

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Diplomová práce
Počítač a životní prostředí

Bc. Soňa Šmorancová

© 2020 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Soňa Šmorancová

Hospodářská politika a správa
Veřejná správa a regionální rozvoj

Název práce

Počítač a životní prostředí

Název anglicky

Computer and environment

Cíle práce

Hlavním cílem diplomové práce je vymezení problematiky počítače v souvislosti s životním prostředím. Práce se zaměřuje na recyklaci použitých počítačů a jejich komponentů, znovuvyužití již použitých počítačů a likvidaci nebezpečných látek, které jsou obsaženy v počítači nebo jeho komponentách. Součástí práce bude analýza používaných materiálů, které se v průběhu let stále mění a využití obnovitelných zdrojů ze strany výrobců i uživatelů.

Metodika

Teoretická východiska diplomové práce jsou zpracována na základě studia odborné literatury, která je uvedena v seznamu použité literatury a dále na základě související legislativy České republiky a Evropské Unie. Další část podkladů je získána z oficiálních internetových zdrojů. Statistická data jsou čerpána z Českého statistického úřadu a z Eurostatu.

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

Záměrem diplomové práce je vyhodnotit zjištěné skutečnosti, graficky vyjádřit spotřebu energií a použitých materiálů související s výrobou a provozem počítačů. V závěru bude provedena interpretace výsledků a návrh na jejich ekonomické uplatnění.

Doporučený rozsah práce

70

Klíčová slova

Životní prostředí, počítač, energie, recyklace, solární energie, účinnost počítačových zdrojů

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.

GÁLA, L. – ČESKÁ SPOLEČNOST PRO SYSTÉMOVOU INTEGRACI, – POUR, J. – TOMAN, P. *Podniková informatika : počítačové aplikace v podnikové a mezipodnikové praxi, technologie informačních systémů, řízení a rozvoj podnikové informatiky*. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1278-4.

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.

Veit HM, Bernardes AM. Electronic waste. Topics in Mining, Metallurgy and Materials Engineering. 2015.

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Karel Kubata, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 11. 10. 2019

Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 14. 10. 2019

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 06. 04. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Počítač a životní prostředí" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 6.4.2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Karlu Kubatovi Ph.D. za cenné rady, připomínky a za čas, který mi věnoval. Dále děkuji všem z Katedry informačních technologií za organizaci diplomantského semináře, který byl velmi přínosný. Poděkování patří také celé mé rodině za velkou podporu a trpělivost po celou dobu mých studií.

Počítač a životní prostředí

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou vlivu počítače na životní prostředí. V práci je popsána cesta dosloužilého počítače recyklačním procesem, je zde přiblížena problematika spojená s nesprávnou recyklací, možné dopady na naši krajinu a lidské zdraví a je přiblížena legislativa, která je v této problematice klíčová. Dále je v práci zmapován vývoj množství odpadu z elektrických a elektronických zařízení, míra jeho recyklačního poměru a je zkoumána kompozice používaných materiálů, které se v průběhu let mění. V závěru práce jsou zkoumány dopady e-odpadu na veřejnou správu a jsou stanoveny 3 výzkumné otázky, u kterých je provedena interpretace výsledků.

Klíčová slova: Životní prostředí, počítač, recyklace, e-odpad, legislativa, materiály

Computer and environment

Abstract

This master thesis deals with issue of environmental impact of the computer. Thesis explains the process of recycling an old computer, describes incorrect recycling and shows possible impacts on our landscape and human health. The next point is explanation of key legislation. Furthermore, there is researched development of waste from electrical and electronic equipment and its recycling ratio. The thesis examines the composition of materials used in computers, which has changed over the years and describes their technological and energy differences. At the end of the thesis are defined three research questions with interpretation of their results and there are examined impacts of e-waste on public administration.

Keywords: Environment, computer, recycling, e-waste, legislation, materials

Obsah

1	Úvod	13
2	Cíl práce a metodika	14
2.1	Cíl práce	14
2.2	Metodika	14
3	Teoretická východiska.....	15
3.1	Vymezení základních pojmů.....	15
3.1.1	Recyklace	15
3.1.2	Životní prostředí.....	17
3.1.3	E-odpad	17
3.1.4	Nebezpečný odpad	19
3.2	Elektronický odpad	20
3.3	Recyklační proces	23
3.3.1	Mechanické zpracování.....	25
3.3.1.1	Ruční demontáž.....	25
3.3.1.2	Rozdrcení v drtiči	26
3.3.2	Tištěné spoje	26
3.3.3	Drahé a cenné kovy.....	27
3.3.4	Procesy získávání kovů	28
3.3.4.1	Elektrometalurgie	28
3.3.4.2	Pyrometalurgie	29
3.3.4.3	Hydrometalurgie.....	29
3.3.5	Problematika zpracování kovů a dalších materiálů.....	29
3.3.6	Prvky	30
3.3.6.1	Hliník.....	30
3.3.6.2	Ocel	31
3.3.6.3	Kobalt.....	31
3.3.6.4	Lithium	32
3.3.6.5	Tantal, niob.....	32

3.3.6.6	Palladium.....	32
3.3.7	Akumulátory	33
3.3.7.1	Recyklace baterií	33
3.3.8	Průmyslové recyklační firmy	34
3.3.9	Likvidace e-odpadu.....	34
3.3.9.1	Likvidace nebezpečného odpadu.....	34
3.3.9.2	Spalovny odpadu	35
3.3.9.3	Skladování odpadů	36
3.3.10	Příklady dopadů e-odpadu	37
3.3.10.1	Dopady recyklace e-odpadu na dětské sběratele (Nikaragua). 37	
3.3.10.2	Znečištění a koktejlový efekt v Taizhou (ČLR).....	38
3.3.10.3	Zaměstnanost v odvětví recyklace e-odpadu v Ghaně	38
3.4	Legislativa	39
3.4.1	Evropská unie.....	40
3.4.1.1	Zákon o odpadech	40
3.4.1.2	RoHS	43
3.4.1.3	Elektrozařízení.....	43
3.4.1.4	Směrnice o bateriích a akumulátorech	43
3.4.1.5	Spalování odpadu v EU.....	44
3.4.1.6	Normy ISO	44
3.4.1.7	Akční program EU	44
3.4.1.8	Basilejská úmluva.....	45
3.4.2	Česká republika.....	45
3.4.2.1	Plán odpadového hospodářství.....	45
3.4.3	Legislativa ve světě	46
3.4.3.1	Japonsko	46
3.4.3.2	USA	47
4	Praktická část.....	48
4.1	Zmapování vývoje e-odpadu.....	48
4.1.1	Vývoj generovaného množství e-odpadu.....	48

4.1.1.1	Celosvětová produkce e-odpadu	49
4.1.1.2	Množství e-odpadu v ČR.....	51
4.2	Recyklační poměr e-odpadu.....	52
4.3	Kompozice e-odpadu	54
4.3.1	Mobilní telefony.....	56
4.3.1.1	Porovnání obecných parametrů	57
4.3.1.2	Spotřeba energie	59
4.3.1.3	Použité materiály	59
4.3.2	Notebooky	63
4.3.2.1	Porovnání obecných parametrů	64
4.3.2.2	Porovnání materiálů	66
4.3.2.3	Porovnání spotřeby energie	68
4.4	Úroveň naplňování cílů POH ČR.....	69
4.4.1	Hodnocení stavu plnění cílů k roku 2018	70
4.4.2	Kolektivní systémy pro nakládání s odpady	71
4.4.3	ASEKOL a.s.....	72
4.5	Dopady e-odpadu na veřejnou správu.....	75
4.6	Výzkumné otázky.....	76
4.6.1	Výzkumná otázka 1: Recyklační poměr e-odpadu je závislý na používaných materiálech	76
4.6.2	Výzkumná otázka 2: Implementace cílů POH je v ČR úspěšná	78
4.6.3	Výzkumná otázka 3: Kraje mají významný vliv na množství zpětně odebraného e-odpadu.....	78
5	Výsledky a diskuse.....	80
6	Závěr	83
7	Seznam použitých zdrojů.....	86
8	Přílohy	102

Seznam obrázků

Obrázek 1 Recyklační proces.....	24
Obrázek 2 Koncept hierarchie nakládání s odpady.....	42
Obrázek 3 Prvky obsažené v mobilním telefonu	60

Seznam tabulek

Tabulka 1 Druhy metalurgie - recyklování baterií.....	34
Tabulka 2 Produkce e-odpadu ve světě (v milionech tun) za roky 2014, 2016.....	50
Tabulka 3 Produkce e-odpadu ve světě (kg na osobu) za roky 2014, 2016.....	50
Tabulka 4 Vybrané ukazatele e-odpadu za roky 2000 - 2016.....	52
Tabulka 5 Recyklační poměr vybraných zemí za roky 2010 - 2017	53
Tabulka 6 Struktura celosvětově generovaného e-odpadu za rok 2016.....	54
Tabulka 7 Porovnání obecných parametrů mobilních telefonů	57
Tabulka 8 Porovnání spotřeby energie mobilních telefonů	59
Tabulka 9 Porovnání prvků v mobilních telefonech v gramech	60
Tabulka 10 Porovnání materiálů mobilních telefonů.....	62
Tabulka 11 Porovnání obecných parametrů notebooků.....	65
Tabulka 12 Porovnání materiálů notebooků	66
Tabulka 13 Porovnání spotřeby energie notebooků.....	68
Tabulka 14 Stanovené limity EU pro úroveň sběru dosloužilých zařízení.....	70
Tabulka 15 Vybrané ukazatele společnosti ASEKOL za roky 2006 - 2018.....	74

Seznam grafů

Graf 1 Produkce e-odpadu ve světě (v milionech tun) za roky 2000 - 2018	49
Graf 2 Produkce e-odpadu v ČR (v tunách) za roky 2006 - 2017	51
Graf 3 Kompozice charakteristických materiálů v e-odpadu.....	55
Graf 4 Procentuální podíl materiálů notebook Twinhead Slimnote 8	67
Graf 5 Procentuální podíl materiálů notebook Apple MacBook	67
Graf 6 Plnění povinností sběru jednotlivých kolektivních systémů za rok 2014.....	71
Graf 7 Produkce e-odpadu ASEKOL a.s. (v tunách) za roky 2006 - 2018.....	73

Seznam příloh

Příloha 1 Recyklační poměr v zemích EU za roky 2008 - 2017.....	102
Příloha 2 Počty prodaných telefonů za vybrané roky	104
Příloha 3 Vývoj parametrů telefonů Apple iPhone.....	105

Seznam použitých zkratk

EEC - Evropské hospodářské společenství

MŽP - Ministerstvo životního prostředí

POH ČR - Plán odpadového hospodářství ČR

RoHS - Směrnice o odpadních elektrických a elektronických zařízeních

UNEP - Program OSN pro životní prostředí

WEF - Světové ekonomické fórum

1 Úvod

Počítače v dnešním světě zastávají neodmyslitelnou součást běžného života a náš život bez nich si lze jen těžko představit. Pojem počítač nepředstavuje pouze stolní počítač či notebook, jak by se na první pohled mohlo zdát, ale je zde mnohem hlubší souvislost, kdy si člověk mnohdy ani neuvědomuje, do jak široké a hluboké sféry dnešního světa počítače zasahují. Člověk je denně v kontaktu s počítačem, ať už se jedná o mobilní telefon, řídicí jednotky v automobilu, v televizoru, v pračce nebo v mikrovlnné troubě. Průmysl na celém světě je neodmyslitelně spojen s počítači a bez jejich existence by každodenní činnosti nebyly na vysoké úrovni. Všechny klady, které nám počítače přinášejí mají bohužel svou odvrácenou stranu v podobě ekologické zátěže na krajinu.

Elektronika je vyrobena z celé řady materiálů, včetně drahých kovů a vzácných minerálů, které mají omezené globální zásoby. Recyklace je v tomto případě zásadní a rozhodující pro budoucí použití ale také důležitá z hlediska ochrany životního prostředí a lidského zdraví. Tato práce se zabývá problematikou odpadu vzniklého z dosloužilých elektrických a elektronických zařízení a popisuje jeho cestu recyklačním procesem. Kompozice tohoto odpadu se v průběhu let mění a vliv na to mají používané materiály. V práci jsou zkoumány vybrané druhy počítačů (notebooky, mobilní telefony) s rozdílným stářím a je nastíněna jejich rozdílnost v materiálové kompozici, energetické spotřebě a v obecných parametrech. Dále je zmapován celkový vývoj produkce e-odpadu a jsou nastíněny dopady tohoto odpadu na veřejnou správu.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je vymezení problematiky počítače v souvislosti s životním prostředím. Práce se zaměřuje na recyklaci použitých počítačů a jejich komponentů, znovuvyužití již použitých počítačů a likvidaci nebezpečných látek, které jsou obsaženy v počítači nebo jeho komponentách.

Součástí práce bude analýza používaných materiálů, které se v průběhu let stále mění a využití obnovitelných zdrojů ze strany výrobců i uživatelů.

2.2 Metodika

Teoretická východiska diplomové práce jsou zpracována na základě studia odborné literatury, která je uvedena v seznamu použité literatury a dále na základě související legislativy České republiky a Evropské unie. Další část podkladů je získána z oficiálních internetových zdrojů. Statistická data jsou čerpána z Českého statistického úřadu a z Eurostatu.

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

V diplomové práci jsou hodnoceny zjištěné údaje, graficky vyjádřena spotřeba energií a použitých materiálů související s výrobou a provozem počítačů. V závěru je provedena interpretace výsledků a jsou uvedeny výzkumné otázky pojící se s vývojem e-odpadů a s jeho dopady na veřejnou správu. Pro upřesnění a dosažení cílů byly stanoveny následující výzkumné otázky: 1) *Recyklační poměr e-odpadu je závislý na používaných materiálech*, 2) *Implementace cílů POH je v ČR úspěšná*, 3) *Kraje mají významný vliv na množství zpětně odebraného e-odpadu*. Uvedené výzkumné otázky jsou zkoumány v kapitole 4.6 *Výzkumné otázky* a následně jsou vyvozeny závěry pro tuto práci.

3 Teoretická východiska

Porozumění problematiky spojeného s počítači a životním prostředím je pro účely této diplomové práce důležitou součástí. Z toho důvodu je na samotném začátku práce nezbytné definovat základní pojmy pojící se s touto problematikou. Klíčovou roli hraje samotná recyklace, která je úzce spojena se současným odpadovým hospodářstvím.

Další kapitoly jsou věnovány elektronickému odpadu, celému průběhu recyklačního procesu - přes metody zpracování odpadu, zpracování tištěných spojů a cenných kovů, procesy získávání těchto kovů až k problematice akumulátorů, průmyslových recyklačních firem a likvidaci elektronického odpadu, který již nelze jinak zpracovat. Závěr teoretické části nastiňuje legislativní stránku problematiky, která má klíčovou roli v celém recyklačním procesu.

3.1 Vymezení základních pojmů

3.1.1 Recyklace

Recyklací se rozumí způsob využití a přepracování odpadních materiálů na výrobky, materiál nebo druhotné suroviny, které jsou opakovaně používány ve výrobním procesu. Proces zahrnuje přepracování materiálu k jeho cyklickému znovuvyužití a obecně je recyklace považována za šetrnou k životnímu prostředí a přispívá k udržitelnému ekonomickému rozvoji. Nejedná se pouze o přeměnu materiálů, z nichž by za jiných podmínek byl odpad, ale také podporuje ekologické a ekonomické procesy několika způsoby:

- Snižuje poptávku po přírodních zdrojích.
- Snižuje emise (emise při recyklaci jsou nižší, než emise prvotní).
- Snižuje podíl pevného odpadu určeného k likvidaci. [1]

Pod pojmem recyklace si naprostá většina lidí vybaví barevné kontejnery na papír, sklo a plasty. Země Evropské unie se vyznačují vysokou mírou třídění obalového odpadu a to až 65 %. Ačkoli se toto číslo zdá vysoké, z celkového objemu odpadu tato část

představuje pouhých 10 % z celosvětového množství, které je každý rok vyprodukováno. O čem už se tolik statistiky nezmiňují, je elektronický odpad, který co by do objemu nepředstavuje převažující část odpadů, nicméně je často toxický pro lidské zdraví a nebezpečný pro životní prostředí. Nezbytnost recyklace elektronických a elektrických zařízení se v posledních letech diskutuje stále častěji. V EU vzroste každý rok objem odpadu z dosloužilých elektrických a elektronických zařízení o 3 - 5 %, což představuje trojnásobně rychlejší nárůst oproti běžnému odpadu. V přepočtu na jednoho obyvatele se v současné době na území EU vyprodukuje každý rok 17 - 20 kg elektronického odpadu. Tento trend má rostoucí charakter. [20], [58]

Recyklací materiálů se chrání nejen životní prostředí, ale také se eliminuje jeho poškozování. Prakticky recyklace představuje technologický proces, jehož cílem je vytvořit materiál stejné kvality z materiálu odpadního. Jako každý proces, i tento má své hraniční limity, a pokud náklady na recyklaci převyšují cenu recyklátu nebo pokud nově vyrobený materiál z recyklátu nesplňuje nároky na kvalitu, není vhodné materiál recyklovat.

Při výběru produktu jsou spotřebitelé v dnešní době stále více ovlivňováni dopadem výrobku, jeho součástí nebo jeho obalovým materiálem na životní prostředí. Spotřebitel si volí, zda koupí výrobek ve vratném obalu a zda tento obal bude dále recyklovat. Pro posouzení environmentálního dopadu výrobku slouží metoda LCA (Life Cycle Assessment). Tato analýza má za cíl kvantifikovat všechny environmentální dopady spojené s výrobkem od prvotního získání surovin, přes následnou výrobu, užívání výrobku až konec životnosti a následné zneškodnění nebo právě recyklaci. [1], [3]

LCA metoda má podpůrný charakter a nelze ji pokládat za samostatnou rozhodovací metodu. Obecně ale jde o metodu pro posouzení environmentálních aspektů a potenciálních dopadů spojených se vstupy a výstupy produktu. Nevýhodou je vysoká náročnost na množství dat, která jsou vyžadována a velká nákladnost. [40]

3.1.2 Životní prostředí

Z legislativního hlediska je pojem životní prostředí vymezen v zákoně č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, který jej definuje jako: *“vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie”*. [56]

Jednou ze známějších definic je definice od profesora Wika, která byla přijata na konferenci UNESCO v Paříži v roce 1967: *„Životní prostředí je ta část světa, se kterou je živý organismus ve stálé interakci, to znamená, kterou používá, mění a které se musí přizpůsobovat.“* [91]

Dlouhá tisíciletí si lidé vystačili s přírodními zdroji a žili v souladu s přírodou. Produkované odpady měly biologický původ a lehce se rozložily. S narůstající průmyslovou výrobou a růstem počtu obyvatel a zvyšováním životní úrovně se odpad stává součástí každodenního života a umocňuje negativní dopady na životní prostředí.

3.1.3 E-odpad

Termín e-odpad označuje elektrická a elektronická zařízení a jeho části, které byly vyřazeny jako odpad bez záměru opakovaného použití. Obdobně jako u pojmu recyklace nebo životní prostředí i zde existuje mnoho dalších definic elektrického a elektronického odpadu. Některé z definic jsou inkluzivnější a jiné více konkrétní. Obecně ale stanovují meze toho, kdy by měl produkt být již považován za “odpad”, s kterým se dále pojí právní závazky spojené s charakterizací e-odpadu. [46]

Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb. definuje elektronický a elektrický odpad jako: *“zařízení, jehož funkce závisí na elektrickém proudu nebo na elektromagnetickém poli nebo zařízení k výrobě, přenosu a měření elektrického proudu nebo elektromagnetického pole a které je určeno pro použití při napětí nepřesahujícím 1000 V pro střídavý proud a 1500 V pro stejnosměrný proud”*. [89]

E-odpad je kategorizován několika různými způsoby: podle typu produktu, velikosti nebo dle technologie zpracování.

V Evropské Unii byla nahrazena produktově orientovaná kategorizace a nyní se produkty dělí do 6 velkých skupin:

- zařízení pro chlazení a mrazení (zahrnuje lednice, mrazáky, klimatizace apod)
- monitory (zahrnuje televizory, monitory, notebooky a tablety)
- malá zařízení (vysavače, fény, mikrovlnné trouby, videokamery, elektrické a elektronické hračky apod.)
- lampy
- malá telekomunikační zařízení (telefony, GPS navigace, routery, tiskárny)
- velká zařízení (myčky, pračky, sušičky, velké tiskárny a kopírky)

Elektrická a elektronická zařízení jsou složena převážně z kovových částí. Problematika se ukrývá v uložení těchto kovových částí v plastových krytech/skříňkách či obalech. Průzkumy výskytu RoHS substancí v e-odpadech ukázaly, že se v nich toxické substance nacházejí ve velkém množství. [8]

Chování spotřebitele je zásadní pro zachování hodnoty materiálu a produktu v hodnotovém řetězci. Spotřebitelé určují poptávku po výrobcích, užívají je a především se rozhodují, zda tyto výrobky na konci jejich životního cyklu budou recyklovat. Kvůli omezenému množství celosvětových zásob vzácných kovů je třeba e-odpad recyklovat a zachovávat tak množství těchto produktů v oběhovém cyklu. Dalším důvodem recyklace e-odpadu je jeho negativní vliv na životní prostředí a při nesprávné manipulaci také vliv na lidské zdraví. Elektrozařízení mají na konci životního cyklu nulovou nebo spíše zápornou finanční hodnotu a z důvodu obsahu toxických látek jsou potenciálním ohrožením pro své okolí. [28], [29], [30]

3.1.4 Nebezpečný odpad

Elektronický odpad je považován za nebezpečný, pokud obsahuje chemické látky toxické a škodlivé pro lidské zdraví nebo pro životní prostředí. Posouzení škodlivosti nebo nebezpečnosti odpadu je prováděno na základě seznamu nebezpečných vlastností odpadů, které jsou definovány v příloze nařízení komise EU č. 1357/2014. Mezi nebezpečné vlastnosti patří: toxicita, karcinogenita, mutagenita, infekčnost a ekotoxicita. Příkladem jsou odpady polychlorovaných bifenyly PCB, perzistentních organických polutantů nebo odpady obsahující rtuť. [7], [60]

Chemická kompozice e-odpadu je závislá na druhu (LED televizory obsahují vysoké množství polymerů, mikrovlnné trouby zase rozmanité množství vzácných kovů) a chemické složky v elektronických zařízeních jsou ovlivněny rokem výroby, výrobcem nebo zemí původu elektronického zařízení. Tato zařízení jsou klasifikována směrnicí Evropského parlamentu 2002/96/EC. Obecně bývá v elektronických zařízeních mnoho kovů jako měď, železo, hliník, mosaz a vzácné kovy jako zlato, stříbro a palladium. V některých případech je v zařízeních obsaženo sklo, keramika a elektronická zařízení mohou obsahovat kromě výše zmíněných také nebezpečné látky jako rtuť, olovo, kadmium, nikl, arsen a chrom. Kromě těchto látek jsou zde přítomny organické sloučeniny polychlorované bifenyly, chlor-fluorované uhlovodíky, polycyklické aromatické uhlovodíky a polyhalogeny. [6]

Z důvodu absence strukturovaného systému reverzní logistiky je většina e-odpadu uložena na otevřených skládkách, kde jsou vystaveny přírodním podmínkám. Dochází k ukládání kovů a nebezpečných látek do půdy. Otázka, jak tuto situaci řešit, je velmi komplikovaná. Jednou z možností je spalování e-odpadu, bohužel však při spalování vznikají nebezpečné dioxiny a furany. Tato alternativa likvidace e-odpadu proto není příliš vhodná. Dalším problémem, který e-odpad představuje pro životní prostředí, jsou ftaláty, těžké kovy a zpomalovače hoření. Právě elektronický průmysl se řadí na přední místo ve spotřebě brómovaného zpomalovače hoření. Tímto zpomalovačem jsou opatřeny plastové kryty spotřební a kancelářské elektroniky. Z důvodu vysokých bezpečnostních standardů jsou do materiálu přidávány brómované zpomalovače hoření jako aditiva. Tato aditiva však

nejsou vázána k plastovému materiálu a dochází tak k jeho pozvolnému uvolňování už během celého životního cyklu výrobku. Zejména export elektronického odpadu do zemí rozvojového světa a do zemí s nedostatečnými pracovními a environmentálními standardy představuje velký problém. Recyklování a další zpracování e-odpadů v těchto zemích často zajišťují neoficiální řemeslné dílny, zaměstnávající ženy i děti. [5]

Hlavní rizika pro lidské zdraví a životní prostředí vyplývají právě z přítomnosti těžkých kovů, zpomalovačů hoření a nebezpečných látek. V průběhu recyklace mohou být uvolňovány do okolí látky několika způsoby:

- původně obsažené škodlivé látky v dosloužilém zařízení (olovo, rtuť)
- látky přidané v rámci regeneračního procesu (kyanid)
- látky vytvořené při recyklaci (dioxiny a furany)

Podle údajů Ministerstva životního prostředí bylo za rok 2018 vyprodukováno 37,8 mil. tun všech odpadů, z toho 1,8 mil. tun představovalo nebezpečný odpad. Na jednoho obyvatele připadá v ČR 166,4 kg nebezpečného odpadu. [115]

3.2 Elektronický odpad

Dle současných odhadů se celosvětově vyprodukuje ročně okolo 45 - 50 milionů tun elektronického odpadu. V přepočtu na jednoho obyvatele je to 6,1 kg za rok. E-odpad v současné době představuje okolo 3 % z celosvětové produkce komunálního odpadu, přičemž je alarmující, že se ročně o další 3 - 5 % zvyšuje. Dle průběžných odhadů bude v roce 2021 produkováno okolo 52 milionů tun e-odpadu. Předpokládaná produkce e-odpadu na rok 2050, bude okolo 120 milionů tun. [11], [31], [83]

Se stále se zvyšující poptávkou po informačních a komunikačních technologiích dochází k rychlému zastarávání výrobků, což má za následek nekontrolovatelný nárůst množství e-odpadu. Vysoká míra produkce a nízká úroveň recyklace vedou k hromadění elektrických a elektronických zařízení po celém světě s dopadem na životní prostředí a zvyšující se míru znečištění. [10], [26]

Elektronický odpad je navíc jeden z nejproblematictějších toků odpadů, pokud jde o recyklaci a potenciální znečištění. Často obsahuje nebezpečné látky a biologicky nerozložitelné materiály. E-odpad obsahuje více než 1 000 různých látek z nichž jsou mnohé škodlivé, jde zejména o olovo, rtuť, arsen, chrom, kadmium a plasty. V USA pochází až 70 % rtuti a kadmia ze skládek z elektronického odpadu. Při recyklaci e-odpadů je minimalizován dopad nepříznivých účinků na lidské zdraví a na životní prostředí. Obnova materiálů z elektronického odpadu je navíc velmi důležitá, protože obsahují cenné materiály jako platina, palladium nebo stříbro. [27], [28], [29]

Podle organizace Basel Action Network, která se zaměřuje na správnou likvidaci e-odpadu, 8 z 10 již nevyužívaných počítačů skončí v některé z asijských zemí (nejčastěji Čína nebo Indie), kde jsou náklady na jejich recyklaci nižší. Dalším střediskem recyklace e-odpadu se nyní stává Afrika. [13], [61]

Nezanedbatelným artiklem jsou mobilní telefony. Jen v USA je dle průzkumů každoročně vyřazeno přes 125 milionů mobilních telefonů. Dle dat ze stejného průzkumu je životní cyklus jednoho mobilního telefonu 9 - 18 měsíců. Pokud jde o samotnou recyklaci mobilních telefonů, dle průzkumů společnosti Nokia jsou recyklovány pouze 3 % všech telefonů. [15], [16]

Největší podíl v elektronickém odpadu tvoří počítače, mobilní telefony, televize, monitory a tiskárny. Díky neustále se vyvíjejícím technologiím byly například CRT monitory nahrazeny LCD monitory, druh produkovaného e-odpadu se tedy neustále mění. V asijských zemích jako je Čína a Indie je však stále využíváno nízkonákladového zpracování e-odpadu, což zahrnuje primární metody získávání drahých kovů v nepřiměřených podmínkách - např. kyselé praní nebo otevřené spalování. [17]

Klasickým příkladem, kde se odráží důležitost recyklace, je elektronický průmysl. Zejména rychlý rozvoj výrobního řetězce v kombinaci s vysokou produkcí elektronických produktů, stále rostoucí poptávkou zákazníků a zastaráváním stávajících zařízení vede k nutnosti recyklace, znovuvyužívání a správné likvidaci. Při nesprávné likvidaci se zvyšuje riziko úniku nebezpečných látek do okolí, dochází k degradaci materiálu a možnému poškození lidského zdraví. Z důvodu každoročně se zvyšující produkce odpadu

vzniká nepřehledné množství studií zaměřených na alternativy recyklace, opětovné využití pevného odpadu, prodloužení životnosti používaných materiálů nebo na ochranu přírodních zdrojů. V posledních letech se objevuje koncept tvorby nulového odpadu, který má za cíle odpady minimalizovat, znovu využívat použité materiály a správně likvidovat elektronický odpad. Tento koncept je založen na třech stěžejních opatřeních:

1. Zabránit samotnému vzniku odpadu nebo jej alespoň omezit.
2. Odpady znovu využívat.
3. Likvidace s environmentální kompatibilitou - odpad, který nelze znovu využívat ve výrobním procesu, musí být inertní. [5]

Elektronický průmysl se v posledních desetiletích neustále vyvíjí, roste, vytváří velké množství pracovních míst, propaguje technologický rozvoj a také generuje vysokou poptávku po vzácných kovech. Generovaný e-odpad však přináší několik hlavních problémů, které je třeba řešit:

- Vysoké objemy - poptávka po nových technologiích roste a tím rostou i produkované objemy elektrických a elektronických zařízení.
- Obsah nebezpečných látek.
- Špatný design a složitost recyklace - v recyklačním procesu se musí využívat kombinace více metod pro opětovné získání původních materiálů.
- Nedostatečné pracovní podmínky a práva zaměstnanců v rozvojových zemích, kam se e-odpad vyváží.
- Finanční otázka výhodnosti - recyklační procesy materiálů jsou nákladnější než těžba nových materiálů.
- Nedostatečná legislativa.

3.3 Recyklační proces

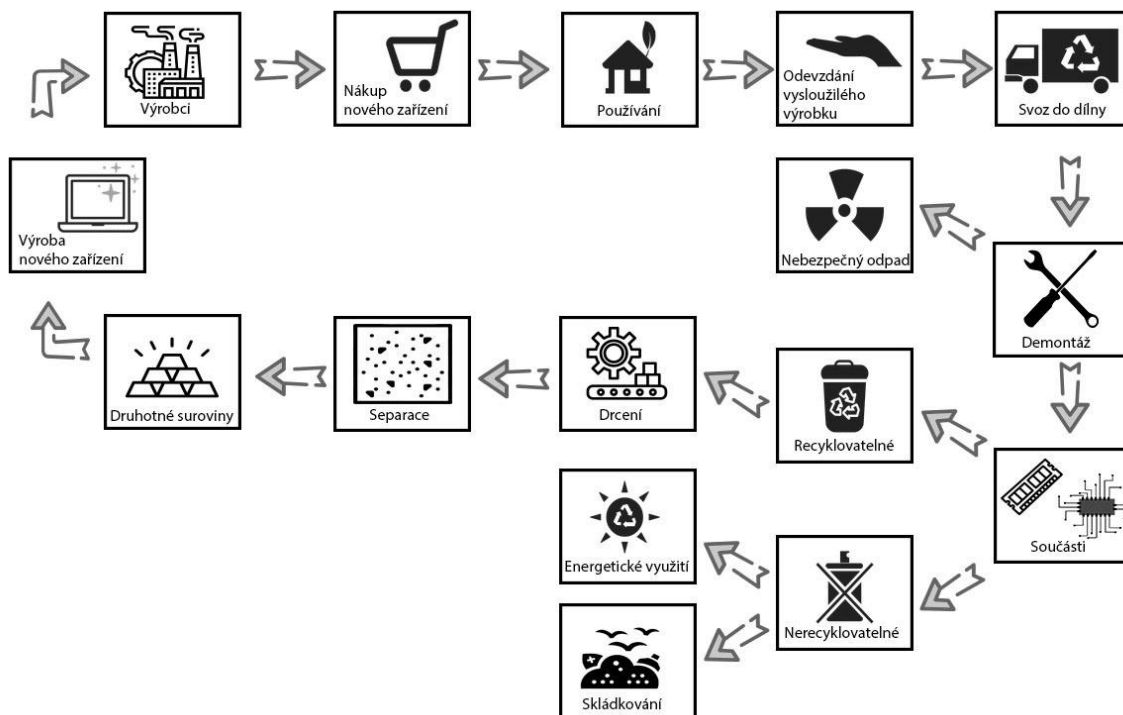
Zvyšování ekologické zátěže na životní prostředí a těžba primárních surovin a drahých kovů je celosvětový problém spojený s dnešní společností. Vyspělé ekonomiky mají oproti rozvojovým velkým náskok z technologického, ekonomického a legislativního hlediska. Recyklace přináší i řadu problémů, které jsou spojeny s výskytem nebezpečných látek, jež jsou součástí téměř všech elektronických a elektrických zařízení. V řadě zemí EU patří průmysl druhotných surovin mezi tradiční obory hospodářství. Vzhledem k tomu, že v ČR tvoří druhotné suroviny podstatnou část surovinové základny pro další odvětví průmyslové výroby, je jejich úprava z kvalitativní stránky vstupních surovin pro další výrobu úspornější, než těžba nové suroviny. Současný způsob výroby a užívání elektronických produktů představuje pro ekologickou udržitelnost závažné environmentální problémy. Globálně bylo zavedeno mnoho politik pro regulaci a nastolení pevných pravidel v oblasti produkce, předcházení samotného vzniku odpadů, recyklace a likvidace elektronických odpadů.

Dnešní společnost je charakterizována konzumním životním stylem, který se neobejde bez vzniku odpadů a bez čerpání přírodních zdrojů. Některé z výrobků, které jsou používány, jsou vyráběny z recyklovaných materiálů. Je zde možnost opětovného recyklování a snížení množství generovaného odpadu - ať už se jedná o často recyklované materiály jako papír, noviny, plasty, sklo, plechovky nebo dosloužilá elektronická zařízení. [24]

Podle dat Eurostatu je v zemích Evropské unie recyklováno 30 - 40 % e-odpadu. Oproti celosvětovému průměru 20 % (k roku 2018) je to za EU dvojnásobné množství. Největší problém představují země východní a jihovýchodní Asie, kde se ekonomika soustředí na rychlý rozvoj a nebere přílišné ohledy na environmentální udržitelnost. Dle dat e-waste monitoru vzrostl objem celosvětově produkovaného e-odpadu mezi roky 2010 až 2015 o 63 %. Největší nárůst byl zaznamenán v Číně a to o 107 %. Za nárůstem globálního e-odpadu nestojí ovšem pouze Čína, ale velké množství generovaného odpadu je ze Spojených států a z Evropy. [22]

Právě recyklace je klíčovým procesem v nakládání s e-odpadem. Následující obrázek (Obrázek 1) zachycuje recyklační proces.

Obrázek 1 Recyklační proces



Vlastní zpracování

Na obrázku (Obrázek 1) vidíme recyklační cyklus, vše začíná výrobou nového zařízení. Po dosloužení je výrobek odevzdán na patřičném místě a dále je dovezen do specializovaných dílen, které e-odpady zpracovávají. Nebezpečné odpady jsou extra separovány. Ostatní součásti se dělí na znovu recyklovatelné a nerecyklovatelné. Recyklovatelné části vstupují do recyklačního procesu drcením, separací a následným získáním druhotných surovin, které jsou využity v dalším výrobním procesu nového zařízení. Tyto postupy zpracování jsou detailně popsány v následujících podkapitolách.

3.3.1 Mechanické zpracování

Recyklace elektroodpadu je oproti recyklaci v pravém slova smyslu mírně obtížnější. Zatímco u plastových nebo papírových odpadů je využíváno zpravidla jednotných a podobných postupů, u elektronického odpadu jsou postupy odlišné a další zpracování je poměrně složité.

Konec životnosti elektronického či elektrického výrobku představuje začátek jeho cesty v recyklačním procesu. Ten začíná u zodpovědných spotřebitelů, kteří dosloužilý výrobek odevzdají v rámci zpětného odběru na patřičná místa. V dnešní době je možné v každém větším obchodě vhodit vyřazený výrobek do sběrného kontejneru. Elektrické a elektronické výrobky jsou následně z těchto sběrných míst sváženy do specializovaných dílen, kde jsou dále demontovány. Často bývají k těmto účelům využívány tzv. chráněné dílny, což představuje pozitivní a přínosnou stránku v celém procesu. Chráněné dílny jsou využívány z důvodu zvýšení společenského puncu prospěšnosti a jejich činnost je, co by do objemu, činností podpůrnou. Elektrická a elektronická zařízení (nyní již e-odpad) jsou zpracována pomocí typických technologií:

1. ruční demontování zařízení
2. rozdrcení v drtiči a následná separace [98]

3.3.1.1 Ruční demontáž

Při ruční demontáži je zařízení rozebráno a jsou odděleny materiály dle druhů: plast, sklo, kov a elektrokomponenty. Právě elektrokomponenty jsou dále tříděny dle konkrétních typů (skříně, obrazovky, kabely, monitory, motory, transformátory, cívky, vodivé desky, kovové součásti, desky tištěných spojů atd.). Rovněž jsou extra rozdělovány součásti s obsahem nebezpečných látek (nejčastěji baterie, kondenzátory, rtuťové spínače.). U znovuvyžitelných materiálů jako plast, hliník, sklo apod., jsou materiály dále postoupeny k patřičným zpracovatelům. Také motory nebo transformátory jsou předávány dalším zpracovatelům specializujícím se přímo na tyto komponenty. Některé druhy

zařízení se musí kvůli obsahu nebezpečných látek demontovat ve speciálních podmínkách. Nejčastěji se jedná o monitory, televizory nebo chladírenská zařízení.

Při ručním zpracování vzniká odpad, který nelze dále zpracovat. Podíl tohoto odpadu je mezi 15 - 20 % a nejčastěji se jedná o plasty obsahující zpomalovače hoření, které dále nejsou využitelné pro recyklační proces. [98]

3.3.1.2 Rozdrcení v drtiči

Při zpracování e-odpadu tímto způsobem jsou vyřazená zařízení rozdrčena ve speciálním drtiči na malé části, na které je následně aplikován tekutý dusík. Po zmrznutí jsou části semlety na velmi jemný prášek, který je dále nejčastěji separován, zejména magnetickou separací či aerací na jednotlivé frakce. Cílem je získat co největší množství cenných kovů. Tato metoda umožňuje získání téměř 80 % z jejich původního množství. Lidský faktor je zde zapojen při třídění větších kusů po první fázi rozdrčení dosloužilého zařízení. [95]

3.3.2 Tištěné spoje

Desky tištěných spojů jsou přítomny ve všech typech elektronických zařízení a po jejich vyřazení z provozu se stávají zdrojem bohatým na drahé kovy. Je z nich získáváno především zlato, stříbro, měď, platina a palladium. Správný recyklační proces u tištěných spojů ovlivní množství získaných vzácných kovů. [33] [47]

Technologie vývoje desek tištěných spojů se neustále mění a vyvíjí a v současné době jsou nejčastěji tvořeny z keramiky (30 %), polymerního materiálu (30 %) a kovového materiálu (40 %). Z kovového materiálu je nejvíce zastoupena měď, dále také olovo, cín, zlato, antimon, nikl, hliník, beryllium a kadmium. Starší tištěné spoje obsahují velký podíl olova a niklu, což z nich činí nebezpečný odpad. [5], [48], [49]

Nejběžněji využívanou metodou separace elektronických součástek je mechanické odstranění součástek v kombinaci s tavením. Mechanické odstranění znamená klasické ruční oddělení jednotlivých součástí (diody, rezistory, tranzistory, kondenzátory) z desky tištěných spojů pomocí nástrojů a hrubé síly. Oddělení tavením se provádí při teplotě cca 400 °C, kdy jsou roztaveny pájené spoje a dané součástky se uvolní z konektorů desky

svévolně nebo s další mechanickou pomocí. Když je z desky tištěných spojů odstraněna veškerá elektronika, jsou desky likvidovány kryogenním drcením (prudkým ochlazením) a dále dochází k separaci feromagnetických materiálů. K třídění se využívá magnetické separace, vibračního třídění, gravitační úpravy, vzduchové separace nebo elektrostatické separace. Všechny tyto metody využívají specifických vlastností materiálů k jejich oddělení. [98]

K oddělení kovové frakce od keramických a polymerních materiálů se může využít vzduchové separace, kdy jsou menší a lehčí částice proudem vzduchu odděleny od kovových těžších částic. Jedná se o čistou separační metodu, která k oddělení nevyužívá dalších látek či příměsí, které by mohly materiál kontaminovat. Princip separace je založen na rozdílné sedimentační rychlosti částic. Tento separační proces je též využíván v zemědělství, například při oddělování zrn od slámy - slaměná brčka jsou lehčí než zrno a proudem vzduchu dochází k oddělení bez kontaminace jinou látkou. Účinnost separace je ovlivněna tvarem částic, průtokem vzduchu a přirozenou velikostí částic. [50], [51]

3.3.3 Drahé a cenné kovy

Drahé a cenné kovy mají vzhledem ke svým specifickým vlastnostem širokou škálu uplatnění v průmyslové oblasti. V recyklačním řetězci jsou dvě možnosti získávání vzácných kovů z dosloužilých výrobků, které zachovávají jejich hodnotu.

1. Elektronická zařízení jsou demontována a dále mechanicky zpracována tak, aby bylo možné získat surové materiály. Proces zahrnuje rozdělení, klasifikaci a separaci.
2. Při získávání kovů z e-odpadu je využíváno metalurgických procesů pro regeneraci kovu. [98]

Největším problémem je neregulované zpracování e-odpadu a chybějící legislativa v rozvojových zemích, kde se tento e-odpad zpracovává čistě za účelem získání drahých kovů - často v prostředí s nedostatečným vybavením a za špatných podmínek. Kvůli tomu dochází k expozici nebezpečných látek do ovzduší, k znečištění životního prostředí a

ohrožení lidského zdraví. Dalším negativem je, že z materiálu není vytěženo maximální možné množství cenných kovů. [5], [85]

Drahé a cenné kovy jsou charakteristické stále rostoucí cenou, zejména v souvislosti se stále se zvyšující poptávkou a rostoucí výrobou elektronických zařízení. Existují obavy ohledně opětovného využívání drahých a cenných kovů pro výrobu budoucích elektrických zařízení a elektroniky. Nesprávné zacházení s e-odpadem může mít za následek výraznou ztrátu těchto kovů. Dle odhadů je nyní okolo 7 % světových zásob zlata obsaženo v elektronickém odpadu. [83]

3.3.4 Procesy získávání kovů

Vedle mechanického zpracování je nutné dále zpracovat materiál pomocí metalurgických procesů popsaných v dalších podkapitolách. Díky těmto procesům je možné získat konkrétní prvky.

3.3.4.1 Elektrometalurgie

Elektrometalurgie využívá procesů elektrolýzy, kterými lze získat čisté kovy. Obecně je elektrolýza využívána nejčastěji při průmyslové výrobě čistých kovů z přírodních rud (sloučeniny v podobě sloučenin, například ruda bauxit - oxid hlinitý). Elektrolýza roztavené směsi rudy s dalšími nezbytnými přísadami se provádí v uhlíkové vaně, která je v tomto procesu katodou. Anodou jsou uhlíkové elektrody ve tvaru tyčí. Roztavený kov (např. hliník), který při procesu elektrolýzy vzniká, se usazuje na dně vany a odtud je vypouštěn (již čistý hliník). Velkou nevýhodou procesu jsou vysoké energetické nároky. Elektrochemické procesy se obvykle provádějí ve vodných elektrolytech nebo v roztavené soli a mohou být použity k regeneraci kovů z různého e-odpadu. [5], [52]

Ve srovnání s ostatními metodami je tento postup poměrně jednoduchý, má vysokou výtěžnost cenných kovů a nízkou toxicitu elektrolytu. Kromě vysoké energetické náročnosti je další nevýhodou této metody, že je vhodné ji využít pouze u materiálů s povrchovou vrstvou cenných kovů na kovovém substrátu. [54]

3.3.4.2 Pyrometalurgie

Podstatou pyrometalurgie je tepelné zpracování minerálů, metalurgických rud a koncentrátů za účelem docílení fyzických a chemických změn, které umožní regeneraci cenných kovů. Proces zahrnuje transformaci materiálu pomocí pyrolýzy, spékání a zejména tavení. [99]

Drť vzniklá mechanickým zpracováním putuje do průmyslových pecí nebo je vložena do taveniny kovu. Při extrakci v tavenině olova shoří pouze plastové části a železo, společně s barevnými kovy, vyplave na hladinu taveniny, kde je vyloveno. V roztaveném olovu zůstávají ušlechtilé kovy. Pro jejich získání je tavenina prohnána vzduchem, čímž olovo spolu s obecnými kovy zoxiduje a je odstraněno jako struska. Zbylá část je podrobena procesu podobnému rafinaci a je získána měď, selen, nikl, tellur, cín nebo rtuť. [55]

Při odstraňování plastů a dalších izolačních složek dochází k znečišťování životního prostředí. Tento proces se tudíž neřadí mezi ekologicky šetrné. Další nevýhodou pyrometalurgie je vysoká energetická náročnost. [98]

3.3.4.3 Hydrometalurgie

Hydrometalurgické procesy využívají zpravidla několikastupňové zásadité, amoniakální nebo kyselé loužení, která probíhá za nižších teplot. Výsledkem hydrometalurgie je získání kovů a materiálů, které jsou dále zpracovány jako meziprodukty. Podstata procesu je získaný výluh zpracovat na kov pomocí určitého procesu (cementace, elektrolyza, hydrolýza, destilační srážení, krystalizace atd.). Výhodou hydrometalurgie je, že je méně energeticky i nákladově náročná, je dosahováno vyšší výtěžnosti než při pyrometalurgickém procesu, dochází k menší ztrátě ušlechtilých kovů a z ekologického hlediska je příznivější k životnímu prostředí. Proces lze označit za efektivní, ale kvůli složitým chemickým procesům za časově náročný. [53], [98]

3.3.5 Problematika zpracování kovů a dalších materiálů

Největším technickým problémem recyklace železných a neželezných kovů je kontaminace jinými kovovými či nekovovými materiály. Nejčastějšími zbytkovými

kontaminanty jsou měď, cín a nikl, které způsobují defekty při následném zpracování oceli a dalších materiálů. V případě recyklace hliníku jsou největší problémy při zpracování, kdy jsou před samotným znovu roztavením hliníku nedostatečně odstraněny látky jako křemík, hořčík, železo, mangan nebo zinek. Při termodynamickém procesu zpracování se pak látky dostanou do slitiny a způsobí křehkost, ztrátu tažnosti a pevnosti. Příměsi, které nelze odstranit před samotným roztavením hliníku, jsou pak v hotovém produktu kontrolovány a jejich obsah je snížen tím, že se do hliníku s příměsí roztaví čistý hliník bez příměsí. Díky tomu dojde k omezení množství nežádoucích příměsí a obnově původních vlastností hliníku. Obecně mezi hlavní technický problémem při zpracování železných kovů, patří výskyt neželezných kovů a materiálů, které zde zůstávají i po zpracování. Právě tyto perzistentní zbytky mohou být již v průběhu opětovné výroby kovu odstraněny, představuje to ovšem dodatečné a často vysoké náklady. [5]

3.3.6 Prvky

Důležitost recyklace e-odpadu se odráží na faktu, že zásoby materiálů, zejména drahých a cenných kovů, jsou vyčerpateľné. Mnoho materiálů je nedostatkových a poptávka po nich stále roste.

3.3.6.1 Hliník

Hliník se řadí mezi vysoce účinný a široce recyklovaný neželezný kov. Díky svým unikátním vlastnostem a dlouhé trvanlivosti je často využívaným materiálem v obalovém, dopravním, stavebním a elektronickém průmyslu. Právě jeho vlastnosti jako nízká hmotnost a dlouhá životnost jsou důvodem toho, že jsou až tři čtvrtiny z celosvětové produkce neustále v oběhu. Poptávka po hliníku má rostoucí charakter a hliník je aktivně znovu využíván a recyklován - recyklace tak tvoří nejdůležitější oblast v hliníkovém průmyslu. [44]

Vysoká ekonomická hodnota hliníku byla důvodem k přenesení do recyklační smyčky. Recyklační smyčka může být uzavřená, kdy se vyrábí z hliníku stále stejný produkt (pro zamezení ztráty vlastností), nebo otevřená, kdy je vyráběn produkt odlišný.

V Evropě převládá mezi recyklačními metodami uzavřená recyklační smyčka, která je využívána například při recyklaci plechovek. [1], [45]

Proces recyklace hliníku zahrnuje drcení a rozemletí hliníku na malé kousky, které jsou následně roztaveny v peci. Následně vzniká nový hliník, který je energeticky podstatně méně náročný na výrobu. Pro výrobu nového hliníku tak stačí stávající materiál vytrít a přetavit. Tento proces je energeticky šetrnější než výroba nového hliníku z bauxitu a to o 95 %. Recyklací 1 kilogramu hliníku se ušetří 6 kg bauxitu, 4 kg chemických produktů a 14 kWh elektrické energie. Hlavní výhodou je, že je recyklovaný hliník k nerozeznání od nově zpracovaného a jeho původní vlastnosti zůstávají zcela zachovány. [59], [99]

3.3.6.2 Ocel

Mezi nejvíce recyklované materiály na světě patří ocel a železo. Ocel lze snadno magneticky oddělit od odpadu a lze ji recyklovat opětovně. V roce 2018 dosáhla míra recyklace oceli v celosvětovém měřítku na 86 %. V Evropě je polovina oceli znovu využívána ze šrotu a z důvodu dlouhé obrátkovosti je část poptávky tlumena primární výrobou z železné rudy. Ocel je opakovaně recyklována, protože si jako jeden z mála kovů dokáže zachovat své původní vlastnosti. [42], [43]

3.3.6.3 Kobalt

Vzácný prvek, vyskytující se v zemské kůře, se dříve využíval jako pigment pro barvení skla a keramiky. V současné době je využíván pro výrobu velmi odolných materiálů, využívaných zejména v leteckém nebo farmaceutickém průmyslu. Kobalt patří do skupiny těžkých kovů a nejvýznamnější naleziště se nalézají v Rusku, Demokratické republice Kongo, Číně, Zambii a Zairu. Naleziště s převažujícím množstvím kobaltu se v přírodě nevyskytují, ale jsou součástí jiných rudných nalezišť (nejčastěji niklových rud).

Cena kobaltu se za poslední dva roky ztrojnásobila a jedna z hlavních exportních zemí - Demokratická republika Kongo, dnes vyváží přes dvě třetiny kobaltu na světě. Tato země je velmi problematická z hlediska nedostatečné bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a dále z důvodu využívání dětské práce. [76]

3.3.6.4 Lithium

Společně s kobaltem je i lithium cenným kovem jehož cena stále stoupá. Lithium patří mezi alkalické kovy a vyznačuje se nízkou teplotou tání i varu. Je to měkký kov, který mimořádně dobře vede teplo i elektrický proud. Největší světové naleziště jsou v Argentině, Bolívii, Chile, Číně a Austrálii. Recyklace lithia je velmi obtížná a v současné době neexistuje účinný recyklační proces, který by byl ekonomicky výhodnější než těžba nového kovu. Za poslední roky se cena lithia téměř ztrojnásobila. [77]

3.3.6.5 Tantal, niob

Tantal a niob patří mezi velmi vzácné kovy, které se využívají při výrobě mikrokonkondenzátorů s velkou elektrickou kapacitou. Právě minimalizace součástek umožňuje jejich využití v mobilních telefonech, které se postupem času stále zmenšovaly. Stejně, jako kobalt, je naleziště těchto velmi vzácných kovů v Kongu, kde je jeho těžba velmi problematická. Zejména je to způsobeno technologicky zastaralou těžbou, která likviduje přirozené biotopy ohrožených goril. Zde stojí za zmínku projekty zoologických zahrad, kdy mohou lidé přispět do sbírky a přinést svůj již zastaralý či nepoužívaný telefon a pomoci v recyklaci. [79]

3.3.6.6 Palladium

Palladium je vzácný kov, vzhledem podobný stříbru a vyznačuje se vysokou schopností pohlcovat plyny. Využívá se v automobilovém a chemickém průmyslu, v elektroenergetice, farmaceutickém průmyslu a klenotnictví. Téměř 80 % poptávky po palladiu připadá na automobilový průmysl (vyskytuje se v katalyzátorech benzínových dopravních prostředků a pomáhá snižovat emise unikající do životního prostředí). Světové ceny palladia stále stoupají a překročily cenu zlata. Dynamika růstu cen souvisí se zvyšujícím se nedostatkem kovu ve světě. Největší producent palladia je Rusko, které drží 41 % celosvětové produkce. [97]

3.3.7 Akumulátory

Baterie jsou součástí moderní elektroniky a jsou všudypřítomné. Používají se v přenosných a pohyblivých technologiích - od naslouchadel, hraček, přes chytré telefony nebo elektrická vozidla. Baterie obvykle obsahují lithium, kobalt, kadmium, olovo, zinek, mangan, nikl, stříbro a rtuť. V souvislosti s kobaltem a lithiem je často zmiňována problematika li-ion baterií, které v posledních letech zažívají velký rozmach. Současný pokrok ve vývoji akumulátorů způsobil strmý růst nabídky. Ať už se jedná o smartphony, elektroniku nebo i elektromobily. Zvyšování kapacity současných baterií vede ke vzniku obrovského množství elektroodpadů - zejména lithium-ion baterie budou v budoucnu velkým nebezpečím pro životní prostředí. Recyklace je nejen ekologickou, ale i ekonomickou záležitostí. Lithium-iontové baterie se vyznačují vysokou hustotou energie, stinnou stránkou je životnost, která vydrží okolo 500 až 1000 cyklů nabití, než se kapacita baterie podstatně sníží. Trh s lithium-iontovými bateriemi je velmi rychle rostoucím segmentem, který ovlivňuje zvyšující se poptávka - poháněná poptávkou po chytrých telefonech a vozidlech na elektrický pohon. [98]

3.3.7.1 Recyklace baterií

V současné době je recyklace li-ion baterií na nízké úrovni. Jedním z důvodů může být malá ekonomická motivace, dalším důvodem by mohlo být to, že ne všechny baterie již dosáhly konce své životnosti. Trh s bateriemi také velmi ovlivňuje vývoj baterií v elektromobilech, který je sice na vzestupu, ale stále je na počátku své cesty. Nejdůležitějším faktorem v následné recyklaci baterií je legislativa, která ovlivňuje nejen recyklaci baterií, ale i recyklaci celého segmentu e-odpadu. Přímou při recyklaci akumulátorů je možné využívat metalurgické procesy pyrometalurgii nebo hydrometalurgii. Postup recyklace akumulátorů zahrnuje prvotní demontování obalu a následnou separaci oceli, hliníku nebo plastových částí, které jsou s obalem spojeny. Dále jsou bateriové články pomocí pyrometalurického procesu recyklovány. K recyklaci lze využít i hydrometalurgie, nicméně jedná se o proces, který je v případě baterií zatím ve výzkumné fázi. [78]

V následující tabulce (Tabulka 1) je přehled výstupu z procesů metalurgie.

Tabulka 1 Druhy metalurgie - recyklování baterii

Proces	Získaný materiál	Další výstupy (nelze plně využít)
Pyrometalurgie - tepelný proces	Kobalt, Nikl, Měď	Hliník, Lithium, Železo
Hydrometalurgie - solné roztoky	Kobalt, Měď, Hliník	Kobalt, Plast, Ocel

Vlastní zpracování, zdroj dat: internetový zdroj [78]

3.3.8 Průmyslové recyklační firmy

Firmy, které se specializují na elektronický odpad, zažívají v posledních letech poměrně velký rozmach. Jejich četnost se liší dle zemí a oblastí - tento fakt je ovlivněn množstvím vznikajícího e-odpadu a také legislativním prostředím. Obecně jsou firmy kapitálově náročné, využívají mechanizovaných zařízení na třídění, drcení a zpracování materiálu. Ke zpracování e-odpadu často slouží speciální linky na úpravu odpadu. Tyto linky odpad dekontaminují, demontují, rozdrtí a připraví na další procesy zpracování. [56]

3.3.9 Likvidace e-odpadu

Následující podkapitola popisuje finální cestu materiálů, které již nelze do recyklačního cyklu znovu zapojit. Při procesu mechanického zpracování e-odpadu je vytríděn materiál dle druhů a dále zpracováván. Ne všechny materiály se však do tohoto cyklu mohou zařadit - klasickým příkladem jsou plasty obsahující stopy brómovaných zpomalovačů hoření. Pokud by tyto plasty byly zařazeny do recyklačního procesu, negativně by ovlivnily finální produkt, který by mohl být pro své okolí a lidské zdraví dokonce toxický. [95], [100]

3.3.9.1 Likvidace nebezpečného odpadu

Nejdůležitější pravidlo odpadového hospodářství je předcházení vzniku odpadů. To není pochopitelně vždy možné a nebezpečné odpady vznikají v rámci každodenních činností. [93]

Nebezpečný odpad můžeme částečně znovu využít (prostřednictvím regenerace olejů či rozpouštědel) nebo ho úplně zneškodnit likvidací. Samotná likvidace nebezpečných odpadů se provádí prostřednictvím spalování nebo trvalého ukládání. V případě uložení odpadu musí předcházet jeho prvotní úprava - změnou chemických, biologických a fyzikálních vlastností odpadu pomocí určitých technik (odpařování, usazování, filtrace). Takto upravený odpad se podrobí solidifikační metodě, kdy se smísí reagent s odparem za vzniku stabilizovaného produktu a odpad je následně uložen na skládku. Druhou možností je spalování (viz následující kapitola 3.3.9.2 Spalovny odpadu). Záleží na konkrétním druhu nebezpečného odpadu, některé je možné i recyklovat. [94]

3.3.9.2 Spalovny odpadu

Během spalování odpadu může dojít k úniku problematických látek - těžkých kovů, které není možné spalováním rozložit (zejména olovo, měď, rtuť, kadmium, nikl nebo zinek). Schopnost úniku těchto látek je závislá na podmínkách spalování. V současné době je technologie spalování velmi pokročilá a díky vyspělým filtrům plynných emisí jsou těžké kovy zachycovány v pevných zbytcích ze spalování. Následně jsou využívány při výrobě betonu - tento problém je často diskutovaný, jelikož může dojít k uvolňování nebezpečných látek ze stavebního materiálu do okolí a k následnému poškození lidského zdraví a životního prostředí. Zatímco běžné spalovny komunálního odpadu při spalování vyrábějí energii, spalovny nebezpečného odpadu podléhají přísným předpisům a opatřením. Spalování probíhá pod neustálým dohledem a tuto vznikající energii není z bezpečnostních důvodů možné dále využívat. Je třeba zmínit, že samotné spalování není naprosto dokonalé a jako odpadní produkt vzniká následně popílek, se kterým je nakládáno jako s nebezpečným odpadem a je nezbytné ho následně uskladnit vhodným způsobem. [19]

3.3.9.3 Skladování odpadů

Technologický pokrok jde dopředu mílovými kroky a moderní technologie zastarávají rychleji, než kdy dřív. Vzhledem k obtížnosti recyklace elektronických a elektrických odpadů je odpad často vyvážen do rozvojových zemí, kde je skladován, neodborně rozebírán a spalován za nevyhovujících podmínek. Pracovníci a místní obyvatelé jsou vystaveni toxickým chemickým látkám vdechováním prachu a dermální expozicí. Inhalace těchto látek představuje řadu potenciálních rizik - zejména expozice dioxinů, olova, mědi, kadmia, zpomalovačů hoření, chromu, rtuti apod. způsobují fyzická a chronická onemocnění. Další negativní faktor je využívání dětské práce v rozvojových zemích. Následující podkapitoly se zaměřují na producenty USA a Evropu. [5]

3.3.9.3.1 USA

Organizace Basel Action Network prováděla v roce 2002 průzkumy v Nigérii ohledně původu e-odpadu, který se zde hromadí. Dle údajů pochází až 80 % tohoto e-odpadu z USA. Podle odhadů v roce 2002 každý měsíc dorazilo přes 400 000 kusů použité elektroniky. Většina tohoto odpadu pochází od společností, které se v USA zabývají ekologickou likvidací odpadů. Tyto firmy zboží dostávají od soukromých společností a státní správy zdarma za účelem ekologické likvidace. Vyřazená elektronika má být rozebrána, opravena a prodána v rozvojových zemích, kde je levnější pracovní síla. USA navíc doposud nepodepsala Basilejskou úmluvu o obchodování s nebezpečným odpadem. Podle odhadů se odtud i v současnosti ilegálně vyváží 50 - 80 % veškerého e-odpadu. [7]

3.3.9.3.2 Evropa

Evropské země v minulosti hojně vyvážely e-odpad do asijských zemí. Vzhledem k zpřísnující se legislativě v Asii je elektronika nyní z části vyvážena do Afriky. Konkrétním příkladem, kde během posledních let došlo k masivnímu nárůstu skládek e-odpadu, je africká Ghana. Největším skladištěm e-odpadu se stalo hlavní město Ghany - Akkra. Před odesláním dosloužilé elektroniky do rozvojových zemí je z výrobků odstraněna většina cenných materiálů a drahých kovů. Jedná se tedy z velké části o již

nevyužitelné zbytky e-odpadu, které z Ghany činí jedno z nejznečištěnějších míst na celém světě.

Z odpadu se ve vysokých koncentracích uvolňují toxické látky jako rtuť, olovo, kadmium a arsen. Toxiny se uvolňují při rozebírání a spalování odpadu a zamořují nejen půdu, ale i atmosféru a jsou příčinou pomalého trávení pracovníků, kteří s nimi přicházejí denně do styku. U obyvatel Ghany dochází k častému výskytu rakoviny, srdečních chorob a nemocí dýchacích cest - i přes tato fakta je práce na skládce e-odpadu pro obyvatele Ghany jediným možným zdrojem obživy. [62]

3.3.10 Příklady dopadů e-odpadu

V následujících kapitolách jsou blíže popsány negativní vlivy při nesprávné manipulaci s e-odpadem. Následující země byly vybrány z důvodu, že je na jejich území svážen e-odpad z Evropy a USA.

3.3.10.1 Dopady recyklace e-odpadu na dětské sběratele (Nikaragua)

Dle studie doktora Athanasiadou byla provedena studie, která zjišťuje hladinu zpomalovačů hoření (PBDE polybromovaných difenyletherů) ve vzorku 64 dětí (věkové rozmezí 11 - 15 let). Tyto děti žijí na skládce e-odpadu nebo v její těsné blízkosti. Výsledky studie ukázaly, že takto vysoké koncentrace PBDE nebyly u dětí dosud nikdy naměřeny. V místě skládky vzniká vysoké množství prachu právě spalováním e-odpadu a prach je následně vdechován. Zároveň při zjišťování koncentrace PBDE bylo zjištěno, že děti, které na skládkách přicházely fyzicky do kontaktu s e-odpadem, měly v krvi zvýšené množství olova, kadmia a rtuti. Při studiu byla zkoumána četnost zranění související s prací. Až 70 % dětí pracujících na skládce bylo vystaveno za posledních 12 měsíců úrazu nebo zranění. Z tohoto počtu mělo 7 % trvalé následky.

Děti se řadí do rizikové skupiny, jsou zranitelnější vůči hrozbám spojeným s e-odpadem a vůči jejich účinkům na lidské tělo. Děti pracující na skládkách e-odpadu nebo v jejich okolí jsou zasaženy po fyzické i psychické stránce. Nejen, že jsou vystaveni nevyhovujícímu prostředí, ale často si nesou trvalé zdravotní následky a psychické nebo emocionální omezení. Dětský vývoj je extrémně citlivý na vlivy vnějšího prostředí - ať už

se jedná o reprodukční orgány nebo o funkce a vývoj mozku. Expozice neurotoxických látek, alergenů a karcinogenů v tomto období může být velmi nebezpečné. [120]

3.3.10.2 Znečištění a koktejlový efekt v Taizhou (ČLR)

Mnoho míst v Číně bylo studováno z důvodu obav vlivu e-odpadu na životní prostředí. V oblasti Taizhou probíhá recyklace dosloužilých výrobků již od 70. let 20. století a to zejména prostřednictvím nedostatečných metod, kdy se do půdy a ovzduší uvolňují toxické látky a těžké kovy, které pak následně ohrožují lidské zdraví. V oblasti Taizhou je velké množství dílen ve venkovských vesnicích, kde se obyvatelé přímo i nepřímo podílí na likvidaci e-odpadu. Dopady těžkých kovů byly zkoumány na zkušební skupině 349 lidí z měst Luqiao a Wendling a porovnávány s kontrolní skupinou 118 lidí ze vzdáleného regionu. Zkušební skupina 349 lidí měla zvýšené hladiny olova, kadmia, manganu, mědi a zinku v moči. Hodnoty těchto látek byly u pracovníků ale i u obyvatel žijících v blízkosti dílen podstatně vyšší, než u kontrolní skupiny. U stejné skupiny byly kromě PBDE (polybromované difenyletery) koncentrace zjištěny také PCB (Polychlorované bifenyly), které jsou důsledkem dříve likvidovaných transformátorů a kondenzátorů. Dle studií bylo prokázáno, že se u zkoumané skupiny vyskytovala jak PBDE tak i PCB látky. Zjištěná úroveň PBDE byla velmi vysoká a představuje riziko pro lidské zdraví samo o sobě, pokud se k této koncentraci připojí i PCB, vzniká koktejlový efekt, jehož výsledkem je neurotoxicita, vysoké riziko rakoviny a abnormality narušující činnost štítné žlázy. [121]

3.3.10.3 Zaměstnanost v odvětví recyklace e-odpadu v Ghaně

Ghana, Pobřeží slonoviny a Nigérie patří do nejvíce problematických afrických zemí. Zejména hlavní město Ghany Akkra, nacházející se poblíž vodního toku Korle Lagoon, který se řadí mezi jeden z nejvíce znečištěných na Zemi. Právě skládka e-odpadu udělala z tohoto místa jedno z nejznečištěnějších z celého světa. Sběr, demontáž, využívání materiálů i konečná likvidace probíhá pouze neoficiálními cestami. Do Ghany je dovážena dosloužilá elektronika, která je maskována jako použité elektronické zboží, ve většině případů se ovšem jedná o nefunkční zařízení. Recyklace e-odpadu je v Ghaně rozprostřena do malých a četných podniků. Samotní zaměstnanci recyklačních dílen jsou často ze

severní části země, ve které je velký nedostatek potravin a práce. Práce v recyklační dílně tak pro místní obyvatele představuje spolehlivý zdroj obživy navzdory závažným environmentálním a zdravotním rizikům, které s sebou nese. Většina zaměstnaných lidí v recyklačních dílnách je ve věkové skupině 14 až 40 let. Průměrná pracovní doba je 10 - 12 hodin za den a často je obvyklý přesčas v rámci 108 - 168 hodin za měsíc. Drtivá většina zaměstnanců nemá pevně stanovenou denní nebo týdenní pracovní dobu. Typickým znakem této práce je její nízká stálost. Jedním z důvodů je nízký příjem, nedostatečná jistota zaměstnání, vystavení nebezpečným pracovním podmínkám a špatné zdraví. Neexistuje zde systém sociálního zabezpečení. Zaměstnanci jsou odměňováni na základě vykonané práce za den - nejnebezpečnější práce sběračů činí za měsíc 70 - 140 dolarů. Renovátoři a recyklátoři jsou odměňováni od 175 do 285 dolarů měsíčně.

Zásadním by v odvětví recyklace e-odpadu v Ghaně a ostatních problémových zemích bylo ztransparentnit a formalizovat celý systém - pro lepší kontrolu dopadů na životní prostředí i lidské zdraví. Formalizace by chránila zaměstnance, jejich pracovní místa, pracovní prostředí a bezpečnost práce. [121]

3.4 Legislativa

Nejdůležitější a klíčovou oblastí v recyklaci a likvidaci elektronického odpadu je oblast legislativní. Mnoho zemí stále nemá vnitrostátní právní předpisy regulující činnosti související s e-odpadem. Jedná se zejména o oblasti Afriky, Latinské Ameriky nebo jihovýchodní Asie, kde není elektronický odpad na prvním místě politické agendy a neexistují účinné regulace. Otázka zpětného získání cenných kovů a druhotných surovin z e-odpadu spolu se snižováním zátěže na životní prostředí je velmi problematická a vyžaduje komplexní přístup, který zkombinuje více postupů a metod zpracování elektronického odpadu. Ačkoli je recyklace e-odpadu v současné době rychle rostoucí trend, pro úspěšný recyklační proces je nezbytné zavést jednotná pravidla a normy. [23]

3.4.1 Evropská unie

Produkce a nakládání s e-odpady se odráží v právních předpisech Evropské unie. Mezi závazná usnesení zavedená orgány EU patří nařízení, směrnice a rozhodnutí. Tyto předpisy jsou právně závazné pro všechny země, které jsou členy EU a v souvislosti s e-odpadem byly zaváděny již od 70. let minulého století.

Množství e-odpadu, které putuje do spaloven nebo na skládky, se EU snaží regulovat. Typickým příkladem je směrnice o odpadech, která má prioritně za cíl omezovat samotnou produkci odpadů z elektronických a elektrických zařízení, podpořit jejich opětovné použití, recyklovat materiály, snižovat dopady odpadu na životní prostředí a zapojit všechny články do životního cyklu výrobku (výrobci, distributoři, spotřebitelé a společnosti zabývající se likvidací e-odpadu). [41]

Pokud jde o samotné snižování odpadu a recyklaci, řadí se evropské země mezi striktnější. V celé EU existuje řada nařízení, předpisů a ekonomických nástrojů pro podporu recyklace. Pro obalové materiály ale i pro dosloužilá elektronická a elektrická zařízení jsou stanoveny Evropskou unií minimální míry recyklačního poměru. Mezi ekonomické nástroje patří poplatky ze skladování a spalování odpadu. [1]

Dle rámcové směrnice o odpadech 2008/98/ES se stanovuje, kdy odpad přestává být odpadem a stává se druhotnou surovinou. Politika EU podporuje oběžnou ekonomiku, ve které jsou odpady považovány za zdroje, které je třeba dále využívat. Z důvodu, že e-odpad spadá do zvláštní kategorie odpadů, stanovuje EU jednotné postupy pro recyklaci a legislativní normy pro společnosti zabývající se recyklací a zpětným odběrem e-odpadu. [84], [85]

V následujících podkapitolách je výčet nejdůležitějších zákonů, směrnic, mezinárodních smluv a norem, které odvětví e-odpadu výrazně ovlivňují.

3.4.1.1 Zákon o odpadech

Česká republika se řídí právními předpisy, které jsou v souladu se směrnicemi evropskými. Odpadovou problematiku na obecné úrovni upravuje zákon o odpadech č. 185/2001 Sb., tento zákon řeší problematiku elektrických a elektronických zařízení

v národní rovině, kde stanovuje pravidla pro uvedení těchto zařízení na trh, pravidla pro zpětný odběr, zpracovávání a využívání elektroodpadu, povinnosti výrobců, prodejců a distributorů. Zákon je v souladu s právem Evropské unie a je založen na samotném předcházení vzniku odpadů, nakládání s odpady, určuje práva a povinnosti subjektům v odpadovém hospodářství a upravuje působnost orgánů veřejné správy. [89]

3.4.1.1.1 Novelizace

Směrnice 2002/96/ES z 27. ledna 2003 ukládá za povinnost všem členským státům zpětně odebírat elektronický odpad, likvidovat a recyklovat elektrická a elektronická zařízení. Další novelou byla novela č. 7/2005 Sb. zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, která dává za povinnost výrobcům a dovozcům zajistit zpětný odběr a likvidaci elektrických a elektronických zařízení od občanů a firem a dále označovat nové výrobky v souladu s platnou legislativní úpravou. [90]

3.4.1.1.2 Koncept hierarchie odpadů

Koncept hierarchie odpadů se zaměřuje na samotné předcházení vzniku odpadů a politiku 3R (reduce, reuse, recycle), který staví na omezení, znovupoužití a recyklaci e-odpadu. Koncept, znázorněný na následujícím obrázku (Obrázek 2), má pět úrovní a zobrazuje hierarchii nakládání s odpady dle nové evropské rámcové směrnice o odpadech.

Obrázek 2 Koncept hierarchie nakládání s odpady



Vlastní zpracování, zdroj dat [88]

Prvotní impulsem vzniku konceptu byla snaha zharmonizovat vnitrostátní předpisy v souvislosti se zneškodňováním ale i samotnou redukcí e-odpadů.

Roku 1975 byla přijata směrnice o zneškodňování odpadů 75/442/EEC (European Economic Community). Směrnice obsahovala obecné rady a doporučení v oblasti prevence vzniku e-odpadů: zvýšit recyklaci a opětovné používání materiálů, bezpečně zlikvidovat nebezpečný a toxický materiál. Pod záštitou této směrnice vznikla řada dalších předpisů, zaměřujících se na konkrétní skupiny e-odpadů, likvidaci jejich obalových materiálů apod. Každá ze směrnic má za cíl podpořit znovu využívání použitých materiálů, zachovat hodnotu obsažených vzácných kovů a materiálů a také minimalizovat dopady na životní prostředí a lidské zdraví. [34]

3.4.1.2 RoHS

Jednou z nejdůležitějších opatření je směrnice 2011/65/ES Evropské unie (směrnice o odpadních elektrických a elektronických zařízeních), známé také jako RoHS (Restriction of Certain Hazardous Substances). Tato směrnice zakazuje prodej ale i samotnou výrobu elektroniky s obsahem olova, rtuti, kadmia, šestimocného chromu, polybromovaných bifenyly a polybromovaných difenyly. [18]

Směrnice RoHS propaguje alternativní materiály šetrné k životnímu prostředí. Mnoho zemí, které vyrábí elektrická a elektronická zařízení a následně je dováží do EU, změnilo své výrobní procesy tak, aby se v nich nebezpečné látky již nevyskytovaly. [6], [38], [39]

3.4.1.3 Elektrozařízení

Další důležitou směrnicí je směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/19/EU ze dne 4. července 2012 o odpadních elektrických a elektronických zařízeních. Cíle směrnice jsou zejména zachování, ochrana a zlepšování kvality životního prostředí, ochrana lidského zdraví a uvážlivé využívání přírodních zdrojů. Zejména z důvodu stále rostoucí produkce i množství vyřazených elektronických a elektrických zařízení je důležité chránit životní prostředí před látkami obsaženými v těchto zařízeních. Dalším důvodem přijetí směrnice je snaha znovu získat vzácné suroviny. Řešením problému s e-odpadem je zavedení uceleného systému sběru e-odpadu, vybudování recyklačních linek a regulace exportu e-odpadu. Směrnice byla přijata společně s výše zmíněnou směrnicí RoHS a obě jsou platné od roku 2013. [37]

3.4.1.4 Směrnice o bateriích a akumulátorech

Nejdůležitější odrazové body pro recyklování li-ion baterií jsou zakotveny ve směrnici Evropského parlamentu a Rady 2006/66/ES ze dne 6. září 2006 o bateriích a akumulátorech a odpadních bateriích a akumulátorech a o zrušení směrnice 91/157/EHS. Cílem směrnice je snížit na minimální možné množství nepříznivé dopady baterií a akumulátorů na životní prostředí. Snížením dopadů na minimum může směrnice pomoci k ochraně a zachování životního prostředí. Dalším vytyčeným cílem je sjednotit požadavky

týkající se obsahu těžkých kovů, sjednotit označování baterií a akumulátorů a zároveň zajistit hladké fungování vnitřního trhu. [35]

3.4.1.5 Spalování odpadu v EU

Spalování odpadů reguluje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/76/ES ze dne 4. prosince 2000 o spalování odpadů. Cílem směrnice je předcházet nebo omezit spalování odpadu, snižovat negativní dopady na životní prostředí, které jsou způsobeny vypouštěním emisí do vzduchu, půdy, povrchových a podzemních vod. Směrnice stanovuje mezní hodnoty emisí a požadavky na monitorování vypouštěných emisí (prach, oxidy dusíku, oxid siřičitý, chlorovodík, fluorovodík, těžké kovy, dioxiny a furany). [1], [36]

3.4.1.6 Normy ISO

Zkratka ISO je označením pro Mezinárodní organizaci pro normalizaci (International Organization for Standardization), která koordinuje uspořádání a publikaci schválených norem. Celkový počet ISO norem překračuje 16 000 a obecně tyto normy definují požadavky na různé obory (chemický, stavební, zdravotnický průmysl apod.). Skupina je velmi široká a samotná zkratka ISO musí být doplněna o číselný kód pro upřesnění toho, čím se norma zabývá. [8]

Normy definující požadavky na systémy a řízení organizací např. ISO 14001 - systém environmentálního managementu. Značení plastů dle kódu obsahující informaci o použitém zpomalovači hoření: Normy ISO 11469 a ISO 1043. Tyto normy nesou informaci o použitém materiálu (plastovém polymeru), o zpomalovači hoření a o plnidle. [9]

3.4.1.7 Akční program EU

Akční program do roku 2020 “Living well, within the limits of our planet” nastiňuje problematiku přechodu k oběhové ekonomice, která je nezbytná pro koncept udržitelného rozvoje. Akční plán EU se zabývá celým životním cyklem a zahrnuje zavedení, spotřebu, druhotné suroviny a nakládání s odpady. [25]

3.4.1.8 Basilejská úmluva

Basilejská úmluva se řadí mezi jeden z nejvýznamnějších globálních mezinárodně právních dokumentů a upravuje kontrolu pohybu nebezpečných odpadů přes hranice států. Úmluva pokrývá kontrolu pohybu nebezpečných odpadů přes hranice států za účelem jejich zneškodňování a znovu využívání. Hlavními cíli této úmluvy je snižovat pohyb nebezpečného a ostatního odpadu na možné minimum, zneškodňovat nebezpečné odpady a ostatní odpady co nejdříve jejich zdroji, minimalizovat samotný vznik nebezpečných odpadů, zajistit přísnou kontrolu pohybu nebezpečných odpadů přes hranice států, zakázat přepravu nebezpečných odpadů do zemí, které nedisponují legislativní, administrativní a technickou kapacitou k jejich řízení a zneškodňování v souladu s environmentálně šetrnými metodami a v neposlední řadě pomáhat rozvojovým zemím v nakládání s odpady. Basilejská úmluva byla sjednána v rámci Programu OSN pro životní prostředí roku 1989. [115]

3.4.2 Česká republika

Česká republika, stejně jako ostatní členské země EU, má za povinnost zpracovat plán nakládání s odpady, který je stanoven ve směrnici Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech. Dle zákona č. 185/2001 Sb. zpracovalo Ministerstvo životního prostředí Plán odpadového hospodářství České republiky (POH ČR), který představuje klíčový dokument v oblasti realizování dlouhodobých strategií nakládání s odpady, obalovými materiály a výrobky s ukončenou životností. [124]

3.4.2.1 Plán odpadového hospodářství

Plán odpadového hospodářství ČR je nástroj pro řízení odpadového hospodářství pro realizaci dlouhodobé strategie nakládání s odpady. Tento plán je v souladu s evropskou odpadovou legislativou a je účinný od 1.1.2015. Strategické cíle POH ČR jsou:

- Předcházení vzniku odpadů a snižování měrné produkce odpadů.
- Minimalizace nepříznivých účinků vzniku odpadů a nakládání s nimi na lidské zdraví a životní prostředí.

- Udržitelný rozvoj společnosti a přiblížení se k evropské „recyklační společnosti“.
- Maximální využívání odpadů jako náhrady primárních zdrojů a přechod na oběhové hospodářství.

Z priorit POH ČR vystupuje nezbytnost stanovení a zkoordinování systému s nakládáním s odpady v jednotlivých regionech.

POH ČR je v přímé návaznosti na nový programový dokument Operačního programu Životní prostředí 2014 – 2020, prostřednictvím něhož budou čerpány finance pro podporu nových zařízení a systémů nakládání s odpady v ČR. [92]

3.4.3 Legislativa ve světě

3.4.3.1 Japonsko

Japonsko v dubnu 2001 přijalo zákon o recyklaci domácích spotřebičů HARL (Home Appliance Recycling Law), který má za cíl snížit dopad e-odpadu na životní prostředí. Tento zákon se týká 4 hlavních kategorií: lednice, pračky, televizory a klimatizační jednotky. Zákon je postupem času revidován, takže nyní zahrnuje kromě původních kategorií také LCD plazmové televizory a sušičky. [5]

Základním principem HARL je zákaz toxických látek v elektronických a elektrických zařízeních, zvyšování recyklovatelnosti produktů a podpoření recyklace. Tento zákon bývá často kritizován, jelikož nezahrnuje například mobilní telefony. Japonsko vytvořilo podobný legislativní systém v nakládání s e-odpady jako Evropská unie. Domácí spotřebitelé platí poplatek na pokrytí části nákladů na recyklaci a přepravu. Rozdíl mezi legislativou v Japonsku a legislativou EU je v toku odpadů zahrnutých do právních předpisů o elektronických zařízeních. Směrnice EU zahrnuje širší legislativní oblast (monitory, PC, televizory, ale také velké a malé domácí spotřebiče). [32], [85]

3.4.3.2 USA

V USA je odlišný legislativní systém z důvodu absence společné federální legislativy o nakládání s elektronickým odpadem. Každý stát má definován svůj vlastní systém se specifickými cíli. V roce 2011 proběhl pokus o sjednocení přístupu pomocí tzv. Národní strategie pro správu elektroniky. Cílem přístupu bylo zejména zlepšení správy použité a vyřazené elektroniky. [86]

Problematika s e-odpady je v USA spojena s podporou výrobců při navrhování ekologičtějších elektronických produktů - cílem je opět především snížit samotný vznik odpadů. Prevence vzniku e-odpadů je nejúčinnější politikou snižování sociálních a environmentálních dopadů plynoucích z odpadů. S prevencí vzniku e-odpadu je spojeno prodloužení životního cyklu elektronických výrobků. V souvislosti s tímto faktem je využíván nástroj pro posuzování vlivů na životní prostředí (EPEAT, Electronic Product Environmental Assessment Tool) a model přidělování nákladů na financování systému sběru zpětného odběru a procesy likvidace a recyklace. [86]

Sektor nakládání s e-odpadem je v celosvětovém měřítku v plné přechodné fázi. Přes obrovské rozdíly mezi vyspělými a rozvojovými zeměmi je nakládání s odpadem celosvětovým problémem životního prostředí. Země čelí výzvam s cílem sbírat, recyklovat a likvidovat rychle rostoucí objemy e-odpadu a čelit nakládání s nebezpečným odpadem s ohledem na lidské zdraví. [85]

4 Praktická část

Praktická část diplomové práce je v souladu s hlavním cílem práce zaměřena na problematiku počítačů v kombinaci s životním prostředím. V první kapitole praktické části je zmapován vývoj e-odpadu - to zahrnuje zejména analýzu generovaného množství e-odpadu v rámci světa, EU a ČR. Dále je zmapován vývoj míry recyklačního poměru a porovnání výsledných dat. V této části diplomové práce je nastíněna problematika rostoucí produkce e-odpadu v souvislosti s recyklačním poměrem.

Vzhledem k integritě a přenosnosti jsou v této části také zkoumány vybrané druhy počítačů o různém stáří - konkrétně mobilní telefony a notebooky, které jsou hodnoceny z hlediska použitých materiálů, z hlediska spotřeby elektrické energie a z hlediska obecných parametrů.

V dalších kapitolách je vybrán jeden kolektivní systém pro zpětný odběr e-odpadu v ČR (s propojením na sousední státy) se záměrem vyhodnotit dopady e-odpadu na veřejnou správu a dále je zhodnoceno naplňování cílů POH ČR v souvislosti s e-odpady.

V souvislosti s cíli diplomové práce byly stanoveny následující výzkumné otázky:

1. Recyklační poměr e-odpadu je závislý na používaných materiálech.
2. Implementace cílů POH je v ČR úspěšná (vztaženo na oblast e-odpadu).
3. Kraje mají významný vliv na množství zpětně odebraného e-odpadu.

4.1 Zmapování vývoje e-odpadu

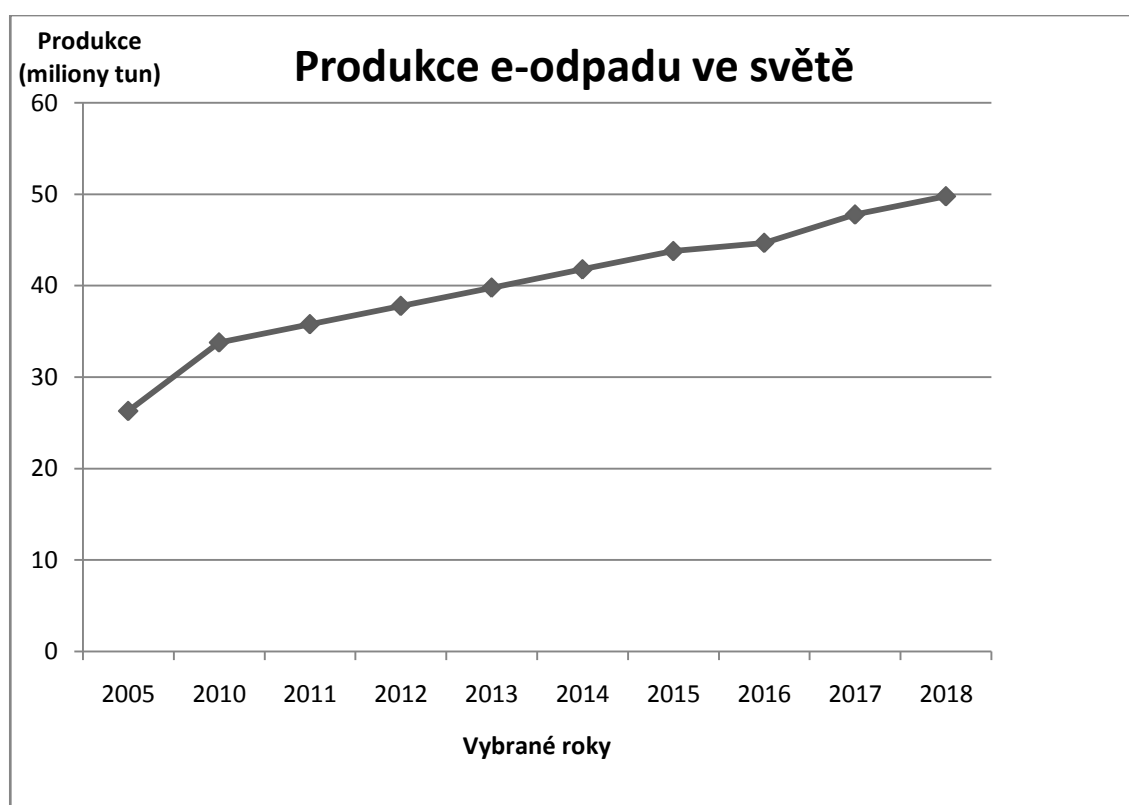
4.1.1 Vývoj generovaného množství e-odpadu

Problematika počítače a životního prostředí je ovlivněna objemem jeho produkovaného množství. Dle údajů Světového ekonomického fóra (WEF) a dat z Eurostatu bylo v roce 2018 vyprodukováno celkem 49,8 milionů tun e-odpadu. [101], [103]

4.1.1.1 Celosvětová produkce e-odpadu

Na následujícím grafu (Graf 1) je zachycen neustále rostoucí trend v celosvětově generovaném e-odpadu za období 2000 - 2018. Údaje v grafu jsou uvedeny v milionech tun.

Graf 1 Produkce e-odpadu ve světě (v milionech tun) za roky 2000 - 2018



Vlastní zpracování, zdroj dat: Eurostat [109], internetový zdroj [117]

Z grafu (Graf 1) můžeme pozorovat nárůst v množství celosvětově generovaného e-odpadu. V roce 2000 bylo celosvětově vybráno 19 milionů tun, oproti tomu v roce 2018 to bylo již 49,8 milionů tun. Je zde více než 260% nárůst během posledních 18 let. Tento fakt svědčí o masovém nárůstu produkce elektronických a elektrických zařízení, spojený s vývojem a pokrokem technologií. S exponenciálním počtem generovaného e-odpadu úzce souvisí životní cyklus elektronických výrobků. Životní cyklus má stagnující, dokonce klesající charakter. V roce 1992 byl životní cyklus nového počítače 4,5 let, oproti tomu v roce 2005 to byly již jen dva roky. [102]

Na následující tabulce (Tabulka 2) lze sledovat přehled celosvětově generovaného e-odpadu rozděleného dle geografických oblastí.

Tabulka 2 Produkce e-odpadu ve světě (v milionech tun) za roky 2014, 2016

Rok	Celková produkce	Asie	Evropa	Amerika	Afrika	Oceánie
2016	44,7	18,2	12,3	11,3	2,2	0,7
2014	41,8	16	11,6	11,7	1,9	0,6

Vlastní zpracování, zdroj dat: údaje z Global E-Waste monitor 2017 [22], WEF [101]

Předchozí tabulka (Tabulka 2) ukazuje nárůst v produkovaném množství e-odpadu mezi roky 2014 a 2016. Data jsou zachycena dle jednotlivých lokací - největší podíl na tomto e-odpadu má bezpochyby Asie. Evropa mezi roky 2014 až 2016 zaznamenala oproti Americe větší nárůst generovaného e-odpadu. [101]

Následující tabulka (Tabulka 3) zachycuje vývoj generovaného e-odpadu za roky 2014 a 2016 v přepočtu 1 kg e-odpadu za jednoho obyvatele v dané lokaci.

Tabulka 3 Produkce e-odpadu ve světě (kg na osobu) za roky 2014, 2016

Rok	Asie	Evropa	Amerika	Afrika	Oceánie
2016	4,2	16,6	11,6	1,9	17,3
2014	3,7	15,6	12,2	3,7	15,2

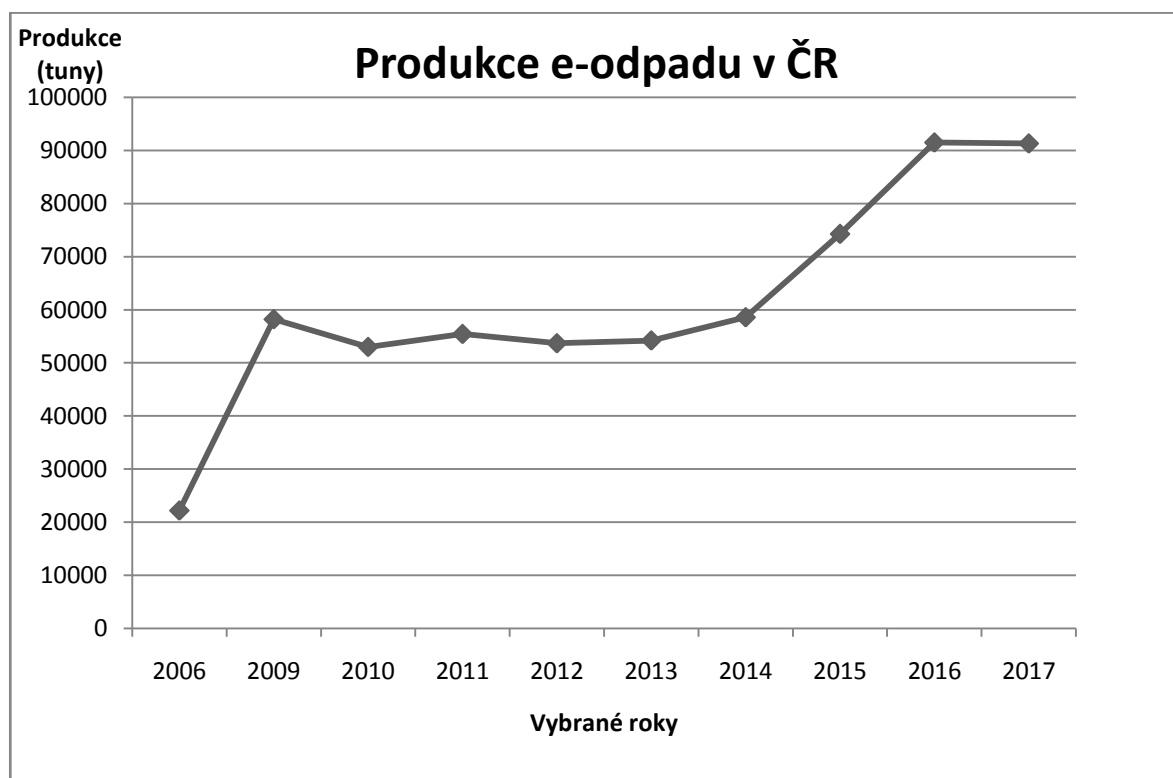
Vlastní zpracování, zdroj dat: údaje z Global E-Waste monitor 2017 [22], WEF [101]

Dle tabulky (Tabulka 3) vidíme, že podobně jako v předchozí tabulce (Tabulka 2) dochází většinou k nárůstu generovaného e-odpadu. Pokles (na kg za obyvatele) byl zaznamenán v Americe a Africe. Zajímavé jsou údaje u Oceánie, kde jsou kilogramy na obyvatele srovnatelné s Evropou. Dle předchozího grafu přitom Oceánie z uvedených lokací generuje nejméně e-odpadu. [101]

4.1.1.2 Množství e-odpadu v ČR

Dle dat ČSÚ se na celém území EU za rok 2016 zrecyklovalo 4,5 milionů tun elektrického a elektronického odpadu s průměrem 8,9 kg na jednu osobu. ČR k tomuto množství přispěla 91,5 tisíci tun e-odpadu, přičemž průměr na jednoho obyvatele v ČR je 8,7 kg. Oproti roku 2007, kdy činil průměr na jednoho obyvatele 3,2 kg je to téměř trojnásobný nárůst. [102], [107]

Graf 2 Produkce e-odpadu v ČR (v tunách) za roky 2006 - 2017



Vlastní zpracování, zdroj dat: MŽP [124]

Dle údajů z grafu (Graf 2), zachycujícího vývoj zpětně odebraného e-odpadu, je patrné, že od roku 2006 do roku 2014 byl mírný vzrůstající trend. Rapidní nárůst přichází od roku 2014, toto navýšení je dáno upřesněním zákona o odpadech, kde byly odstraněny nejasnosti výkladu týkající se vymezení subjektů, které mohou e-odpady kolektovat. Právní úprava nabyla účinnosti v druhé polovině roku 2014, změny se tak projeví až během následujících let. Dalšími faktory, ovlivňující nárůst, jsou legislativní změny při

výkupu kovových odpadů a snížení ceny výkupu kovů (z čehož vyplývá menší snaha o demontování e-odpadů a následné odevzdání do kovových odpadů). Dalším rozhodujícím faktorem je odebírání nekompletního elektrozařízení (kolektivní systémy začaly od roku 2015 odebírat nekompletní e-odpad, který do té doby spadal do režimu odpadů mimo zpětný odběr).

4.2 Recyklační poměr e-odpadu

S dosloužilou elektronikou je možné naložit několika způsoby - nejlepší variantou je jeho recyklace, která znovu využije drahé a cenné kovy. V Evropě i Americe existuje mnoho recyklačních center, které se přímo na e-odpad specializují. Zde nejsou recyklovány plastové části výrobků, obsahující furany a brómované dioxiny (zpomalovače hoření). Kapacity těchto center jsou nedostatečné a odpad je tak vyvážen nejčastěji do Číny, Indie a Afriky (Ghana, Nigérie). V následující tabulce (Tabulka 4) je uvedeno celosvětové produkované množství e-odpadu za vybrané roky s uvedeným podílem likvidovaných výrobků, výrobků které byly recyklovány a dále je uveden procentuální recyklační poměr.

Tabulka 4 Vybrané ukazatele e-odpadu za roky 2000 - 2016

Rok	Produkce e-odpadu (miliony tun)	Likvidace (miliony tun)	Recyklace (miliony tun)	Recyklační poměr (%)
2016	44,7	35,8	8,9	19,91
2014	41,8	35,3	6,5	15,5
2010	33,8	27,3	6,5	19,2
2005	26,3	22,7	3,6	13,6
2000	19	17,1	1,9	10

Vlastní zpracování, zdroj dat: údaje z Global E-Waste monitor 2017 [116], internetový zdroj [104]

Z tabulky (Tabulka 4) vidíme, že recyklační poměr má rostoucí charakter. V celosvětovém měřítku došlo za posledních 20 let k nárůstu recyklačního poměru o 10 % na celkových cca 20 %. Tabulka (Tabulka 4) zachycuje údaje v milionech tun a poskytuje přehledné údaje o celkové produkci e-odpadu, podílu likvidovaných a recyklovaných zařízení a z toho vypočtený recyklační poměr.

Následující tabulka (Tabulka 5) zachycuje recyklační poměr e-odpadu za vybrané roky u jednotlivých zemí a zprůměrované údaje EU jako celku. Následující země v tabulce (Tabulka 5) byly vybrány s ohledem na jejich propojení v rámci společnosti ASEKOL a.s. V příloze 1 (Příloha 1 Recyklační poměr v zemích EU za roky 2008 - 2017) je uveden kompletní seznam zemí EU a jejich recyklační poměr.

Tabulka 5 Recyklační poměr vybraných zemí za roky 2010 - 2017

	2010	2014	2016	2017
Svět	10	15,5	19,91	20
EU	27,9	32,7	39,4	38,8
Česko	22,7	29,3	46,1	46,5
Polsko	17,7	27,4	38,9	36,1
Slovensko	34,9	44,1	50,3	46,5

Vlastní zpracování, zdroj dat: Eurostat [109]

Dle údajů výše uvedené tabulky (Tabulka 5) lze konstatovat, že recyklační poměr v ČR roste rychlým tempem. Od roku 2010 do roku 2017 se zdvojnásobil a ČR v současné době plní limity EU, které stanovují dosáhnout alespoň 40 % míry zpětného odběru. Dle údajů z přílohy 1 (Příloha 1 Recyklační poměr v zemích EU za roky 2008 - 2017) lze pozorovat vývoj recyklačního poměru u jednotlivých členských zemí EU za dané roky. Většina zemí EU svůj recyklační poměr zvyšuje v souladu s legislativními předpisy.

V následující tabulce (Tabulka 6) je uvedena struktura celosvětově generovaného e-odpadu za rok 2016, kde je e-odpad rozdělen do 6 základních skupin.

Tabulka 6 Struktura celosvětově generovaného e-odpadu za rok 2016

Druh odpadu	Objem (miliony tun)
Malá zařízení - vysavače, stroje na čištění kobereců, šicí stroje, mikrovlnné trouby, žehličky, opékače topinek, elektrické nože, hodiny a hodinky, váhy, kalkulačky, videokamery	16,8
Velká zařízení - trouby, myčky nádobí, pračky, sušičky, vařiče a pečicí trouby, elektrické sporáky, velké tiskárny, sálové počítače	9,1
Zařízení pro tepelnou výměnu - chladničky, mrazničky, klimatizační zařízení, odvlhčovací zařízení, tepelná čerpadla	7,6
Obrazovky, monitory a zařízení obsahující obrazovky o ploše větší než 100 cm ² - obrazovky, monitory, televize, laptopy, notebooky	6,6
Malé IT zařízení - mobilní telefony, routery, GPS navigace, osobní počítače, tiskárny, telefony, kapesní kalkulačky	3,9
Světelné zdroje - přímé zářivky, kompaktní zářivky, zářivky, nízkotlaké sodíkové výbojky, vysoce intenzivní výbojky	0,7

Vlastní zpracování, zdroj dat: údaje z Global E-Waste monitor 2017 [116]

Údaje v tabulce (Tabulka 6) jsou již transformované do nového druhu členění, které je platné od 1.1.2019. Změnou skupin elektrozařízení se zvětšuje množina zařízení, u kterých budou mít výrobci povinnost zajistit zpětný odběr. Malá IT zařízení (mobilní telefony) se na celosvětovém objemu podílejí v míře 3,9 milionů tun a notebooky (skupina obrazovky, monitory) se podílejí v míře 6,6 milionů tun.

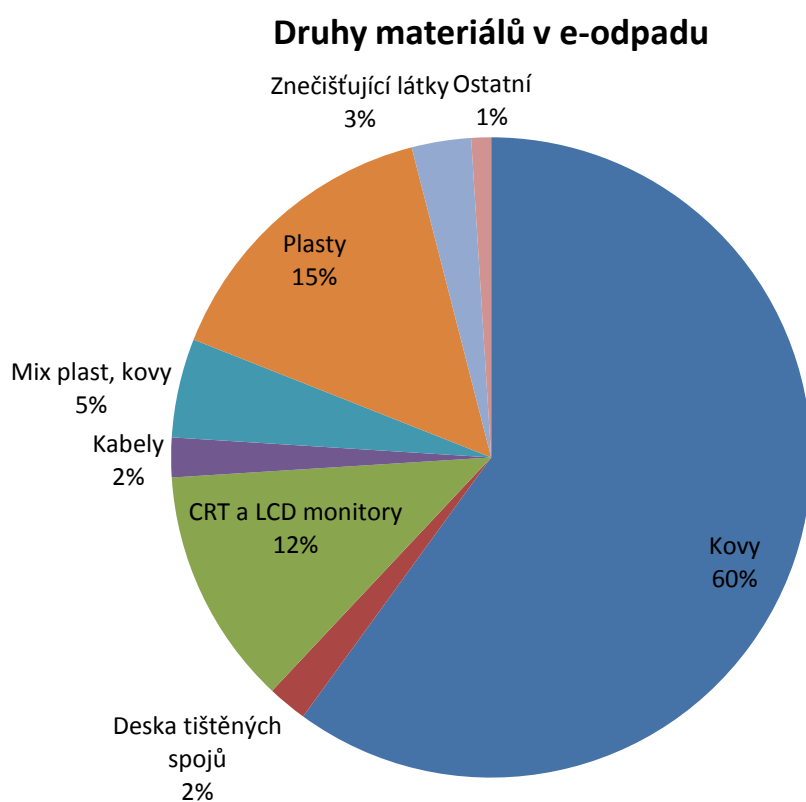
4.3 Kompozice e-odpadu

Složení e-odpadu je závislé na typu zařízení, modelu, výrobci nebo stáří. Odpad z IT a telekomunikačních systémů obsahuje zpravidla více cenných a drahých kovů, než odpad z běžných domácích spotřebičů. Mobilní telefony obsahují základní prvky jako

měď, cín, lithium, kobalt, indium, antimon, stříbro, zlato nebo palladium. Právě zlato a palladium lze z odpadu získávat efektivněji než při těžbě z rudy. Elektronický odpad se vyznačuje stinnými stránkami jako je obsah zpomalovačů hoření. Desky tištěných spojů mohou obsahovat arsen, kadmium, chrom, olovo, rtuť a další toxické látky. Starší desky tištěných spojů obsahují 50 g směsi cínu a olova na metr čtvereční desky tištěných spojů. Zastaralé chladničky a mrazničky nebo i klimatizační jednotky obsahují látky poškozující ozon. Další důležitou součástí e-odpadu jsou katodové trubice v počítačových monitorech a televizorech, které obsahují bariem, kadmium, měď, zinek a olovo. Metody recyklace a likvidace musí držet krok s neustále se měnícím složením e-odpadu. [110]

Následující graf (Graf 3) zachycuje v procentech běžné druhy materiálů vyskytujících se v e-odpadu.

Graf 3 Kompozice charakteristických materiálů v e-odpadu



Vlastní zpracování, zdroj dat: internetový zdroj [118]

Výše uvedený graf (Graf 3) vyjadřuje procentuální výskyt jednotlivých druhů materiálů v e-odpadu (údaje brány k roku 2016). Převládajícím materiálem je jednoznačně kov (60 %), dále v menší míře plasty (15 %).

4.3.1 Mobilní telefony

Mobilní telefony jsou v dnešní době neodmyslitelnou součástí našich dnešních životů. Pomáhají nám svými základními funkcemi i rozšířenými aplikacemi a je znatelný velký posun ve vývoji těchto mobilních zařízení. I přesto, že se většina moderních telefonů skládá z částečně recyklovatelných materiálů, jen malá část jich končí tam, kde má - ve specializovaných sběrných dvorech. Vzácné kovy, které zařízení obsahují při nesprávném zpracování často shoří ve spalovnách s ostatním odpadem a prohlubují znečištění životního prostředí a ničení přírodních zdrojů.

Odpad z elektrických a elektronických zařízení je jedním z nejrychleji rostoucích druhů odpadů na světě. Tento negativní trend je ovlivněn technologickým pokrokem a rychlým stárnutím současné elektroniky. S ohledem na mobilitu a integritu jsou právě mobilní telefony každodenní součástí našich životů a každý rok je vyřazeno 700 milionů těchto zařízení. Tento fakt je způsoben snižující se dobou životnosti, která je dnes kratší než 2 roky. V příloze 2 (Příloha 2 Počty prodaných telefonů za vybrané roky) jsou zachyceny počty nejvíce vyrobených telefonů za každý vybraný rok. Do roku 2007 si držela výsadní postavení společnost Nokia. Od roku 2010 tuto pozici předních míst přebírá od společnosti Nokia společnost Apple se svým iPhone. Apple, který si drží výsadní postavení na trhu od roku 2009, získal svou popularitu zejména díky stabilnímu a plynulému systému, dobré výdrži baterie a kvalitnímu fotoaparátu. Podle odhadů analytika BMO Capital Markets je k roku 2019 na celém světě více než 700 milionů funkčních iPhoneů. Odhadem více než 200 milionů těchto telefonů je prodaných z druhé ruky. [65]

Na základě údajů z přílohy 3 (Příloha č. 3 Vývoj parametrů telefonů Apple iPhone) lze pozorovat vývoj jednotlivých parametrů telefonů této značky. Roste velikost displeje, výkon procesoru, kapacita baterií a velikost operačního systému. Současné mobilní telefony nahrazují funkci videokamery, fotoaparátu, rádia, MP3 přehrávače, budíku a mnoho dalšího.

4.3.1.1 Porovnání obecných parametrů

Pro porovnání obecných parametrů byly vybrány dva druhy telefonů, kde je znatelný časový rozdíl mezi rokem uvedení na trh. Nokia 3310 představuje typického zástupce nezníčitelných telefonů, který byl na trh uveden roku 2000. Oproti tomu stojí moderní mobilní telefon, který byl uveden na trh v roce 2015.

Tabulka 7 Porovnání obecných parametrů mobilních telefonů

	Nokia 3310	iPhone 6S Plus
Rok výroby	2000	2015
Cena	9 000 Kč	25 000 Kč
Váha	133 gramů	192 gramů
Baterie	900 mAh (vyjímatelná, BMC-3 (NiMH) nebo BLC-2 (Li-ion))	2 750 mAh (Li-Pol)
Výdrž baterie	260 hod	384 hod
Procesor	13 MHz	1 840 MHz
Rozměry	113 x 48 x 22 mm	138,1 x 67 x 6,9 mm
Displej	1,5 palce, 84 x 48 px, jednobarevný	5,5 palce, barevný, plně dotykový
Paměť	1 KB	128 GB
System	-	1 GB
Funkce	kalkulačka, stopky, rychlé vytáčení, profily, vibrace, připomínáček	díky instalovaným aplikacím jsou možnosti neomezené
Internetové připojení	ne	ano

Vlastní zpracování, zdroj dat: oficiální stránky Apple [70], internetový zdroj [71]

Z tabulky (Tabulka 7) lze pozorovat zásadní vývoj všech parametrů mobilního telefonu. Pro srovnání byla vybrána Nokia 3310, jež se umístila na prvním místě žebříčku české ankety nejprodávanější telefon roku 2000. Druhý vybraný telefon je iPhone 6S Plus, který v roce 2015 překonal dlouholeté rekordy v prodeji smartphonů a s prodeji 220 milionů kusů se drží na předních příčkách od uvedení prvního iPhone v roce 2007. [63], [64]

Z výše zmíněné tabulky je patrné, že se enormně zvýšila kapacita baterie z 900 mAh na 2 750 mAh. Výdrž baterie je na hodiny srovnatelná, ovšem je třeba podotknout, že současné telefony se výkonem nedají srovnávat s telefonem, který byl prakticky určen pouze pro psaní SMS a telefonování. S tím souvisí výkon procesoru, který se za 15 let neuvěřitelně zvýšil ze 13 MHz na 1 840 MHz. Podobně jako výkon procesoru, stejně velký růst lze pozorovat u paměti telefonu, která se zvýšila z 1 KB na 128 GB. Displeje lze porovnat velikostí, ale opět je zde patrný vývoj pokročilých technologií, kdy jsou současné displeje plně dotykové a barevné.

Legendární telefon Nokia 3310 byl uveden na trh v roce 2000 a je známý především pro svou spolehlivost a nezníčitelnost. Jednalo se o telefon, který byl představen v době, kdy vlastnictví mobilního telefonu nebylo pouze výsadou vyšších tříd, ale mohlo si ho dovolit více lidí. Revoluční byly zejména funkce, které u levnějších mobilů nebyly samozřejmé. Jednalo se o kalkulačku, stopky, rychlé vytáčení, profily, vibrační vyzvánění nebo připomínáček. Procesor v telefonu Nokia 3310 je plně dostačující pro jeho funkčnost a při porovnání rychlosti zapnutí tohoto telefonu je čas srovnatelný s novými mobilními telefony. Mobil nepotřeboval lepší procesor, protože je zde absence mnoha funkcí, které dnešní mobilní telefony mají. Za zmínku stojí počet znaků - u mobilního telefonu Nokia 3310 je podpora dlouhých zpráv, které se dělí až na 3 SMS standardní délky. S tímto telefonem lze poslat delší SMS než s moderními telefony. [71]

IPhony se už po svém uvedení v roce 2007 posunuly na přední příčky v počtu prodávaných kusů. Šlo o revoluční telefon, který byl plně dotykový a ukázal, že mobil nemusí mít jako doposud tlačítka (ani stylus). Telefony se ovládaly pouhým prstem, navíc s podporou multitouch (více dotyků najednou). Tento trend zaujal celý svět a definitivně

nastavil úroveň pro následující roky - Nokia ani jiní výrobci mobilních telefonů již nedokázali držet krok s nastupující érou plně dotykových smartphonů.

4.3.1.2 Spotřeba energie

Následující tabulka (Tabulka 8) zachycuje porovnání spotřeby elektrické energie.

Tabulka 8 Porovnání spotřeby energie mobilních telefonů

	Nokia 3310	iPhone 6S Plus
Cena energie	4,83 Kč / kWh	
Účinnost nabíječky	cca 70 %	
Jedno nabití (spotřeba)	0,004 kWh	0,01 kWh
Počet nabití za týden	3	7
Cena jedno nabití	0,025 Kč	0,063 Kč
Cena za rok	3 Kč	23 Kč

Vlastní zpracování, zdroj dat: internetový zdroj [72]

Z tabulky (Tabulka 8) vidíme srovnání spotřeby energie u odlišných typů mobilních telefonů. Chytré telefony s dotykovým displejem se musí díky vysokému využití dobíjet téměř každý den. V některých případech stačí každý druhý den. Jednoduché telefony s klávesnicí vydrží déle nabitě a výsledky v tabulce počítají s intervalem nabití až třikrát za týden.

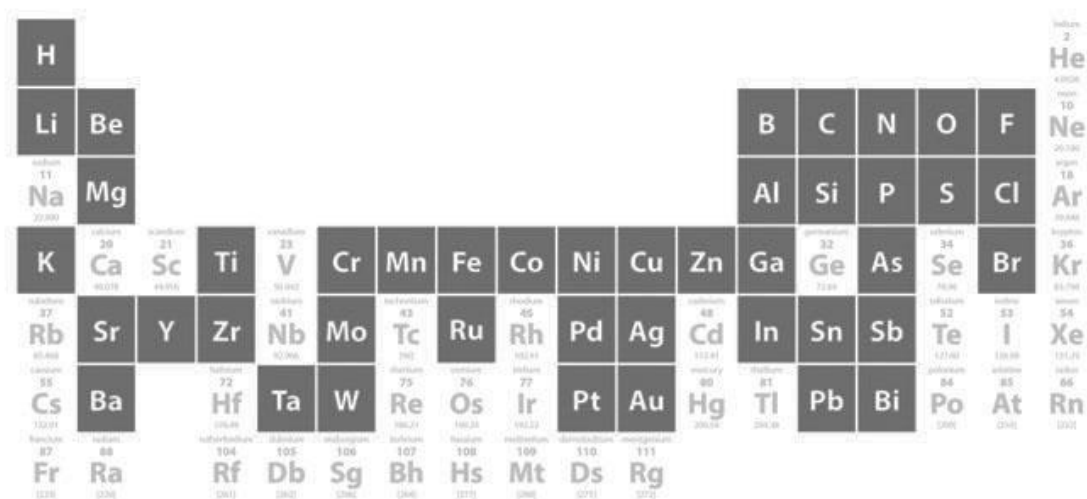
Větší spotřeba energie je kompenzována skutečností, že současné mobilní telefony jsou funkčně na zcela nesrovnatelné úrovni jako staré telefony určené na volání a SMS.

4.3.1.3 Použité materiály

Z celkových 83 stabilních a neradioaktivních prvků v periodické tabulce přechází do průměrného mobilního telefonu 62 různých druhů.

Na následujícím obrázku (Obrázek 3) jsou zachyceny prvky, které průměrný mobilní telefon obsahuje.

Obrázek 3 Prvky obsažené v mobilním telefonu



Vlastní zpracování, zdroj dat: UNEP [105]

V následující tabulce (Tabulka 9) jsou porovnávány prvky v mobilních telefonech v gramech. Data jsou čerpána ze společnosti ASEKOL a.s. a z údajů dostupných na oficiálních stránkách společnosti Apple. Mobilní telefon o hmotnosti 169 g z podkladů od společnosti ASEKOL je typickým odpadním mobilním telefonem, určeným k recyklaci.

Tabulka 9 Porovnání prvků v mobilních telefonech v gramech

Materiál (v gramech)	ASEKOL a.s.	Apple iPhone 6
Plasty	60,75	8
Hliník	13,43	31,1
Uhlík	9,34	19,9
Železo	4,75	18,6
Křemík	1,17	8,1

Měď	19,06	7,8
Kobalt, lithium	1,17	6,6
Nikl	1,17	2,7
Zlato	0,04	0,034
Stříbro	0,24	0,35
Platina	0,004	0,00034
Ostatní	57,9	25,8
Váha celkem	169	129

Vlastní zpracování, zdroj dat : výroční zprávy ASEKOL a.s. [110], oficiální stránky Apple [108]

Dle údajů z tabulky (Tabulka 9) vidíme rapidní pokles plastových materiálů a mědi. Pokles množství plastů je kompenzován u nových telefonů množstvím hliníku. Rapidní nárůst je v použitém množství železa, uhlíku, křemíku. Mírný nárůst je zaznamenán u kobaltu, lithia, niklu a stříbra.

V následující tabulce (Tabulka 10) jsou zaznamenány jednotlivé součásti mobilních telefonů a v gramech je uvedena jejich váha. Pro porovnání byly vybrány dva rozdílné mobilní telefony. Údaje u Nokia 3310 byly zjištěny jeho fyzickým rozebráním na jednotlivé součásti a následně zváženy na kuchyňské váze s přesností na 0,1 g. Data pro iPhone 8 Plus jsou převzaty z oficiálních internetových stránek Apple. [108]

Tabulka 10 Porovnání materiálů mobilních telefonů

Součást	Nokia 3310	Apple iPhone 8 Plus
	Množství (gramy)	
Sklo, displej	5	77
Nerezová ocel	10	42
Baterie	56	37
Hliník	-	16
Deska tištěných spojů	15	15
Plasty	43	8
Ostatní	6	7

Vlastní zpracování, zdroj dat: vlastní výzkum, oficiální stránky Apple [108]

Tabulka (Tabulka 10) ukazuje rozdíly mezi několikaletým vývojem mobilních telefonů. Starší mobilní telefony jsou složeny z plastového rámu, baterie, desky s tištěnými spoji, klávesnice a displeje z tekutých krystalů. Nejcennější je právě deska s tištěnými spoji, která představuje cca 20 - 30 % celé hmotnosti a je zde více než 40 prvků z periodické soustavy (základní kovy jako železo, hliník, měď, cín a cenné kovy jako zlato, stříbro, platina, tantal a též obsahuje nebezpečné prvky jako olovo, brom, chrom, arsen). U výše srovnávaného mobilního telefonu Nokia 3310 je tělo největší součástí a je vyrobeno z plastu (ABS/PC plasty) na tuto část připadá 43 gramů z celkové hmotnosti 133 gramů. V položce "ostatní" je u telefonu Nokia 3310 zahrnut reproduktor, mikrofon a vibrační motorek.

V případě telefonů Apple iPhone je tělo tvořeno hliníkovou slitinou se zinkem, která se vyznačuje vysokou tvrdostí a pevnou strukturou. Baterie obsahuje látky jako kobalt, grafit, lithium a hliník. Apple využívá LiCoO₂ technologie (ve své katodě používá chemii oxidu lithného a kobaltu). Baterie jsou z 60 % tvořeny kobaltem a v anodě je využit grafit. V základní desce a procesoru se nachází mnoho cenných kovů - zlato, stříbro, měď, cín nebo tantal. Procesorový čip obsahuje fosfor, antimon, arsen, bor, indium a galium. V dílu zvukových vibrací je obsažen nikl, neodym, prazeodym, bor, dysprosium a železo.

Obrazovka obsahuje hliník, křemík, draslík, indium a cín. K výrobě barev na obrazovkách se používá malé množství vzácných kovů. [108]

Z celkových 83 stabilních a neradioaktivních prvků v periodické tabulce přechází do průměrného mobilního telefonu 62 různých druhů. [87]

Funkce dnešních chytrých mobilních telefonů jsou prakticky neomezené. Na rozdíl od starých tlačítkových telefonů disponují operačním systémem (OS) a výkonným procesorem a chová se v podstatě téměř jako počítač. Právě díky operačnímu systému se dají nainstalovat aplikace. Ze základu lze jmenovat funkce: rádio, budík, fotoaparát, videohovory, videokamera, GPS navigace, MP3 přehrávač a mnoho dalšího.

Technologický vývoj mobilních telefonů je ve vztahu k životnímu prostředí šetrnější, než kdyby ke stávajícímu telefonu bylo vyrobeno nespočet dalších zařízení (videokamery, fotoaparáty, MP3, navigace atd.). Současné telefony zastanou spolehlivě funkce více zařízení.

Stinná stránka tohoto trendu je, že s nárůstem používání mobilních telefonů dochází k jejich rychlému stárnutí. Každý rok tak vzniká velké množství vyřazených mobilních telefonů, které jsou zdrojem cenných kovů a jejich recyklací lze částečně uspokojit rostoucí poptávku po klíčových materiálech.

4.3.2 Notebooky

Odvětví notebooků sahá již do 80. let 20. století, kdy se vyráběly první přenosné počítače "knížkového" typu. Počítače byly mnohokrát těžší než dnes a vzhledově připomínaly cestovní kufr. První prototypy notebooků, neboli přenosných počítačů byly vybaveny vlastním akumulátorem a nebylo nutné je vždy zapojovat do elektrické sítě. Obrazovka těchto počítačů byla velmi malá (první typy okolo 5 palců) a na řádek bylo možné umístit 52 znaků - díky joysticku se řádek posouval a umožňoval tak vložení až 128 znaků na řádek. Velikost obrazovky souvisí s jeho mobilitou - pokud by obrazovky byly větší, zvýšila by se váha a počítače by nebyly tak mobilní. Důležitými aktéry ve vývoji notebooku jsou společnosti Gavilian Computer, Apple Computers, IBM a Compaq. [82]

Jeden z velkých lídrů na trhu s notebooky společnost IBM představila v roce 1984 první prototyp přenosného počítače. V průběhu dalších téměř 20ti let uspěla na trhu s velkým množstvím úspěšných notebooků. Společnost roku 2004 prodala celou počítačovou divizi čínské společnosti Lenovo, které se v současnosti řadí mezi lídry na trhu a v procentuálním srovnání prodaných notebooků na celém světě je v posledních letech jedničkou. Všechny velké společnosti si zakládají na využívání recyklovaných materiálů - ať už jde o samotné produkty nebo i o obalové materiály. Společnost Dell slibuje svým zákazníkům, že do roku 2030 budou veškeré obalové materiály 100 % recyklovatelné a jejich produkty budou z 50 % již recyklovaných materiálů. Tímto krokem podporují ochranu životního prostředí celé planety. Stejným směrem jde i společnost HP, která k obalovým materiálům využívá papírenské buničiny, lepenky a snižuje podíl pěnových obalových materiálů. Při výrobním procesu produktů používá chemické látky, které znamenají minimální riziko pro životní prostředí. [111]

Za zmínku stojí společnost Apple, která je jednou z vedoucích společností v omezování škodlivých látek z výrobků i jejich obalových materiálů. Všechny produkty jsou v souladu s přísnými směnicemi o omezování nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních (RoHS) a dále vyrábí produkty, kde jsou LED displeje bez obsahu rtuti a arsenu, plastové materiály bez brómovaných zpomalovačů hoření a interní kabely a adaptéry bez polyvinylchloridu (PVC). Notebooky jsou navíc z velké části z hliníku, který je z podstatné části možné opět recyklovat.

4.3.2.1 Porovnání obecných parametrů

Pro porovnání obecných parametrů byly vybrány dva druhy notebooků se znatelným časovým rozdílem mezi uvedením na trh. Twinhead Slimnote 8 byl uveden na trh v roce 1995 a je porovnán v následující tabulce (Tabulka 11) s parametry nového MacBook Pro 13 z roku 2019.

Tabulka 11 Porovnání obecných parametrů notebooků

	Twinhead Slimnote 8	MacBook Pro 13
Rok	1995	2019
Cena	4099 USD (107 000 Kč)	38 990 Kč
Váha	3,1 kg	1,7 kg
Baterie	25,92 Wh	58,2 Wh
Výdrž baterie	1 hodina	10 hodin
Procesor	90 MHz Intel Pentium	3,9 GHz Intel Core i5
Operační paměť	15 MB	8 GB
Pevný disk	HDD 1 440 MB	SSD 128 GB
Rozměry	295 x 230 mm	304,1 x 212,4 mm
Grafická karta	Cirrus Logic 7543 PCI (1 MB)	Integrovaná, Intel Iris Plus Graphics 645
Displej	10,4 palců	13,3 palce
Rozlišení displeje	800 x 600	2560 x 1600 px
Systém	Microsoft Windows 95	MAC OS
Mechanika	disketová	bez mechaniky

Vlastní zpracování, zdroj dat: oficiální stránky Apple [112], internetový zdroj [113]

4.3.2.2 Porovnání materiálů

Typický notebook obsahuje více než 240 látek, některé i v malém a téměř nepatrném množství. Následující tabulka (Tabulka 12) níže přibližuje koncentraci nejznámějších látek v notebooku. Váha notebooků je uvedena bez baterie.

Tabulka 12 Porovnání materiálů notebooků

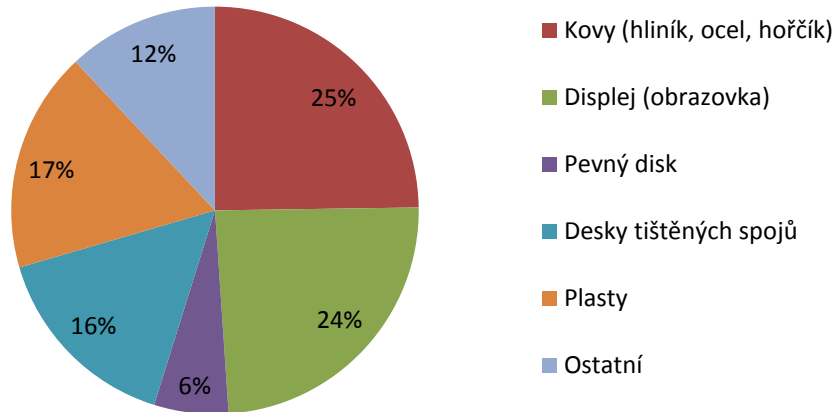
Notebook	Twinhead Slimnote 8	Apple MacBook
Rok výroby	1995	2019
Polykarbonát	-	395 g
Kovy (hliník, ocel, hořčík)	777 g	365 g
Displej (obrazovka)	758 g	300 g
Pevný disk, optická jednotka, trackpad, klávesnice	185 g	350 g
Desky tištěných spojů	491 g	162 g
Plasty	550 g	125 g
Ostatní	376 g	80 g
Celková hmotnost	3 137 g	1 777 g

Vlastní zpracování, zdroj dat: oficiální stránky Apple [112], internetový zdroj [122]

Vzhledem k rozdílné váze notebooků jsou v následujících grafech (Graf 4, Graf 5) zaznamenány materiály v procentuálních přepočtech.

Graf 4 Procentuální podíl materiálů notebook Twinhead Slimnote 8

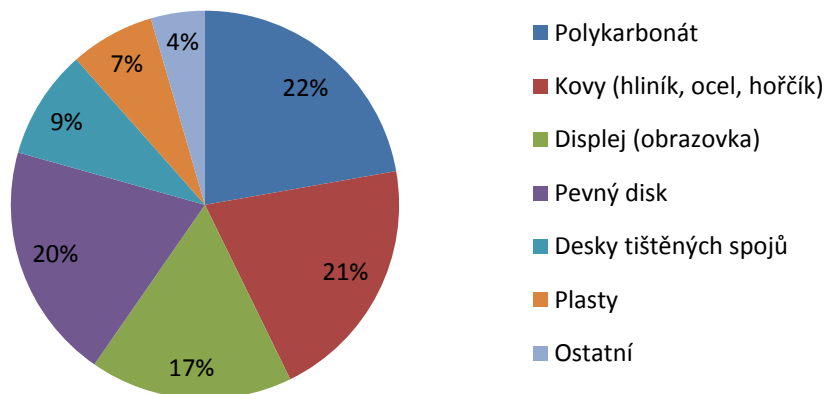
Twinhead Slimnote 8 (1995)



Vlastní zpracování, zdroj dat: internetový zdroj [122]

Graf 5 Procentuální podíl materiálů notebook Apple MacBook

Apple MacBook (2019)



Vlastní zpracování, zdroj dat: internetový zdroj [122]

Zásadní rozdíl mezi notebooky je především v celkové hmotnosti. Vybraný notebook r. výroby 1995 Twinhead Slimnote 8 se ve své době řadil mezi takzvané “mini” notebooky, je tedy zástupcem malé třídy přenosných počítačů. Notebooky v této době dosahovaly často i hmotnosti 5 kg. Výše uvedené grafy (Graf 4, Graf 5) uvádí podíl materiálů v procentech pro lepší porovnání. Z grafů je patrné, že se zmenšila hmotnost obrazovky (displeje), tištěných spojů a především plastů. Naopak více materiálů je kovových a zvýšil se obsah polykarbonátu.

4.3.2.3 Porovnání spotřeby energie

Následující tabulka (Tabulka 13) zachycuje srovnání spotřeby elektrické energie výše zmiňovaných notebooků, které mezi sebou mají přes 20 let věkový rozdíl.

Tabulka 13 Porovnání spotřeby energie notebooků

	Twinhead Slimnote 8	Apple MacBook
Cena energie	4,83 Kč / kWh	
Účinnost nabíječky	cca 70 %	87,7 %
Spotřeba kW za hodinu práce	0,05 kW	0,01 kW
Cena za 1 hodinu (haléře)	24,15	4,83
Cena za 24 hodin	5,79 Kč	1,15 Kč

Vlastní zpracování, zdroj dat: oficiální stránky Apple [112], internetový zdroj [122]

Energetická účinnost výrobku je jeho klíčovou vlastností a mnoho dnešních notebooků využívá inteligentní software, který jej během doby nečinnosti může vypnout. V tabulce (Tabulka 13) je uvedena spotřeba dvou rozdílných druhů notebooků - výsledná cena za 24 hodin práce je rozdílná - u moderního Apple MacBook (2019) je spotřeba 1,15 Kč za den a u starého notebooku Twinhead Slimnote 8 je cena 5,79 Kč za den.

Technologický vývoj notebooků jde v posledních letech směrem větší výdrže baterie, notebooky jsou lehčí, tenčí, energeticky úspornější, mají lepší rozlišení displeje a moderní disky bez pohyblivých částí (SSD). Růst výkonu procesoru počítače již dosáhl nejvyšších možných parametrů a projevuje se spíše přidáváním dalších procesorových jader. [114]

4.4 Úroveň naplňování cílů POH ČR

Následující kapitola se zabývá úrovní naplňování cílů POH ČR. Protože POH představuje velmi široké téma, je tato oblast vztažena pouze k e-odpadu.

Strategické cíle POH ČR jsou v souladu s hierarchií nakládání s odpady. Podle MŽP jsou cíle následující:

1. Předcházení vzniku odpadů a snižování produkce odpadů.
2. Minimalizace nepříznivých účinků odpadů na lidské zdraví a životní prostředí.
3. Udržitelný rozvoj společnosti a přiblížení se k evropské “recyklační společnosti”.
4. Maximalizovat využívání odpadů jako náhrady primárních zdrojů a přejít na oběhové hospodářství. [124]

Jednou z priorit stanovenou v rámci POH ČR je stanovit a kontrolovat síť zařízení k nakládání s odpady v jednotlivých regionech - na POH ČR navazuje přímo nový programový dokument OP Životní prostředí 2014 - 2020, díky němuž jsou čerpány finance, které podporují nová zařízení a systémy nakládání s odpady na území ČR.

POH ČR je zároveň rozhodující dokument při tvorbě plánu odpadového hospodářství jednotlivých krajů ČR. [123]

Cíle POH ČR vztažené k e-odpadu jsou dle MŽP následující:

- *“Dosáhnout vysoké úrovně tříděného sběru odpadních elektrických a elektronických zařízení;*
- *Zajistit vysokou míru využití, recyklace a přípravy k opětovnému použití elektroodpadu.”* [124]

Následující tabulka (Tabulka 14) zachycuje stanovené limity pro minimální úroveň sběru dosloužilých elektrických a elektronických zařízení.

Tabulka 14 Stanovené limity EU pro úroveň sběru dosloužilých zařízení

Roky	Limity minimální úrovně sběru odpadních elektrických a elektronických zařízení
2021	> 65 %
2020	> 60 %
2019	> 55 %
2018	> 50 %
2017	> 45 %
2016	> 40 %

Vlastní zpracování, zdroj dat: MŽP [115]

4.4.1 Hodnocení stavu plnění cílů k roku 2018

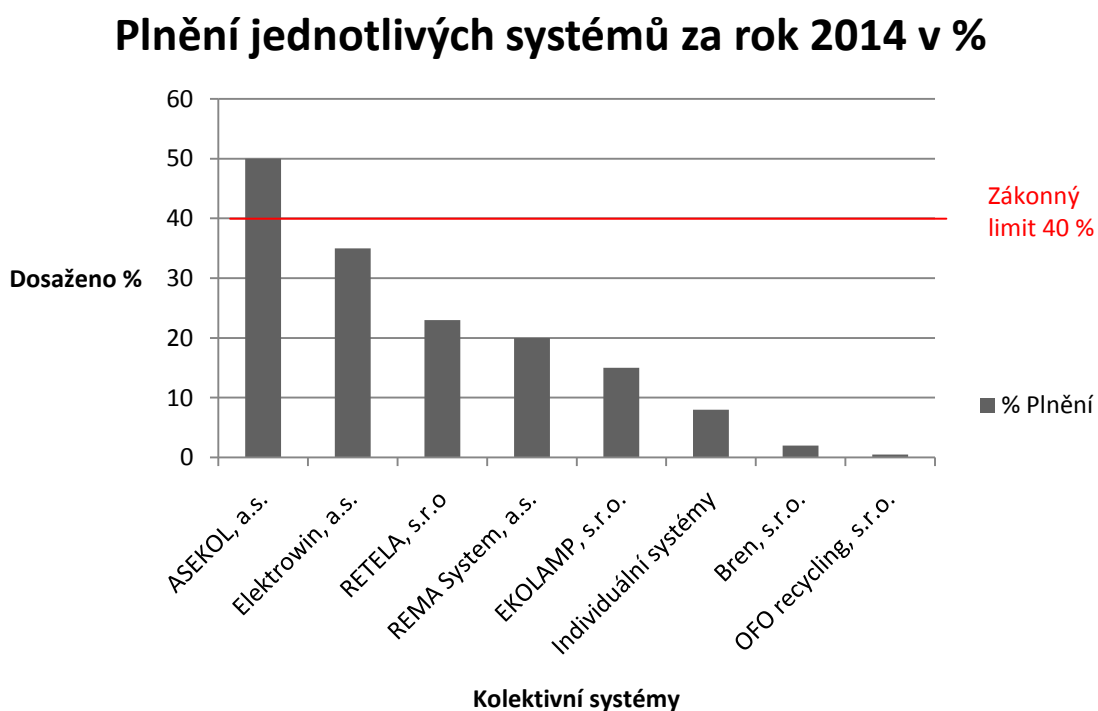
Dle údajů MŽP bylo mezi lety 2017 a 2018 uvedeno na trh 197 000 tun elektrozařízení. Úroveň zpětného odběru e-odpadu za rok 2018 byla 51,1 %. Vzhledem k limitující hranici více než 50 % je tento cíl v ČR splněn. Další limity se vztahují na množství sebraného e-odpadu v přepočtu kilogram na obyvatele - ČR za rok 2018 dosáhla úrovně 8,8 kg na jednoho obyvatele. Limity dané EU stanovují za cíl více než 5,5 kg vybraného e-odpadu na 1 obyvatele. I tento ukazatel ČR splňuje. Cíl *“Dosáhnout vysoké úrovně tříděného sběru odpadních elektrických a elektronických zařízení”* je celkově hodnocen jako úspěšně splněný.

V případě druhého z vytyčených cílů *“Zajistit vysokou míru využití, recyklace a přípravy k opětovnému použití elektroodpadu”* je třeba zjistit způsob využití e-odpadů, recyklaci a přípravu k opětovnému použití. Nejčastější druh využívání za rok 2018 bylo materiálové využití, které tvoří 77 % ze všech způsobů nakládání s e-odpadem. Energetické využití se podílí v malé míře 1,8 % a opětovné použití v ještě menší míře 1,5 %. Cíl *“Zajistit vysokou míru využití, recyklace a přípravy k opětovnému použití elektroodpadu”* je splněn jen částečně. [124]

4.4.2 Kolektivní systémy pro nakládání s odpady

V České republice je několik kolektivních systémů pro nakládání s odpady. Mezi největší patří ASEKOL a.s. (černá technika, IT technika), Elektrowin, a.s., RETELA, s.r.o., REMA System, a.s. (černá technika, IT technika), EKOLAMP, s.r.o. (osvětlovací technika), Bren, s.r.o. a další individuální systémy. Na následujícím grafu (Graf 6) je znázorněno plnění dle jednotlivých kolektivních systémů v roce 2014. Společnost ASEKOL jako jediná od roku 2013 plní nové limity sběru stanovené EU. Limity sběru se dle evropské směrnice 2012/19EU počítají z množství výrobků, které je uvedeno na trh. Dle údajů z následujícího grafu (Graf 6) je vidět, že úroveň zpětného odběru je ve výši 40 %, což byl stanovený limit EU pro rok 2014. [90]

Graf 6 Plnění povinností sběru jednotlivých kolektivních systémů za rok 2014



Vlastní zpracování, zdroj dat: MŽP [93]

Požadavek směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/19/EU s cílem dosáhnout alespoň 40 % míry úrovně sběru Česká republika splňuje (limit pro rok 2014). Limity se každý rok mírně mění - za rok 2018 bylo stanoveno 50 % a do roku 2021 bude tato úroveň navýšena na 65 %. K míře zpětného odběru je třeba uvést, že ČR jako jedna z mála zemí nemá vztahy dané limity k výrobcům nebo kolektivním systémům, ale na stát jako celek. Lze předpokládat, že s novou legislativou zde nastane změna a výrobci či kolektivní systémy budou limitovány stanovenou mírou úrovně sběru. Tato změna by zároveň sloužila jako indikátor funkčnosti či efektivnosti jednotlivých kolektivních systémů.

4.4.3 ASEKOL a.s.

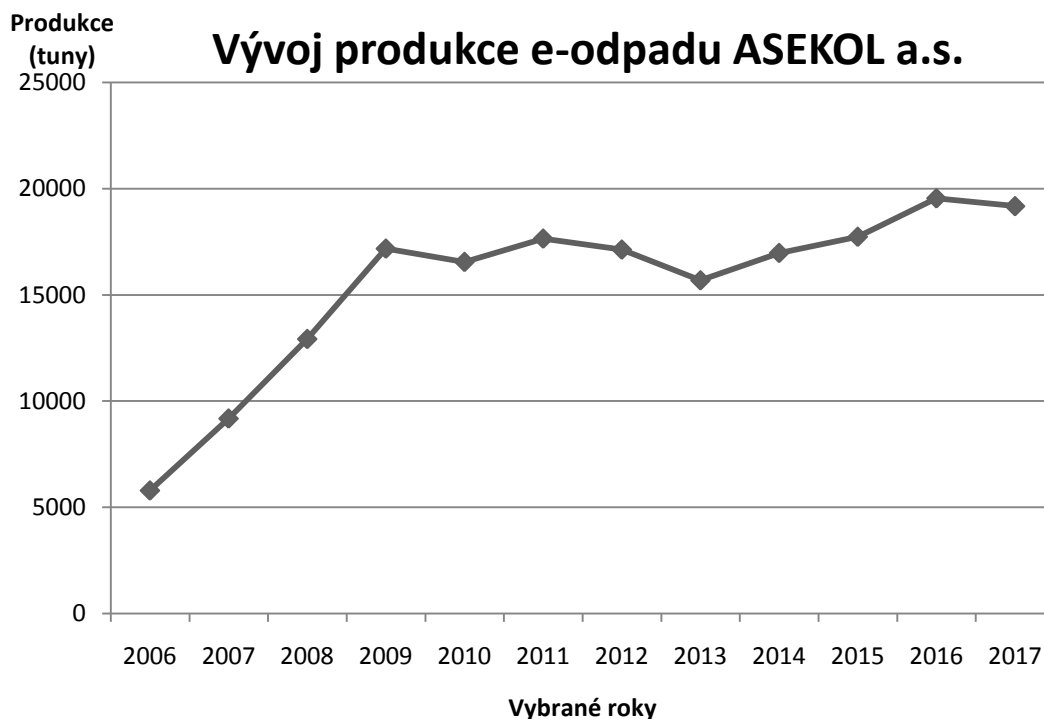
Společnost ASEKOL a.s. vznikla v roce 2005 a zajišťuje oddělený sběr, zpětný odběr elektrozařízení a další zákonné povinnosti svým klientům. Má povolení pro nakládání se všemi skupinami e-odpadů a je členem WEEE fóra, České asociace odpadového hospodářství a Sdružení veřejně prospěšných služeb. ASEKOL a.s. každoročně zadává studii na vzorkování materiálů a sleduje kompozici e-odpadu. Poslední výsledky ukazují velký nárůst spotřebičů, které v sobě mají zabudovanou baterii - zde se jedná především o baterie lithiové, které jsou značně rizikové. [110]

Studie Evropské komise poukazují na fakt, že plnění prostřednictvím kolektivních systémů jsou efektivní. Silnou úlohu má téma cirkulární ekonomiky - neboli oběhové hospodářství, jehož filozofii společnost ASEKOL a.s. podporuje a snaží se ji v praxi rozvíjet.

Množství zpětně odebraného e-odpadu se každoročně zvyšuje. Dle údajů z grafu uvedeného v úvodu praktické části (Graf 2 Produkce e-odpadu v ČR (v tunách) za roky 2006 - 2017, str. 51), který zachycuje vývoj zpětně odebraného e-odpadu v ČR, je tento trend potvrzen i z údajů společnosti ASEKOL a.s. (následující Graf 7).

V následujícím grafu (Graf 7) je zachycena produkce společnosti ASEKOL a.s. za roky 2006 - 2018. [102]

Graf 7 Produkce e-odpadu ASEKOL a.s. (v tunách) za roky 2006 - 2018



Vlastní zpracování, zdroj dat: výroční zprávy ASEKOL [110]

Z grafu (Graf 7) je patrný nárůst vybraného e-odpadu od roku 2007 až do roku 2018. Největší skokový nárůst představují roky 2007 až 2009, po roce 2009 je zde ustálení a nyní společnost eviduje každoročně okolo 19 000 tun e-odpadu. Rostoucí trend se odráží v legislativních změnách a také za to může navyšování investic kolektivních systémů do sběrné sítě (budování nových sběrných míst, nákup kontejnerů apod.).

Další tabulka (Tabulka 15) zachycuje vybrané ukazatele společnosti ASEKOL a.s., jako je míra zpětného odběru, vývoj počtu klientů, počet červených kontejnerů a vývoj počtu sběrných míst.

Tabulka 15 Vybrané ukazatele společnosti ASEKOL za roky 2006 - 2018

Roky	Zpětně odebráno (v tunách)	Míra zpětného odběru (v %)	Počet klientů	Červené kontejnery	Sběrná místa počet
2018	18460	59	609	3594	17157
2017	19185	62	609	3377	16687
2016	19554	59	609	2821	16098
2015	17743	50	572	2252	17053
2014	16981	-	560	2109	16800
2013	15692	-	560	1987	15935
2012	17139	54,96	555	1674	15087
2011	17657	47,6	538	1407	13122
2010	16558	64	528	-	11152
2009	17786	-	522	-	10641
2008	12927	-	508	-	9362
2007	9182	-	486	-	4053
2006	5792	-	-	-	2171

Vlastní zpracování, zdroj dat: výroční zprávy ASEKOL [110]

Z tabulky (Tabulka 15) je kromě již zmíněného rostoucího trendu v počtu vybraného e-odpadu patrný také nárůst počtu partnerů, s čímž souvisí zvýšení počtu sběrných míst. Dalším faktorem je zvyšující se počet červených kontejnerů. Míra zpětného odběru se drží v posledních letech mezi 50 - 60 %.

Dle výroční zprávy ASEKOL a.s. se zpětným odběrem za rok 2018 ušetřilo 251 436 MWh elektrické energie, nevzniklo 53 312 tun oxidu uhličitého, ušetřilo se 13 514 966 litrů ropy a 1 064 661 280 litrů pitné vody. [110]

4.5 Dopady e-odpadu na veřejnou správu

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, jednotlivé kraje stanovují plány odpadového hospodářství samostatně a vychází z POH ČR. Aktivity jednotlivých kolektivních systémů pro nakládání s odpady zajišťují zpětný odběr dosloužilých elektrických a elektronických výrobků. Jedním z příkladů je projekt “Aktivní obec” společnosti ASEKOL a.s. Aktivní obec představuje soutěž určenou obcím, ve kterých jsou prostřednictvím červených kontejnerů společnosti ASEKOL a.s. sbírána dosloužilá elektrozařízení. Vítězná obec získá finanční odměnu. V rámci každého z krajů je pak dále vybrána obec s nejvíce vytříděným e-odpadem, která je finančně odměněna šekem. Kromě finanční odměny slouží projekt ke zvýšení povědomí obyvatel o nezbytnosti třídít tento druh odpadu do speciálních červených kontejnerů.

Projekt je pořádán od roku 2017 a v současnosti přináší už 3. ročník (2019). Výsledky v podobě nárůstu vysloužilých elektrozařízení jsou patrné již od začátku. Za rok 2019 meziročně vzrostl sběr o 13 %, v předchozích dvou letech to byl řádově 10% nárůst.

Kraje v rámci předcházení vzniku odpadů spolupracují s kolektivními systémy pro sběr odpadu (ASEKOL a.s., Elektrowin) prostřednictvím projektů. Ať už výše zmíněná “Aktivní obec” nebo odevzdávání dosloužilých mobilních telefonů do zoologických zahrad či “Recyklobrání, aneb uklidme si svět” (určeno především pro mateřské a základní školy). Cílem všech těchto projektů a soutěží je zejména zvýšit povědomí občanů o správném nakládání s dosloužilými elektrovýrobky a také naučit občany předcházet jejich případnému vzniku.

Dle údajů z výše uvedené tabulky (Tabulka 15) je k roku 2018 v ČR více než 3 500 červených kontejnerů na sběr elektroodpadu. Pro obec, která má zájem o červený kontejner to nepředstavuje žádné zbytečné náklady. Veškerý systém je hrazen společností ASEKOL. Výhodou je dodání kontejneru do obce zdarma na základě uzavřené smlouvy. Odvoz či recyklace vysloužilých elektrozařízení a baterií je zdarma a pro obec červený kontejner nepředstavuje další agendu navíc - odpadá povinnost evidence o odpadech (vztaženo na elektroodpady). Podmínkou je počet obyvatelů v dané obci, která musí mít

alespoň 750 obyvatel a zpřístupněnou zpevněnou plochu. Současné stacionární červené kontejnery jsou již moderní a kromě patentovaného designu, zabezpečení proti vniknutí osob do kontejneru je také vybaven čidlem, které podává informace o stavu naplnění kontejneru a zároveň informuje v případě převrácení či poškození.

Náklady spojené se svozem i pořízením hradí společnost ASEKOL a.s., která v rámci OP Životní prostředí získala finanční podporu na nákup, instalaci a provoz těchto speciálních kontejnerů. Výsledkem je přiblížení sběrné sítě spotřebiteli, který může dosloužilý výrobek vhodit do červeného kontejneru, na místo toho, aby ho vhodil do běžného směsného odpadu.

Obcím a městům tak odpadá povinnost platit za ekologické odstranění elektrozařízení, kolektivní systémy naopak obce motivují ke sběru e-odpadu a finančně odměňují obce za vybraný e-odpad. V minulosti se připravovaly dotační fondy na podporu projektů v obcích a na podpoření informovanosti občanů.

4.6 Výzkumné otázky

V úvodu praktické části byly vysloveny 3 výzkumné otázky, které jsou v následujících kapitolách prozkoumány.

4.6.1 Výzkumná otázka 1: Recyklační poměr e-odpadu je závislý na používaných materiálech

Dle údajů z tabulky 4 (Tabulka 4 Vybrané ukazatele e-odpadu za roky 2000 - 2016, str. 52) má recyklační poměr rostoucí trend. Tyto zjištěné skutečnosti platí v rámci celosvětové úrovně ale i na úrovni EU (Příloha 1 Recyklační poměr v zemích EU za roky 2008 - 2017, str.102) a na úrovni ČR (Tabulka 5 Recyklační poměr vybraných zemí za roky 2010 - 2017, str. 53).

Recyklační poměr ČR se odvíjí od stanovených limitů Evropské unie (Tabulka 14 Stanovené limity EU pro úroveň sběru dosloužilých zařízení, str. 70). Celkově lze konstatovat, že ČR plní limity velmi mírně nad stanovenou hranicí a jsou zde ještě určité rezervy (viz Graf 6 Plnění povinností sběru jednotlivých kolektivních systémů za rok 2014, str. 71).

Na druhé straně lze pozorovat vývoj materiálů, které se v průběhu let mění. Tyto změny jsou zachyceny v následujících tabulkách: Tabulka 9 Porovnání prvků v mobilních telefonech v gramech, str. 60, Tabulka 10 Porovnání materiálů mobilních telefonů, str. 62 a Tabulka 11 Porovnání obecných parametrů notebooků, str. 65. Obecně dochází ke snižování obsahu plastů, jelikož obsahují zpomalovače hoření a v následném recyklačním procesu jsou tyto plasty prakticky nevyužitelné (viz porovnání grafů 4 a 5 Procentuální podíl materiálů, str. 67). Naopak dochází ke zvyšování obsahu kovů (hliník, ocel), které po vyřazení znovu vstupují do výrobního procesu výrobku. Další velký pokrok bylo nahrazení CRT monitorů technologií LCD. Pokrok ve vývoji se netýká pouze materiálů, ale především se vyvíjejí technologie. Na základě údajů z tabulky 7 (Tabulka 7 Porovnání obecných parametrů mobilních telefonů, str. 57) a z tabulky 11 (Tabulka 11 Porovnání obecných parametrů notebooků, str. 65) jsou moderní počítače rychlejší, mají větší kapacitu, paměť, více funkcí, menší hmotnost, vyvíjené součástky jsou díky technologickému pokroku menší atd. Dále bylo na základě dat z tabulky 8 (Tabulka 8 Porovnání spotřeby energie mobilních telefonů, str. 59) a tabulky 13 (Tabulka 13 Porovnání spotřeby energie notebooků, str. 68) zjištěno, že se snižuje energetická náročnost zařízení.

Dle zjištěných skutečností je míra recyklačního poměru silně závislá na legislativní úpravě dané země - například rozvojové země, které nemají potřebné legislativní zázemí pro zacházení s odpadem (sběr, skladování, zpracování), mají v současné době velké problémy z ekologického hlediska dopadu na životní prostředí i na lidské zdraví. Naopak ve vyspělých zemích se pravidla přísně dodržují, lidé jsou uvědomělí, odpady třídí a především si uvědomují dopady svého jednání. Samotní výrobci elektroniky si stanovují předsevzetí vyrábět výrobky tak, aby bylo možné je po dosloužení snadno recyklovat a materiály opět zařadit do výrobního procesu (viz kapitola 4.3.2 Notebooky, str. 63).

Používané materiály se v průběhu let mění, ale nelze nalézt přímou souvislost se zvyšujícím se recyklačním poměrem, který je spíše ovlivňován legislativní úpravou.

4.6.2 Výzkumná otázka 2: Implementace cílů POH je v ČR úspěšná

U vyslovené otázky je třeba zdůraznit, že je v práci hodnocena pouze část POH ČR, která je vztažena přímo k e-odpadu. Limity minimální úrovně sběru odpadních elektrických a elektronických zařízení jsou v ČR vždy splněny mírně nadlimitně (> 50 % za rok 2018), v oblasti sběru e-odpadu na obyvatele je ČR s hodnotou 8,8 kg na 1 obyvatele (2018) nadprůměrná. Každoročně se zvyšující limity plní ČR prozatím bez problému (viz Tabulka 14 Stanovené limity EU pro úroveň sběru dosloužilých zařízení, str. 70).

V případě dalších cílů ohledně dosažení stanovených procent využití, recyklace a přípravy k opětovnému použití dosahuje ČR cílů jen částečně a to v materiálovém využití (77 %). Opětovné použití a energetické využívání je naopak podlimitní. Cíl nemůže být vyhodnocen jako splněný, nicméně k daným okolnostem je splněn částečně (viz kapitola 4.4.1 Hodnocení stavu plnění cílů k roku 2018, str. 70).

Dle stupnice použité ve vyhodnocování POH ČR jsou cíle plněny, částečně plněny, nejsou plněny nebo jsou nehodnoceny. V oblasti e-odpadů jsou cíle plněny a částečně plněny. Celkově se implementování cílů POH ČR (vztaženo k oblasti e-odpadu) dá považovat za úspěšné.

4.6.3 Výzkumná otázka 3: Kraje mají významný vliv na množství zpětně odebraného e-odpadu

Z výše uvedených skutečností je zřetelné, že jednotlivé kraje si Plány odpadového hospodářství pro jednotlivá období schvalují samostatně. Plán představuje dlouhodobou strategii, která určuje hlavní směr v nakládání s odpady - zejména jeho předcházení a snižování měrné produkce odpadů, minimalizování negativních účinků na životní prostředí a lidské zdraví a dále má směřovat k udržitelné evropské recyklační společnosti (viz kapitola 3.4.1.1.2 Koncept hierarchie odpadů, str. 41). Vyhodnocení plnění Plánů odpadového hospodářství jednotlivých krajů jsou zaslány Ministerstvu životního prostředí. Samotným podkladem pro toto vyhodnocení jsou údaje z Hlášení o produkci a nakládání s odpady, které zasílají obecní úřady s rozšířenou působností původcům odpadů a

oprávněným osobám. Jednotlivé obce mají smlouvy s kolektivními systémy, které obstarávají odvoz e-odpadu a jeho následnou recyklaci a zpracování. Jednotlivým obcím odpadá nákladná agenda na ekologické odstranění e-odpadu. Zpětně odebíraný e-odpad nespadá do odpadu ve smyslu zákona o odpadech a proto není třeba při zřizování sběrného místa rozhodnutí příslušného krajského úřadu.

Obce jsou odměňovány za sběr elektrozařízení - výše bonusu se odvíjí od počtu vybraných zařízení, případně jim může být udělen bonus za zvýšený sběr. V předchozích kapitolách byla uvedena struktura členění e-odpadu do základních šesti skupin (Tabulka 6 Struktura celosvětově generovaného e-odpadu za rok 2016, str. 54) . U konkrétní společnosti ASEKOL a.s. obce mohou získat 4 Kč za 1 ks televizoru nebo počítačového monitoru (PCM) s technologií LCD, LED nebo plazma. Klasické CRT technologie nejsou zvýhodňovány. Elektrozařízení spadající do skupiny 4 (velká zařízení) jsou odměňována 1 Kč za 1 kg, u skupiny 5 a 6 (malá zařízení) je to 1,75 Kč za 1 kg. Za zvýšený sběr dosáhne obec bonusu při sběru elektrozařízení spadajících do skupin 5 a 6 (malá zařízení) v daném čtvrtletí vyšší než 3 tuny. Poté je výše odměny 1,20 Kč za 1 kg. Všechny uvedené ceny jsou bez DPH. Kolektivní systémy též obce motivují prostřednictvím soutěží, projektů a programů. [110]

Množství zpětně odebraného e-odpadu i baterií v ČR má rostoucí charakter (viz Graf 2 Produkce e-odpadu v ČR (v tunách) za roky 2006 - 2017, str. 51). Aby se mohlo zabezpečit recyklování baterií i e-odpadu v co nejvyšší možné míře, je potřeba navýšit místa, kde se tento odpad může ukládat. Kolektivní systémy mají pořízení červeného stacionárního kontejneru často podmíněno počtem obyvatel. Pro menší obce je to tedy případná překážka. Jednotlivé kraje mají povinnost sestavit Plán odpadového hospodářství a v rámci POH ČR ho plnit, hlavní roli při výběru e-odpadu ovšem hrají samotné obce, které jsou motivovány prostřednictvím kolektivních systémů pro nakládání s odpady.

5 Výsledky a diskuse

Zachovat životní prostředí pro další generace je jeden z nejdůležitějších úkolů dnešní společnosti. V České republice se naprostá většina obyvatel zapojuje do ochrany životního prostředí a třídí běžný komunální odpad. V posledních letech se dle zjištěných skutečností obyvatelé více angažují v odevzdávání dosloužilých elektro výrobků na patřičná místa a zvyšuje se samotný recyklační poměr e-odpadu (viz data Tabulka 5 Recyklační poměr vybraných zemí za roky 2010 - 2017, str. 53). V práci je zešíroka zmapován recyklační cyklus e-odpadu, který (pokud je prováděn správně) napomáhá znovu získání cenných a drahých kovů a materiálů, jež se vyskytují na Zemi v omezené míře. Uvedené příklady dopadů e-odpadu na okolí (viz kap. 3.3.10 Příklady dopadů e-odpadu na okolí, str. 37) přibližují negativní vlivy na životní prostředí i na lidské zdraví, které mohou nastat při nesprávném skladování a zpracování e-odpadu. Celou problematiku tohoto druhu odpadů řídí legislativní předpisy, které v procesu hrají klíčovou roli - právě absence legislativy nebo její nedostatečnost, obcházení či ignorování způsobuje v rozvojových zemích velký problém.

Cílem práce bylo vymezit problematiku počítače v souvislosti s životním prostředím. V teoretické části je zmapován recyklační proces dosloužilých elektrických a elektronických výrobků, popsána jeho cesta přes odevzdání, svoz do dílen k demontování a drcení až po následné zařazení materiálů zpět do výrobního procesu. Dále byly popsány procesy získání cenných kovů a vymezena problematika, která se s tímto zpracováním pojí. V práci byly popsány jednotlivé prvky a materiály, které jsou s e-odpadem a jeho zpracováním neodmyslitelně spojeny a dále byla část práce zaměřena na likvidaci e-odpadu a s tím souvisejícího nebezpečného odpadu. Celá teoretická část je zastřešena legislativou, která se s problematikou e-odpadů neodmyslitelně pojí. Legislativa je zaměřena na vybrané zákony, předpisy a směrnice na úrovni EU, ČR a jsou zde vyjmenovány i mezinárodní úmluvy závazné pro celý svět. Teoretická část diplomové práce byla dle metodiky zpracována na základě studia odborné literatury, která je uvedena v seznamu zdrojů a dále bylo čerpáno z oficiálních internetových stránek. Statistická data byla čerpána z ČSÚ, Eurostatu a dalších orgánů státní správy.

V souladu s hlavním cílem práce, vymezit problematiku počítačů v souvislosti s životním prostředím, je v praktické části zmapován vývoj e-odpadu. Tato část práce zkoumá celosvětovou produkci e-odpadu v průběhu let, vývoj recyklačního poměru (na úrovni světa, EU a ČR) a dále je zkoumána kompozice používaných materiálů, které se v průběhu let znatelně vyvíjejí. Vzhledem k integritě a přenosnosti byly v práci vybrány dva druhy telefonů a dva druhy notebooků, které mezi sebou mají znatelný věkový rozdíl. Byly zkoumány jejich parametry, materiálová kompozice a energetická náročnost. V rámci ČR bylo zkoumáno naplňování cílů Plánu odpadového hospodářství ČR, byl vybrán jeden konkrétní kolektivní systém a zmapován vývoj produkce e-odpadu v ČR. V samotném závěru práce byly definovány 3 výzkumné otázky: 1) *Recyklační poměr e-odpadu je závislý na používaných materiálech*, 2) *Implementace cílů POH je v ČR úspěšná*, 3) *Kraje mají významný vliv na množství zpětně odebraného e-odpadu*.

Na základě výzkumné otázky 1) *Recyklační poměr e-odpadu je závislý na používaných materiálech* (viz kap. 4.6.1, str. 76) bylo zjištěno, že se recyklační poměr zvyšuje stejně jako množství generovaného odpadu (Graf 1 Produkce e-odpadu ve světě, str. 49 a dále Tabulka 4 Vybrané ukazatele e-odpadu za roky 2000 - 2016, str. 52). S postupným technologickým vývojem se mění kompozice využívaných materiálů a výrobci se snaží do výrobního procesu zapojovat takové materiály, které je možné znovu využívat. Na základě zjištěných dat nelze prohlásit, že výše recyklačního poměru je závislá na používaných materiálech. Výzkumná otázka 2) *Implementace cílů POH je v ČR úspěšná* je zkoumána v kapitole 4.6.2 (str. 77). Na základě hodnocení cílů POH ČR v kapitole 4.4.1 Hodnocení stavu plnění cílů k roku 2018 (str. 70), je implementace cílů v oblasti e-odpadů v ČR úspěšná. Výzkumná otázka 3) *Kraje mají významný vliv na množství zpětně odebraného e-odpadu* je zkoumána v kapitole 4.6.3 (str. 78). V ČR se zpětný odběr dosloužilých elektrovýrobků zvyšuje v souvislosti se zvyšujícími se limity pro zpětný odběr stanovené Evropskou unií (viz Tabulka 14 Stanovené limity EU pro úroveň sběru dosloužilých zařízení, str. 70). Dle údajů z tabulky 15 je zvyšována hustota rozmístění červených stacionárních kontejnerů a občanům je přiblížen a usnadněn zpětný odběr těchto zařízení (viz Tabulka 15 Vybrané ukazatele společnosti ASEKOL a.s. za roky

2006 - 2018, str. 74). Pravidelně jsou pořádány soutěže motivující ke zvýšení odběru e-odpadu v jednotlivých obcích a kolektivní systémy se aktivně angažují v propagaci a zvýšení informovanosti o své činnosti (viz kapitola 4.5 Dopady e-odpadu na veřejnou správu, str. 75). V práci jsou nastíněny dopady e-odpadu na veřejnou správu a je přiblížena problematika umístění daných červených kontejnerů v obcích, která zahrnuje instalaci zařízení a náklady související se svozem a údržbou kontejnerů. Na úrovni krajů ČR je problematika e-odpadu řízena v Plánu odpadového hospodářství ČR, přičemž jednotlivé POH si kraje sestavují sami a musí vycházet z úvodního strategického dokumentu POH ČR.

6 Závěr

Přínosem této diplomové práce je kompletní zmapování procesu recyklace e-odpadu. Právě přiblížení cesty dosloužilého elektrovýrobku recyklačním procesem samotnému spotřebiteli je klíčovou oblastí. Pouze pokud si každý spotřebitel bude uvědomovat, jak cenné jsou materiály v e-odpadu a jak je důležitá jejich separace od běžného odpadu, nemusí docházet ke ztrátám při likvidaci s běžným komunálním odpadem. Práce se snaží nastínit legislativní stránku této problematiky, protože má na správné zpracování e-odpadu zásadní vliv. Na příkladu České republiky je vidět, jak se zákony promítají do vývoje recyklačního poměru (viz Graf 7 Produkce e-odpadu ASEKOL a.s. (v tunách) za roky 2006 - 2018, str. 73 a text v závěru kapitoly 4.4.3 ASEKOL a.s. str. 72). Konkrétním příkladem může být změna legislativy v druhé polovině roku 2014, kdy se změny ve zpětném odběru dosloužilých elektrických a elektronických zařízení projeví v rapidním nárůstu v průběhu následujících let.

V práci byly stanoveny 3 výzkumné otázky: 1) *Recyklační poměr e-odpadu je závislý na používaných materiálech*, 2) *Implementace cílů POH je v ČR úspěšná*, 3) *Kraje mají významný vliv na množství zpětně odebraného e-odpadu*. V případě první výzkumné otázky 1) *Recyklační poměr e-odpadu je závislý na používaných materiálech*, bylo prokázáno, že recyklační poměr se neustále zvyšuje a souvisí s velmi rychlým růstem celkového generovaného e-odpadu. Tato oblast je silně ovlivněna legislativní úpravou (na úrovni ČR a EU). V práci bylo prokázáno, že dochází k omezování materiálů, které nemohou být dále recyklovány ani jinak využívány (typickým příkladem mohou být plasty s obsahem zpomalovačů hoření (viz Tabulka 9 Porovnání prvků v mobilních telefonech v gramech, str. 60). U vyvíjených zařízení je zřetelný technologický pokrok - viz srovnání parametrů mobilních telefonů (Tabulka 7 Porovnání obecných parametrů mobilních telefonů, str. 57) a notebooků (Tabulka 11 Porovnání obecných parametrů notebooků, str. 65), stejně tak, jako zaznamenaný rozdíl v energetické náročnosti starých a nových zařízení (Tabulka 8 Porovnání spotřeby energie mobilních telefonů, str. 59 a Tabulka 13 Porovnání spotřeby energie notebooků, str. 68). Lze konstatovat, že vývoj materiálů je ovlivněn samotnými výrobci, kteří projeví iniciativu ve výrobě znovu recyklovatelných výrobků,

dále je ovlivněn legislativními opatřeními a samotnými spotřebiteli, kteří často dávají přednost výrobku, který je již například vyroben z části recyklovaných materiálů, či ho lze lépe recyklovat po ukončení životního cyklu. U výzkumné otázky 1) nelze jednoznačně potvrdit příčinnou souvislost mezi velikostí recyklačního poměru a druhem používaných materiálů.

Výzkumná otázka 2) *Implementace cílů POH je v ČR úspěšná* vychází z POH ČR byla úspěšně potvrzena (viz kapitola 4.4.1 Hodnocení stavu plnění cílů k roku 2018, str. 70). Implementace cílů POH je v ČR v oblasti e-odpadů prováděna dostatečně s mírným prostorem pro případné budoucí zlepšení v oblasti opětovného použití a energetického využívání.

Výzkumná otázka 3) *Kraje mají významný vliv na množství zpětně odebraného e-odpadu* se zaměřuje na úlohu krajů ve vybraném množství dosloužilých elektrospotřebičů. Kraje mají povinnosti řídit se strategickým dokumentem POH ČR a sestavují si své vlastní POH pro kraje. Obecně je vidět snaha kolektivních systémů pro nakládání s odpady, které se snaží zvyšovat informovanost občanů a v rámci jednotlivých obcí dochází k zajištění celé agendy svozu tohoto odpadu a instalaci patřičných kontejnerů (viz kapitola 4.5 Dopady e-odpadu na veřejnou správu, str. 75).

Budoucnost nakládání s e-odpadem závisí na efektivitě orgánů místní správy ve spolupráci s provozovateli recyklačních firem a dále na regionálních, národních a celosvětových iniciativách. Řešením problému není pouze omezit přeshraniční pohyb e-odpadu, ale zároveň pomoci nalézt technologické řešení zefektivňující recyklaci e-odpadu v rozvojových zemích, nastolit bezpečné pracovní podmínky pro zaměstnance a obecně zvýšit povědomí o významu a důležitosti třídění e-odpadu. Druhý pohled na problematiku e-odpadu představují samotní výrobci, kteří ovlivňují životnost výrobku a jejich materiální kompozici.

Česká republika splňuje každoročně se zvyšující limity stanovené Evropskou unií pro množství odevzdaného e-odpadu. Limity jsou velmi mírně nad stanovenou hranicí a ČR jako jedna z mála zemí EU nemá tyto limity vztaheny na konkrétní výrobce nebo kolektivní systémy, ale na celý stát. Větší kolektivní systémy tuto povinnost splňují (viz

Graf 6 Plnění povinnosti sběru jednotlivých systémů, str. 71), nicméně pro zvýšení efektivnosti jednotlivých systémů by pomohla legislativní změna, kde by se limity zavedly pro konkrétní subjekty. Dalším vhodným opatřením by bylo stanovit konkrétní limity pro zpětný odběr e-odpadu v jednotlivých krajích a motivovat je tak ke zvyšování množství vybraného e-odpadu. V současné době je tato motivace pouze ze strany kolektivních systémů.

Tato práce poskytuje ucelený náhled do problematiky vlivu počítačů na životní prostředí, naši krajinu a na lidské zdraví. Dle názoru autorky je práce obsáhlým přehledem prezentace recyklačního procesu, zmapování vývoje generovaného odpadu na celosvětové úrovni i na vymezení tohoto množství v rámci ČR a EU. Výzkum poukázal na měnící se materiály, omezování nebezpečných látek a využívání materiálů, které mohou být opět zařazeny do celého výrobního procesu bez výrazných kvalitativních ztrát.

Práce může sloužit jako zdroj užitečných informací a údajů pro další a hlubší analyzování oblasti e-odpadů a jejich dopadů na životní prostředí. Toto téma dosud nebylo nikde zpracováno v dostatečném časovém horizontu a přináší tak ucelený náhled do problematiky, která se týká každého z nás.

7 Seznam použitých zdrojů

- [1] ALWAELI, Mohamed. Municipal solid waste: recycling and cost effectiveness. New York: Nova Science Publishers, c2011. Waste and waste management series. ISBN 9781613248539.
- [2] BENDA, V. *Obnovitelné zdroje energie*. Praha: Profi Press, 2012. ISBN 978-80-86726-48-9.
- [3] 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.
- [4] TOMAN, P. -- POUR, J. -- GÁLA, L. -- ČESKÁ SPOLEČNOST PRO SYSTÉMOVOU INTEGRACI. *Podniková informatika : počítačové aplikace v podnikové a mezipodnikové praxi, technologie informačních systémů, řízení a rozvoj podnikové informatiky*. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1278-4.
- [5] Veit HM, Bernardes AM. Electronic waste. Topics in Mining, Metallurgy and Materials Engineering. 2015.
- [6] E-waste: An assessment of global production and environmental impacts | Chandni Jha - Academia.edu. *Academia.edu - Share research* [online]. Copyright ©2019 [cit. 10.09.2019]. Dostupné z: https://www.academia.edu/2321925/E-waste_An_assessment_of_global_production_and_environmental_impacts
- [7] WHO | Electronic waste. *WHO / World Health Organization* [online]. Copyright © [cit. 21.09.2019]. Dostupné z: <https://www.who.int/ceh/risks/ewaste/en/>
- [8] RoHS regulated substances. *National Center for Biotechnology Information* [online]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22126427>
- [9] ISO » ISO 14001:2015. *ISO* [online]. Dostupné z: <http://www.iso.cz/iso-140012015>

- [10] *National Center for Biotechnology Information* [online]. Copyright © 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved. [cit. 12.09.2019]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23899476>
- [11] *Publications. Global E-waste Statistics Partnership* [online]. Copyright © 2019 UNU [cit. 10.09.2019]. Dostupné z: <https://globalewaste.org/publications/>
- [12] *Where does e-waste end up?* | Greenpeace International. [online]. Copyright © UNEP [cit. 13.09.2019]. Dostupné z: <https://www.greenpeace.org/archive-international/en/campaigns/detox/electronics/the-e-waste-problem/where-does-e-waste-end-up/>
- [13] *E-Trash Transparency Project. | The public has the right to know where their e-waste goes* [online]. Dostupné z: <https://www.ban.org/trash-transparency/>
- [14] *E-Waste Vol. 2: E-waste Management Manual. UN Environment Document Repository Home* [online]. Dostupné z: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9801>
- [15] *Cell Phone recycling | The EPA Blog. The EPA Blog* [online]. Dostupné z: <https://blog.epa.gov/tag/cell-phone-recycling/>
- [16] *Nokia survey: Old mobile phones usually end up in drawers | Network World. Welcome to Network World.com* [online]. Copyright © 2019 IDG Communications, Inc. [cit. 20.09.2019]. Dostupné z: <https://www.networkworld.com/article/2281660/nokia-survey--old-mobile-phones-usually-end-up-in-drawers.html>
- [17] *Environmental Impact Assessment Review* [online]. Copyright © [cit. 13.09.2019]. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.611.3030&rep=rep1&type=pdf>
- [18] *RoHS | Restrictions for use of Hazardous | OSRAM. 301 Moved Permanently* [online]. Copyright © 2019, OSRAM Opto Semiconductors GmbH. All rights reserved. [cit. 14.09.2019]. Dostupné z: <https://www.osram.com/os/products/rohs-compliance/index.jsp>

- [19] Rtů v rybách - Arnika. *Hlavní stránka - Arnika* [online]. Copyright © 2014 Arnika [cit. 25.09.2019]. Dostupné z: <https://arnika.org/spalovny>
- [20] Hrozba IT věku? Přes 70 milionů tun e-odpadu - Roklen24.cz. *Roklen24.cz - Ekonomika, trhy, finance* [online]. Copyright © [cit. 13.09.2019]. Dostupné z: <https://roklen24.cz/a/SeqUk/hrozba-it-veku-pres-70-milionu-tun-e-odpadu>
- [21] Recycling rate of e-waste - Eurostat. *European Commission | Choose your language | Choisir une langue | Wählen Sie eine Sprache* [online]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/waste/recycling-rate-of-e-waste>
- [22] *E-waste Monitor* [online]. Copyright ©h [cit. 22.09.2019]. Dostupné z: <http://ewastemonitor.info/pdf/Regional-E-Waste-Monitor.pdf>
- [23] *Environmental Protection Agency, Ireland :: Home* [online]. Copyright © [cit. 16.09.2019]. Dostupné z: https://www.epa.ie/pubs/reports/waste/weee/EPA_electric_electronic_waste_2001.pdf
- [24] United Nations. About the Sustainable Development Goals. *Welcome to the United Nations* [online]. Dostupné z: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals>
- [25] *EUR-Lex — Access to European Union law — choose your language* [online]. Copyright © [cit. 20.09.2019]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013D1386&from=EN>
- [26] *UNEP Division of Technology, Industry, and Economics* [online]. Dostupné z: <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DITx1192xPA-Recycling%20from%20ewaste%20to%20Resources.pdf>
- [27] European Commission. *European Commission* [online]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/Final%20report_E%20C%20S.pdf

- [28] Science Direct. *Management and recycling of electronic waste* [online]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359645412007999>
- [29] JRC Publications Repository: Economy-wide analysis of food waste reductions and related costs. *302 Found* [online]. Dostupné z: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC113395>
- [30] DiVA - Latest publications. [online]. Dostupné z: http://norden.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=7750&pid=diva2%3A936670&c=1&searchType=SIMPLE&language=en&query=critical+metals&af=%5B%5D&aq=%5B%5B%5D%5D&aq2=%5B%5B%5D%5D&aqe=%5B%5D&noOfRows=50&sortOrder=author_sort_asc&sortOrder2=title_sort_asc&onlyFullText=false
- [31] National Center for Biotechnology Information. *National Center for Biotechnology Information* [online]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23109252>
- [32] METI Ministry of Economy, Trade and Industry.
経済産業省のWEBサイト (METI/経済産業省) (METI/経済産業省) [online]. Dostupné z: <https://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/english/law/home.html>
- [33] Smartphone recycling | Feature | Chemistry World. *Chemistry news, research and opinions | Chemistry World* [online]. Copyright © Chemistry World [cit. 18.09.2019]. Dostupné z: <https://www.chemistryworld.com/features/smartphone-recycling/2500497.article>
- [34] EUR-Lex - 31975L0442 - EN - EUR-Lex. *EUR-Lex — Access to European Union law — choose your language* [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31975L0442>
- [35] *EUR-Lex — Access to European Union law — choose your language* [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2006L0066:20081205:CS:PDF>

- [36] EUR-Lex - 32000L0076 - EN - EUR-Lex. *EUR-Lex — Access to European Union law — choose your language* [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/cs/TXT/?uri=CELEX:32000L0076>
- [37] *EUR-Lex — Access to European Union law — choose your language* [online]. Copyright © [cit. 20.09.2019]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0038:0071:CS:PDF>
- [38] *EUR-Lex — Access to European Union law — choose your language* [online]. Copyright © [cit. 21.09.2019]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:174:0088:0110:CS:PDF>
- [39] *EUR-Lex — Access to European Union law — choose your language* [online]. Copyright © [cit. 21.09.2019]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L0863&from=CS>
- [40] Analýza životního cyklu (LCA) | Inovace výrobků a životní prostředí | Nástroje a návody | Eko-Net CIR. *Aktuality / Eko-Net CIR* [online]. Copyright © 2006 [cit. 22.09.2019]. Dostupné z: <http://eko-net.cir.cz/analyza-zivotniho-cyklu-lca->
- [41] Zákon několikanásobně zvýší ceny za skládky, aby firmy odpad spalovaly či recyklovaly - EnviWeb.cz. *EnviWeb.cz - zpravodajství o životním prostředí, profesní ekologie, odborné akce* [online]. Copyright © 1999 [cit. 20.09.2019]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/91334>
- [42] MANUÁL třídění kovů: Hliník ušetří 95 % energie | Nazeleno.cz. *Nazeleno.cz - Chytrá řešení pro každého* [online]. Copyright © 2018 [cit. 21.09.2019]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/bydleni/odpady-1/manual-trideni-kovu-hlinik-usetri-95-energie.aspx>
- [43] Ocel jako recyklovatelný materiál - Ocelářská Unie. *Úvod - Ocelářská Unie* [online]. Copyright © 2019 Ocelářská Unie [cit. 21.09.2019]. Dostupné z: <https://www.ocelarskaunie.cz/ocel-jako-recyklovatelny-material/>

[44] Hliník: Více než 95 % se recykluje | . *Řešení z hliníku* | [online]. Dostupné z: <https://www.alumeco.cz/technick%C3%A9-informace/obecn%C4%9B/recyklace-hlin%C3%ADku>

[45] Třídím jako Diva: kam vyhodit kovy a plechovky? - Samosebou.cz. *Úvod - Samosebou.cz* [online]. Copyright © 2019 Samosebou.cz [cit. 22.09.2019]. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2018/06/29/tridim-jako-diva-kam-vyhodit-kovy-plechovky/>

[46] *StEP solving the E-waste Problem - StEP Initiative* [online]. Dostupné z: http://www.step-initiative.org/files/step/_documents/StEP_WP_One%20Global%20Definition%20of%20E-waste_20140603_amended.pdf

[47]] ScienceDirect - *Journal of Materials Research and Technology* [online]. Copyright © [cit. 22.09.2019]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785417304829#bib0145>

[48] ScienceDirect - *Recovery of metal values from waste printed circuit boards* [online]. Copyright © [cit. 23.09.2019]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304386X15300359>

[49] ScienceDirect - *Electrokinetic recovery of Cd, Cr, As, Ni, Zn and MN from waste printed circuit boards: Effect of assisting agents* [online]. Copyright © [cit. 23.09.2019]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389409006955?via%3Dihub>

[50] Columbia University *Columbia University Fu Foundation School of Engineering and Applied Science* [online]. Dostupné z: <http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/nawtec/1980-National-Waste-Processing-Conference/1980-National-Waste-Processing-Conference-33.pdf>

[51] PCB Recycling Plant--Mother board Crushing and Separating Machinery. *Wire Stripper Machine and Cable Granulator Manufacturer in China* [online]. Dostupné z: <https://copper-recycle.com/recycling-plants/PCB-Recycling-Plant.html>

[52] Jak recyklovat z elektroniky zlato – Sciencemag.cz. *Sciencemag.cz* [online]. Copyright © Copyright 2019, Nitemedia s.r.o. [cit. 24.09.2019]. Dostupné z: <https://sciencemag.cz/jak-recyklovat-z-elektroniky-zlato/>

[53] *Hnutí DUHA | Friends of the Earth Czech Republic* [online]. Dostupné z: https://www.hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/2012/09/kyanidove_louzeni_zlata.pdf

[54] Využití elektrolýzy | Eduportál Techmania. *Eduportál | Eduportál Techmania* [online]. Copyright © Techmania Science Center, o.p.s. [cit. 25.09.2019]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/elektricky-proud/elektricky-proud-v-kapalinach/vyuziti-elektrolyzy>

[55] Pyrometallurgy | Britannica.com. *Encyclopedia Britannica | Britannica.com* [online]. Copyright ©2019 Encyclop [cit. 25.09.2019]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/pyrometallurgy>

[56] 17/1992 Sb.. *Found* [online]. Dostupné z: <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=17&r=1992>

[57] E-waste Monitor. *E-waste Monitor* [online]. Copyright © 2018 [cit. 25.09.2019]. Dostupné z: <http://ewastemonitor.info/>

[58] Nakládání s odpadem v EU: fakta a čísla (infografika) | Zpravodajství | Evropský parlament. [online]. Dostupné z: <http://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20180328STO00751/nakladani-s-odpadem-v-eu-fakta-a-cisla-infografika>

- [59] *DSpace VŠB-TUO* [online]. Copyright ©u [cit. 27.09.2019]. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/137378/SAM0090_HGF_B2102_3904R022_2019.pdf?sequence=1
- [60] Nebezpečné odpady - Ministerstvo životního prostředí. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Copyright © 2008 [cit. 28.09.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/nebezpecne_odpady
- [61] *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Copyright © 2008 [cit. 29.09.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/basilejska_umluva_kontrola_pohybu
- [62] Sodoma a Gomora existují. V Ghaně | Rozvojovka.cz. *Rozvojovka.cz* [online]. Copyright ©2011 [cit. 30.09.2019]. Dostupné z: <http://www.rozvojovka.cz/clanky/1446-sodoma-a-gomora-existuji-v-ghane.htm>
- [63] [online]. Dostupné z: http://www.idnes.cz/mobil/tech-trendy/mobil-roku-2000-vyhodnoceni-ankety.A001127_0024572_mob_prakticky
- [64] The Best Selling Cell Phones of All Time | Decluttr Blog. *Sell My Stuff | Sell Stuff Online | Decluttr* [online]. Copyright © Copyright decluttr.com 2018 [cit. 20.12.2019]. Dostupné z: <https://www.decluttr.com/blog/2018/07/13/what-are-the-best-selling-cell-phones-of-all-time/>
- [65] Apple iPhone Owners: Here's How Many iPhones Are In Use | Fortune. *Fortune - Fortune 500 Daily & Breaking Business News* [online]. Copyright © 2019 Fortune Media IP Limited. All Rights Reserved. Use of this site constitutes acceptance of our [cit. 22.12.2019]. Dostupné z: <https://fortune.com/2017/03/06/apple-iphone-use-worldwide/>
- [66] Global smartphone shipments 2019 | Statista. • *Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies* [online]. Copyright © Statista 2020 [cit. 28.12.2019]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/271490/quarterly-global-smartphone-shipments-by-vendor/>

- [67] DeviceSpecifications - Mobile device specifications, comparisons, news, user reviews and ratings. *DeviceSpecifications - Mobile device specifications, comparisons, news, user reviews and ratings* [online]. Copyright © 2020 devicespecifications.com [cit. 30.12.2019]. Dostupné z: <https://www.devicespecifications.com/en>
- [68] The Extraordinary Raw Materials in an iPhone 6s. *Visual Capitalist* [online]. Copyright © 2020 Visual Capitalist [cit. 30.12.2019]. Dostupné z: <https://www.visualcapitalist.com/extraordinary-raw-materials-iphone-6s/>
- [69] What's really inside your smartphone: A pile of raw minerals and serious social consequences | The American Ceramic Society. *The American Ceramic Society | If you work in ceramics or glass, ACerS is the society for you.* [online]. Dostupné z: <https://ceramics.org/ceramic-tech-today/whats-really-inside-your-smartphone-a-pile-of-raw-minerals-and-serious-social-consequences>
- [70] Apple iPhone 6 - Full phone specifications. *GSMarena.com - mobile phone reviews, news, specifications and more...* [online]. Copyright © 2000 [cit. 02.01.2020]. Dostupné z: https://www.gsmarena.com/apple_iphone_6-6378.php
- [71] Nokia 3310 - Full phone specifications. *GSMarena.com - mobile phone reviews, news, specifications and more...* [online]. Copyright © 2000 [cit. 07.01.2020]. Dostupné z: https://www.gsmarena.com/nokia_3310-192.php
- [72] *Ušetřeno.cz - Chytrí šetří s námi!* [online]. Dostupné z: <https://www.usetreno.cz/nabijeni-telefonu-spotreba/#gref>
- [73] Fujifilm FinePix S1 Pro (2000) - mike eckman dot com. *Mike Eckman Dot Com - mike eckman dot com* [online]. Copyright © 2014 [cit. 07.01.2020]. Dostupné z: <https://www.mikeeckman.com/2017/01/fujifilm-finepix-s1-pro-2000/>
- [74] Olympus Camedia E-10 - PALADIX foto-on-line. *PALADIX foto-on-line - PALADIX foto-on-line* [online]. Dostupné z: <https://www.paladix.cz/clanky/olympus-camedia-e-10.html>
- [75] Olympus E-10 | Digimanie. *Digimanie / homepage* [online]. Copyright © 1998 [cit. 10.01.2020]. Dostupné z: <https://www.digimanie.cz/olympus-e-10/produkt>

- [76] Kobalt - Arnika. *Hlavní stránka - Arnika* [online]. Copyright © 2014 Arnika [cit. 18.01.2020]. Dostupné z: <https://arnika.org/kobalt>
- [77] Recyklace použitých baterií je byznys s obrovským potenciálem - KdeNabíjet.cz. *Kde nabíjet - E-mobilita, vaše energie na cestách*. [online]. Copyright © Copyright 2016 Kdenabijet.cz [cit. 18.01.2020]. Dostupné z: <http://www.kdenabijet.cz/recyklace-pouzitych-baterii-byznys-obrovskym-potencialem/>
- [78] Recyklace li-ion baterií – úvod. *Loading interface...* [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/recyklace-lithium-ion-baterii-uvod>
- [79] Kovy ve vašem mobilu - Magazín | Přírodovědci.cz. *Úvod | Přírodovědci.cz* [online]. Copyright © 2013, Prirodovedci.cz jsou komunikačním projektem [cit. 25.01.2020]. Dostupné z: <https://www.prirodovedci.cz/magazin/kovy-ve-vasem-mobilu>
- [80] Gartner Says Worldwide PC Shipments Grew 2.3% in 4Q19 and 0.6% for the Year. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright ©2020 [cit. 01.02.2020]. Dostupné z: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-01-13-gartner-says-worldwide-pc-shipments-grew-2-point-3-percent-in-4q19-and-point-6-percent-for-the-year>
- [81] Gartner Says Worldwide Device Shipments to Grow 1.5 Percent, to Reach 2.5 Billion Units in 2015. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright ©2020 [cit. 01.02.2020]. Dostupné z: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2015-07-06-gartner-says-worldwide-device-shipments-to-grow-1-percent-to-reach-2-billion-units-in-2015>
- [82] Notebooks: global revenue 2005-2015 | Statista. • *Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies* [online]. Copyright © Statista 2020 [cit. 06.02.2020]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/203839/global-notebook-revenue-forecast/>
- [83] Attention Required! | Cloudflare. *Attention Required! | Cloudflare* [online]. Dostupné z: <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/un-report-time-seize-opportunity-tackle-challenge-e-waste>

[84] World Economic Forum [*The World Economic Forum* [online]. Copyright ©w J [cit. 06.02.2020]. Dostupné z:

http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf

[85] E-waste Management as a Global Challenge (Introductory Chapter) | IntechOpen. *IntechOpen - Open Science Open Minds / IntechOpen* [online]. Copyright © 2019 IntechOpen. All rights reserved. [cit. 07.02.2020]. Dostupné z:

<https://www.intechopen.com/books/e-waste-in-transition-from-pollution-to-resource/e-waste-management-as-a-global-challenge-introductory-chapter->

[86] Author Services | *Author Services* [online]. Copyright © 2020 Informa UK Limited, an [cit. 17.02.2020]. Dostupné z:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10473289.2011.615267>

[87] Smartphones: Smart Chemistry - American Chemical Society. *301 Moved Permanently* [online]. Copyright © [cit. 07.02.2020]. Dostupné z:

<https://www.acs.org/content/acs/en/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archive-2014-2015/smartphones.html>

[88] HIERARCHIE NAKLÁDÁNÍ S ODPADY [Odpad je energie]. *Úvod [Odpad je energie]* [online]. Copyright © 2020 STEO [cit. 11.02.2020]. Dostupné z:

<http://www.odpadjeenergie.cz/ochrana-zp/vychodiska/hierarchie-nakladani-s-odpady>

[89] 185/2001 Sb. Zákon o odpadech. *Zákony pro lidi - Sběrka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © [cit. 11.02.2020]. Dostupné z:

<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>

[90] Odpady z elektrozařízení - Časopis Elektro - Odborné časopisy. *Odborné časopisy* [online]. Copyright © 2014 [cit. 12.02.2020]. Dostupné z:

<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/odpady-z-elektrozarizeni--12971>

- [91] Databáze nejlepších praktik | Znalosti v partnerství. *Databáze nejlepších praktik / Znalosti v partnerství* [online]. Copyright ©2019 [cit. 12.02.2020]. Dostupné z: http://bestpractices.cz/wp-content/uploads/2014/01/DR-skripta01_zivotni-prostredi.pdf
- [92] Odpady - Ministerstvo životního prostředí. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Copyright © 2008 [cit. 13.02.2020]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/odpady_podrubrika
- [93] *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Copyright ©f [cit. 13.02.2020]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady_podrubrika/\\$FILE/OODP-Produkce_a_nakladani_2018-20191025.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady_podrubrika/$FILE/OODP-Produkce_a_nakladani_2018-20191025.pdf)
- [94] Jak se likvidují nebezpečné odpady?. *Kaiserservis.cz / Likvidace odpadů / Kalkulace zdarma online* [online]. Dostupné z: https://www.kaiserservis.cz/poradna/clanky/jak-se-likviduji-nebezpecne-odpady/?gclid=CjwKCAiA1O7uBRANEiwA_vXQ-71NTr5VPLmX6f4gNG264vajq7eD4KUfXyTxiCW27WAPvS5gCQgS9xoCUtwQAvD_BwE
- [95] Přehled projektů aplikovaného výzkumu | Jeden z šesti ústavů Sekce chemických věd Akademie věd České republiky.. *Institute of Chemical Process Fundamentals of the CAS, v. v. i. / One of the six institutes constituting the Section of Chemical Sciences of the Academy of Sciences of the Czech Republic.* [online]. Copyright © Ústav chemických procesů AV ČR [cit. 14.02.2020]. Dostupné z: <http://www.icpf.cas.cz/cs/prehled-projektu-aplikovaneho-vyzkumu>
- [96] Palladium, chemický prvek Pd, popis a vlastnosti. *Periodická soustava prvků* [online]. Copyright © 2009 [cit. 14.02.2020]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/46.html>

- [97] Growing demand and uncertain futures: the rise of palladium. *Mining Technology / Mining News and Views Updated Daily - Mining news and in-depth feature articles on the latest mining company deals and projects covering trends in mineral exploration with up to date data on the most mined metal and mineral commodities* [online]. Copyright © Copyright 2020 Verdict Media Limited. [cit. 14.02.2020]. Dostupné z: <https://www.mining-technology.com/features/growing-demand-and-uncertain-futures-the-rise-of-palladium/>
- [98] JAK SE RECYKLUJE ELEKTROODPAD | TRÍDĚNÍODPADU.CZ. *Odpady / tříděníodadu.cz* [online]. Copyright © 2007 [cit. 15.02.2020]. Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/jak-se-recykluje-elektroodpad>
- [99] *VŠB-TUO* [online]. Copyright © [cit. 15.02.2020]. Dostupné z: http://katedry.fmfi.vsb.cz/Opory_FMFI/637/637-Kovy_a_zivotni_prostredi.pdf
- [100] Jak zjistit kontaminaci plastů toxickými zpomalovači hoření? - Arnika. *Hlavní stránka - Arnika* [online]. Copyright © 2014 Arnika [cit. 16.02.2020]. Dostupné z: <https://arnika.org/jak-zjistit-kontaminaci-plastu-toxickymi-zpomalovaci-horeni>
- [101] World Economic Forum [*The World Economic Forum*] [online]. Copyright ©w J [cit. 16.02.2020]. Dostupné z: http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf
- [102] Češi během deseti let ztrojnásobili objem recyklovaného elektroodpadu | Století statistiky. *Český statistický úřad | ČSÚ* [online]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/stoletistatistiky/cesi-behem-deseti-let-ztrojnásobili-objem-recyklovaneho-elektroodpadu>
- [103] Database - Eurostat. *European Commission / Choose your language / Choisir une langue | Wählen Sie eine Sprache* [online]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/waste/data/database>

- [104] • Outlook on e-waste generation globally 2018 | Statista. • *Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies* [online]. Copyright © Statista 2020 [cit. 16.02.2020]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/499891/projection-ewaste-generation-worldwide/>
- [105] Attention Required! | Cloudflare. *Attention Required! | Cloudflare* [online]. Dostupné z: <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/your-phone-really-smart>
- [106] Database - Eurostat. *European Commission | Choose your language | Choisir une langue | Wählen Sie eine Sprache* [online]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/t2020_rt130/default/table?lang=en
- [107] Database - Eurostat. *European Commission | Choose your language | Choisir une langue | Wählen Sie eine Sprache* [online]. Dostupné z: https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_waselee&lang=en
- [108] *Apple* [online]. Copyright © [cit. 16.02.2020]. Dostupné z: https://www.apple.com/environment/pdf/products/iphone/iPhone_8_Plus_PER_sept2017.pdf
- [109] Database - Eurostat. *European Commission | Choose your language | Choisir une langue | Wählen Sie eine Sprache* [online]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm050/default/table?lang=en
- [110] Výroční zpráva < O nás < ASEKOL | Asekol. [online]. Copyright © by ASEKOL a.s. 2014. All rights reserved. [cit. 16.02.2020]. Dostupné z: <https://www.asekol.cz/asekol/o-nas/vyrocni-zprava/>
- [111] HP Green Chemistry Timeline (Technical white paper/c06048911.pdf). [online]. Dostupné z: <http://h20195.www2.hp.com/V2/GetDocument.aspx?docname=c06048911>
- [112] MacBook Pro 13-inch - Apple. *Apple* [online]. Copyright © [cit. 18.02.2020]. Dostupné z: <https://www.apple.com/macbook-pro-13/>

- [113] Clous - Staré notebooky. počítače, hry, hardware a software [online]. Copyright © 1995 [cit. 18.02.2020]. Dostupné z: <https://www.clous.cz/notebooky/kompletinf/003-Twinhead%20Slimnote%205890D.htm>
- [114] IT v českých firmách: Proč jsou firemní počítače vždycky pomalé? - Lupa.cz. *Lupa.cz - server o českém Internetu* [online]. Copyright © 1998 [cit. 18.02.2020]. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/clanky/proc-jsou-firemni-pocitace-vzdycky-pomale/>
- [115] Ministerstvo životního prostředí [online]. Copyright © 2008 [cit. 22.02.2020]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/basilejska_umluva_kontrola_pohybu
- [116] ITU: Committed to connecting the world. [online]. Copyright © [cit. 23.02.2020]. Dostupné z: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf>
- [117] Waste electronic equipment - Environment - European Commission. European Commission | Choose your language | Choisir une langue | Wählen Sie eine Sprache [online]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/environment/waste/weee/index_en.htm
- [118] EUR-Lex - 32012L0019 - EN - EUR-Lex. EUR-Lex — Access to European Union law — choose your language [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012L0019>
- [119] United Nations University [online]. Copyright ©eVRa [cit. 04.03.2020]. Dostupné z: <https://i.unu.edu/media/unu.edu/news/52624/UNU-1stGlobal-E-Waste-Monitor-2014-small.pdf>
- [120] [online]. Dostupné z: United Nations University [online]. Copyright ©eVRa [cit. 18.03.2020]. Dostupné z: <https://i.unu.edu/media/unu.edu/news/52624/UNU-1stGlobal-E-Waste-Monitor-2014-small.pdf>
- [121] SAICM [online]. Copyright © [cit. 18.03.2020]. Dostupné z: <http://www.saicm.org/Portals/12/Documents/EPI/ewastesafework.pdf>

[122] Současné problémy a možnosti recyklace elektroodpadu – Andrea Maralíková.
Theses.cz – Vysokoškolské kvalifikační práce [online]. Dostupné z:
<https://theses.cz/id/ywfp5l/?lang=en>

[123] Plán odpadového hospodářství ČR - Ministerstvo životního prostředí. Ministerstvo životního prostředí [online]. Copyright © 2008 [cit. 18.03.2020]. Dostupné z:
https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr

[124] Ministerstvo životního prostředí [online]. Copyright © [cit. 18.03.2020]. Dostupné z:
[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/plneni_narizeni_vlady/\\$FILE/OODP-Zprava_o_plneni_POH_CR_2015_2016_20170105.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/plneni_narizeni_vlady/$FILE/OODP-Zprava_o_plneni_POH_CR_2015_2016_20170105.pdf)

8 Přílohy

Příloha 1 Recyklační poměr v zemích EU za roky 2008 - 2017

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
EU	:	:	27,9	29,5	30	30,9	32,7	35,6	39,4	38,8
Belgie	28,3	30,8	30,4	31,9	32	31,7	29,6	33,8	38,3	38,6
Bulharsko	:	:	40,8	49,4	62,4	60,2	68,3	96,5	105,2	68,8
ČR	:	:	22,7	26	27,1	28,5	29,3	37,9	46,1	46,5
Dánsko	:	39	41	50,1	46,5	37,6	42,3	43	41,4	38,5
Německo	:	38,1	37,8	34,4	34,8	35,6	36,9	33,9	39	38,7
Estonsko	:	22,4	30,3	36,9	35,9	27,8	30,4	33,3	75,3	69,8
Irsko	:	:	30,9	32,5	36,1	38,6	43,1	46,1	49,5	47,7
Řecko	21,6	29	19,4	19	18,6	22,1	29	32,7	34,2	32,9
Španělsko	:	12,6	14,7	16,7	19	26,1	26,2	35,6	37,4	41
Francie	:	19,2	21,8	22,6	22,6	23,6	26,3	32,2	37,1	36,6
Chorvatsko	:	:	:	:	:	:	35,7	58,3	89,2	81,3
Itálie	:	:	27,8	29,8	27,7	26,3	27,3	32,1	34,4	:
Kypr	:	10,9	11,5	11,5	12,2	12,1	17	27	23,1	:
Lotyšsko	:	:	14,5	19,9	26,5	27,8	26,4	23,1	23,2	40,6
Litva	15,2	10,5	16,6	28,2	41,1	43,8	64,6	45,9	38,9	35,1
Lucembursko	36,6	38	33	30,6	27,6	29,3	35,4	42,5	45,6	45,5
Maďarsko	28,3	29,5	26	25,3	30,8	40	47,7	50,7	53,4	51,1
Malta	:	12,1	13,1	9,7	9,9	11	11,5	13,1	10,3	:
Nizozemsko	22,5	22	27,8	33	33,2	31,3	38,1	39,3	40,4	42,1
Rakousko	46	36,1	35,7	37,1	38,2	37,6	39,1	40,7	41	50,1
Polsko	:	13,9	17,7	23,9	30,4	28,1	27,4	33,1	38,9	36,1
Portugalsko	21,8	24	22,8	30,5	24,9	32,3	38,2	42,7	45,8	43,5
Rumunsko	:	17	12	10,3	14,5	21	21,3	22,5	25	:
Slovinsko	:	17,6	22	26,4	26,9	16,7	27,5	47,7	33,9	:

Slovensko	31,8	34,2	34,9	39,6	42,6	41,7	44,1	40,3	50,3	46,5
Finsko	37,9	29,9	28,7	31	32,8	36,3	42,4	43,2	42,1	48,2
Švédsko	62,4	52,2	55,3	64,9	62,6	64,9	52,7	51,6	55,4	47
UK	:	:	26,9	23,9	22,5	22,8	29,6	36,6	49,8	42,2
Island	:	:	:	:	25,9	23	34	46,7	41,3	57,7
Lichtenštejnsko	:	:	:	:	:	:	117, 8	127, 1	111,9	81,6
Norsko	35,4	46,9	45,3	48,4	46,4	46,5	47,5	50,4	49,3	49,3

Zdroj dat: Eurostat [21]

Příloha 2 Počty prodaných telefonů za vybrané roky

Rok	Výrobce	Model	Počet prodaných zařízení
1996	Nokia	1610	100 milionů
2000	Nokia	3310	126 milionů
2003	Nokia	6600	150 milionů
2004	Nokia	6230	50 milionů
2005	Nokia	N80	45 milionů
2007	Nokia	N95	7 milionů
2008	Apple	iPhone 3G	25 milionů
2009	Nokia	5230	150 milionů
2010	Apple	iPhone 4	50 milionů
2011	Apple	iPhone 4s	60 milionů
2012	Apple	iPhone 5	70 milionů
2013	Apple	všechny předchozí modely	150 milionů
2014	Apple	iPhone 6/iPhone 6s	224 milionů
2016	Apple	iPhone 7	78 milionů
2018	Apple	iPhone X	54 milionů
2019	Apple	iPhone XR	27 milionů

Vlastní zpracování, zdroj dat: [65, 66]

Příloha 3 Vývoj parametrů telefonů Apple iPhone

Typ	Rok	Váha (g)	Display (palce)	Paměť (operační systém)	Kapacita baterie	Výdrž baterie (hod)	CPU	Jádra CPU
2G	2007	135	3,5"	4 GB (128 MB)	1400 mAh (Li-Ion)	250	Samsung 412 MHz	
3G	2008	135	3,5"	8 GB (128 MB)	1150 mAh (Li-Pol)	300	Samsung 412 MHz	1
3GS	2009	133	3,5"	8 GB (256 MB)	1219 mAh (Li-Pol)	300	Samsung 833 Mhz	1
4	2010	137	3,5"	8 GB (512 MB)	1420 mAh (Li-Ion)	300	Apple A4 1 Ghz	1
4S	2011	140	3,5"	8 GB (512 MB)	1430 mAh (Li-Ion)	200	Apple A5 1 Ghz	2
5	2012	112	4"	64 GB (1 GB)	1440 mAh (Li-Pol)	225	Apple A6 1,3 Ghz	2
5C	2013	132	4"	32 GB (1 GB)	1510 mAh (Li-Ion Polymer)	250	Apple A6 1,3 Ghz	2
5S	2013	112	4"	64 GB (1 GB)	1560 mAh (Li-Ion Polymer)	250	Apple A7 1,3 Ghz	2
6	2014	129	4,7"	128 GB (1 GB)	1810 mAh (Li-Pol)	250	Apple A8 1400 MHz	2
6 Plus	2014	172	5,5"	128 Gb (1 GB)	2915 mAh (Li-Pol)	384	Apple A8 1,4 Ghz	2
6S	2015	143	4,7"	128 Gb (2 GB)	1715 mAh (Li-Pol)	240	Apple A9 1840 MHz	2
6S Plus	2015	192	5,5"	128GB (2 GB)	2750 mAh (Li-Pol)	384	Apple A9 1840 MHz	2
7	2016	138	4,7"	256 GB (2 GB)	1960 mAh (Li-Ion)	240	Apple A10 2370 MHz	4

7 Plus	2016	188	5,5"	256 Gb (3 GB)	2900 mAh (Li-Ion)	384	Apple A10 2370 MHz	4
SE	2016	113	4"	64 GB (2 GB)	1642 mAh (Li-Pol)	240	Apple A9 1840MHz	2
8	2018	148	4,7"	256 GB (2 GB)	1821 mAh (Li-Ion)	290	Apple A11 2100 MHz	6
8 Plus	2018	202	5,5"	64 GB (3 GB)	2691 mAh (Li-Ion)	290	Apple A11 2100 MHz	6
X	2018	174	5,8"	256 GB (3 GB)	2716 mAh (Li-Ion)	250	Apple A11 2390 MHz	6
XR	2018	194	6,1"	128 GB (3 GB)	2942 mAh (Li-Ion)	360	Apple A12 2490 GHz	6
XS	2018	177	5,8"	512 GB (4 GB)	2658 mAh (Li-Ion)	240	Apple A12 2490 GHz	6
XS Max	2018	208	6,5"	128 Gb (3 GB)	3174 mAh (Li-Ion)	240	Apple A12 2490 GHz	6
11 Pro	2019	188	5,8"	256 Gb (4 GB)	3190 mAh (Li-Ion)		Apple A13 2660 GHz	6
11	2019	194	6,1"	128 Gb (4 GB)	3110 mAh (Li-Ion)		Apple A13 2660 GHz	6
11 Pro Max	2019	226	6,5"	256 GB (4 GB)	3500 mAh (Li-Ion)		Apple A13 2660GHz	6

Vlastní zpracování, zdroj dat: [67]