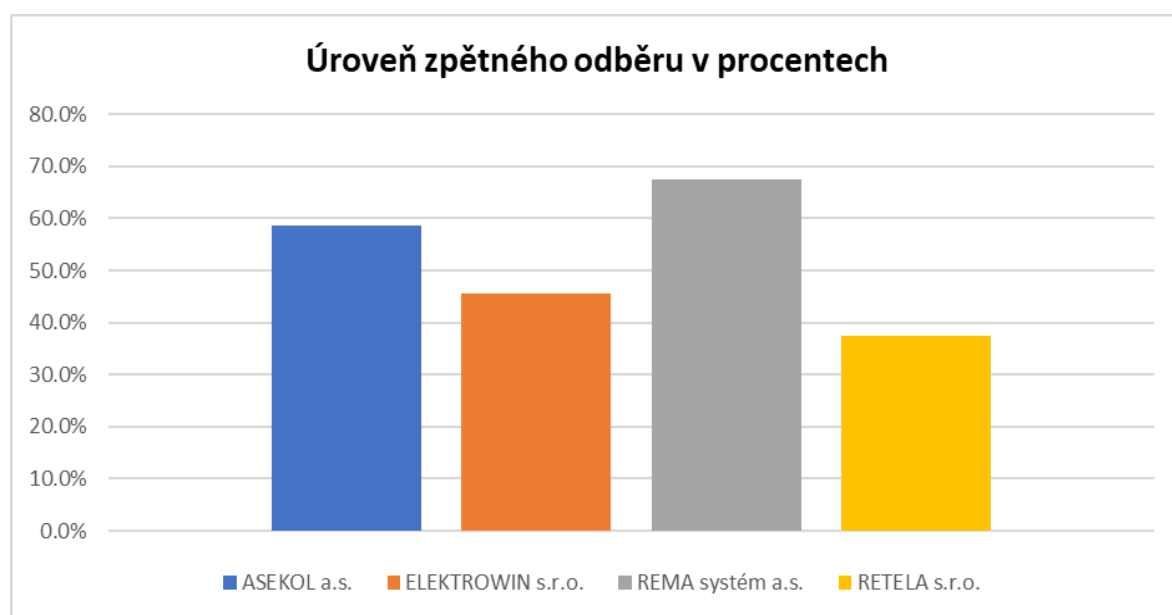
Graf 3 - Množství EEZ uvedených na trh a množství celkového zpětného odběru v tunách u jednotlivých firem za rok 2018



Zřetelně největším uvaděčem a zároveň zpětným odběratelem EEZ na český trh je společnost ELEKTROWIN s.r.o., protože na trh ročně uvede přes 90 tisíc tun elektroniky a zpětně odebere přibližně 40 tisíc tun. O nejlepší rozdíl mezi uvedenými a zpětně

odebranými EEZ se zasloužila společnost REMA Systém. Ta sice nedosahuje tak velkého množství, ale dosahuje 67,4 % zpětného odběru v tunách vůči množství uvedených výrobků na trh. Zjednodušeně, 2/3 výrobků co uvede na trh, dokáže v ten samý rok zpětně odebrat. Společnost ELEKTROWIN sice dosahuje pozoruhodných čísel, ale zpětně odebere pouze 45,6 % výrobků co uvedla na trh. Společnost RETELA s.r.o. sice na trh uvede nejmenší množství EEZ, ale také nejméně zpětně odebere. Společnost ASEKOL a.s. uvádí jako druhá na trh nejvíce EEZ, ale zpětným odběratelem je až na 3. místě.

Graf 4 - Úroveň zpětného odběru 4 největších společností v procentech za rok 2018



Jednoznačně nejlepší úroveň dosáhla společnost REMA Systém, která dokázala zpětně odebrat téměř 70 % množství elektrozařízení, které sama uvedla na trh. Můžeme tedy říci, že splnila požadavek minimálně 65% zpětného odběru, který je stanoven až od roku 2021, již o 3 roky dříve, než bylo nutné. Společnost ASEKOL s téměř 60% se umístila jako druhá. Kupodivu společnost ELEKTROWIN, která zpětně odebírá téměř polovinu elektrozařízení v České republice, skončila až na třetím místě. Nejhůře se vedlo společnosti RETELA, která nedosáhla ani 40%.

3.3 Analýza spotřeby materiálů na výrobu počítačů

Spotřeba materiálů na výrobu stolního počítače a notebooku se značně liší. Stolní počítač obsahuje mnohem více železa a minerálů než notebook. Naopak na notebook se spotřebuje více hliníku, mědi a ostatních drahých kovů. Velkým rozdílem je množství

plastu spotřebovaného na výrobu notebooků, a to 406 gramů na 1 kilogram. Na stolní počítače se spotřebuje méně než polovina tohoto množství, tedy 188 gramů. Jiných organických látek se spotřebuje na oba typy produktů přibližně stejně.

Nejlépe recyklovatelnými materiály s více než 75% návratností u obou zástupců jsou: železo, měď a hliník. Množství recyklovaných drahých kovů je o 14 % větší u notebooků. Velkým rozdílem je míra návratnosti u ostatních neželezných kovů - u stolních počítačů dosahuje pouze 29 % a u notebooků 90 %. Zásadním problémem je recyklace plastů. Míra návratnosti není dostatečná ani u jednoho ze zástupců, u notebooků je s 13 % tragická.

Celková míra návratnosti u stolních počítačů je 49 % a u notebooků pouze 39 %. Hlavním důvodem tak nízké hodnoty u notebooků je pravděpodobně mnohem větší obsah plastů než u stolních počítačů. Toto množství je u notebooků více než dvojnásobné, a právě míra návratnosti plastů je oproti ostatním materiálům velmi nízká.

Tabulka 4 - Spotřeba materiálů na výrobu počítače a jeho míra návratnosti na 1 kg, Zdroj: Deník Resources, Conservation & Recycling 2016⁸¹

	Stolní počítač			Notebook		
	Výroba [g]	Recyklace [g]	Míra návratnosti [%]	Výroba [g]	Recyklace [g]	Míra návratnosti [%]
Železo	372	332	89 %	142	122	86 %
Hliník	46.1	38	82 %	84.4	63.7	75 %
Měď	43.2	33.7	78 %	68.5	58.4	85 %
Drahé kovy	0.113	0.055	49 %	0.29	0.184	63 %
Ostatní neželezné kovy	6.39	1.87	29 %	109	98.2	90 %
Plasty	188	80.9	43 %	406	51.4	13 %
Jiné organické látky	0.914	0	0 %	0.874	0	0 %
Minerály	300	0	0 %	126	0	0 %
Ostatní	43.6	0	0 %	63.2	0	0 %
Celkem	1000	486	49 %	1000	394	39 %

⁸¹ EYGEN, Emile Van, Steven De MEESTER, Ha Phuong TRAN a Jo DEWULF. *Resources, Conservation and Recycling: Resource savings by urban mining: The case of desktop and laptop computers in Belgium* [online]. 2016 [cit. 2021-1-01]. ISBN 0921-3449

3.4 Spotřeba elektrické energie na výkon počítače

Mým záměrem bylo zjistit, jaký je rozdíl spotřeby energie různých typů počítačů. Ať už se jedná o stolní počítač nebo notebook, o starý nebo nový model. K měření výkonu procesorů a grafických karet byl použit benchmark test, konkrétně test 3DMark. Jedná se o zátěžový test, který náročnými operacemi prozkoumá výkon hardwaru. Výstupem je číslo, čím je vyšší tím je hardware výkonnější. Toto číslo lze poté porovnávat s ostatními modely nebo výrobcí hardwaru a určit, které náročné operace zvládá lépe. Spotřeba elektrické energie byla měřena pomocí softwaru Open Hardware Monitor, která dokáže monitorovat spotřebu energie, teplotu procesoru a grafických karet v reálném čase. Měření proběhlo pod maximálním zatížením počítačů, které jsou určeny pro běžné domácí použití.

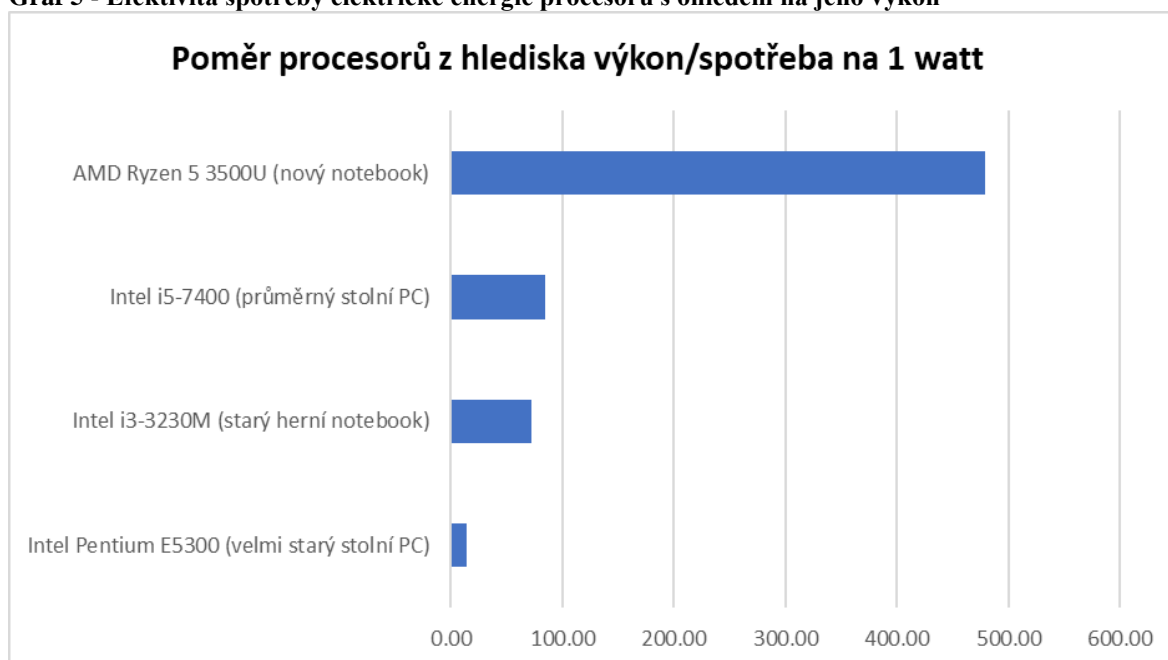
Z výsledků vyplývá, že procesory v notebooku mají zpravidla nižší spotřebu než ve stolních počítačích, čím novější jsou, tím efektivněji spotřebovávají elektrickou energii. Spotřeba energie starého i nového procesoru ve stolním počítači se zdá být stejná. Samozřejmě bylo očekáváno, že novější procesory v obou typech zařízení budou mít vyšší výkon, toto očekávání bylo naplněno.

Grafické karty ve stolních počítačích zpravidla bývají výkonnější než v notebookech, protože nejsou omežovány svou velikostí. Na druhou stranu výkon s sebou nese rapidně vyšší spotřebu energie. Notebooky jsou ke spotřebě energie shovívavější, avšak postrádají výkon a mají větší problémy s chlazením.

Tabulka 5 - Výsledky měření výkonu a spotřeby procesorů a grafických karet u různých typů počítačů

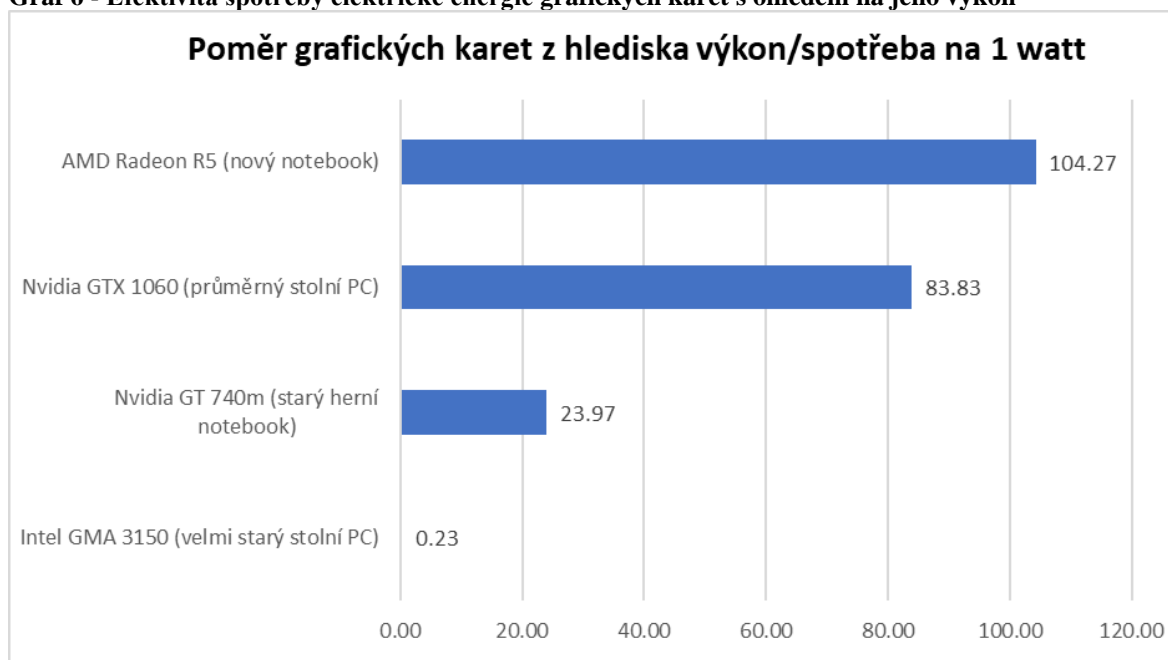
Typ počítače (zástupci)	Stáří počítače [roky]	Procesor	Benchmark	Spotřeba [W]	Grafická karta	Benchmark	Spotřeba [W]
Dnešní průměrný stolní počítač	2	Intel i5-7400	5517	65	Nvidia Geforce GTX 1060	10060	120
Nový notebook	1	AMD Ryzen 5 3500U	7180	15	AMD Radeon R5	1564	15
Velmi starý stolní počítač	12	Intel Pentium E5300	926	65	intel GMA 3150	3	13
Starý herní notebook	7	Intel i3-3230M	2535	35	Nvidia Geforce GT 740M	791	33

Graf 5 - Efektivita spotřeby elektrické energie procesorů s ohledem na jeho výkon



Graf zohledňuje efektivitu spotřeby procesorů na jeho výkon. V tomto případě tedy neznamena, že čím lepší výkon, tím lépe. Graf nám ukazuje, že zařízení s novějšími procesory jsou lépe optimalizované a efektivita spotřeby elektrické energie s ohledem na výkon je rapidně vyšší než u starších zařízení. Můžeme si i všimnout, že notebooky jsou ke spotřebě energie šetrnější než stolní počítače.

Graf 6 - Efektivita spotřeby elektrické energie grafických karet s ohledem na jeho výkon



Tento graf je založen na stejném principu jako graf předchozí, ale s rozdílem, že se jedná o grafické karty. Ani v tomto případě nemusí znamenat, že čím vyšší výkon, tím lépe, ale je opět zohledněna efektivita spotřeby na výkon zařízení. Výsledky se poměrně shodují s těmi předchozími. Novější grafické karty efektivněji využívají elektrickou energii. Zde si můžeme všimnout, že stolní počítač s grafickou kartou Nvidia Geforce 1060, která má ze všech ostatních rapidně největší výkon (viz. Tabulka 5, strana 49), nevyužívá při svém výkonu elektrickou energii tak efektivně, jako grafická karta AMD Radeon R5. Naopak velmi stará grafická karta Intel GMA 3150 má sice nejmenší spotřebu energie (viz. Tabulka 5, strana 49), ale oproti novějším kartám postrádá jak výkon, tak i efektivitu využití elektrické energie pro její běh.

3.5 Případová studie

Případová studie se skládala ze dvou částí. V první části bylo zjišťováno, jak uživatelé nakupují elektroniku, jak se jí zbavují a jestli si jsou vědomi nebezpečí, jaké představuje elektronický odpad. V druhé části byla respondentům podána stručná informační hodnota, jak to ve skutečnosti s elektronickým odpadem je. Poté bylo dotazováno, zda jsou tato zjištění překvapivá a zda se respondenti nad těmito problémy zamýšleli. Do případové studie se zapojilo 126 účastníků. První otázkou byl věk respondenta, aby bylo zajištěno zastoupení všech věkových skupin, to vedlo k upřesnění zbylých výsledků.

Nákup nové elektroniky

Případová studie naznačuje, že větší zařízení, tedy počítače a notebooky, lidé používají převážně alespoň 5 let nebo více, než si koupí nové. Naopak menší zařízení, jako jsou mobilní telefony nebo příslušenství, jsou nakupována častěji. Velkým faktorem se stal věk respondenta. Mladší lidé mnohem častěji kupují novější zařízení všech kategorií než starší populace. Viz. Graf 7 Otázka č. 1 - nákup nové elektroniky, str. 67.

Důvod nákupu nové elektroniky

Většina respondentů si kupuje nová zařízení pouze jako náhradu za stará dosloužilá, nebo odcizená. Zpravidla kvůli novým technologiím a výkonu si ji kupují pouze mladší lidé. Tyto výsledky souvisí s předchozí otázkou. Je pravděpodobné, že u menších zařízení

hrozí větší riziko poškození při přemístění z důvodu jejich kompaktnosti? Viz. Graf 8 Otázka č. 2 - důvod nákupu nové elektroniky, str. 67.

Nakládání se starou nepoužívanou elektronikou

Velká část respondentů si nechává starou elektroniku jako záložní, což může vést ke kumulaci elektroniky v domácnostech. Přestože jde o velice nízké zastoupení, někteří uživatelé bohužel vyhodí elektroniku do popelnice, což je nejhorší možný způsob. Spousta uživatelů svoje zařízení přenechává rodinným příslušníkům, nebo je daruje známým. Nejlepší způsob zbavení se elektroniky, který umožňuje zařízení recyklovat a materiály zpětně využít, volí asi 25 % lidí. Viz. Graf 10 Otázka č. 3 - nakládání s nepoužívanou elektronikou, str. 68.

Výskyt blízkého odběrového místa

Polovina respondentů má blízko domova místo zpětného odběru, nebo červený kontejner. 35 % tvrdí, že možnost odevzdat svou elektroniku v blízkosti jejich bydliště nemají. 14,5 % lidí není vůbec informováno, zda takové místo ve své blízkosti má. Graf nám tedy říká, že 85 % lidí přesně ví, kam vyřazenou elektroniku mají zanést. Viz. Graf 11 Otázka č. 4 - místa zpětného odběru, str. 68.

Povědomí o problémech elektroodpadu

Zajímavým zjištěním je, že 66 % lidí problém s elektroodpady neregistruje. Pouze 34 % lidí si je vědomo nějakých problémů s elektroodpady, které se zde vyskytují. Na vině může být nízká informovanost. Z předchozích výsledků již víme, že lidé nepoužívanou elektroniku do odběrových míst téměř neodnášejí. Kdyby byla informovanost o problémech s elektroodpady větší, mohlo by to lidi motivovat k řádnému odevzdávání nepoužívané elektroniky do odběrových míst. Viz. Graf 12 Otázka č. 5 - problém s elektroodpady, str. 69.

Povědomí a množství vygenerovaného elektroodpadu

Průměrně 1 obyvatel Evropy vygeneruje 16,2 kg elektroodpadu za 1 rok. 14,6 % respondentů dokázalo stanovit správně. 20,4 % lidí volila 11-15 kg. Pokud sečteme tyto 2 skupiny odpovědí, které nejlépe odrážely reálné hodnoty, dostaneme 35 % respondentů. Pokud tento výsledek porovnáme s výsledky předchozí otázky, kde 34 % respondentů si je vědomo problémů s elektroodpady, dostaneme se téměř na totožné hodnoty. Zbylých 65 % respondentů vidí množství vygenerovaného odpadu příliš optimisticky, což nám potvrzuje nevědomost problémů s elektroodpady z předchozí otázky, kde 66 % si je problémů

nevědomo. Viz. Graf 13 Otázka č. 6 - průměrně vygenerovaný odpad obyvatele EU za 1 rok, str. 69.

Povědomí o nebezpečných látkách

Drtivá většina uživatelů ví, že nějaké nebezpečné látky počítače obsahují, to znamená, že informovanost je na dobré úrovni. Avšak 14,6 % lidí o nebezpečných látkách v počítačích neví, tudíž je ještě prostor ke zlepšení, informovanost stále není excelentní. Viz. Graf 14 Otázka č. 7 - nebezpečné látky v počítačích, str. 70.

Informovanost nebezpečných látek v počítačích

Počítač obsahuje všech 5 zmíněných nebezpečných látek, tj chrom, beryllium, rtuť, kadmium a olovo. Nejvíce si lidé vzpomněli na olovo, pravděpodobně díky dobré informovanosti o složení starých CRT obrazovek. Překvapivé je, že poměrně spousta respondentů dokázala odhalit i všechny ostatní nebezpečné látky, tudíž nějaké obecné povědomí o nebezpečných látkách obsažených v počítačích má. Viz. Graf 15 Otázka č. 8 - obsah nebezpečných látek v počítači, str. 70.

Reakce respondentů na reálné výsledky

Po ukázání skutečných výsledků, byla největší část respondentů překvapena. Poměrně velké procento lidí si tyto problémy uvědomuje. Bohužel asi 10 % odpovědělo, že jim na tom nezáleží. Viz. Graf 16 Otázka č. 9 - překvapenost respondentů, str. 71.

Motivace pro odevzdání elektroniky v odběrových místech

Největší motivací pro odevzdání elektroniky v místech zpětného odběru se stala ochrana životního prostředí. Finanční odměna skončila až na druhém místě. Objevily se ale i zajímavé odpovědi, ve kterých respondenti nejčastěji uváděli, že by rádi odevzdali elektroniku, pokud by si pro ni někdo přijel, nebo pokud by byla v místě jejich bydliště odběrová místa. Viz. Graf 17 Otázka č. 10 - motivace odevzdání elektroniky v místech zpětného odběru, str. 71.

Podnícení respondentů k zamyšlení

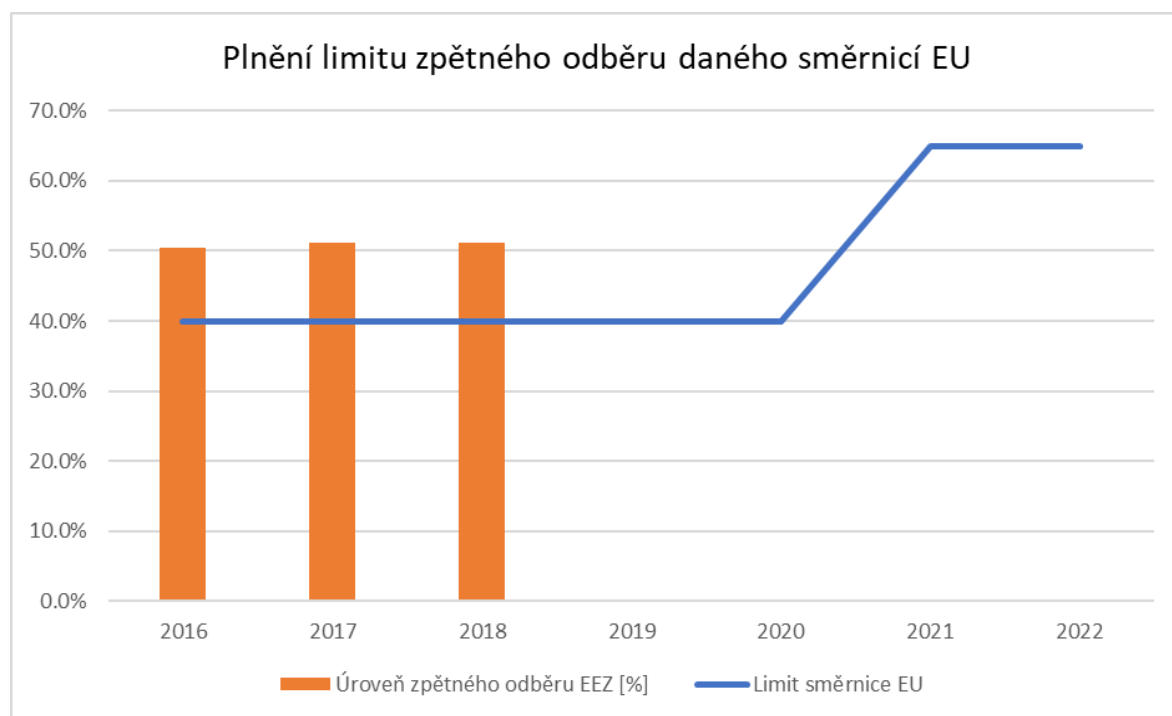
Přes 60 % respondentů jsem podnítl k zamyšlení se nad situací související s nebezpečím, jež je spojeno s elektroodpadem. Jelikož se jedná o většinu, pokládám to za úspěch. Doufám, že až někdy budou nějak zacházet se starou elektronikou, vzpomenou si na tato čísla a o svém povědomí se podělí s ostatními. Viz. Graf 18 Otázka č. 11 - podnícení k zamyšlení, str. 72.

4 Výsledky a diskuse

4.1 Plnění limitu zpětného odběru České republiky daného směrnicí EU

Od roku 2016 je limit pro Českou republiku stanoven na 40 %, tento limit bude trvat do roku 2020. Limit daný směrnicí EU je zobrazen v tabulce 1 - Minimální stanovená úroveň zpětného odběru pro Českou republiku od roku 2016 na straně 38. Jak si můžeme všimnout v tabulce 2 - Zpětný odběr v ČR od roku 2006 do roku 2018 na straně 43, Česká republika limit splnila ve všech třech dosažených letech, a bude-li takto nadále pokračovat do roku 2020, bude tyto stanovené limity splňovat i nadále. Od roku 2021 se limit navýší na 65 %. Od roku 2016 do roku 2018 je sice limit s rezervou splněn, ale dochází ke stagnaci a zpětný odběr se nezvyšuje. Pro splnění limitu 65 % od roku 2021 je potřeba zpětný odběr zvýšit asi o 15 %, a to v tomto ohledu není malé číslo, na splnění nezbyvá příliš mnoho času.

Graf 7 - Plnění limitu směrnice EU



4.1.1 Plnění limitu jednotlivých firem v roce 2018

94 % zpětného odběru elektroodpadu České republiky zajišťují 4 největší společnosti (viz Graf 2 - Podíl zpětného odběru společností v ČR za rok 2018, str. 46). Limit zpětného odběru pro rok 2018 byl 40 %. 3 ze 4 zkoumaných společností limit splnily, ale bohužel společnost RETELA s.r.o. dosáhla zpětného odběru pouze 37,5 % a limit tedy nesplnila. V kapitole 2.5 Zákon o nakládání s elektrozařízením a elektroodpadem na straně 38 v druhém odstavci je vysvětleno, že tento limit je však platný pouze pro celý stát jako celek. Přestože samotná společnost RETELA s.r.o. tedy limit nesplnila, směrnice EU není porušena, protože byla splněna v celostátním měřítku, pro který je platná.

4.2 Spotřeba materiálu na výrobu počítačů a jejich recyklovatelnost

Vědec Hang-Sik Shin se zabýval recyklovatelností počítačů a v roce 2006 publikoval svou studii, kde stanovil, že recyklovatelnost počítače je průměrně 46 %. Dále konstatoval, že ideální recyklovatelnost je samozřejmě 100 %, ale za účelem snížení ekologické zátěže počítačů na životní prostředí doporučil zvýšit recyklovatelnost alespoň na 63 %. ⁸² Tato studie byla potvrzena a výsledky se shodují s tabulkou 4 na straně 48. Recyklovatelnost počítače je 49 % a notebooku 39 %. I přes desetiletý odstup jsou výsledky recyklovatelnosti stále stejné a nedošlo k požadovanému zlepšení alespoň na 63 %, jak již bylo zmíněno. Recyklovatelnost kovů je na dobré úrovni a dosahuje 85-87 %, ale na druhou stranu obtížnější recyklovatelnost plastů, jež je přiblížena v prvním odstavci kapitoly 2.3.3 Možnosti recyklace plastů počítačového odpadu na straně 28, požadovaných výsledků nedosahuje.

4.3 Spotřeba elektrické energie počítačů

Jonathan Koomey a jeho vědecký tým prováděl výzkum v oblasti výkonu mikroprocesorů počítače a jejich efektivity využití elektrické energie. Na základě jeho výzkumu konstatoval, že přibližně každých 18 měsíců se efektivita spotřeby elektrické

⁸² SHIN, Hang-Sik. *Life Cycle Assessment of a Personal Computer and its Effective Recycling Rate*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2006 [cit. 2021-1-01]. s. 122-128.

energie ve výpočetních systémech zdvojnásobí.⁸³ Tento výzkum byl potvrzen výsledky měření v praktické části bakalářské práce v tabulce č. 5 na straně 49. Grafy 5 a 6 na straně 50 nám názorně ukazují efektivitu zkoumaných zařízení. Můžeme z nich vyčíst, že nové počítače jednoznačně vykazují lepší efektivitu než ty staré. Prokázáním tohoto tvrzení na základě naměřených výsledků můžeme konstatovat, že jsme schopni konstruovat počítače se stále zvyšující se efektivitou spotřeby elektrické energie. Měření proběhlo na počítačích běžného uživatele v domácnosti při maximálním zatížení.

4.4 Vyhodnocení případové studie

Případová studie se zaměřovala na všechny věkové kategorie. Cílem bylo zjistit, jak se nakládá s elektronikou po vyřazení z aktivního používání, jaká je informovanost o možných nebezpečích, která jsou s vyřazenou elektronikou spjatá. Výsledné hodnoty jsou interpretovány v příloze na stranách 67-72 a okomentovány v kapitole 3.5 Případová studie na stranách 51-53.

Bishal Nagarkoti provedl studii zaměřenou na chování uživatelů mobilních telefonů. Zjistil, že lidé začínají používat mobilní telefony mnohem více než počítače. Studie naznačuje, že uživatelé chytrých mobilních telefonů začínají dokonce používat mobilní telefony namísto počítačů i doma. Hlavním důvodem je všestrannost mobilního telefonu a kompaktnost oproti počítači.⁸⁴ Výsledky mé případové studie ukazují, že lidé mnohem častěji nakupují mobilní telefony než počítače. S vysokou pravděpodobností lidé dnes nakupují mobilní telefony více než počítače právě kvůli všestrannosti. Dalším důležitým faktorem je věk. Mladší častěji prahnou po nových technologiích a inovacích, proto obměňují mobilní telefony a počítače častěji, přestože stále dobře fungují. Naopak starší nahrazují svá zařízení novějšími pouze, když už je to nutné.

Z případové studie vychází najevo, že většina respondentů si ponechává starou elektroniku jako záložní, což vede ke kumulaci vyřazené elektroniky v domácnostech, ta není recyklována a její materiály nejsou opětovně využity. Pouze 25 % respondentů zanesou nepoužívanou elektroniku do míst zpětného odběru. Tento výsledek může mít velký dopad

⁸³ KOOMEY, Jonathan, Stephen BERARD, Marla SANCHEZ a Henry WONG. *Implications of Historical Trends in the Electrical Efficiency of Computing*. IEEE Computer Society, 2011 [cit. 2021-3-03]. ISBN 1058-6180.

⁸⁴ NAGARKOTI, Bishal. *Factors Influencing Consumer Behavior of Smartphone Users* [online]. Arcada, 2014 [cit. 2021-3-06]. Dostupné z: <https://www.theseus.fi/handle/10024/70466>

na množství zpětně odebrané elektroniky (viz. Tabulka 2 - Zpětný odběr v ČR od roku 2006 do roku 2018). V rámci osvěty lze očekávat, že tento nakumulovaný elektronický odpad je poté odevzdán do míst zpětného odběru. Vědkyně Victoria Gill tvrdí, že kumulace elektroniky v domácnostech je běžná. Z jejího průzkumu vyšlo najevo, že v každé domácnosti je alespoň jedno staré nepoužívané elektronické zařízení a ve 45% domácností dokonce 2-5. Zařízení ale obsahují neobnovitelné přírodní suroviny a jejich poptávka stoupá, proto je třeba zařízení recyklovat, aby došlo k opětovnému využití těchto zdrojů. Pokud vlastníme nějakou nepoužívanou vyřazenou elektroniku, nejlepším řešením je odevzdat ji do míst zpětného odběru, kde bude zajištěna její recyklace.⁸⁵

Počet odběrových míst a červených kontejnerů v České republice přesahuje 50 000 (viz. Kapitola 3.1 České firmy zabývající se zpětným odběrem a recyklací elektroodpadu). 85 % respondentů přesně ví, kde se takové nejbližší místo nachází (viz. Graf 11 Otázka č. 4 - místa zpětného odběru), což nám značí, že počet odběrových míst je dostatečný. Zbylých 15 % neví, kde se odběrové místo nachází. Důvodem může být nezáměr respondentů recyklovat. To nám naznačuje i Graf 16 Otázka č. 9 - překvapenost respondentů, kde se 11 % respondentů nezajímá o problém s elektroodpadem.

Devin N. Perkins a jeho výzkumný tým prováděli studii o elektroodpadu nebezpečných látkách v EEZ. Poukázali na nebezpečné látky v elektronice, mezi nimiž jsou: chrom, beryllium, rtuť, kadmium a olovo. Prohlásili, že by měly být implementovány programy zaměřené na elektroodpad a toxické látky, jež jsou v nich obsaženy. Je potřeba zvýšit informovanost o tomto nebezpečí, každý občan by měl mít o problému nějaké povědomí.⁸⁶ V grafu 12 Otázka č. 5 - problém s elektroodpady je zřetelně vidět, že informovanost respondentů je nedostatečná. Pouze 34 % respondentů si je nějakých problémů vědomo. Informovanost o problémech je potřeba zvýšit na maximální úroveň. V grafu 13 Otázka č. 6 - průměrně vygenerovaný odpad obyvatele EU za 1 rok, pouze 35 % respondentů dokázalo přibližně stanovit množství odpadu generovaného obyvatelem. Tato špatná informovanost je zde potvrzena a výsledky se shodují s předchozím grafem. Na druhou stranu v grafu 14 Otázka č. 7 - nebezpečné látky v počítačích vidíme, že 85 % respondentů ví o přítomnosti nebezpečných látek v počítači. Zde je tedy informovanost

⁸⁵ GILL, Victoria. *Millions of old gadgets 'stockpiled in drawers'* [online]. 2019 [cit. 2021-3-06]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/science-environment-49409055>

⁸⁶ PERKINS, Devin N., Marie-Noel Brune DRISSE, Tapiwa NXELE a Peter D. SLY. *E-Waste: A Global Hazard* [online]. 2014 [cit. 2021-3-07]. Dostupné z: <https://annalsofglobalhealth.org/articles/abstract/10.1016/j.aogh.2014.10.001/>

mnohem lepší. Většina respondentů tedy ví, že počítače nebezpečné látky obsahují, ale už příliš neví jaké. Tyto výsledky nám ukazuje graf 15 Otázka č. 8 - obsah nebezpečných látek v počítači.

Centrum pro výzkum veřejného mínění publikovalo zprávu o postoji české společnosti k životnímu prostředí. Průzkum ukázal, že společnost se každým rokem více angažuje k aktivitám, které jsou prospěšné pro životní prostředí⁸⁷. To nám potvrzuje graf 17 Otázka č. 10 - motivace odevzdání elektroniky v místech zpětného odběru. 48 % respondentů by zaneslo elektroodpad do míst zpětného odběru z důvodu ochrany životního prostředí.

Skutečná situace o nebezpečí, které přináší elektroodpad, byla nastíněna ve druhé části případové studie. Pro velkou část se jednalo o překvapivé zjištění (viz. graf 16 Otázka č. 9 - překvapenost respondentů), ale s úspěchem mohu říct, že jsem touto případovou studií většinu zúčastněných respondentů podnítil o této situaci nejen popřemýšlet, ale možná i lépe s elektronikou v budoucnosti zacházet (viz. graf 18 Otázka č. 11 - podnícení k zamyšlení).

⁸⁷ CENTRUM PRO VÝZKUM VEŘEJNÉHO MÍNĚNÍ. *Tisková zpráva: Postoje a aktivity české společnosti vzhledem k životnímu prostředí – květen 2018*. Sociologický ústav AV ČR, 2018 [cit. 2021-3-07].

Závěr

Hlavním cílem této práce byl průzkum procesu recyklace počítače a jeho negativního vlivu na životní prostředí. Přestože se bez počítačů již neobejdeme a velmi nám ulehčují život, nesou s sebou spoustu negativních vlivů po celý jejich životní cyklus, především při jejich likvidaci. Zacházení s vyřazenou elektronikou nám sice určuje již legislativa, přesto si všichni musíme uvědomit, co za používáním a likvidováním počítačů stojí, a nebrat to na lehkou váhu. Legislativa určující minimální zpětný odběr byla v práci porovnána s reálnými výsledky společností České republiky. Výsledné porovnání, které je zobrazeno v grafu 7 - Plnění limitu směrnice EU na straně 54, nám ukázalo, že Česká republika plní limity dané směrnicí EU s dostatečnou rezervou.

Počítače obsahují spoustu cenných a neobnovitelných látek, proto je potřeba počítače zanést do míst zpětného odběru a řádně je recyklovat, aby tyto látky mohly být opětovně využity. Obsah těchto látek byl rozebrán v teoretické části práce. V tabulce 4 - Spotřeba materiálů na výrobu počítače a jeho míra návratnosti na 1 kg na straně 48 je zobrazeno množství látek a jejich poměr v počítači. Dále bylo poukázáno na jejich aktuální recyklovatelnost. Výsledná hodnota byla porovnána s požadovanou hodnotou recyklovatelnosti. Ukázalo se, že recyklovatelnost nedosahuje požadované úrovně.

V práci bylo poukázáno na problém obrovské zátěže počítačů na energetickou síť. Odborníci tvrdí, že jsme schopni konstruovat počítače se stále efektivnější spotřebou elektrické energie, tato efektivita je zdvojnásobena přibližně každých 18 měsíců. Toto tvrzení bylo potvrzeno výsledky autorova měření, které nalezneme v tabulce 5 - Výsledky měření výkonu a spotřeby procesorů a grafických karet u různých typů počítačů. Jsme opravdu schopni konstruovat nejen výkonnější počítače, ale i energeticky efektivnější.

Dále byla provedena případová studie, jež se zaměřovala na nakládání veřejnosti s elektronikou. Studie potvrdila trend chytrých mobilních telefonů, které začínají v běžných činnostech nahrazovat počítače. Nepoužívaná elektronika je v domácnostech kumulována a pouze 25 % respondentů ji přináší do míst zpětného odběru (viz. graf 10 Otázka č. 3 - nakládání s nepoužívanou elektronikou). Počet sběrných míst je dostatečný a přehled respondentů o jejich umístění je dobrý (viz. graf 11 Otázka č. 4 - místa zpětného odběru). Informovanost o problémech elektroodpadů je nízká (viz. graf 12 Otázka č. 5 - problém s elektroodpady) a povědomí o množství tohoto odpadu tuto špatnou informovanost utvrzuje (viz. graf 13 Otázka č. 6 - průměrně vygenerovaný odpad

obyvatele EU za 1 rok). Informovanost o nebezpečných látkách v počítačích je lepší (viz. graf 14 Otázka č. 7 - nebezpečné látky v počítačích), avšak respondenti jsou si sice vědomi, že nějaké nebezpečné látky počítače obsahují, ale nevědí přesně jaké (viz. graf 15 Otázka č. 8 - obsah nebezpečných látek v počítači). Zájem respondentů o ochranu životního prostředí se zvyšuje (viz. graf 17 Otázka č. 10 - motivace odevzdání elektroniky v místech zpětného odběru), což také potvrdilo centrum pro výzkum veřejného mínění.

Na základě vypracování této bakalářské práce a zjištěným výsledkům bych chtěl prezentovat několik návrhů, které by mohly přispět ke zlepšení situace. Je potřeba zvýšit informovanost společnosti o problémech a nebezpečí elektroodpadu. Řada obyvatel o problémech neví, nebo neprojevuje zájem. Jedním ze způsobů by mohlo být zřízení zábavného programu pro děti, který by přiblížil recyklaci dětem ve školách a školkách. Je potřeba, aby recyklace byla brána jako samozřejmost, a ne pouze jako činnost dobré vůle. Dalším návrhem je snížení použití plastů při výrobě počítačů z důvodů jejich špatné míry recyklovatelnosti. Jedním z problémů, které je třeba řešit, je obrovská zátěž počítačů na síť elektrické energie. Je potřeba vypínat počítače v případě neaktivního používání a nenechávat je zapnuté přes noc. Dalším přínosem práce je informační hodnota, která byla předána respondentům při jejich spolupráci na případové studii. Důležité také bylo podnícení respondentů k zamyšlení se nad aktuální situací s elektroodpadem (viz. graf 18 Otázka č. 11 - podnícení k zamyšlení).

5 Seznam použitých zdrojů

ADEBIS, Jeleel Adekunle. FUNDAMENTALS OF COMPUTER STUDIES. University of Ilorin, 2013 [cit. 2020-11-16].

ALERING, Alisa. Surprising ways computers are greening our planet [online]. 2017 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://sciencenode.org/feature/5-surprising-ways-computers-are-greening-our-world.php>

ASEKOL A.S. O nás [online]. [cit. 2021-1-17]. Dostupné z: <https://www.asekol.cz/o-nas/>
CAI, Jin. Raw Materials of CPU [online]. 2016 [cit. 2020-11-04]. Dostupné z: <http://www.designlife-cycle.com/cpu>

CENTRUM PRO VÝZKUM VEŘEJNÉHO MÍNĚNÍ. Tisková zpráva: Postoje a aktivity české společnosti vzhledem k životnímu prostředí – květen 2018. Sociologický ústav AV ČR, 2018 [cit. 2021-3-07].

COMPUTER HOPE. Keyboard [online]. 2020 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://www.computerhope.com/jargon/k/keyboard.htm>

COMPUTER HOPE. Printer [online]. 2019 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.computerhope.com/jargon/p/printer.htm>

CONROY, Shaun. How Are Motherboards Made: Understanding The Process Of Motherboard Manufacturing [online]. 2020 [cit. 2020-10-17]. Dostupné z: <https://www.wepc.com/tips/how-are-motherboards-made-manufacturing>

CRUCIAL. SSD vs. HDD [online]. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://www.crucial.com/articles/about-ssd/ssd-vs-hdd>

ČESKO. Zákon č. 185 ze dne 15. května 2001 o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: Sbírka zákonů České republiky. 2001, částka 71, s. 4074-4113.

ELEKTROWIN A.S. O společnosti [online]. [cit. 2021-1-17]. Dostupné z: <https://www.elektrowin.cz/cs/o-spolecnosti.html>

EYGEN, Emile Van, Steven De MEESTER, Ha Phuong TRAN a Jo DEWULF. Resources, Conservation and Recycling: Resource savings by urban mining: The case of desktop and laptop computers in Belgium [online]. 2016 [cit. 2021-1-01]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344915301269>

FORTI, Vanessa, Cornelis Peter BALDÉ, Ruediger KUEHR a Garam BEL. The Global E-waste Monitor 2020. UNU/UNITAR and ITU, 2020. ISBN 978-92-808-9114-0.

GE ADDITIVE. Metals in Additive Manufacturing [online]. 2017 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing/information/metal-additive-manufacturing-materials>

GILL, Victoria. Millions of old gadgets 'stockpiled in drawers' [online]. 2019 [cit. 2021-3-06]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/science-environment-49409055>

GOODMAN, Paul. Computer Basics: What Is an Output Device [online]. 2020 [cit. 2020-10-24]. Dostupné z: <https://turbofuture.com/computers/Computer-Basics-10-Examples-of-Output-Devices>

GOODMAN, Paul. What Is an Input Device [online]. 2020 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://turbofuture.com/computers/Examples-of-Input-Devices>

GREEN, Emily. Computers Impact the Environment [online]. 2013 [cit. 2020-9-13]. Dostupné také z: <https://usgreentechnology.com/green-jobs-is-your-laptop-destroying-the-environment-a-look-at-pc-consumption/>

HARDING, Scharon. A Basic Definition of Graphics Cards [online]. 2018 [cit. 2020-11-10]. Dostupné z: <https://www.tomshardware.com/reviews/gpu-graphics-card-definition,5742.html>

HOW PRODUCTS ARE MADE. Cathode-Ray Tube [online]. [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: <http://www.madehow.com/Volume-2/Cathode-Ray-Tube.html>

HOW PRODUCTS ARE MADE. Stereo Speaker [online]. 2018 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <http://www.madehow.com/Volume-7/Stereo-Speaker.html>

KOOMEY, Jonathan, Stephen BERARD, Marla SANCHEZ a Henry WONG. Implications of Historical Trends in the Electrical Efficiency of Computing. IEEE Computer Society, 2011 [cit. 2021-3-03]. ISBN 1058-6180.

LECHÊNE, Robert. Printing [online]. [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/printing-publishing/Printing-inks>

MADEHOW. Computer mouse [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <http://www.madehow.com/Volume-5/Computer-Mouse.html>

MAIER, Casandra. How Do Computers Pollute the Environment [online]. 2019 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://sciencing.com/how-do-computers-pollute-the-environment-13660586.html>

MARTINDALE, Jon. What is RAM [online]. 2020 [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/computing/what-is-ram/>

MATERION. PC-RAM Materials [online]. [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://materion.com/-/media/files/advanced-materials-group/me/materion-pc-ram-materials.pdf>

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Elektrozařízení [online]. [cit. 2020-9-17]. Dostupné z: <https://www.mzp.cz/cz/elektrozarizeni>

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Vybrané ukazatele odpadového hospodářství v oblasti odpadních elektrických a elektronických zařízení za rok 2018. 2020 [cit. 2021-1-28].

NAGARKOTI, Bishal. Factors Influencing Consumer Behavior of Smartphone Users [online]. Arcada, 2014 [cit. 2021-3-06]. Dostupné z: <https://www.theseus.fi/handle/10024/70466>

OIDE, Josh. The life cycle of lcd televisions [online]. 2018 [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: <http://www.designlife-cycle.com/lcd-televisions>

PERKINS, Devin N., Marie-Noel Brune DRISSE, Tapiwa NXELE a Peter D. SLY. E-Waste: A Global Hazard [online]. 2014 [cit. 2021-3-07]. Dostupné z: <https://annalsofglobalhealth.org/articles/abstract/10.1016/j.aogh.2014.10.001/>

REMA SYSTÉM, A.S. O nás [online]. [cit. 2021-1-17]. Dostupné z: <https://www.rema.cloud/o-nas-2/>

RETELA, S.R.O. O nás [online]. [cit. 2021-1-17]. Dostupné z: <https://www.retela.cz/o-nas>

SAHANA. Types of Printers [online]. 2020 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.classmate4u.com/types-of-printers/>

SAMOSEBOU. RECYKLACE [online]. [cit. 2020-10-31]. Dostupné z: https://www.samosebou.cz/dictionary/recyklace/?fbclid=IwAR3EbKX2k-3L84X2DeP-p0RTY48tO6o4eRx1D1ulWxJ5khMInEH_8w1pHUo

SHIN, Hang-Sik. Life Cycle Assessment of a Personal Computer and its Effective Recycling Rate. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2006 [cit. 2021-1-01].

SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2012/19/EU ze dne 4. července 2012 o odpadních elektrických a elektronických zařízeních (OEEZ). In: L 197/38.

STEINERT. NEAR-INFRARED SORTING [online]. [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://steinertglobal.com/magnets-sensor-sorting-units/sensor-sorting/nir-sorting-systems/>

SUNIL, Suresh, Sateesh BONDA, Smita MOHANTY a Sanjay NAYAK. Process Safety and Environmental Protection: A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling techniques. Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials (LARPM), Central Institute of Plastics Engineering and Technology (CIPET), B-25, CNI complex, Patia, Bhubaneswar, Odisha, 751024 India, 2018. ISBN: 0957-5820

TECHOPEDIA. Output Device [online]. 2020 [cit. 2020-10-24]. Dostupné z: <https://www.techopedia.com/definition/3538/output-device>

TŘÍDĚNÍ ODPADU. CO JE TO RECYKLACE [online]. [cit. 2020-10-31]. Dostupné z:<https://www.trideniodpadu.cz/recyklace?fbclid=IwAR0g1ndwaUHBcGk5iQscimwM1kP2en3guPIDtCYvZXbXOaOoOCKLhqTLHfi>

TYSON, Jeff a Carmen CARMACK. How Computer Monitors Work [online]. [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: <https://computer.howstuffworks.com/monitor.htm>

TYSON, Jeff, Tracy V. WILSON a Chris POLLETTE. How Computer Keyboards Work [online]. 2018 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://computer.howstuffworks.com/keyboard.htm>

WATSON, Catie. How Does a CPU Work [online]. 2018 [cit. 2020-11-04]. Dostupné z: <https://www.techwalla.com/articles/how-does-a-cpu-work>

WHEELER, Andrew. From Sand to Microchips and Memory Cards: The Integrated Circuits of CPUs, GPUs, and RAM [online]. 2018 [cit. 2020-11-10]. Dostupné z: <https://www.engineering.com/Hardware/ArticleID/17668/What-Raw-Materials-Are-Used-to-Make-Hardware-in-Computing-Devices.aspx>

WHEELER, Andrew. What Raw Materials Are Used to Make Hardware in Computing Devices [online]. 2018 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.engineering.com/Hardware/ArticleID/17668/What-Raw-Materials-Are-Used-to-Make-Hardware-in-Computing-Devices.aspx>

WOODFORD, Chris. Computer keyboards [online]. 2020 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://www.explainthatstuff.com/computerkeyboards.html>

WOODFORD, Chris. Computer mice [online]. 2020 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://www.explainthatstuff.com/computermouse.html>

6 Přílohy

Případová studie – nakládání občanů s elektronikou

1. Kolik je Vám let?
 - Méně než 18
 - 18-29
 - 30-39
 - 40-49
 - 50 a více

2. Jak často si kupujete nový stolní počítač nebo notebook?
 - Každé 1-2 roky
 - Každých 3-5 let
 - Zařízení používám 5 a více let (než si koupím nové)

3. Jak často si kupujete nový mobilní telefon?
 - Každé 1-2 roky
 - Každých 3-5 let
 - Zařízení používám 5 a více let (než si koupím nový)

4. Jak často si kupujete příslušenství k PC? (myši, klávesnice, reproduktory, sluchátka, atd...)
 - Každé 1-2 roky
 - Každých 3-5 let
 - Zařízení používám 5 let a více (než si koupím nové)

5. Z jakého důvodu si kupujete novou elektroniku?
 - Chci novější, výkonnější
 - Pouze pokud se mi mé zařízení poškodí, nebo z důvodu odcizení
 - Jiné:

6. Co děláte se starou nepoužívanou elektronikou?
 - Jednoduše ji vyhodím do popelnice
 - Daruji
 - Prodám
 - Ponechám si ji jako záložní
 - Zanesu ji do míst zpětného odběru/výkupu, nebo do červeného kontejneru
 - Jiné:

7. Vyskytuje se ve Vaší blízkosti místo zpětného odběru, nebo červený kontejner?
 - Ano
 - Ne
 - Nevím

8. Máte pocit, že se u nás vyskytuje nějaký problém s elektroodpady?
 - Ano
 - Ne

9. Dokázali byste stanovit kolik kilogramů elektroodpadu průměrně vygeneruje 1 obyvatel Evropy ročně?
- 1-3 kg
 - 4-7 kg
 - 8-10 kg
 - 11-15 kg
 - Více než 15 kg
10. Věděli jste, že počítačová zařízení obsahují nebezpečné a jedovaté látky?
- Ano
 - Ne
11. Všechny tyto látky jsou nebezpečné pro lidské zdraví, nebo životní prostředí. Dokázali byste stanovit, které látky počítačové součástky obsahují? (více možností)
- Olovo
 - Kadmium
 - Rtuť
 - Beryllium
 - Chrom

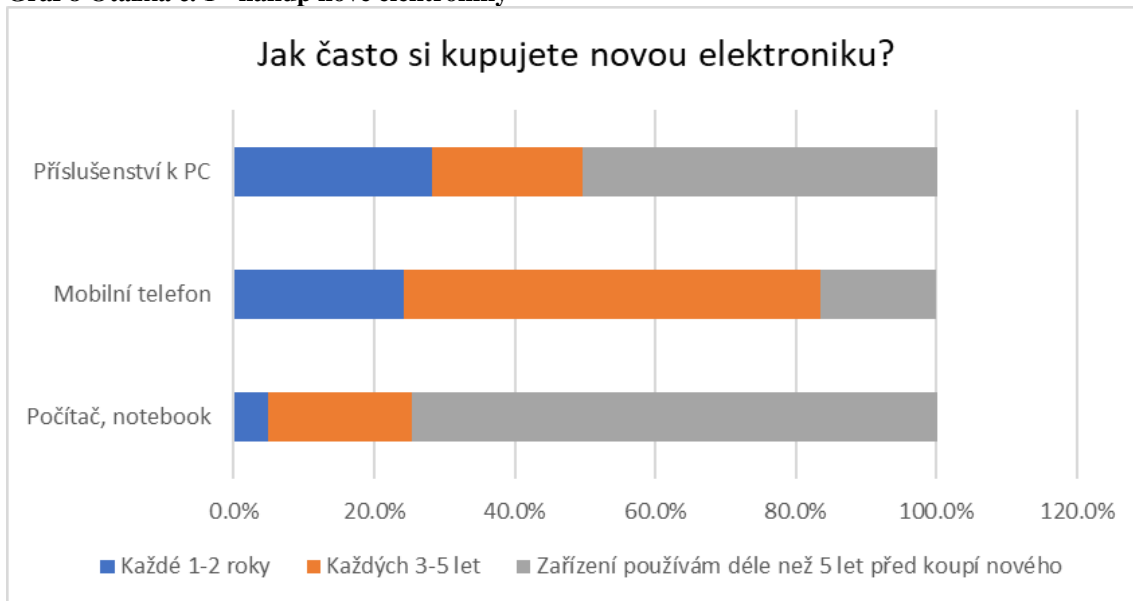
Jak je to doopravdy?

1 obyvatel Evropy průměrně ročně vygeneruje 16,2 kg elektroodpadu, to je 12 000 tun elektroodpadu na území Evropy ročně. Pro představu průměrná váha mobilního telefonu je mezi 140-170 gramy, notebook asi 2,3 kg, televize 15 kg a lednice 50 kg. Počítačové součástky obsahují všech 5 zmíněných nebezpečných látek, tedy olovo, kadmium, rtuť, beryllium a chrom. Dále také obsahuje spoustu neobnovitelných přírodních látek. Bohužel velká část elektronického odpadu končí na smetišti a není správně recyklována či zlikvidována.

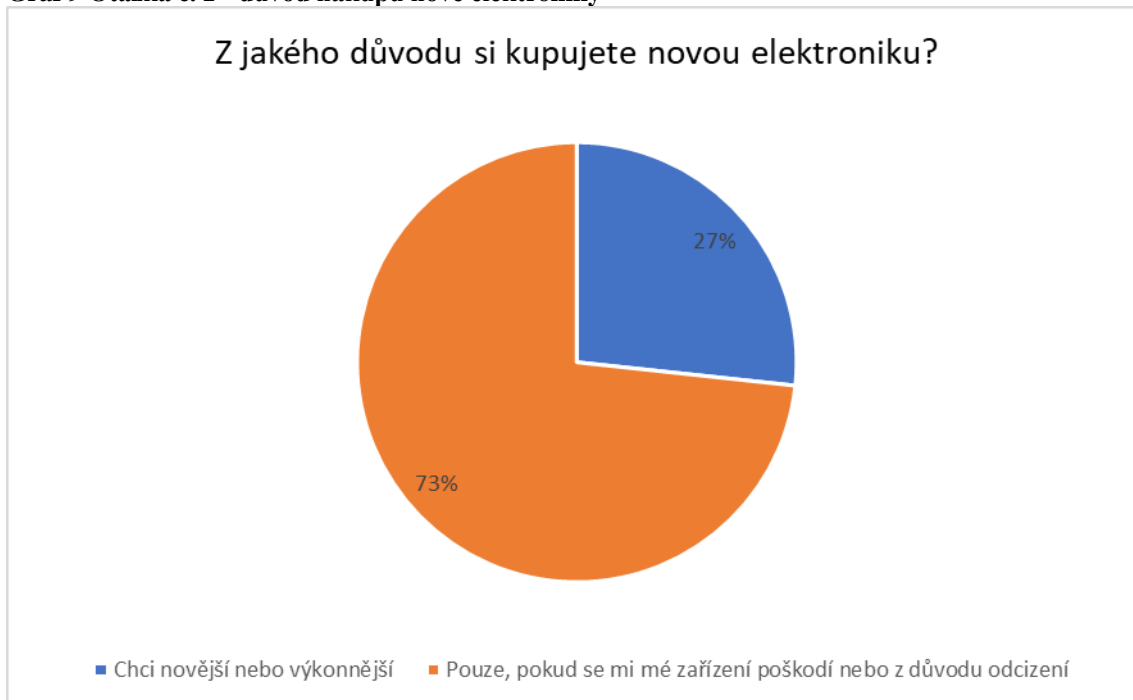
12. Je to pro Vás překvapivé zjištění?
- Ne, jsem si vědom těchto problémů
 - Ano, nedokážu si takové množství ani představit
 - Je mi to jedno
 - Jiné:
13. Co by pro Vás bylo největší motivací k tomu, abyste zanesli starou elektroniku do míst zpětného odběru?
- Finanční odměna
 - Poukázky, slevy na budoucí nákupy
 - Ochrana životního prostředí
 - Jiné:
14. Podnítl Vás tento dotazník k zamyšlení se nad situací a budoucím nakládáním s elektronickým odpadem?
- Ano
 - Ne

Výsledky případové studie

Graf 8 Otázka č. 1 - nákup nové elektroniky



Graf 9 Otázka č. 2 - důvod nákupu nové elektroniky



Graf 10 Otázka č. 3 - nakládání s nepoužívanou elektronikou



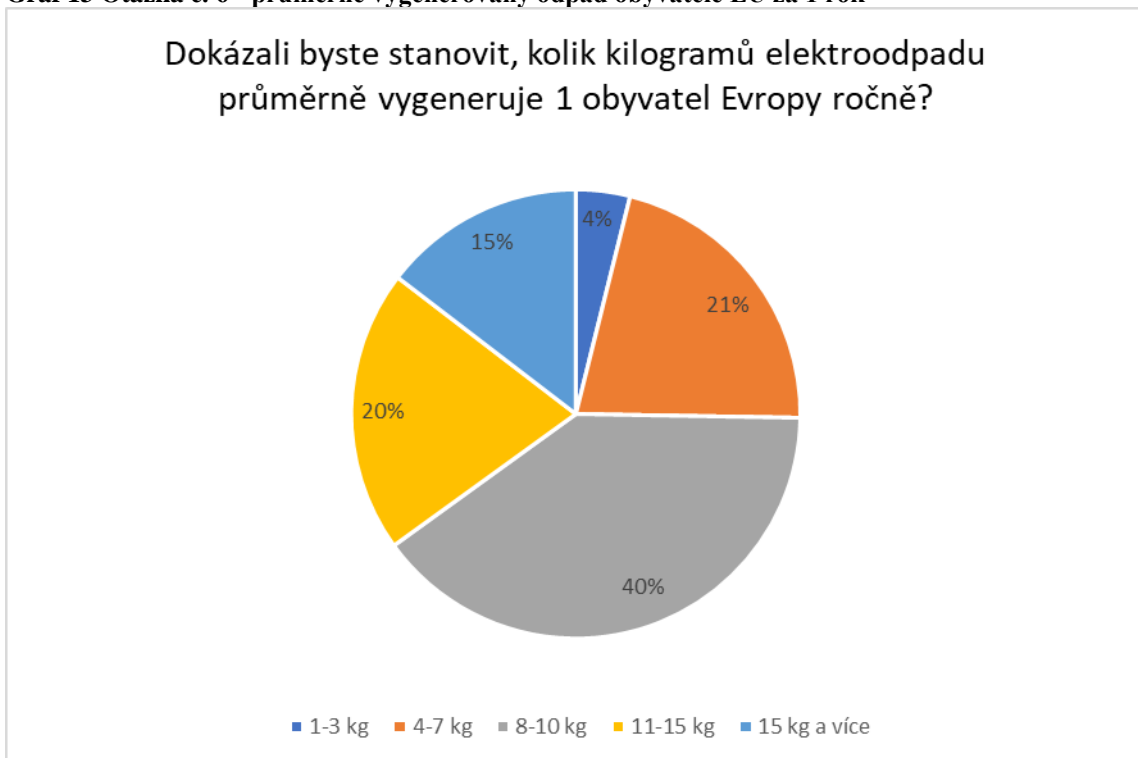
Graf 11 Otázka č. 4 - místa zpětného odběru



Graf 12 Otázka č. 5 - problém s elektroodpady



Graf 13 Otázka č. 6 - průměrně vygenerovaný odpad obyvatele EU za 1 rok



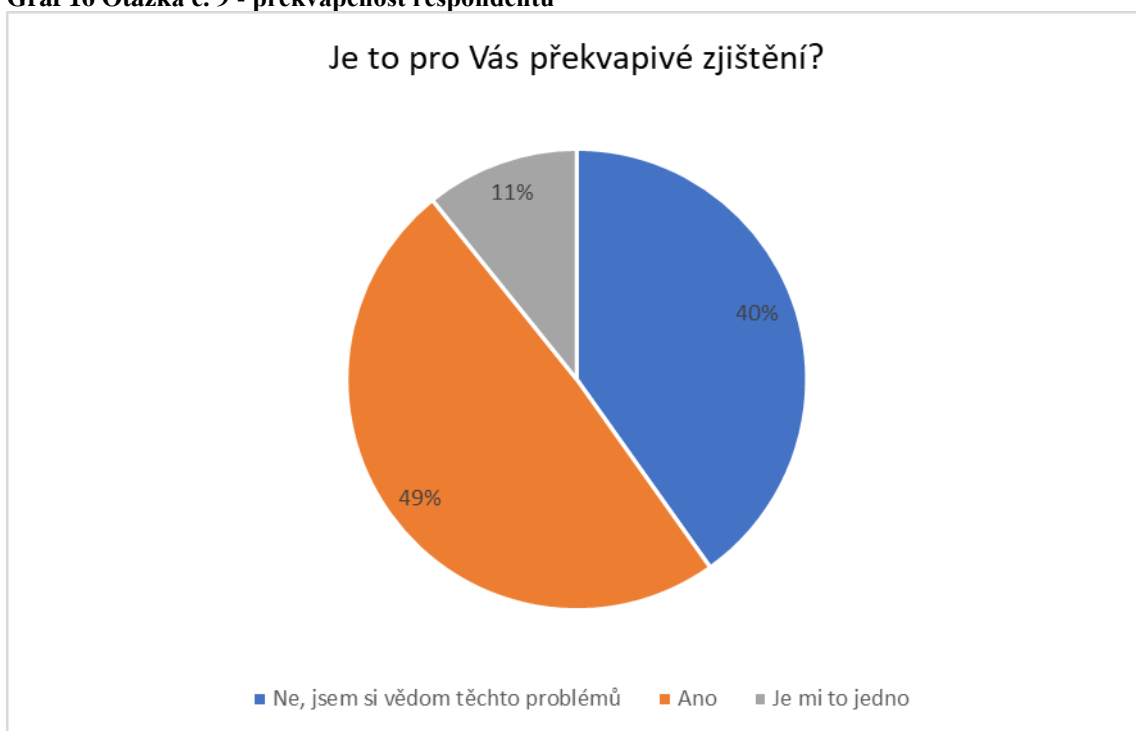
Graf 14 Otázka č. 7 - nebezpečné látky v počítačích



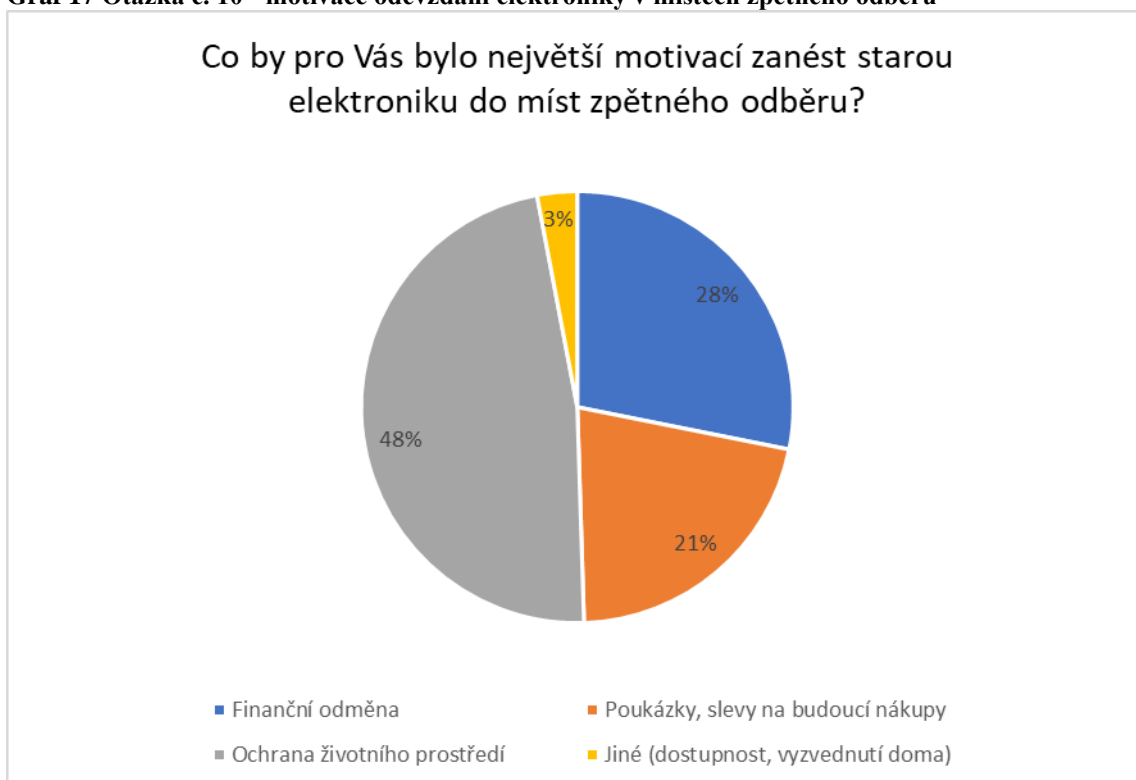
Graf 15 Otázka č. 8 - obsah nebezpečných látek v počítači



Graf 16 Otázka č. 9 - překvapenost respondentů



Graf 17 Otázka č. 10 - motivace odevzdání elektroniky v místech zpětného odběru



Graf 18 Otázka č. 11 - podnětění k zamyšlení

Podnítila Vás tato případová studie k zamyšlení o situaci a budoucím nakládáním s elektronickým odpadem?

