

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra statistiky**



**Bakalářská práce**

**Vývoj produkce recyklovatelného odpadu  
na území hl. m. Prahy**

**Zuzana Volková**

**© 2020 ČZU v Praze**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zuzana Volková

Hospodářská politika a správa  
Podnikání a administrativa

Název práce

**Vývoj produkce recyklovaného odpadu na území hl. m. Praha**

Název anglicky

**Recyclable waste production development in the capital city Prague**

---

### Cíle práce

Cílem práce je posouzení vývoje produkce odpadu na území hl. m. Prahy se zaměřením na podíl vyříděného recyklovatelného odpadu. Dále bude posouzena míra produkce tříděného odpadu v Praze v porovnání s vybranými územními celky v ČR.

### Metodika

V rámci teoretické části práce budou vymezeny základní pojmy spojené s odpadovým hospodářstvím a problematikou recyklace odpadu.

V praktické části bude popsán vývoj produkce směsného a recyklovatelného odpadu na území hl. m. Praha. Situace v hlavním městě bude dále porovnána s celkovým vývojem v ČR.

Pro zpracování dostupných dat budou využity metody analýzy časových řad, včetně analýzy sezónního kolísání.

## Doporučený rozsah práce

30-40 stran

## Klíčová slova

časová řada, hl. m. Praha, odpadové hospodářství, recyklace, sezónní kolísání

---

## Doporučené zdroje informací

HENDL, J. *Přehled statistických metod : analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál, 2015. ISBN 978-80-262-0981-2.

HINDLS, R. *Statistika pro ekonomy*. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-43-6.

JIRÁSKOVÁ I. – SOBOTKA M. *Zákon o odpadech s vysvětlivkami a prováděcí předpisy*. Praha: Linde, 2002. ISBN 80-7201-561-3.

KURAŠ, M. *Odpady a jejich zpracování*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2014. ISBN 978-80-86832-80-7.

MILITKÝ, J. – MELOUN, M. *Kompendium statistického zpracování dat : metody a řešené úlohy*. Praha: Academia, 2006. ISBN 80-200-1396-2.

---

## Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – PEF

## Vedoucí práce

Ing. Zuzana Pacáková, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra statistiky

---

Elektronicky schváleno dne 11. 11. 2019

**prof. Ing. Libuše Svatošová, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 12. 11. 2019

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vývoj produkce recyklovatelného odpadu na území hl. m. Prahy" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 23. 3. 2020

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Zuzaně Pacákové, PhD. za velmi přínosné konzultace, poznámky a rady při psaní této bakalářské práce. Ráda bych poděkovala své rodině, která mě během mého studia podporovala. Dále děkuji zástupci Pražských služeb, a. s., Adamu Bendovi, za poskytnutí části podkladů pro zpracování této práce.

# Vývoj produkce recyklovatelného odpadu na území hl. m. Prahy

## Abstrakt

Bakalářská práce je vypracována na téma Vývoj produkce recyklovatelného odpadu na území hl. m. Prahy. Hlavním cílem bakalářské práce je posouzení a vyhodnocení vývoje produkce složek komunálního odpadu, se kterými se každodenně setkává většina občanů nejen Prahy, ale i celé České republiky. Práce je především zaměřena na sledování vývoje produkce komunálního odpadu v letech 1998–2018. Podrobněji sleduje vývoj vyprodukovaného množství tříditelných složek komunálního odpadu (papír, barevné a čiré sklo, plast, nápojové kartony a kovové obaly) v Praze v letech 2014–2018.

Praktická část předkládané bakalářské práce je vytvořena na základě analýzy krátkodobých a dohodových časových řad a sleduje vývoj produkce několika složek komunálního odpadu. Ke zpracování dat byl především použit Microsoft Excel a IBM SPSS Statistics. Vývoj produkce, jak roční, tak i měsíční, byl vyobrazen pomocí grafů. Vyobrazené grafy jsou vždy popsány pomocí viditelných hledisek a elementárních charakteristik. Jsou zde zmíněny i možné subjektivní příčiny výkyvů. Predikce produkce odpadů byla vytvořena pomocí trendových funkcí a Brownova exponenciálního vyrovnávání, u kterých byl zároveň proveden test významnosti modelu, který udává vhodnost modelu pro predikce.

Na závěr bakalářské práce jsou předloženy výsledky sledování produkce komunálních odpadů, a to společně s doporučeními, jak k této problematice přistupovat.

**Klíčová slova:** odpady, komunální odpad, recyklace odpadů, zpracování odpadů, třídění komunálních odpadů, analýza časových řad, časová řada, sezónní výkyvy, životní prostředí

# Recyclable waste production development in the capital city Prague

## **Abstract**

The topic of the Bachelor's thesis is Recyclable waste production development in the capital city Prague. Thesis is focused on evaluation of production development of the municipal waste components, which is produced on daily basis by the citizens of Prague and Czech Republic. Thesis monitors mostly waste production between years 1998 and 2018 and it evaluates detailed data about individual components of the municipal waste (paper, mixed glass, clear glass, plastic, liquid packaging boxes and metals) in Prague from 1998 to 2018.

In practical part are compared data about production of municipal waste components. This thesis is based on analysis of short-term and long-term time series of production municipal waste in Prague. The comparison was done in Microsoft Excel and IBM SPSS Statistics. Data of the development are shown in charts or overall year and month waste production. For description of charts in thesis are used visual aspects and elementary characteristics and also description includes possible subjective causes of data oscillations. For prediction of future values of the waste production was used Brown's Exponential Smoothing and properly chosen trend function and also functions were compared by using the Analysis of Variance (Model Significance Test), which indicates the suitability of statistical model for the estimate of future values.

At the end of this thesis are provided results of the waste production observation together with recommendations for the future waste management.

**Keywords:** waste, municipal waste, waste recycling, waste processing, municipal waste separation, time series analysis, time series, seasonal fluctuations, environment

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>12</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>13</b>
2.1 Cíl práce .....	13
2.2 Metodika .....	13
2.2.1 Časová řada.....	13
2.2.1.1 Rozdělení časové řady.....	13
2.2.1.2 Srovnatelnost dat .....	16
2.2.2 Elementární charakteristiky časové řady .....	17
2.2.3 Analýza časové řady .....	18
2.2.3.1 Složky časové řady .....	18
2.2.3.2 Metody odhadu parametrů trendových funkcí .....	19
2.2.3.3 Výběr vhodného modelu trendu .....	20
2.2.3.4 Vyrovnávání časové řady .....	20
2.2.3.5 Sezónnost v časových řadách .....	21
<b>3 Teoretická východiska .....</b>	<b>23</b>
3.1 Komunální odpad .....	23
3.2 Nakládání s komunálním odpadem.....	24
3.2.1 Skládkování .....	26
3.2.2 Spalování .....	27
3.2.3 Kompostování.....	29
3.2.4 Recyklace.....	29
<b>4 Vlastní práce .....</b>	<b>37</b>
4.1 Analýza tříditelných složek komunálního odpadu v hl. m. Praze.....	37
4.1.1 Směsný komunální odpad.....	39
4.1.2 Papír.....	42
4.1.3 Barevné sklo .....	45
4.1.4 Čiré sklo.....	48
4.1.5 Plast.....	50
4.1.6 Nápojové kartony.....	53
4.1.7 Kovové obaly.....	55
4.2 Analýza produkce komunálního odpadu v rámci krajů ČR.....	57
4.2.1 Produkce komunálních odpadů v rámci krajů .....	57



<b>5</b>	<b>Výsledky a diskuse .....</b>	<b>61</b>
5.1	Výsledky analýzy tříditelných složek komunálního odpadu v Praze.....	61
5.2	Výsledky analýzy komunálního odpadu ve všech krajích ČR.....	63
5.3	Snížení produkce odpadů nejen v České republice.....	64
<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>65</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>66</b>
<b>8</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>68</b>

## Seznam grafů

Graf č. 1: Vývoj produkce komunálního odpadu v ČR v roce 2018.....	24
Graf č. 2: Nakládání s komunálními odpady v roce 2018 v České republice.....	25
Graf č. 3: Podíl jednotlivých složek komunálního odpadu v Praze v roce 2018.....	38
Graf č. 4: Roční produkce směsného odpadu v letech 1998–2018 s odhadem pro roky 2019 a 2020.....	39
Graf č. 5: Vývoj produkce směsného odpadu v jednotlivých měsících let 2014–2018 .....	40
Graf č. 6: Průměrné měsíční odchylky pro produkci směsného odpadu v letech 2014–2016.....	41
Graf č. 7: Roční produkce papíru v letech 1998–2018 s odhadem pro roky 2019 a 2020.....	42
Graf č. 8: Vývoj produkce papíru v jednotlivých měsících let 2014–2018 .....	43
Graf č. 9: Průměrné měsíční odchylky pro produkci papíru v letech 2014–2018 .....	44
Graf č. 10: Roční produkce barevného skla v letech 1998–2018 s odhadem pro roky 2019 a 2020 .....	45
Graf č. 11: Vývoj produkce barevného skla v jednotlivých měsících let 2014–2018.....	46
Graf č. 12: Průměrné měsíční odchylky pro produkci barevného skla v letech 2014–2018 .....	47
Graf č. 13: Roční produkce čírého skla v letech 2004–2018 s odhadem pro roky 2019 a 2020 .....	48
Graf č. 14: Vývoj produkce čírého skla v jednotlivých měsících let 2014–2018.....	49
Graf č. 15: Roční produkce plastů v letech 1998–2018 s odhadem pro roky 2019 a 2020 .....	50
Graf č. 16: Vývoj produkce plastů v jednotlivých měsících let 2014–2018.....	51
Graf č. 17: Průměrné měsíční odchylky pro produkci plastů v letech 2014–2018 .....	52
Graf č. 18: Roční produkce nápojových kartonů v letech 2004–2018 s odhadem pro roky 2019 a 2020 .....	53
Graf č. 19: Vývoj produkce nápojových kartonů v jednotlivých měsících let 2014–2018.....	54
Graf č. 20: Roční produkce kovových obalů v letech 2016–2018 .....	55
Graf č. 21: Vývoj produkce kovových obalů v jednotlivých měsících let 2016–2018.....	56
Graf č. 22: Podíl jednotlivých krajů na celkové produkci KO v ČR v roce 2018.....	57
Graf č. 23: Produkce KO na 1 obyvatele v jednotlivých krajích v roce 2008, 2013 a 2018.....	59

## **Seznam obrázků**

Obrázek č. 1: Recyklační symboly plastů.....	32
--	----

## **Seznam tabulek**

Tabulka č. 1: Technický vývoj skládkování odpadů .....	26
Tabulka č. 2: Kapacity spaloven a spoluspaloven v ČR.....	27
Tabulka č. 3: Odpadové a energetické bilance ZEVO.....	28

## **Seznam použitých zkratk**

KO	Komunální odpad
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
ČŘ	Časová řada
MHMP	Magistrát hlavního města Prahy
ZEVO	Zařízení na ekologické využití odpadu

# 1 Úvod

Třídění a recyklace odpadu se v posledních letech stala významným tématem. Významnost těchto dvou faktorů odpadu jen dokazují snahy vyspělých států po celém světě, které se snaží své obyvatelstvo vzdělávat v oblasti třídění odpadu. Vzdělání v oblasti odpadů povede obyvatele k aktivnějšímu třídění. Bohužel snaha se často setkává s nepochopením obyvatel. I přes to, že celosvětově se procento odpadu, které je vytríděno a následně recyklováno stoupá, tak stále nedosahuje patřičné úrovně, aby mohlo být srovnáváno s výrobou nových výrobků. Recyklaci však také brzdí fakt, že i přes její prokázané přispění ke zlepšení stavu životního prostředí, nemá dostatek pozornosti od finančních investorů, kteří by investovali do jejího rozvoje, a tak pomohli zvýšení efektivity při získávání recyklovaných materiálů, které by mohly být znovu použity při výrobě. Tudiž ekonomická náročnost stále dělá z recyklovaných materiálů až druhou možnost při výběru materiálů a světoví výrobci stále raději sáhnou po materiálech nerecyklovaných, jejichž cena je nižší z důvodu méně nákladné výroby. Naštěstí se trend začíná obracet a celosvětově se zvyšuje poptávka po výrobcích z recyklovaného materiálu.

Produkce tříditelných složek komunálního odpadu a celkové produkce komunálního odpadu má v hlavním městě Praze, ale i v celé České republice rostoucí tendenci. V roce 2018 činila produkce komunálního odpadu na jednoho obyvatele České republiky 351 kg, což je o 7 kg odpadu více než v předchozím roce. Produkce tříditelného komunálního odpadu v České republice na jednoho obyvatele činila 57 kg.

Následující strany budou pojednávat o komunálním odpadu obecně, o jeho tříditelných složkách a o způsobech nakládání s těmito odpady, zaměřené především na recyklaci. Dále zde budou zmíněny časové řady a metody analyzování časových řad, které následně budou použity v praktické části. Následně v práci budou porovnána data o třídění odpadu v závislosti na geografické poloze či sezónnosti. Porovnávaná data budou v delším časovém horizontu za hlavní město Prahu.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je posouzení a následné vyhodnocení krátkodobého i dlouhodobého vývoje produkce odděleně sbíraných složek komunálního odpadu v hlavním městě Praze. U odděleně sbíraných složek KO je vytvořen odhad produkce pro následující dva kalendářní roky a následně je vyhodnocen i budoucí vývoj produkce odpadů. Výkyvy v produkci odpadů jsou popsány ze statistického i věcného hlediska. Dále se tato bakalářská práce bude věnovat posouzení a vyhodnocení vývoje produkce celkového komunálního odpadu v jednotlivých krajích České republiky. Součástí je i stanovení hodnot produkce komunálních odpadů na 1 obyvatele v kraji a následné posouzení krajů podle produkce komunálního odpadu na obyvatele.

### **2.2 Metodika**

#### **2.2.1 Časová řada**

Pojem časová řada udává určitě seřazené číselné hodnoty dle času, zpravidla to bývá od minulosti po současnost. Hodnoty v časové řadě jsou rozděleny rovnoměrně a jsou získávány ze skutečných událostí (Hendl, 2015).

##### **2.2.1.1 Rozdělení časové řady**

Časové řady dělíme do čtyř základních okruhů. Každý z těchto okruhů se dále dělí. Základní okruhy dělíme je podle:

- a) času, ve kterém se rozhoduje
- b) opakování
- c) stylu formulování zpracovávaných údajů
- d) typu pozorovaných ukazatelů (Hindls, a další, 2007).

##### **Okruh podle času, ve kterém se rozhoduje**

V tomto okruhu se časové řady dělí na intervalové a okamžikové. Časová řada intervalová je složená z intervalových ukazatelů, pro které je vhodné se zaměřovat na totožně velké intervaly. Velikost daného ukazatele záleží na délce intervalu, který je pozorován.

Intervalové časové řady není vhodné používat na krátká období, často dochází k nesrovnalostem například v důsledku rozdílného počtu pracovních dnů v měsíci nebo rozdílná délka měsíce. Aby se zabránilo rozdílům, tak se každá jednotlivá hodnota přepočítává na jednotný časový interval. Přepočtem získáme očištěné hodnoty časových řad od tzv. kalendářních variací. Očištění provádíme na kalendářní dny nebo na pracovní dny. Nejčastěji se využívá očištění na kalendářní dny (Hindls, a další, 2007).

Vzorec pro očištění na kalendářní dny:

$$y_t^{(0)} = y_t \frac{\bar{k}_t}{k_t} \quad (2.1)$$

$y_t$  – hodnota očišťovaného ukazatele v určitém období roku

$k_t$  – počet kalendářních dní v určitém období roku (v měsíci)

$\bar{k}_t$  – průměrný počet kalendářních dní v určitém období roku (365/12)

Vzorec pro očištění na pracovní dny:

$$y_t^{(0)} = y_t \frac{\bar{p}_t}{p_t} \quad (2.2)$$

$y_t$  – hodnota očišťovaného ukazatele v určitém období roku

$p_t$  – počet pracovních dní v určitém období roku (v měsíci)

$\bar{p}_t$  – průměrný počet pracovních dní v určitém období roku (365/12)

Okamžikové časové řady se týkají ukazatelů, které se vztahují pouze k určitému období. Období u okamžikových časových řad je zpravidla krátké, týká se tedy jednotlivých dnů. U okamžikových časových řad není vhodné provádět součet hodnot v řadě. Výsledky neudávají reálné hodnoty. Pro souhrn hodnot používáme chronologický průměr. Chronologický průměr prostý se využívá, jestliže délka mezi dílčími okamžiky je shodná mezi všemi hodnotami (Hindls, a další, 2007).

Vzorec chronologického průměru prostého:

$$\bar{y} = \frac{\frac{y_1+y_2}{2} + \frac{y_2+y_3}{2} + \dots + \frac{y_{k-1}+y_k}{2}}{k-1} \quad (2.3)$$

Chronologický průměr vážený využíváme, když délka mezi dílčími okamžiky není shodná. K jednotlivým průměrům je vždy přiřazena váha z intervalu. (Hindls, a další, 2007)

Vzorec chronologického průměru váženého:

$$\bar{y} = \frac{\frac{y_1+y_2}{2} \times d_1 + \frac{y_2+y_3}{2} \times d_2 + \dots + \frac{y_{k-1}+y_k}{2} \times d_{k-1}}{d_1+d_2+\dots+d_{k-1}} \quad (2.4)$$

d – váha k hodnotám

k – celkový počet hodnot v časové řadě

### **Okruh podle opakování**

Časové řady zde dělíme dle periodicity na krátkodobé a dlouhodobé. Krátkodobá periodicitu se vyskytuje u okamžikových časových řad a je zpravidla kratší než jeden rok, nejčastější je měsíční opakování. Dlouhodobá periodicitu se objevuje v časových řadách intervalových a trvá minimálně rok. (Hindls, a další, 2007)

### **Okruh podle stylu formulování zpracovávaných údajů**

Tento okruh dělíme na vyjádření pomocí naturálních a peněžních jednotek. Jedná se o sérii hodnot v časové řadě, která se rozpíná na delší časový úsek. Hodnoty jsou často nesrovnatelné kvůli všestranným změnám v ekonomice. V časových řadách se tedy provádí tzv. srovnatelnost dat (Hindls, a další, 2007).

### **Okruh podle typu pozorovaných ukazatelů**

Máme dva typy pozorovaných ukazatelů – primární a sekundární. Ukazatele primární získáváme přímo, nemusíme je nijak odvodit. Lze u nich jasně stanovit druh charakteristiky, o jakou statistickou jednotku nebo znak se jedná. Ukazatele sekundární oproti primárním vznikají odvozením (Hindls, a další, 2007).

Odvozují se třemi způsoby:

- a) funkce rozdílných primárních ukazatelů
- b) funkce rozdílných hodnot jednoho primárního ukazatele
- c) funkce pro více než jednoho primárního ukazatele

### **2.2.1.2 Srovnatelnost dat**

Pokud chceme začít s analyzováním či prognózováním dat v časové řadě pomocí vhodných statistických metod, musí časová řada splňovat srovnatelnost – věcnou, prostorovou, časovou a cenová (Hindls, a další, 2007).

#### **Věcná srovnatelnost**

U věcné srovnatelnosti je třeba si dávat pozor na ukazatele, které jsou stejně pojmenované. U totožně pojmenovaných ukazatelů dochází k nestejně obsahové vymezenosti. Pokud se pozmění hodnoty obsahově vymezených ukazatelů v průběhu času, dochází k nesrovnalosti časové řady. Pokud dojde k nesrovnalosti, časová řada je už dále nepoužitelná. K dalším věcným nesrovnalostem dochází při změně stylu zjišťování nebo při změně cenové hladiny (Hindls, a další, 2007).

#### **Prostorová srovnatelnost**

Při prostorové srovnatelnosti máme data časových řad, která jsou přiřazena totožnému geografickému celku. Není nutné, aby se vztahovaly jen ke geografickému celku, může se jednat o jiný tzv. ekonomický prostor. Různý ekonomický prostor vzniká při přeměně jisté organizační struktury. Příkladem může být přeměna osobní obchodní společnosti na obchodní společnost kapitálovou (Hindls, a další, 2007).

#### **Časová srovnatelnost**

Časová srovnatelnost se řeší v případě intervalových časových řad. Aby časová řada byla srovnána dle časového hlediska, je nutné udělat tzv. očištění časové řady buď na kalendářní nebo pracovní dny (Hindls, a další, 2007).

#### **Cenová srovnatelnost**

Cenová srovnatelnost se vztahuje na dlouhodobé časové řady. Sestavujeme ji ze dvou pohledů pro běžné ceny a stálé neboli skutečné ceny (Hindls, a další, 2007).



### 2.2.2 Elementární charakteristiky časové řady

Elementární časové řady umožňují získání rychlého a orientačního názoru o kondici charakteru průběhu dané časové řady. Mezi elementární charakteristiky se řadí difference určitého řádu, tempa a průměrná tempa růstu či klasické průměry hodnot časové řady. (Hindls, a další, 2007)

#### První difference

První difference uvádí přírůstky nebo případné úbytky či rovnováhu za určité časové období. (Hindls, a další, 2007).

$$\Delta_t^1 = y_t - y_{t-1}, \quad t = 2, 3, \dots, n \quad (2.5)$$

#### Druhá difference

Druhá difference vychází z porovnávání hodnot z první difference. (Hindls, a další, 2007)

$$\Delta_t^2 = \Delta_t^1 - \Delta_{t-1}^1, \quad t = 3, 4, \dots, n \quad (2.6)$$

#### Tempo růstu

Tempem růstu nazýváme dále koeficienty růstu nebo též řetězové indexy. Určují procentuální nárůsty či úbytky v časové řadě. Řetězové indexy porovnávají hodnoty časové řady, které jsou po sobě následující. Udává hodnoty v procentech. (Hindls, a další, 2007)

$$k_t = \frac{y_t}{y_{t-1}} \times 100 - 100, \quad t = 2, 3, \dots, n \quad (2.7)$$

#### Průměrné tempo růstu

Průměrné tempo růstu vypočteme pomocí geometrického průměru, který se skládá z individuálních temp růstu. Stejně jako tempo růstu vyjadřuje procentuální nárůst či pokles od předchozího období. (Hindls, a další, 2007)

$$\bar{k} = (k_2 k_3 \dots k_n)^{\frac{1}{n-1}} = \sqrt[n-1]{k_2 k_3 \dots k_n} \quad (2.8)$$

## 2.2.3 Analýza časové řady

### 2.2.3.1 Složky časové řady

Při analýze časové řady rozlišujeme čtyři hlavní složky: trendová, cyklická, sezónní a náhodná. Jednotlivé složky časové řady se nemusí objevovat vždy společně. Všechny složky jsou ovlivněny věcnou povahou pozorovaného ukazatele (Hindls, a další, 2007).

Modely složek časové řady:

a) Aditivní

$$X_i = T_i + C_i + S_i + e_i \quad (2.9)$$

b) Multiplikativní

$$X_i = T_i \times C_i \times S_i \times e_i \quad (2.10)$$

$T_i$  – Trendová složka

$S_i$  – Sezónní složka

$C_i$  – Cyklická složka

$e_i$  – Náhodná složka

#### Trendová složka

Samotný pojem trend popisuje klíčové směřování dlouhodobého vývoje hodnot sledovaného ukazatele v určitém čase. Trend má buď rostoucí, klesající nebo neměnný vývoj, ale hodnoty časové řady se mohou měnit v rámci jisté hladiny. (Hindls, a další, 2007)

Pokud se v časové řadě vyskytne trend, není to stacionární časovou řadu. Časová řada, která je označena jako stacionární, nemá průměr a rozptyl založeny na čase. Průměr a rozptyl dat je soustavně neměnný v rámci sledovaného okamžiku časové řady (Hendl, 2015).

#### Cyklická složka

Cyklická složka je chápána jako kolísání kolem trendové složky v následku dlouhodobého cyklického působení, přičemž se jedná o období delší než jeden rok. V některých případech bývá cyklická složka slučována se složkou trendovou, což se nazývá střednědobý trend. Ten formuluje střednědobý směr vývoje, který má mnohdy kolísající povahu s neznámou, obvykle s měnící dobou se trvání (Hindls, a další, 2007).

#### Sezónní složka

Sezónní složka je rovnoměrně se opakující výkyvy od trendu. Zpravidla se objevují u časových řad krátkodobých tedy do období jednoho roku. K sezónním výkyvům dochází v rámci změn ročních období či při změně počtu dní v měsíci (Hindls, a další, 2007).

## Náhodná složka

Náhodná složka se skládá z hodnot, které není možné definovat pomocí žádné časové funkce. Potlačíme-li předchozí tři složky, zbyde nám právě náhodná. Pokud nastane vzorová situace, tak hodnoty v náhodné složce pocházejí z bezvýznamných či velmi malých důsledků, které jsou na sobě nezávislé. V této situaci hovoříme o stochastické náhodné složce, definujeme ji vždy s určitými pravděpodobnostmi (Hindls, a další, 2007).

### 2.2.3.2 Metody odhadu parametrů trendových funkcí

Při odhadu parametru trendové funkce je za hlavní metodu považována metoda nejmenších čtverců. Tato metoda se volí, pokud je vybraná trendová funkce lineární v parametrech. Metoda nejmenších čtverců patří mezi jednodušší metody, dochází při ní k minimalizování rozptylu reziduální složky. (Hindls, a další, 2007)

Pokud analyzujeme vývoj neperiodické časové řady je nutné, aby tato časová řada byla jednoduchá z matematického pohledu. Jednoduchost zde vyžaduje: lineárnost v určitých parametrech, vzájemný vztah parametrů, nejmenší počet možných mocnin argumentů, minimum inflexních a extrémních bodů. Současně rovnice musí obsahovat, co nejmenší počet členů. (Kába, a další, 2014)

Vyrovňovací křivky, které odpovídají matematické jednoduchosti:

a) Lineární  $T_t = a + bt$  (2.11)

b) Kvadratická  $T_t = a + bt + ct^2$  (2.12)

c) Logaritmická  $T_t = a + b \log t$  (2.13)

d) Exponenciální  $T_t = a b^t$  (2.14)

e) Mocninná  $T_t = a t^b$  (2.15)

f) Odmocninná  $T_t = a + b\sqrt{t}$  (2.16)

Vhodnou trendovou funkci dále volíme podle koeficientu determinace a podle věcně logického průběhu časové řady. Koeficient determinace se pohybuje v intervalu od 0 do 1. Při výběru vždy volíme trendovou funkci, která má koeficient determinace nejbližší k hodnotě 1. Hodnota nejbližší k 1 značí největší vhodnost trendové funkce. Obecně se značí jako  $I^2$ . (Kába, a další, 2014)

### 2.2.3.3 Výběr vhodného modelu trendu

Vhodný model se odhaduje několika způsoby. První způsob je popsán v předešlé kapitole. Volí se vhodná trendová funkce, podle nejvyššího indexu determinace. Další možností volby vhodného modelu trendu je použití střední procentuální chyby odhadu známou pod anglickou zkratkou MAPE (Mean Absolute Percent Error). (Kába, a další, 2014)

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_t \left| \frac{y_t - y'_t}{y_t} \right|, \quad (2.17)$$

kde  $y'_t$  představuje teoretické hodnoty vypočtené na základě trendové funkce,  $n$  představuje celkový počet hodnot v časové řadě a  $y^t$  skutečnou hodnotu řady (Kába, a další, 2014).

### 2.2.3.4 Vyrovnávání časové řady

#### Klouzavé průměry

Klouzavé průměry lze získat stejným způsobem jako průměry z hodnot časové řady s upřesněným počtem sledování. Primárně je využíváme k objevení sekundárních směrů. Prvním krokem je stanovení počtu hodnot, ze kterých budeme sestavovat klouzavé průměry. Proces vyhlazování časové řady se skládá ze tří částí. Prvním krokem je výběr počtu následujících hodnot měření. Značíme jej velkým písmenem  $L$ . Při druhém kroku se pohybujeme po časové řadě zpravidla od první k poslední hodnotě. Pokaždé pro následující počet hodnot, které se nachází v délce  $L$ , počítáme klouzavý průměr. ve třetím kroku přenášíme hodnoty klouzavých průměrů do grafu. Graf klouzavých průměrů je možné rozšířit o jeden postup. Tím získáváme předpověď budoucí hodnoty (Hendl, 2015).

#### Brownovy modely exponenciálního vyrovnávání

Brownovy modely exponenciálního vyrovnávání se objevují v rámci aditivních modelů. K hodnotám časových řad jsou přiřazeny vhodné diskontní váhy, které berou v potaz, že hodnoty časové řady mohou stárnout. Odhad trendu je vypočten jako lineární kombinace všech existujících sledování časové řady. Váhy starších pozorování exponenciálně klesají. Brownovo exponenciální vyrovnávání se dělí na tři druhy:

- a) Jednoduché exponenciální vyrovnávání
- b) Dvojitě exponenciální vyrovnávání
- c) Trojitě exponenciální vyrovnávání

U všech typů vycházíme z předpokladu, že časová řada je rozdělena do krátkých úseků. Mění se pouze směr trendu. Při jednoduchém exponenciálním vyrovnávání je trend konstantní, při dvojitým je trend lineární. Při trojitým exponenciálním vyrovnávání je trend vyobrazen pomocí kvadratické funkce. (Kába, a další, 2014)

Vzorec pro odhad trendu:

$$y'_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)y'_{t-1}, \quad (2.18)$$

kde  $y'_t$  představuje vyrovnané hodnoty v čase  $t$ ,  $y'_{t-1}$  představuje vyrovnané hodnoty v čase  $t-1$ ,  $y_t$  představuje hodnoty časové řady v čase  $t$  a  $\alpha$  představuje tzv. vyrovnávací konstantu, která se nachází v intervalu od 0 do 1 (Kába, a další, 2014).

### 2.2.3.5 Sezónnost v časových řadách

Výrazná sezónní složka se objevuje jen v časových řadách, které jsou kratší než jeden rok. Sezónnost je nejčastěji způsobena změnou ročního období či různými tradicemi (především Velikonoce a Vánoce). Sezónnost se zjišťuje pomocí tzv. sezónních indexů, které označujeme jako  $s_t$  (Kába, a další, 2014).

$$s_t = \frac{\text{skutečná hodnota ČŘ } y_t}{\text{vyrovnaná hodnota ČŘ } y'_t} \quad (2.19)$$

Vyrovnaná hodnota u sezónních indexů představuje buď:

a) Aritmetický průměr je vypočten ze skutečných hodnot ze všech období. Výpočet pomocí aritmetického průměru se využívá, pokud trendová složka zkoumané časové řady není výrazná.

$$s_t = \frac{y_t}{\bar{y}}, \quad (2.20)$$

pro jiné než měsíční časové řady, kde  $\bar{y}$  je průměr

$$s_t = \frac{\sum y_t}{12}, \quad (2.21)$$

pro měsíční časové řady (Kába, a další, 2014).

b) Teoretická hodnota se určuje za pomoci klouzavých průměrů nebo vybranou metodou analytického vyrovnávání. Výpočet pomocí teoretické hodnoty je vhodné použít za předpokladu výrazného trendu časové řady.

$$s_t = \frac{y_t}{y'_t}, \quad (2.22)$$

kde  $y'_t$  představuje vyrovnanou hodnotu (Kába, a další, 2014).

## 3 Teoretická východiska

### 3.1 Komunální odpad

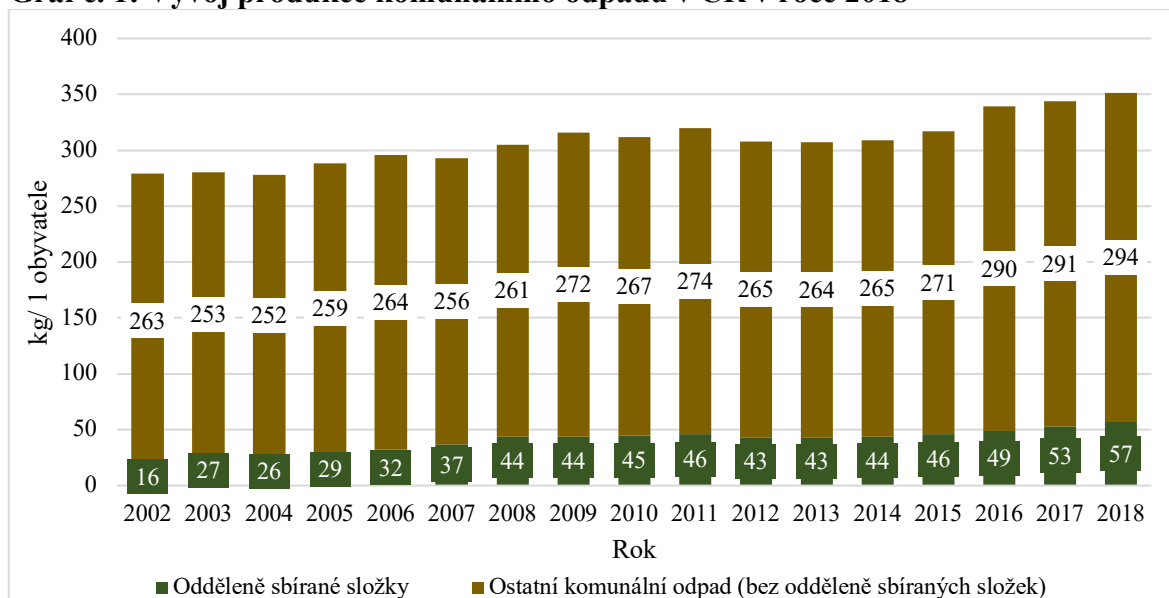
Komunální odpad je odpad, který vyprodukují fyzické osoby na území obce a vzniká při nepodnikatelské činnosti. V tomto případě je obec původcem komunálního odpadu od okamžiku, kdy fyzická osoba odloží odpad na místě určeném pro odpady. Obec se tím stává i vlastníkem odpadu a nakládá s ním podle zákona. Komunální odpad se zařazuje mezi odpady ze spotřeby. Do odpadů ze spotřeby se dále řadí elektronický odpad, odpady z dopravy, zdravotnické odpady a dále méně zastoupené odpady (Kuraš, 2014).

Komunální odpad neboli ve zkratce KO, dělíme do více kategorií – domovní, využitelné složky KO, nebezpečné složky KO, biologicky rozložitelný KO, objemný KO, směsný KO. Domovní komunální odpad je odpad vyprodukovaný domácnostmi na území obce. Využitelné složky komunálního odpadu získáváme sběrem do barevně oddělených kontejnerů. Tyto složky lze po jejich úpravě znovu využít. Řadí se sem hlavně plasty, papír, barevné a číré sklo, kovové obaly, obaly od nápojových kartonů a textil. Nebezpečné složky komunálního odpadu jsou uvedeny a označeny jako nebezpečný odpad v katalogu odpadů. Stejně tak jako využitelné složky KO je získáváme separátním sběrem. Biologicky rozložitelný komunální odpad je odpad tvořený složkami, které se rozloží při i bez přísunu kyslíku. Řadí se sem odpady ze zeleně a biologický odpad z kuchyní, restaurací a jídelen. Odpady ze zeleně vznikají i při údržbě obecní zeleně (parky, hřiště apod.). Biologický odpad z kuchyní, restaurací a jídelen nazýváme gastronomický odpad. Zařazují se sem hlavně potraviny. Objemný odpad je odpad z domácností, který není možné odkládat do běžných kontejnerů kvůli nadměrným rozměrům. Nejčastěji se jedná od starý nábytek, větší bytové doplňky (např. koberec) nebo sanitární keramiku. Poslední kategorií je zbytkový KO, který se nedá zařadit do předchozích kategorií odpadu a dále se netřídí (Kuraš, 2014).

Odpady, které vznikají na území obce při činnosti fyzických osob oprávněných k podnikání nebo právnických osob, nazýváme živnostenským odpadem. Živnostenský typ odpadu má téměř totožné složení s odpadem komunálním. Jejich původcem není obec, jako to bylo u komunálního odpadu, ale právnické osoby nebo fyzické osoby oprávněné k podnikání. Původci živnostenského odpadu mají při odstraňování odpadu z jejich činnosti možnost využít zavedeného systému obcí (Benešová, 2011). Živnostenský odpad se také dělí do stejných kategorií jako odpad komunální (Kuraš, 2014).

Původci odpadů mají povinnost rozřazovat odpady podle druhů a kategorií dle Katalogu odpadů. Katalog odpadů je uveden ve vyhlášce Ministerstva životního prostředí č. 381/2001 Sb. v platném znění (Kuraš, 2014).

**Graf č. 1: Vývoj produkce komunálního odpadu v ČR v roce 2018**



Zdroj: (Strnadová, a další, 2018)

Na grafu č. 1 je vyobrazen vývoj produkce komunálního odpadu na 1 obyvatele České republiky. V roce 2018 se celkově vyprodukovalo 3 700 tis. tun komunálního odpadu. Na každého obyvatele v ČR v roce 2018 připadlo 351 kg komunálního odpadu. Tříděný komunální odpad v roce 2018 tvořil 16 % z celkového komunálního odpadu, což je 57 kg na obyvatele. Až na výjimky, které nastaly v letech 2004, 2009, 2012 a 2013, je od roku 2002 vidět spíše nárůst tříditelného odpadu (Strnadová, a další, 2018).

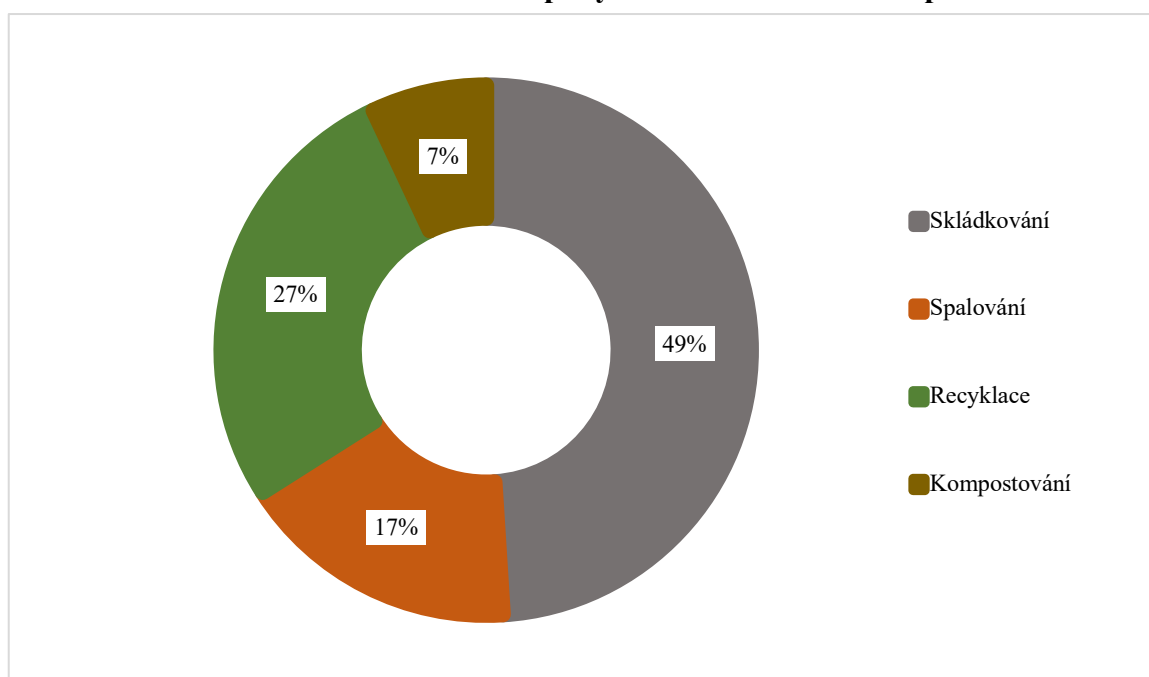
### 3.2 Nakládání s komunálním odpadem

Komunální odpad má tři nejčastější formy nakládání. Nejčastější formou, která je zároveň i nejstarší, je skládkování. Metoda skládkování patří k nejméně ekologickým. Komunální odpad má i materiálové využití – recyklace nebo energetické využití – spalování. Díky těmto metodám se množství odpadu snížilo. Postupem času tyto metody přestaly vyhovovat přísným pravidlům při ochraně životního prostředí. V roce 2009 skončilo 84 % veškerého komunálního odpadu na skládce, 13 % bylo spáleno a zbývající 3 % byla recyklována nebo kompostována (Siegle, 2010).



Graf č. 2 vyobrazuje procentuální podíl nakládání s komunálními odpady v České republice v roce 2018. Statistiky za rok 2018 jsou pozitivní. Na skládku se dostalo o 35 % méně odpadů než v roce 2009. Spalováním neboli energetickým využitím bylo zpracováno 17 % komunálního odpadu. Recyklace má od roku 2009 kladnou tendenci růstu. V roce 2018 tvořila recyklace necelých 30 % při nakládání s odpady. Celých 7 % celkové produkce komunálních odpadů v České republice představuje kompostování, které stejně jako recyklace má kladnou tendenci růstu (Strnadová, a další, 2018).

**Graf č. 2: Nakládání s komunálními odpady v roce 2018 v České republice**



Zdroj: (Strnadová, a další, 2018)

Z hlediska nakládání s komunálním odpadem existují ještě další způsoby, které jsou výhodné i nevýhodné pro daný územní celek (stát). Jedná se o vývoz, dovoz či tranzit odpadu. Samotný vývoz a dovoz je upraven závazky České republiky vůči Evropskému společenství. Vývoz odpadu za hranice je omezen buď vyhláškami tuzemské nebo zahraniční vlády. Dovoz je omezen stejným způsobem. Jednotlivé odpady jsou zařazeny dle vlastností zařazeny do seznamů. Seznamy máme dohromady čtyři – červený, žlutý, zelený a odpady mimo seznamy. Okruh cílových států pro vývoz je vymezen vyhláškou Ministerstva životního prostředí č. 381/2001 Sb. (Jirásková, a další, 2002).

### 3.2.1 Skládkování

Skládkování se zařazuje mezi nejvíce jednoduchou a nejméně nákladnou formu nakládání s odpadem. Skládkování má i značné nevýhody. Mezi nevýhody řadíme ztrátu půdních a materiálních zdrojů, znečištění podzemních vod a vypouštění skleníkových plynů, těkavých organických látek do ovzduší (Kuraš, 2014).

Stavba nových skládek je složitá. Hlavními problémy je zmenšující se počet vhodných míst pro skládku, postupné zvyšování nákladů na udržování a provoz skládky a v poslední řadě také zhoršení kvality odpadu, který se na skládku ukládá. Skládkování je finálním krokem při likvidaci odpadu. Skládky menších velikostí by neměly vznikat. Malé skládky zabírají vhodnou lokalitu pro skládku větší (Trebichavský, a další, 1996).

**Tabulka č. 1: Technický vývoj skládkování odpadů**

Období	Typ skládky	Technická opatření
>1960	Neřízené ukládání (divoké skládky)	Žádná infrastruktura Minimální kontrola znečištění Časté požáry Rozebírání skládek
1960–1980	Řízená úložiště	Zmínění škodlivého působení rozptylu Denní překryv a zamezení přístupu Ukládání v tenkých vrstvách
1980–2000	Řízené skládky	Těsnění skládek (jíly, HDPE) Jímání výluhu a plynu Zhutňování odpadu Nepropustný povrchový pokryv
2000–2010	Ukládání zbytkových odpadů	Multibariérový přístup Předúprava odpadů Environmentální monitoring Poplatek za následnou péči
<2010	Udržitelné skládkování	Environmentálně udržitelná opatření Žádný bioodpad Dlouhodobé monitorování Geologické úložiště uhlíku Imobilizace kovů

Zdroj: (Kuraš, 2014 str. 265)

Skládku charakterizujeme jako stavební objekt, který musí splňovat určitá kritéria. Hlavním kritériem je umístění skládky na pozemku, který splňuje hydrologické, hydrogeologické a geotechnické podmínky. Nesmí záporně ovlivňovat podzemní a povrchové vody nebo ovlivňovat životní prostředí více než je nutné. Těsnění skládky musí odpovídat rozměrům skládky a musí splňovat kritéria, podle druhu skládkovaného odpadu. Je nutné také zařídit odplynění skládky podle skládkovaného odpadu (Kuraš, 2014).

### 3.2.2 Spalování

Hlavním důvodem spalování odpadů je jejich energetické využití při tvorbě energii a snížení počtu skládek. Spalování patří mezi nejvhodnější způsoby zpracování odpadu v hustě zalidněných oblastech, ale má i své nevýhody. Největší nevýhody jsou vysoké investiční a provozní náklady, malé množství kvalifikovaných pracovníků, kteří by ve spalovně mohli pracovat, nutná dokonalost kontrolních a měřících zařízení (Kuraš, 2014).

V současné době existují v České republice čtyři spalovny v Praze – Malešicích, Brně, Liberci a v Chotíkově na Plzeňsku. Existují i spoluspalovny, které pomáhají spalovnám se spalováním komunálního odpadu. Nachází se v pražském Radotíně, v Čížkovicích v Ústeckém kraji, Prachovicích v Pardubickém kraji, v Mokré-Horkově v Jihomoravském kraji a v Hranicích v Olomouckém kraji. Všechna tato zařízení mají integrovaná povolení na spalování odpadů na základě IPPC – Integrovaná prevence a omezování znečištění (z anglického Integrated Pollution Prevention Control) (Dvořáková, 2020).

**Tabulka č. 2: Kapacity spaloven a spoluspaloven v ČR**

Kraj	Spalovna/ Spoluspalovna	Kapacita spalovny (t/rok)	Množství spáleného odpadu za 2017 (t/rok)	Množství spáleného odpadu za 2018 (t/rok)
Praha	Malešice	330 000	294 899	272 211
Plzeňský	Chotíkov	95 000	93 755	90 933
Liberecký	Liberec	96 000	91 755	82 679
Jihomoravský	Brno	248 000	220 653	223 047
Praha	Radotín	88 000	9 267	17 079
Jihomoravský	Mokrá – Horákov	113 800	60 119	71 707
Ústecký	Čížkovice	100 000	86 000	90 000
Pardubický	Prachovice	85 000	86 225	82 294
Olomoucký	Hranice	80 000	29 871	38 615

Zdroj: (Dvořáková, 2020)

Ve většině městských částí hlavního města Prahy se svozem a zpracováním komunálního odpadu zabývá firma Pražské služby, a.s. Mají zde i svoji spalovnu ZEVO (Zařízení pro ekologické využití odpadu). Spalovna funguje nepřetržitě 355 dní v roce. Zbýlých 10 dní (11 dní v přestupném roce) probíhá údržba. ve spalovně ZEVO už dále nedochází k dalšímu třídění odpadu. Směsný komunální odpad a nesprávně vytríděný tříděný komunální odpad je směřován přímo do zásobníku, ze kterého je přikládáno do spalovacího kotle. Objemnější odpady se pak různými způsoby zmenšují, aby se rozměrově vešly do zásobníku. Tříděný komunální odpad skončí ve spalovně ZEVO, pokud je špatně vytríděn občanem. Z celkového příjmu odpadu tvoří přibližně 10 % špatně vytríděný tříděný odpad. Při spalování vzniká jako vedlejší produkt škvára, která se následně využívá pro stavbu silnic jako vhodný podkladový materiál. Škvára musí být pravidelně (měsíčně) kontrolována, zda neuvolňuje škodlivé či nebezpečné látky do životního prostředí (Pražské služby, a. s., 2019).

**Tabulka č. 3: Odpadové a energetické bilance ZEVO**

Příjem odpadů celkem	310 000 t/rok
Příjem směsného komunálního dopadu	300 000 t/rok
Průměrná výhřevnost	9,5 MJ.kg-1
Produkce škváry	75 000 t/rok
Produkce popílku	6 000 t/rok
Produkce železného šrotu	3 200 t/rok
Výroba elektřiny	60 000 MWH/rok
Výroba tepla	850 TJ/rok
Médium pro zatápění	zemní plyn
Spotřeba tepla	60 TJ/rok
Elektrická spotřeba	25 GWH/rok
Faktor energetické účinnosti	68

Zdroj: (Pražské služby, a. s., 2019)

### 3.2.3 Kompostování

Je to způsob recyklace, při kterém se využívají zbytky veškerých potravin. Jedná se o slupky z ovoce a zeleniny, čajové sáčky, použitá káva a další. Kompostování je přeměna organického odpadu rozkladem. Rozkladem pak vzniká bohatý půdní materiál, který prospívá půdě. Obsahuje vysoké množství živin jako je fosfor, draslík, hořčík, zinek či železo. Při procesu rozkladu jsou zbytky neboli organický odpad napaden mikroorganismy. Ty potřebují pravidelný přísun kyslíku, vody a nových organických zbytků (Siegler, 2010).

### 3.2.4 Recyklace

Pojem recyklace můžeme popsat třemi způsoby:

- a) opěťované použití odpadu v původním nebo v následném výrobním procesu (ČSN EN 13965-2),
- b) proces, kterým jsou odpady z obalů nebo jejich zbytky, případně spolu s dalšími materiály, přeměněny ve výrobek nebo surovinu (zákon č. 477/2001 SB., o obalech),
- c) přepracování odpadových materiálů ve výrobním procesu k původním účelu nebo pro jiné účely, včetně organické recyklace, ale nikoli pro energetické využití (ČSN EN 13437)

Na začátku využívání pojmu recyklace se tímto pojmem rozumělo, vracení odpadu do výrobního procesu. Na recyklaci pohlížíme ze dvou hledisek – systémového a technologického. Systémové stanovisko popisuje recyklaci jako materiállové či energetické využití výrobních, zpracovatelských nebo spotřebních odpadů. Z praktického hlediska se za recyklaci považuje pouze její materiállové využití. Technologické stanovisko popisuje recyklaci spíše jako regeneraci. Regenerace je zvláštní formou recyklace, kdy se díky určitým zpracovatelským technikám vytvoří materiál s původními vlastnostmi. První zmínka o recyklaci je z 19. století. Jednalo hlavně o recyklaci starého papíru, který pak složil na výrobu nového papíru (Kuraš, 2014).

Recyklace komunálního odpadu není v současné době na dobré úrovni. Téměř 80 % se skládkuje nebo spíše spaluje. Hlavním důvodem, proč se stále využívá metoda skládkování a spalování je, že tříděný komunální odpad musí splňovat určitá kritéria, aby se dostal k procesu recyklace (Kuraš, 2014).

## Papír

Recyklací každé tuny papíru se ušetří až 3000 litrů vody, 3000 až 4000 kilowatthodin elektrické energie, 2,5 kubických metrů rozlohy skládek, 17 stromů a dále se ušetří až 95 % emisí oxidu uhličitého (Siegle, 2010).

Mezi papírové materiály se zařazuje papír a lepenka. Papírové materiály se vyrábí z buničiny. Buničina pochází převážně z měkkého dřeva (jehličnany), vyskytuje se buničina i z tvrdého dřeva (listnaté stromy) nebo z trav a slámy, ty však nejsou tak časté. Máme tři základní způsoby výroby papíru: mechanické, chemické a polochemické rozvlákňování. Využívá se, ale pouze mechanické nebo chemické rozvlákňování. Než se papír dostane k mechanickému nebo chemickému rozvlákňování musí nejprve projít čistícím procesem, ve kterém se papír mechanicky očistí či odbarví (Kuraš, 2014).

Mechanickým rozvlákňováním se získává z buničinných vláken drcením či mletím dřeva nový recyklovaný materiál. Vše vzniká při zvýšených tlacích. Tento proces poskytuje velké množství buničinných vláken (92-96 %), ale má to i svou nevýhodu. Nevýhodou je, že vlákna, která vznikají při mechanickém rozvlákňování jsou krátká. Výhodou je, že buničina získaná touto metodou je tuhá a má schopnost pohlcovat záření, má měkkost a zároveň má vysokou objemovou hmotnost. Buničina, která se vyrábí tímto způsobem je určená pro knihy, noviny a časopisy. Často se, ale musí bělit. K bělení se využívá chlor. Díky mechanickému opětovnému rozvlákňování vzniká méně kvalitní papír (Kuraš, 2014).

Chemické rozvlákňování patří k méně využívaným způsobům při recyklaci papíru. Využívanost nepřesahuje hranici 10 %. U tohoto procesu se využívá hydroxid sodný dohromady se sulfáty nebo sulfity. Buničina, vyrobená pomocí sulfátu se nejčastěji využívá pro obaly na potraviny. Papír, který se vyrobí z buničiny, která se vytvoří pomocí sulfátu, je měkčí a má nižší pevnost (lesklý papír). Nevyužité dřevo v chemickém rozvlákňování se pak dále využívá k tvorbě elektrické energie, Chemické rozvlákňování při recyklaci papíru navazuje na mechanické. Nejprve je nutné rozmělnění, a následné odbarvení či bělení znovu využívané suroviny (Kuraš, 2014).

## Plasty

Plasty jsou syntetický materiál, který se vyrábí z ropy. Struktura plastů je velmi flexibilní a díky tomu lze ovládat finální vlastnosti produktu. Plast se zařazuje mezi nejuniverzálnější materiál, který v současné době existuje. Hlavními výhodami tohoto materiálu jsou odolnost vůči vodě, lehkost a nenákladnost výroby. Nevýhodou je, že výroba plastů má velký dopad na životní prostředí (Siegle, 2010).

Plasty se dělí do dvou základních skupin podle jejich vlastností při tepelném zpracování. První skupinou jsou termoplasty, které představují více než 80 % celosvětové produkce plastů. Druhou skupinou jsou reaktoplasty, které jsou více odolné proti otěru, teplu, a chemikáliím. Kvůli tomu je reaktoplast velmi těžko recyklovatelný (Kuraš, 2014).

Plasty mají sedm recyklačních symbolů. Každý plast má určitým symbol, pod kterým je uveden způsob recyklace. Zkratky symbolů pocházejí z anglických názvů.

1. PET/PETE –Polyethylentereftalát

Tento typ plastu se výhradně používá na plastové láhve limonád, některých vod, olejů či obalů z jídel určených k ohřívání. Je také označován číslem 1.

2. HDPE –Polyetylén s vysokou hustotou

Používá se hlavně na obaly čistících prostředků. Označujeme je číslem 2.

3. V – PVC –Polyvinylchlorid

Výhradně se používá pro venkovní nábytek, plastové trubky, některé druhy plastových láhví na více použití. Značí se číslem 3.

4. LDPE (PE – LD) –Polyetylén s nízkou hustotou

Hlavní výrobky, který vznikají z tohoto typu plastu jsou igelitové sáčky na ovoce, zeleninu či pečivo nebo pytle na odpadky. Značí se číslem 4.

5. PP – Polypropylén

Označujeme ho číslem 5. Hlavní využití má v potravinářském průmyslu např. krabičky od rostlinných másel, tvarohů či plastových víček.

6. PS –Polystyren

Z polystyrenu se hlavně vyrábí jednorázové krabičky na jídlo, různé plastové nádoby od talířů až po kelímky. Značí se číslem 6.

7. Ostatní

Řadíme sem ostatní recyklovatelné plasty, které nezapadají do žádné z předchozích kategorií. Je označován číslem 7 (Siegle, 2010).

**Obrázek č. 1: Recyklační symboly plastů**



Zdroj: (Kadlíková, 2006)

Důležitou složkou plastových odpadů jsou biopolymery neboli plasty podléhající přirozenému rozkladu. Jsou rozdělovány do čtyř základních kategorií: škrob, cukr, celulóza, syntetické sloučeniny. Škrob se výhradně získává z brambor, kukuřice, pšenice, tapioka a dalších. Chemické složení škrobu umožňuje, aby byl tvarován do mnoha forem. Bohužel se škrob nedá použít jako obalový materiál pro uložení tekutin, jelikož se i po krátkém kontaktu s vodou začne rozkládat. Celulóza je hlavní složkou celofánu. Celofán se hlavně využívá při balení sladkostí a při balení např. krabiček na cigarety či bonboniér. Cena celofánu je stále vyšší než cena běžných polymerů a polypropylenů. Další složkou je cukr. Polymery a polylaktidy na bázi cukru jsou získávány ze sacharózy a ze škrobu. Pak následuje proces bakteriálního kvašení, při kterém dochází v bakterii ke vzniku přírodních plastových krystalů, které jsou následně sklizeny. Při změně nutričního složení bakterie je možné zdokonalit vlastnosti vznikajícího plastu. Plasty na bázi cukru mohou tedy být voděodolné. I zde převažuje nevýhoda vysoké ceny oproti běžným plastům. Poslední ze čtyř zmiňovaných jsou syntetické sloučeniny. Pomocí syntetických sloučenin lze vytvořit biologicky rozložitelný plast. I když cena je stále vysoká, do rozvoje syntetických plastů se vkládají největší naděje. I když budou plasty biologicky rozložitelné hlavní surovinou stále bude ropa (Siegle, 2010).



Plasty se využívají dvěma způsoby. První materiálové využití plastů je založeno na mechanické nebo chemické recyklaci. Do mechanické recyklace zařazujeme drcení, tepelné zpracování (tavení) a následné granulování plastů. Chemická recyklace se zakládá na zničení plastů na monomery, které se pak dále použijí v chemickém průmyslu. Energetické využití plastů spočívá v přeměně na teplo, elektřinu a páru. Aby plast mohl být správně recyklován, je třeba ho vytrídít dle jeho charakteristických vlastností. Správné vytrídění má pak vliv na kvalitu budoucích výrobků (Kuraš, 2014).

## **Sklo**

Sklo se vyrábí ze směsi písku, uhličitanu sodného, vápence a dalších přísad za teplot, které přesahují 1600 °C. Při těchto teplotách je sklo tvarováno a následně rychle chlazeno. Díky rychlému zchlazení nedochází ke krystalizaci směsi. Suroviny, které se na výrobu skla využívají nemají tak fatální dopad na životní prostředí jako např. plasty. Jejich pořízení není finančně náročné. Malou nevýhodou však je, že se některé získávají těžbou. Sklo vystavené přírodním živlům se postupem času rozpadne na písek. Ten se dále v přírodě nerozloží, ale zároveň ani nevypouští žádné toxické látky. Velkou nevýhodou je velká spotřeba energie při ohřevu sklářských pecí (Siegle, 2010).

Sklo jako odpad vzniká dvěma způsoby. Prvním způsobem vzniká přímo ve sklářských hutích a jedná se o odpadní sklo, které není znečištěno škodlivými látkami. Tato forma odpadního skla se znovu využívá pro výrobu nového skla. Druhým způsobem je sběr od obyvatelstva. Nejčastěji se jedná o výkup vratných láhví nebo třídění nevratných skleněných obalů do kontejnerů na sklo (Trebichavský, a další, 1996).

Recyklací skla se ušetří až 50 % energie, která by byla potřeba k výrobě nového skla. K této úspoře dochází díky nižším teplotám, které stačí pro úpravu recyklovaného skla a snížení nákladů na přepravu surovin, které jsou potřeba k výrobě skla. Dále se recyklací jedné tuny skla sníží těžební odpad o 230 kg. Díky nižším teplotám při úpravě skla se také prodlužuje životnost sklářských pecí přibližně o 20 let (Siegle, 2010).

Rozlišujeme tři hlavní druhy skel ve sklářském průmyslu. Prvním druhem je sodo-vápenaté sklo. Hlavní využití je pro výrobky, které dobře známe. Patří sem láhve, sklenice, skla do oken. Surovinové složení sodo-vápenatého skla je křemenný písek (více jak 2/3 obsahu) zbylá 1/3 složení je pak soda a vápenec. V minimálním množství může obsahovat i další

suroviny. Láhvvé sklo rozlišujeme na čiré (průhledné), zelené nebo hnědé. Skla se přibarvují různými oxidy. Oxidy železa se přidávají do čirého skla. Oxidy chromu, uhlíku či vanadu se přidávají do skla zeleného. Do hnědého skla se k ostatním surovinám přidávají oxidy manganu, železa, niklu či kobaltu. Dalším druhem je křišťál, někdy nazývaný i krystal. Skládá se stejně jako sodo-vápenaté sklo z křemenného písku, který je zde zastoupen v poměru od 54-65 %, dále se skládá z oxidu olovnatého, sodného či draselného. Může také obsahovat stopy jiných oxidů. Využívá se především na výrobu velmi kvalitního skla (křišťálových váz, lustrů či skleniček). Posledním druhem skla je borosilikátové sklo. Uplatňuje se hlavně v gastronomii či v chemickém nebo biologickém průmyslu, díky své odolnosti vůči vysokým teplotám nebo korozi. Složení tohoto skla je následující: 70-78 % křemenného písku, 7-13 % oxidu boritého, 4-8% oxidu sodného nebo oxidu draselného a 2-7 % oxidu hlinitého (Kuraš, 2014).

Samotná recyklace skelného odpadu není složitá. Prvním způsobem je výkup a následné čištění neporušených láhví, které se znovu plní. Druhým způsobem je sběr do separovaných kontejnerů. Střepey se pak roztaví a vyrobí se z nich nové láhve či skleněné výrobky. Skleněný odpad se také využívá jako štěrk a velmi zřídka i ve stavebním průmyslu. Střepey, které vznikají přímo ve sklářském průmyslu, v něm i zůstávají a putují rovnou zpět do pecí k novému využití (Kuraš, 2014).

## **Kovy**

Kovový šrot se dělí na železný a neželezný. Železné kovy jsou nejvíce recyklovaný materiál na světě. Oceli se po celé Zemi zrecykluje 82 milionů tun, což je 83,3 % celkové produkce. Ocel je jeden z materiálů, u kterého si můžeme být jisti, že obsahuje již zrecyklovanou část. Recyklovaná část tvoří minimálně 25 % nového výrobku. Magnetické vlastnosti oceli umožňují snadnou separaci od ostatních odpadů a jeho následné tavení a znovu využívání. Neželezné kovy nejsou založeny na bázi železa, zařazuje se sem hliník, měď, drahé kovy, mosaz, olovo, hořčík, rtuť. Nejvýznamějšími kovovými šroty, které se recyklují, je ocel a hliník. Ostatní se vyskytují v nepatrném množství nebo jejich recyklace není vhodná, což platí hlavně pro drahé kovy, jako je zlato a stříbro. Velký problém spojený s kovy je jejich těžba, která má negativní dopad na životní prostředí. Důlní těžba se využívá k získání surovin, které slouží k výrobě oceli. Záporům důlní těžby je, že negativně ovlivňuje vzhled krajiny. Povrchová těžba se využívá pro získávání suroviny na výrobu hliníku.

Nevýhodou je, že při tomto způsobu těžby se používá velké množství různých chemikálií, které mají sklon unikat do půdy a do podzemních vod v okruhu několika desítek kilometrů. Hlavní výhodou recyklace kovů je, že během procesu recyklace neztrácí kovy žádné svých vlastností (Siegle, 2010).

Recyklací každé jednotlivé tuny oceli se ušetří 1 150 kg železné rudy, 650 kg uhlí, 55 kg vápence, 128 tun pevného odpadu. Recyklací se nešetří jen nerostné suroviny, ale i energie. Recyklace kovů snižuje znečištění ovzduší o 86 %, znečištění vody se sníží až o 76%, spotřeba vody se při recyklaci sníží až o 40 % a celková spotřeba elektrické energie se snižuje až o 75 % (Siegle, 2010).

Pokud recyklujeme ocel, je nutné dodržovat omezené množství mědi, cínu a antiomu. Právě plasty, které se často u oceli vyskytují v těsné blízkosti, se nazývají antimon. Vyšší obsah mědi, cínu nebo antiomu je dále redukován na předepsanou hodnotu určité slitiny. U vzácných kovů jako galia, germania, india, neodymu a tantanu je úroveň recyklace vyjímečná. Zrecykluje se maximálně 1 %. U kobaltu, palladia a platiny je úroveň značně vyšší, pohybuje se až kolem 60 %. Zvyšování úrovně recyklace u vzácných kovů záleží na separovaném sběru elektroniky, která tyto vzácné kovy obsahuje. Zdokonalovat se musí, jak samotný separovaný sběr elektroniky, tak i recyklační procesy vzácných kovů. Nedokonalost technologií využívaných k recyklaci vzácných kovů má za příčinu ztátu kovů v daném procesu (Kuraš, 2014).

### **Nápojové kartony**

Nápojový karton jako obal je složen ze cca 75 % buničiny (bez dřevný papír), z 20 % polyethylenu (plast) a z 5 % hliníku. Hlavní využití má především pro balení trvanlivých či čerstvých nápojů (Šátková, 2006).

Před samotnou recyklací nápojové kartony putují na dotřídňovací linky. Ty slouží k oddělení zbytku nevhodných materiálů od nápojového kartonu. Na třídící lince dochází i k lisování nápojových kartonů do balíků (Jak třídit.cz, 2020).

Nápojový karton se na území našeho státu recykluje dvěma způsoby. První způsob se odehrává v papírnách, kde se nápojový karton vloží do speciální vodní lázně. ve vodní lázni dochází k rozkladu na jednotlivé části – papírová vlákna, polyethylén a hliník. Papírová vlákna dále slouží k produkci nových papírových produktů. Až 75 % nápojového kartonu

tvoří kvalitní papír. Zbylé dvě složky slouží jako palivo nebo, jak je to v případě hliníku, se použijí pro produkci nových hliníkových výrobků. Druhý způsob recyklace nápojového kartonu spočívá v drcení, pak následuje očištění vodou a usušení drceného materiálu. Posledním krokem je stlačování do desek při působení teploty až 200°C. Finální deska má skoro totožné znaky jako deska sádrokartonová. Nejvíce se desky vyrobené z nápojových kartonů využívají ve stavebnictví (Jak třídít.cz, 2020).

## **Bioodpad**

S pojmem bioodpad je třeba definovat zkratky BRO, BRKO a MBÚ. Zkratka BRO znamená biologicky rozložitelný odpad. Jedná se o odpad, k jehož recyklaci je zapotřebí živých organismů. Vzniká například při zemědělské činnosti, při údržbě zahrad a veřejné zeleně, v gastronomii (zbytky potravin) a v potravinářském průmyslu. Dále do této skupiny zahrnujeme papír ve formě, kdy už není možné zpracování v nový papírový výrobek a kaly z čističek odpadních vod. BRKO neboli biologicky rozložitelný komunální odpad pochází od obyvatel a z obcí a recykluje se stejným způsobem jako BRO. Zkratka MBÚ znamená mechanicko biologická úprava odpadů. Jedná se o proces oddělování směsného komunálního odpadu od bioodpadu. Bioodpad se následně upraví do takové formy, aby v případě skládkování bioodpadu neunikaly ze skládky slenikové plyny. Ze směsného komunálního odpadu není vybrán pouze bioodpad, ale i ostatní složky, které mohou být materiálově nebo energeticky využity (Kašpar, 2009).

Nejvhodnější využití bioodpadu je kompostování nebo zpracování v bioplynových stanicích. Na struktuře bioodpadu velmi záleží, nejvíce to ovlivňuje poměr prvků – uhlíku, dusíku a zároveň i pH půdy (Káňa, 2014).

## 4 Vlastní práce

Tato část se bude věnovat především analýzám časových řad z množství svezeneho odpadu v hlavním městě Praze. Podle jednotlivých let bude produkce celkového komunálního odpadu hlavního města Prahy porovnávána s produkcí komunálního odpadu v jednotlivých krajích České republiky, kde se bude pohlížet na rozlohu a počet obyvatel v kraji.

### 4.1 Analýza tříditelných složek komunálního odpadu v hl. m. Praze

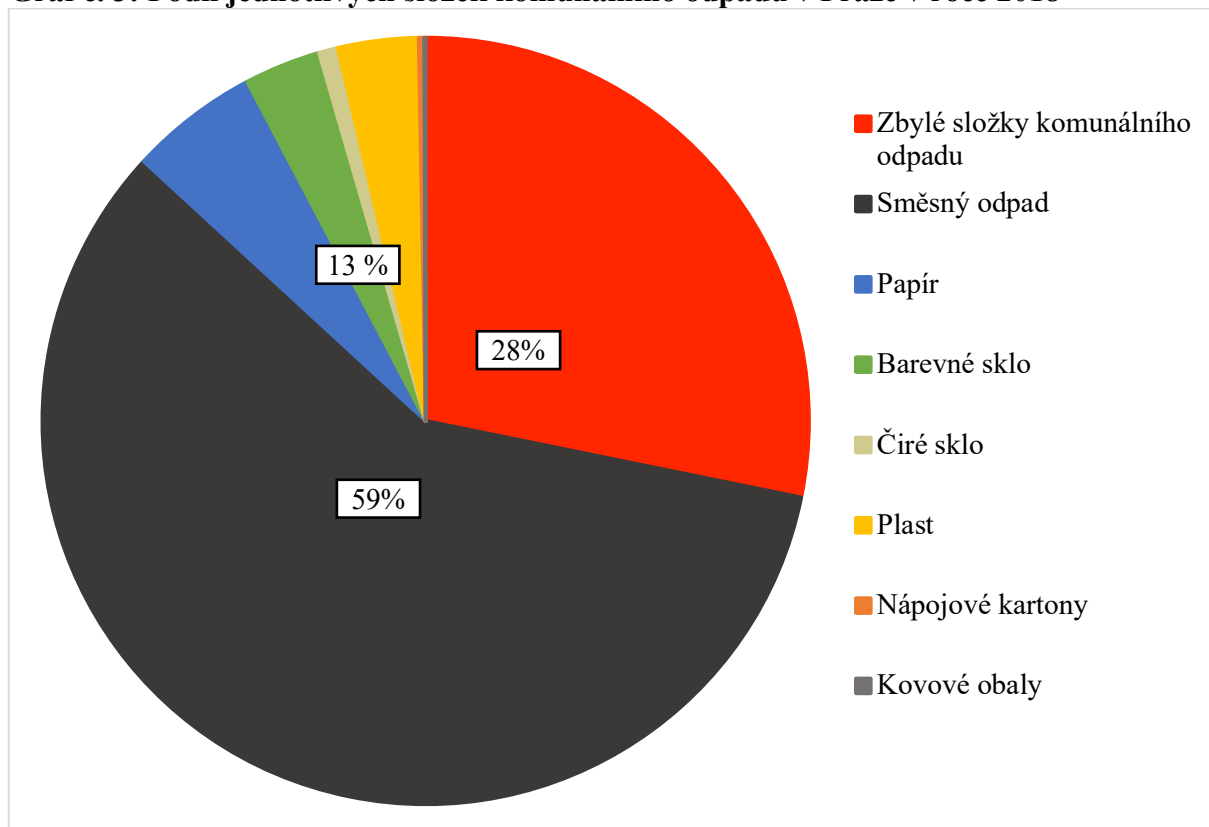
V hlavním městě v současnosti zařizují svoz komunálního odpadu čtyři svozové společnosti. Pražské služby mají majoritní podíl na svozu, a to více než 2/3 celého hlavního města. Zbylá necelá 1/3 je rozdělena mezi AVE CZ, IPONDEC a KOMWAG.

V hlavním městě Praha v roce 2018 žilo 1 308 632 obyvatel, což je 12 % z celkového počtu obyvatel ČR. Je to druhý nejlidnatější kraj v České republice. Praha má rozlohu cca 496 km<sup>2</sup>, Praha je tedy nejmenší kraj v České republice. Hustota zalidnění je 2 637 obyvatel na 1 km<sup>2</sup>. V hlavním městě, ale existuje problém se svozem komunálního odpadu. Vzniká kvůli nedostatečné kontrole jednotlivých městských částí. Úřady městských částí totiž mají povinnost hlásit, když svoz nestačí. Pokud nedostatečnost svozu nahlásí občan, svozová společnost

to nemůže brát v potaz. K nedostatečnému svozu dochází v posledních letech především v měsíci prosinec, kvůli zvýšené spotřebě všech druhů tříděného i směsného odpadu. Chyba není jen na straně městských částí, ale i na straně občanů města, kteří nedodržují pokyny umístěné na kontejneru s tříditelnými složkami komunálního odpadu. Na většině kontejnerů je umístěn postup, jak nejlépe odpad připravit pro vložení do kontejneru.

Graf č. 3 znázorňuje procentuální podíl jednotlivých složek komunálního odpadu na celkové produkci komunálního odpadu v Praze v roce 2018.

**Graf č. 3: Podíl jednotlivých složek komunálního odpadu v Praze v roce 2018**



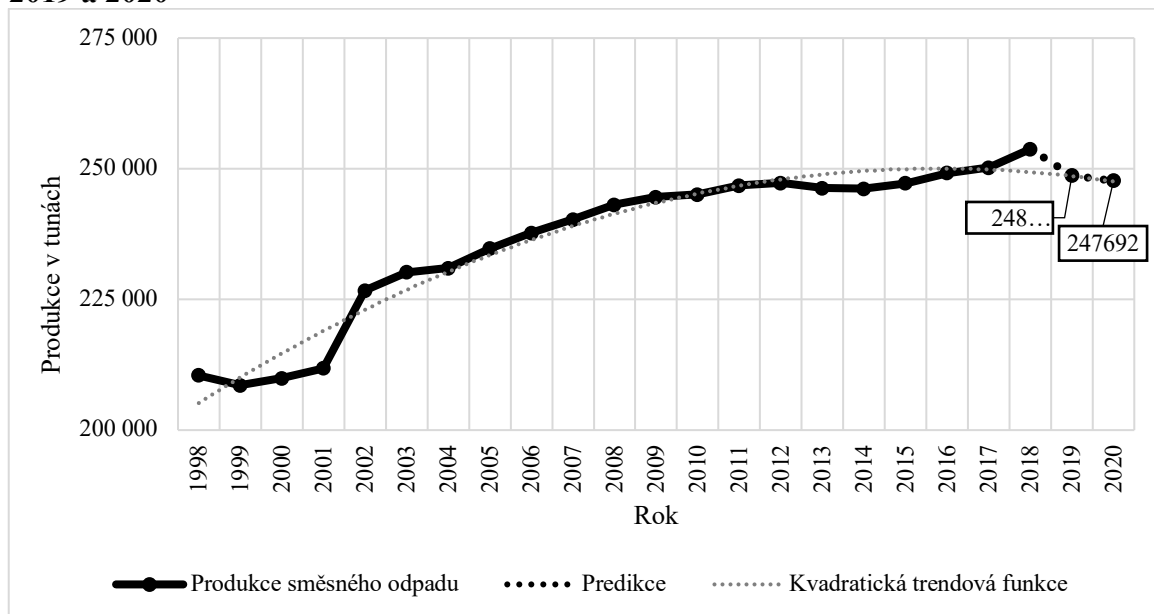
Zdroj: MHMP, vlastní zpracování, podkladová data v přílohách č. 1–7 a 20

V hlavním městě Praze produkce komunálního odpadu v roce 2018 dosáhla 432 800 tun. Složky komunálního odpadu, které lze sbírat do oddělených kontejnerů tvořily 72 % z celkového komunálního odpadu, což je 310 749 tun. Složky KO, které lze sbírat odděleně jsou: směsný odpad, papír, plast, barevné sklo, číré sklo, nápojové kartony a kovové obaly. Směsný odpad, který končí ve spalovacích zařízeních má v celkové produkci komunálních odpadů největší podíl, tj. 59 %. V předchozím roce tj. 2017 činila celková produkce komunálního odpadu 430 300 tun. Z toho odděleným sběrem bylo získáno 70 % z celkové produkce komunálních odpadů.

#### 4.1.1 Směsný komunální odpad

Na grafu č. 4 je zachycen vývoj směsné složky komunálního odpadu v letech 1998 až 2018 pro roční analýzy. Při ročních analýzách bude stanovena budoucí hodnota produkce směsného odpadu.

**Graf č. 4: Roční produkce směsného odpadu v letech 1998–2018 s odhadem pro roky 2019 a 2020**



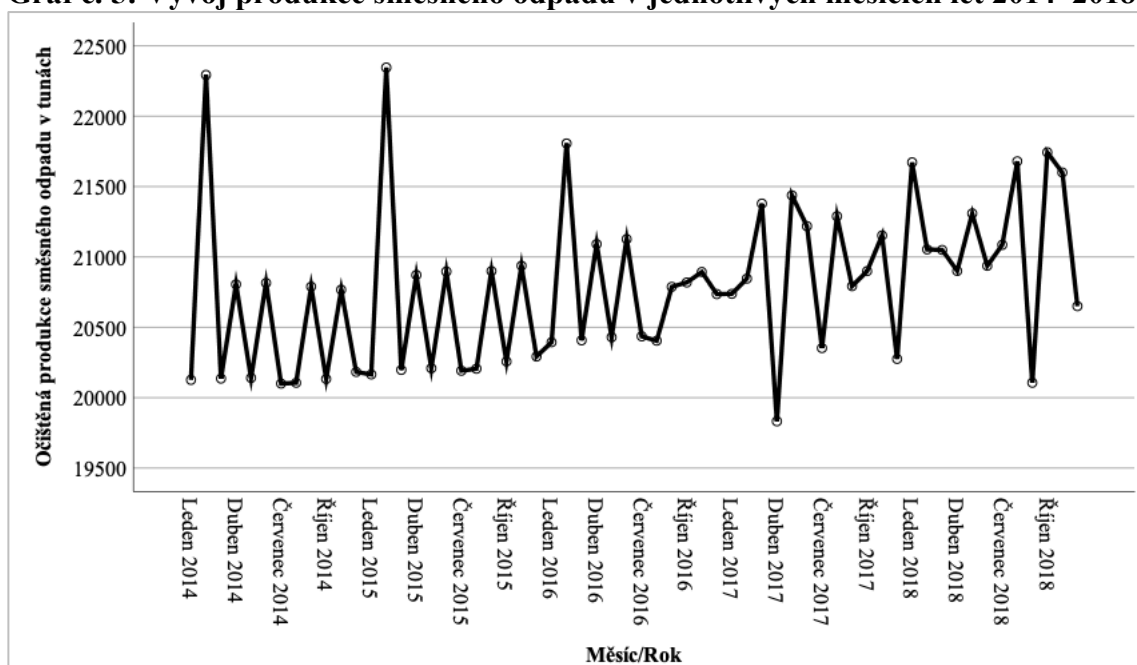
Zdroj: MHMP, vlastní zpracování, podkladová data v přílohách č. 1, č. 8 a č. 9

K největšímu meziročnímu přírůstku směsného komunálního odpadu došlo v roce 2002. Příčinou prudkého nárůstu byla výjimečná povodňová situace. K největšímu meziročnímu úbytku pak došlo mezi roky 1998 a 1999. Produkce směsného komunálního odpadu na území hlavního města Prahy se snížila o 0,9 % či-li o 1 900 tun odpadu. Pro odhad budoucí produkce směsného odpadu je zvolena kvadratická trendová funkce. Kvadratická trendová funkce byla zvolena na základě její částečně klesající tendence a pomocí nejvyšší hodnoty indexu determinace ( $I^2=0,957$ ). Lze předpokládat, že se množství vyprodukovaného směsného odpadu bude snižovat, ale současně se snižujícím se směsným odpadem bude růst produkce tříditelných složek. V roce 2019 se 95 % interval spolehlivosti pro průměr bude pohybovat od 240 361 tun do 257 256 tun. Bodový odhad pro tento rok činí 248 684 tun odpadu. Odhadovaná produkce se v roce 2020 bude pohybovat v intervalu od 238 772 tun do 256 663 tun odpadu. Bodový odhad zde činí 247 692 tun směsného odpadu. Snižování produkce směsného odpadu může být zapříčiněno zvyšováním produkce tříděného odpadu či dokonce snahou obyvatelstva omezovat používání jednorázových obalů.

Směsný odpad měl v letech 1998–2014 hlavní podíl na celkové produkci komunálních odpadů. V roce 1998 tvořil směsný odpad na celkové produkci 95,7 %. Podíl se od roku 1998 začal snižovat. V roce 2002 tvořil podíl na celkové produkci KO jen 40,46 %. Možnou příčinou nízkého podílu nebylo zvýšení podílu tříditelných složek, ale povodňová situace, která v České republice tento rok nastala. Od roku 2014 se podíl pohybuje přes hranici 60 %. V roce 2014 podíl na celkové produkci KO činil 65,44 %, v roce 2018 už směsný odpad tvořil jen 62,71 % z celkové produkce KO v Praze.

Na grafu č. 5 je zachycen vývoj produkce směsného odpadu v jednotlivých měsících let 2014 až 2018.

**Graf č. 5: Vývoj produkce směsného odpadu v jednotlivých měsících let 2014–2018**

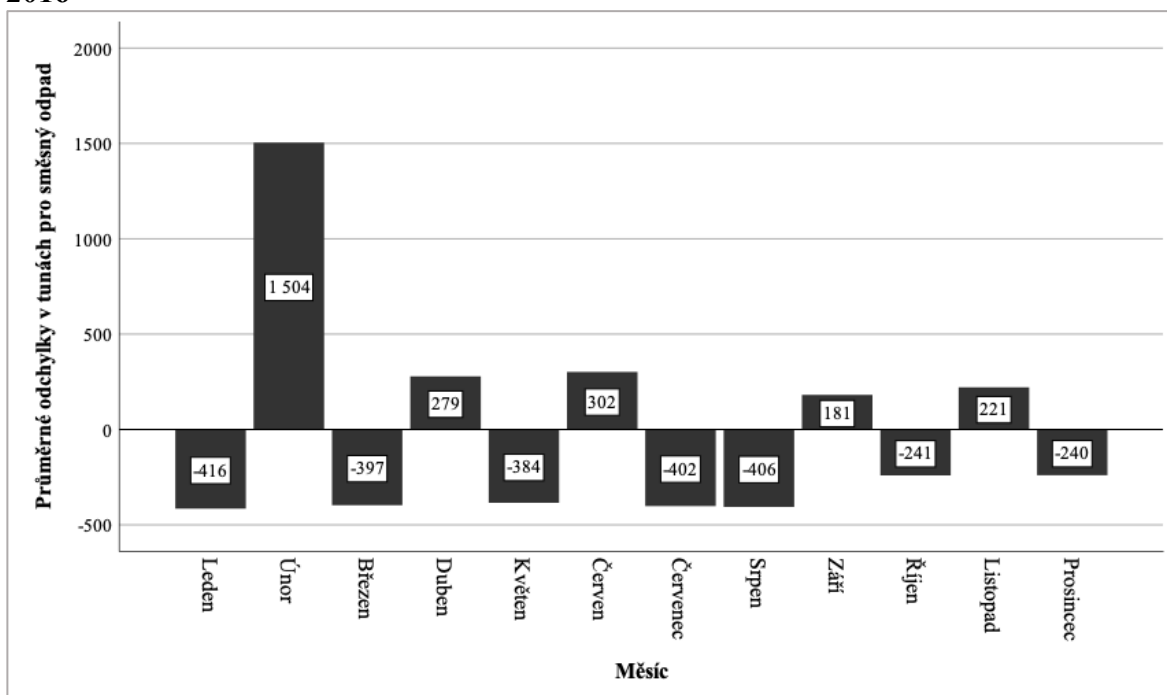


Zdroj: Pražské služby, a. s.; vlastní zpracování v softwaru IBM SPSS Statistics

U produkce směsného odpadu jsou sezónní výkyvy velmi různorodé. V prvních třech letech sledovaného období je z grafu č. 5 zřejmá výrazná sezónnost, která je v následujících letech přerušena. K největšímu nárůstu došlo mezi lednem a únorem 2014. Produkce v únoru 2014 činila 22 293,04 tun odpadu. O rok později nastala nejvyšší produkce za sledované období. Produkce v únoru 2015 dosáhla 22 345,15 tun směsného odpadu. V roce 2016 byl únorový výkyv menší než v předchozích letech. Produkce v únoru 2016 oproti únoru 2015 poklesla na 21 806,45 tun. Od října 2016 jsou výkyvy v měsíční produkci velmi různorodé a nemají podobnost. Tendence vývoje množství vyprodukovaného směsného odpadu je od roku 2014 do roku 2016 mírně rostoucí. Od roku 2017 je růstová tendence výraznější.



**Graf č. 6: Průměrné měsíční odchylky pro produkci směsného odpadu v letech 2014–2016**



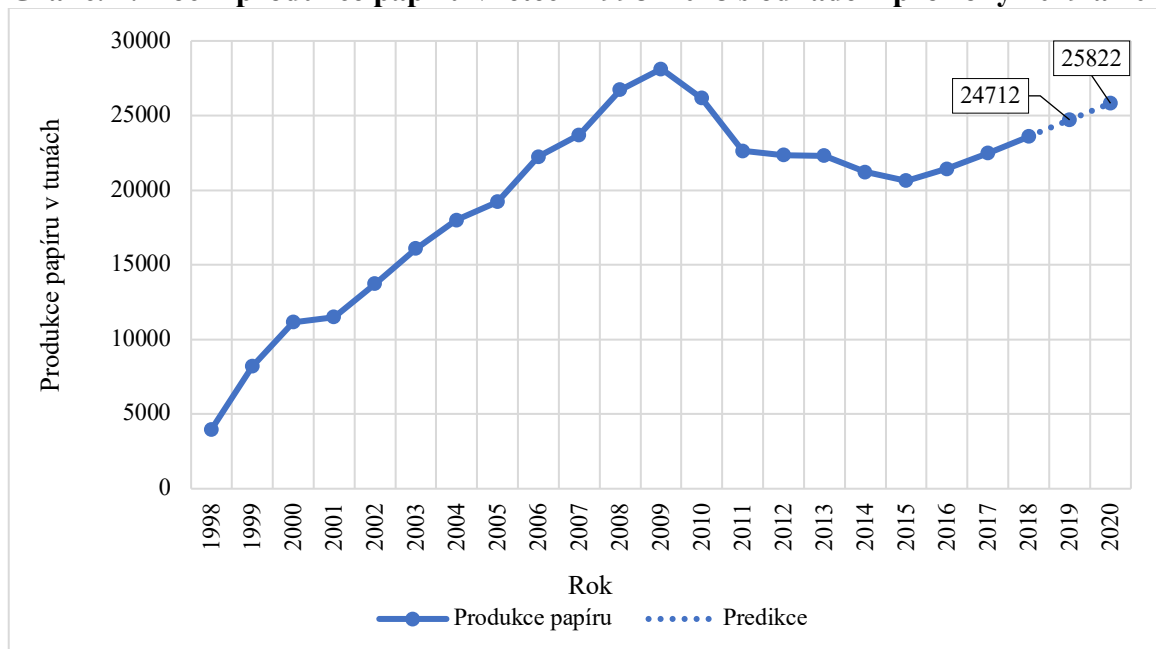
Zdroj: Pražské služby, a. s.; vlastní zpracování v softwaru IBM SPSS Statistics

Výše vyobrazený graf č. 6 vyobrazuje průměrné měsíční odchylky pro produkci směsného odpadu v letech 2014–2016. Z grafu č. 6 je zřejmé že v prvních třech letech nastal největší výkyv vždy v měsíci únoru. V únorech produkce průměrně vzrostla o 1 504 tun oproti lednu. K výrazným poklesům v produkci v prvních třech letech docházelo v lednu, březnu, květnu, červenci, srpnu, říjnu a prosinci. Možnou příčinou poklesu v červenci a srpnu je krátkodobý pokles obyvatel v Praze. Obyvatelé Prahy v těchto měsících jezdí na dovolené, zájezdy či chaty.

#### 4.1.2 Papír

Papír jako část tříděného komunálního odpadu je nejvíce tříděným materiálem v hlavním městě Praze. Graf č. 7 zachycuje roční produkci papírového odpadu v letech 1998 až 2018.

**Graf č. 7: Roční produkce papíru v letech 1998–2018 s odhadem pro roky 2019 a 2020**



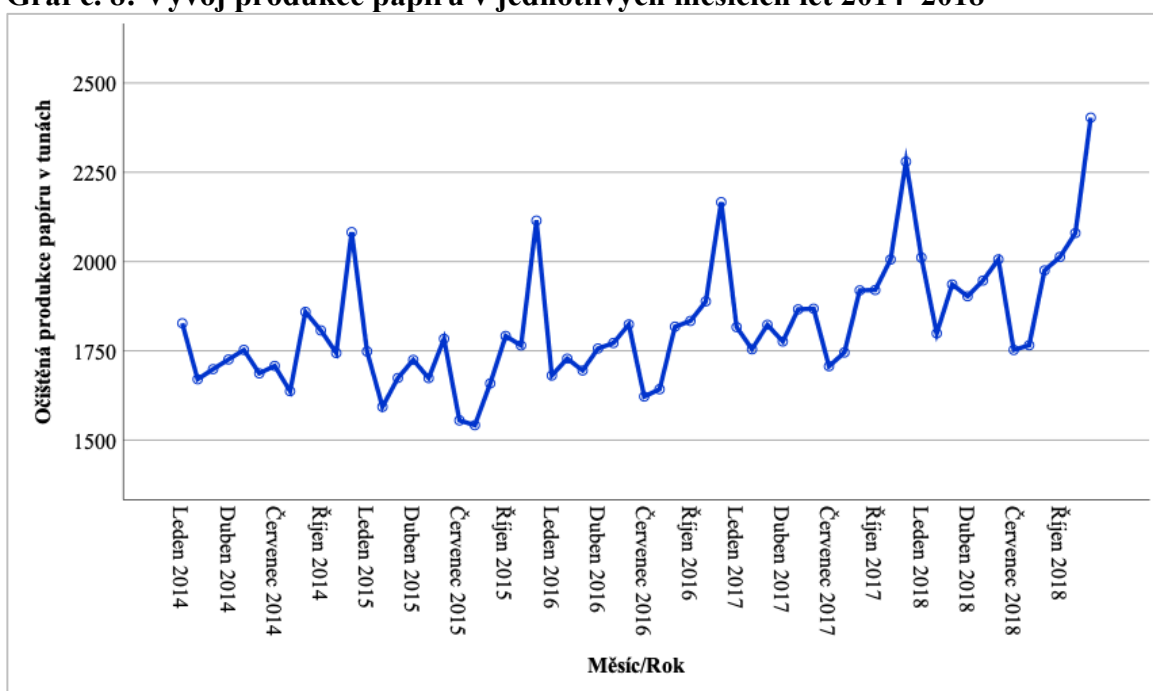
Zdroj: MHMP, vlastní zpracování, pokladová data v přílohách č. 2, č. 10 a č. 11

Produkce papíru v hlavním městě Praze v průměru narůstá o 19,45 % ročně v letech 1998 až 2009, což je zapříčiněno zvyšujícím se množstvím vyprodukovaných odpadů i vyšší informovaností obyvatelstva o možnosti třídít papírové odpady. Od roku 2010 průměrné tempo růstu klesá o 2,17 % ročně. K největšímu meziročnímu přírůstku došlo v letech 1998 a 1999 a přírůstek činil 4 222 tun papíru. Nárůst oproti předchozímu období byl 106,0 %. Produkce v roce 1999 činila 8 205 tun papírového odpadu. V roce 2011 došlo k největšímu úbytku oproti předchozímu roku. Úbytek činil 3 526 tun papíru. Produkce papíru klesla z 26 162 tun na 22 636 tun. Pokles v těchto letech činil 13,48 %. V roce 2018 bylo vyprodukováno 23 602 tun papíru. Pomocí Brownova exponenciálního vyrovnání vznikla predikce hodnot pro následující dva roky, tj. 2019 a 2020. Střední absolutní chyba odhadu zde činí 6,787 %. Index determinace činí 0,937. Intervalový odhad produkce papírového odpadu pro rok 2019 se pohybuje v intervalu od 21 386 tun do 28 039 tun odpadu. Bodový odhad pro tento rok činí 24 712 tun. V následujícím roce se 95 % interval spolehlivosti pohybuje od 18 563 tun do 33 081 tun papírového odpadu. Bodový odhad produkce v roce 2020 bude činit 25 822 tun papíru.

Papír má ze všech tříditelných složek největší podíl celkové produkci komunálního odpadu. Oproti směsnému odpadu se dá podíl papíru i dalších tříditelných složek považovat za menšinový. V roce 1998 tvořil papír pouze 1,81 % z celkové produkce komunálního odpadu, v roce 2006 tvořil papír 4,27 % z celkové produkce. V roce 2010 byl podíl papíru na celkové produkci 7,03 %. Od roku 2010 do roku 2014 došlo k poklesu podílu. V roce 2014 ani v roce 2018 podíl papíru na celkové produkci KO nepřesáhl hranici 6 %.

Následující graf č. 8 zachycuje vývoj produkce papírového odpadu pro jednotlivé měsíce let 2014-2018 v Praze.

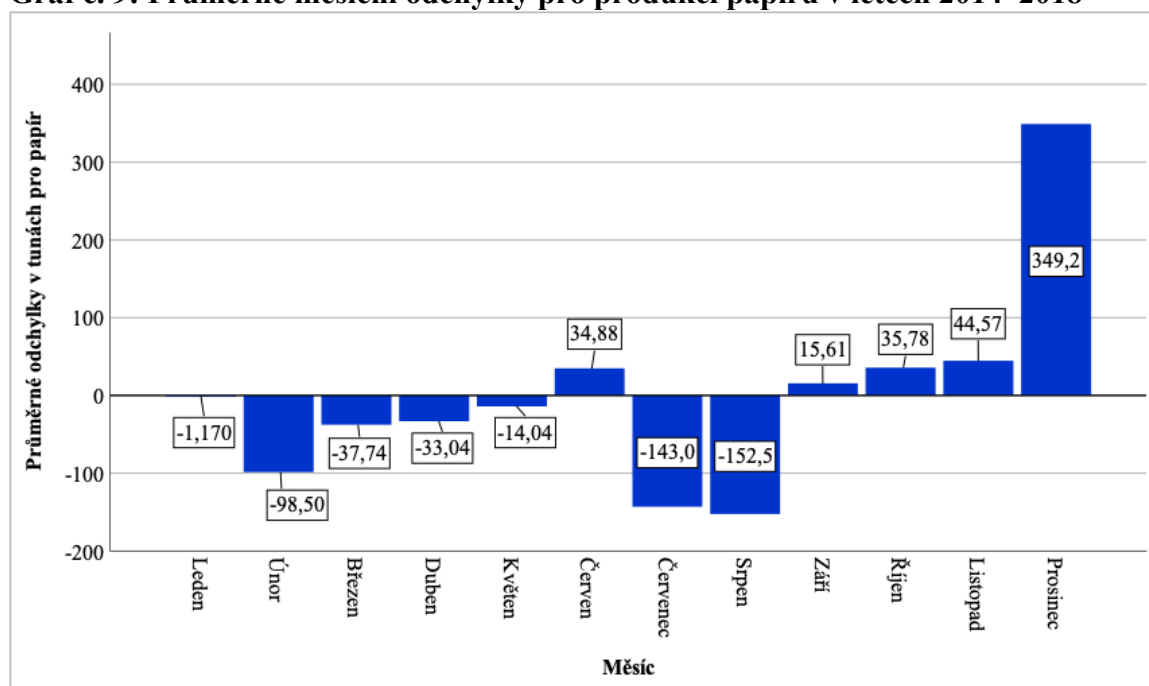
**Graf č. 8: Vývoj produkce papíru v jednotlivých měsících let 2014–2018**



Zdroj: Pražské služby, a. s.; vlastní zpracování v softwaru IBM SPSS Statistics

Vyprodukované množství papírového odpadu má od roku 2015 rostoucí tendenci. Největší nárůst v produkci papíru ve všech sledovaných letech nastal v měsíci prosinec. Příčinou každoročního nárůstu papírového odpadu v tomto měsíci jsou vánoční svátky. Do této produkce se zařazují nejen balící papíry, ale i obalové materiály, které jsou využívány především pro přepravu dárků. Vyšší produkce mimo prosince byla zaznamenána pouze v červnu a pak stoupala od měsíce září. To je více zřetelné z grafu č. 8. V prosinci 2018 bylo dosaženo největší produkce papírového odpadu a ta činila 2 403,08 tun.

**Graf č. 9: Průměrné měsíční odchylky pro produkci papíru v letech 2014–2018**



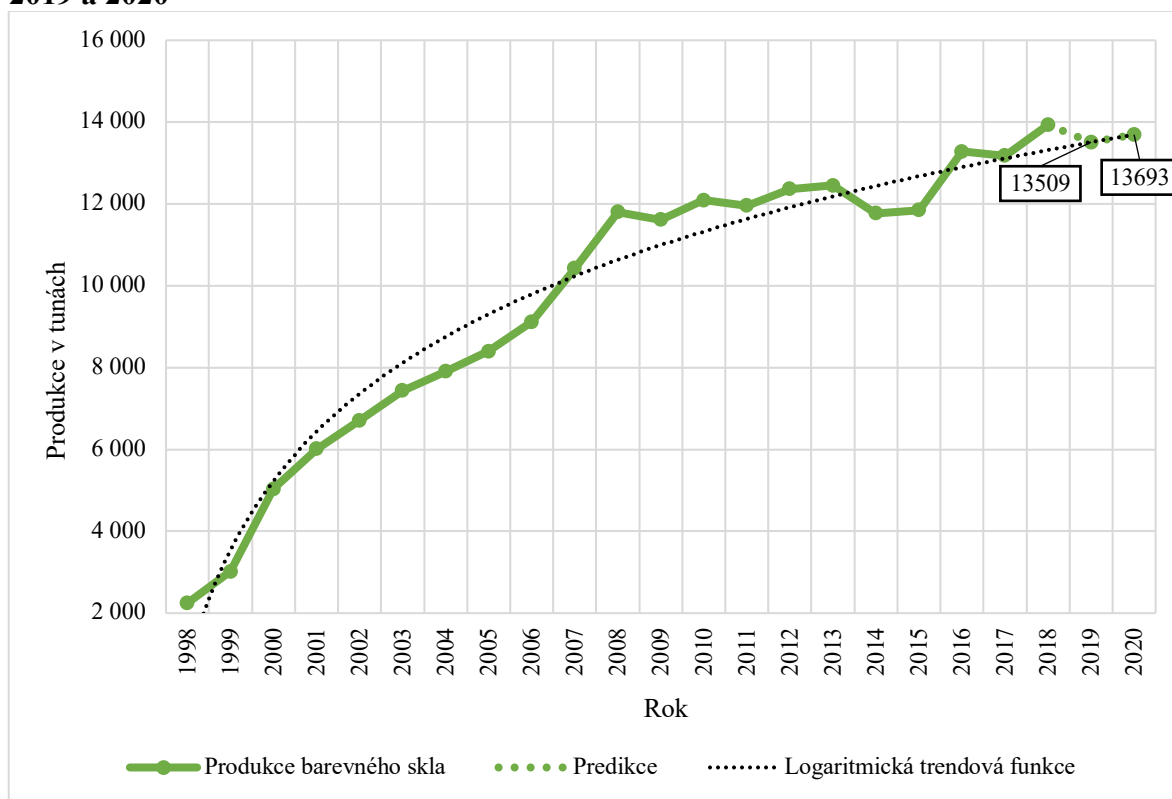
Zdroj: Pražské služby, a. s.; vlastní zpracování v softwaru IBM SPSS Statistics

Výše vyobrazený graf č. 9 znázorňuje průměrnou hodnotu sezónních odchylek pro data vyobrazená v grafu č. 8 v letech 2014–2018. Zde je viditelné, že k poklesům docházelo od ledna do května a dále v červenci a srpnu. Největší pokles nastává v srpnu. Poklesy v červenci a srpnu mohou být zapříčiněny využíváním papíru jako podpalového materiálu při rozdělávání ohňů či při grilování. Současně platí, že v červenci a srpnu jsou obyvatelé Prahy mimo Prahu. K nárůstům dochází v červnu a pak od září do prosince. V prosinci nastává nejvyšší nárůst. Listopadový nárůst je zřejmě, jako ten prosincový, způsoben začínajícím předvánočním shonem. Tedy i větší využívaností zásilkových služeb a podobně.

### 4.1.3 Barevné sklo

Do roku 2004 se do barevného skla řadilo veškeré vyprodukované sklo, jak barevné, tak i čiré. Vývoj vyprodukovaného množství barevného skla je po rocích zachycen v prvním grafu této kapitoly, tj. graf č. 10.

**Graf č. 10: Roční produkce barevného skla v letech 1998–2018 s odhadem pro roky 2019 a 2020**



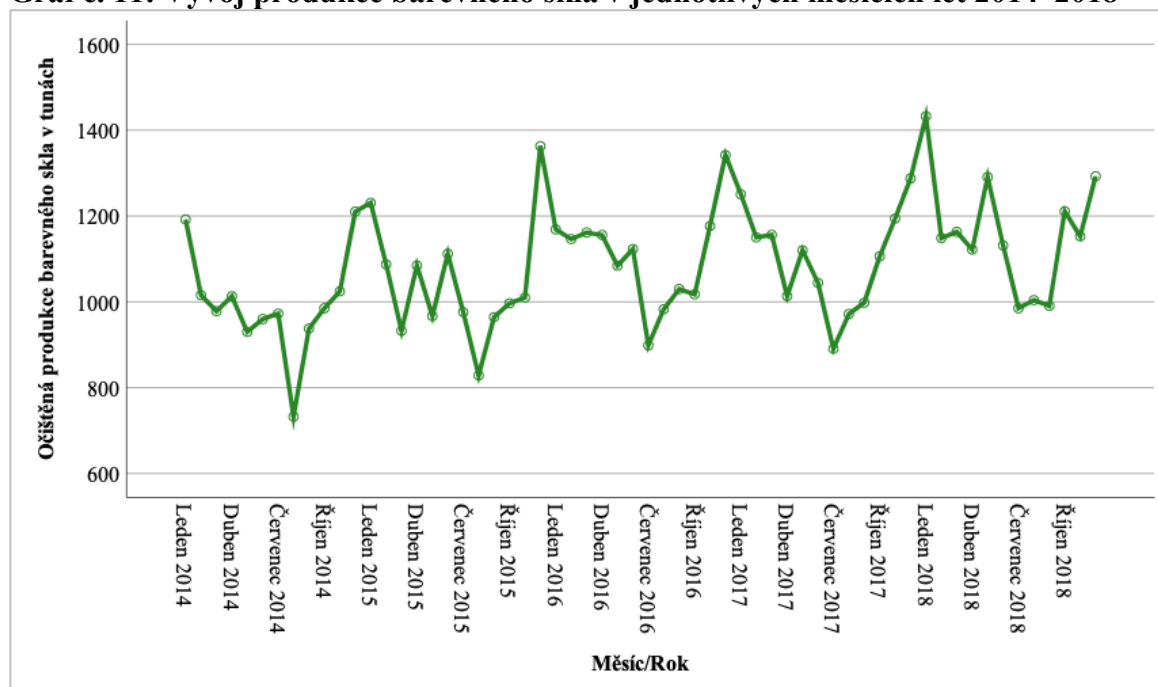
Zdroj: MHMP, vlastní zpracování, pokladová data v přílohách č. 4, č. 14 a č. 15

Množství vyprodukovaného barevného skla v průměru narůstá o 9,55 % ročně. K největšímu ročnímu přírůstku došlo na přelomu nového tisíciletí. Přírůstek činil oproti předchozímu roku 2 021 tun barevného skla. Nárůst mezi rokem 1999 a 2000 činil 67,97 %. K největšímu úbytku došlo až v roce 2014, kdy úbytek činil 680 tun skleněného odpadu. Pro odhad budoucích hodnot byla využita Logaritmická trendová funkce, která byla vybrána na základě průběhu funkce a vysokého indexu determinace. Index determinace činil 0,957. U produkce tříditelných složek komunálního odpadu lze předpokládat růst. V roce 2019 by dle odhadů měla produkce dosáhnout minimálně 11 886 tun a maximálně 15 132 tun. Bodový odhad činí 13 509 tun barevného skla. V roce 2020 95 % interval spolehlivosti bude v rozsahu 12 066 – 15 321 tun odpadu. Budoucí produkce v roce 2020 bude činit 13 693 tun barevného skla.

V roce 1998 tvořila produkce barevného skla 1,04 % na celkové produkci komunálních odpadů. V roce 2006 podíl tvořil 1,75 % na celkové produkci. Z grafu č. 10 je zřejmé, že mezi roky 2013 a 2014 produkce barevného skla klesla. Se samotnou produkcí klesl i podíl barevného skla na celkové produkci. V roce 2013 tvořil podíl 3,30 %, v roce 2014 to bylo 0,12 % méně. V roce 2018 odpady barevného skla představovaly na celkové produkci komunálních odpadů v Praze 3,63 %.

Graf č. 11 zobrazuje vývoj produkce barevného skla jako odpadu v jednotlivých měsících od roku 2014 do roku 2018 v Praze.

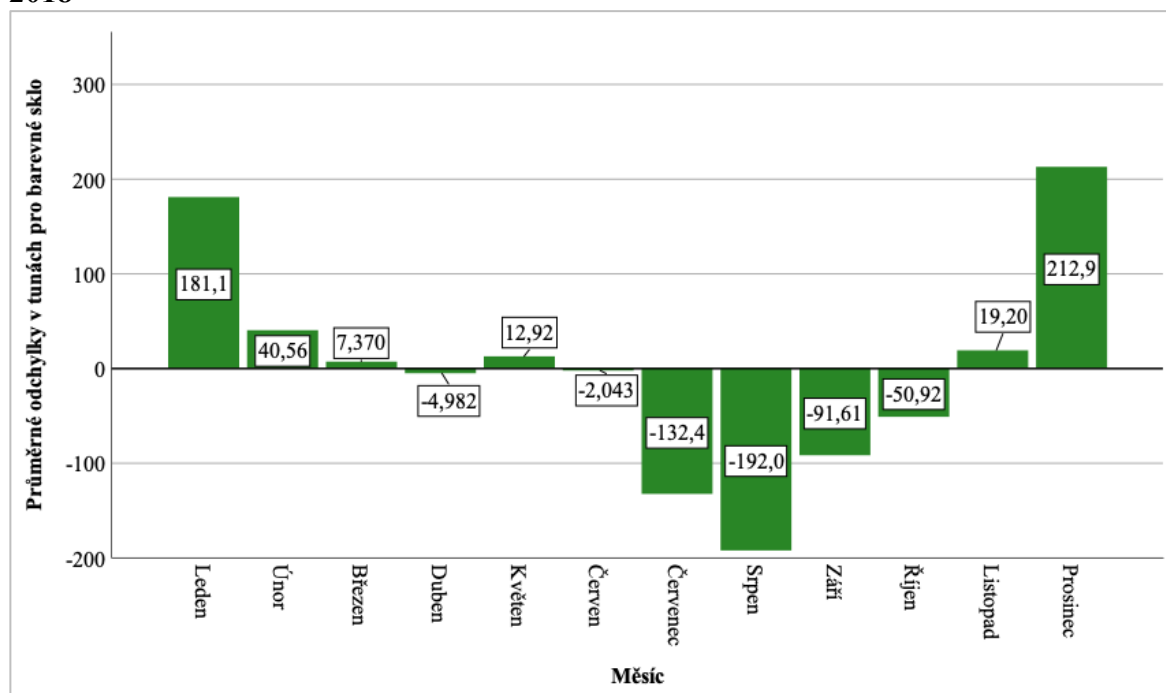
**Graf č. 11: Vývoj produkce barevného skla v jednotlivých měsících let 2014–2018**



Zdroj: Pražské služby, a. s.; vlastní zpracování v softwaru IBM SPSS Statistics

Jak je z grafu č. 11 patrné produkce odpadního barevného skla narůstá především od září. Možnou příčinou nárůstu produkce odpadů z barevného skla je větší konzumace alkoholických nápojů především červeného vína či různých punčů. Odpad z barevného skla zaznamenává pokles především v letních měsících, kdy se obliba výše zmíněných výrobků snižuje. Stejně jako tomu bylo u produkce papírového odpadu, tak i u barevného skla je nejvyšší produkce odpadního barevného skla dosahováno v prosincích, ale jen do roku 2017. V roce 2018 bylo nejvyšší roční produkce odpadního barevného skla dosaženo hned první měsíc, tj. leden. Vyprodukované množství odpadů v lednu 2018 bylo i největší za celé sledované období. Produkce zde činila 1 432,46 tun barevného skla.

**Graf č. 12: Průměrné měsíční odchyly pro produkci barevného skla v letech 2014–2018**



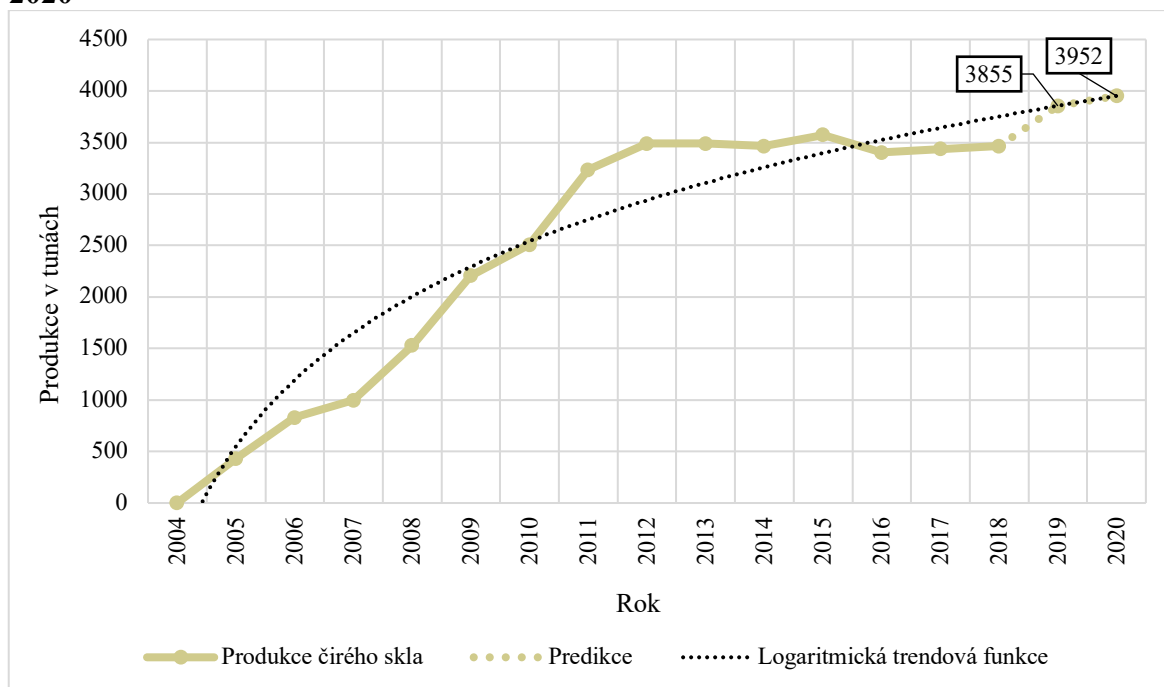
Zdroj: Pražské služby, a. s.; vlastní zpracování v softwaru IBM SPSS Statistics

Graf č. 12 znázorňuje průměrné měsíční odchyly pro sledované období 2014–2018. K nárůstu dochází v lednu, únoru, březnu, květnu, listopadu a prosinci. Možnou příčinou nárůstu od listopadu do ledna je větší spotřeba alkoholických nápojů jako je červené víno či punč, které jsou plněny právě do zeleného skla. Pokles pak nastává v dubnu a od června do října.

#### 4.1.4 Číré sklo

Číré sklo se separovaně začalo třídit až v roce 2004, před tímto rokem končilo číré sklo ve stejných nádobách jako sklo barevné. Graf č. 13 popisuje roční vývoj produkce čírého skla v letech 2004–2018. Ve stejném grafu je také zachycena budoucí hodnota produkce v letech 2019 a 2020.

**Graf č. 13: Roční produkce čírého skla v letech 2004–2018 s odhadem pro roky 2019 a 2020**



Zdroj: MHMP, vlastní zpracování, pokladová data přílohách v č. 5, č. 16 a č. 17

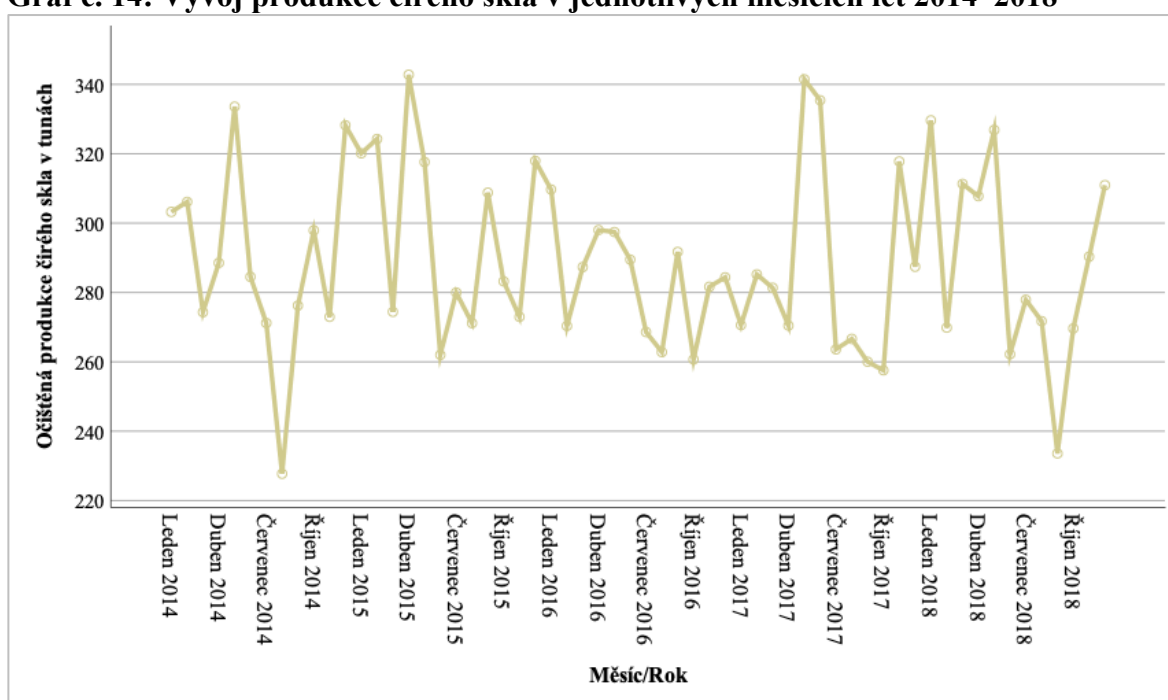
Z grafu č. 13 je zřejmé, že největší přírůstek byl roce 2011. Oproti předchozímu období se množství vyprodukovaného čírého skla zvýšilo o 726 tun. Nárůst oproti předchozímu období představoval 28,94 %. K největšímu úbytku došlo v roce 2016. Úbytek činil 170 tun a pokles byl 4,76 %. Pro odhad budoucí produkce byla použita logaritmická funkce. Logaritmická funkce byla zvolena za stejného předpokladu jako u barevného skla. Index determinace činil 0,915. V roce 2019 se hodnota intervalu bude s 95 % pravděpodobností pohybovat od 2 938 tun do 4 773 tun čírého skla. Bodový odhad pro tento rok činí 3 855 tun. Pro rok 2020 se 95 % interval spolehlivosti pohybuje od 3 029 do 4 874 tun. Bodový odhad bude činit 3 952 tun čírého skla. Nádobý z čírého skla se v posledních letech stávají velmi oblíbené, hlavně díky své šetrnosti k životnímu prostředí. Mají značnou nevýhodu – jsou velmi křehké a velmi často se rozbíjí a končí v bílém kontejneru na sklo.



Čiré sklo mělo v letech 1998 až 2018 stejně jako nápojové kartony minimální podíl na celkové produkci komunálního odpadu v Praze. V prvním roce odděleného sběru, tj. 2004 představovalo čiré sklo na celkové produkci pouze 0,0003 %. V roce 2006 se podíl zvýšil na 0,16 %. V roce 2014 představoval podíl čirého skla skoro 1 % na celkovém podílu. V roce 2018 tvořila produkce čirého skla 0,86 % na celkové produkci komunálního odpadu.

Graf č. 14 zachycuje produkci čirého neboli průhledného skla v jednotlivých měsících od roku 2014 do roku 2018.

**Graf č. 14: Vývoj produkce čirého skla v jednotlivých měsících let 2014–2018**



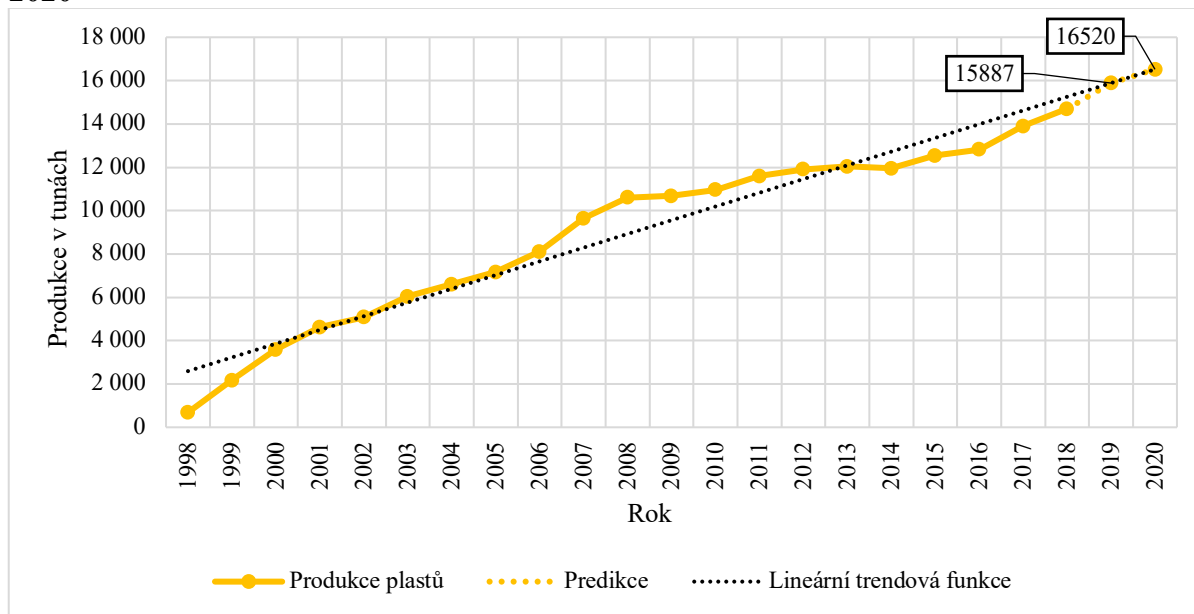
Zdroj: Pražské služby, a. s.; vlastní zpracování v softwaru IBM SPSS Statistics

V grafu č. 14 je zřejmé, že nedochází k výrazným sezónním výkyvům jako například u papíru či barevného skla. Výrazné poklesy nastaly v srpnu 2014 a září 2018. Možnou příčinou enormního poklesu ve vyprodukovaném množství odpadního čirého skla byla velká úroda kompotovatelných plodin, které se nakládají do sklenic z čirého skla. Další možnou příčinou, proč produkci odpadního čirého skla nelze popsat sezónně je, že se spotřeba potravin balených ve skle liší.

#### 4.1.5 Plast

Plast je druhou netříděnější složkou tříděného KO v České republice. Graf č. 15 znázorňuje produkci plastového odpadu v letech v období 1998–2018, na stejném grafu jsou za pomoci kvadratické trendové přímky vytvořeny odhady produkce pro rok 2019 a 2020.

**Graf č. 15: Roční produkce plastů v letech 1998–2018 s odhadem pro roky 2019 a 2020**



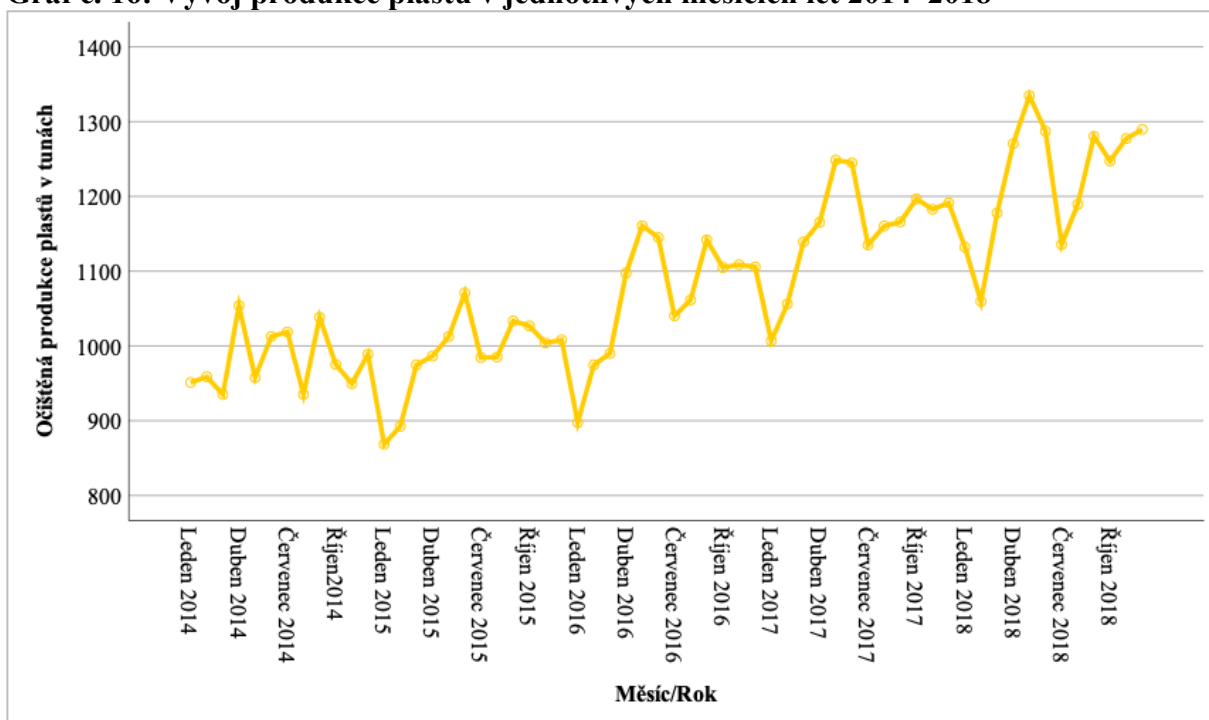
Zdroj: MHMP, vlastní zpracování, pokladová data v přílohách č. 3, č. 12 a č. 13

Množství vyprodukovaného plastu má spíše rostoucí tendenci. K největšímu meziročnímu přírůstku došlo u plastů v roce 2007. V roce 2007 se vyřídilo 9 643 tun plastů, což bylo oproti předchozímu roku o 1 529 tun více. Nárůst dosáhl hranice 18,84 %. Ke značnému nárůstu došlo i v letech 1998–2000, kde meziroční přírůstek přesáhl hranici 1 400 tun plastového odpadu. Největší tempo růstu, tedy nejrychlejší nárůst, byl zaznamenán mezi roky 1998 a 1999 a nárůst činil 217,54 %. V roce 1998 bylo totiž vyříděno 684 tun odpadu, v roce 1999 bylo vyříděno 2 172 tun. Pro odhad budoucích hodnot produkce plastových odpadů je využita predikce pomocí lineární trendové funkce. Lineární trendová funkce byla zvolena na základě jejího rostoucího směru a stejně jako u předchozích složek, je založena na předpokladu, že se produkce všech tříditelných složek bude zvyšovat. Hodnota indexu determinace je 0,951. Pro následující dvě období se předpokládá, že množství vyříděného plastu se opět zvýší. Dle odpadu se produkce plastů v roce 2019 bude pohybovat v intervalu od 13 782 do 17 991 tun. Bodový odhad pro tento rok činí 15 887 tun plastů. V roce 2020 se budoucí produkce s 95 % pravděpodobností bude pohybovat v intervalu od 14 389 tun do 18 650 tun. Odhadované množství plastového odpadu v roce 2020 bude činit 16 519 tun.

Jak je z grafu č. 15 patrné množství vyprodukovaných plastových odpadů se zvyšuje. Se zvyšujícím se množstvím vyprodukovaných plastů se současně zvyšuje i jeho podíl na celkové produkci komunálních odpadů. V roce 1998 nepřesáhl podíl plastů ani 1 %. Přes tuto hranici se plastové odpady dostaly v roce 2003, kdy plastové odpady tvořily 1,07 % na celkové produkci komunálního odpadu. V roce 2018 dosáhl podíl plastového odpadu na celkové produkci hranice 3,63 %.

V grafu č. 16 je zachycena produkce plastového odpadu v jednotlivých měsících let 2014–2018.

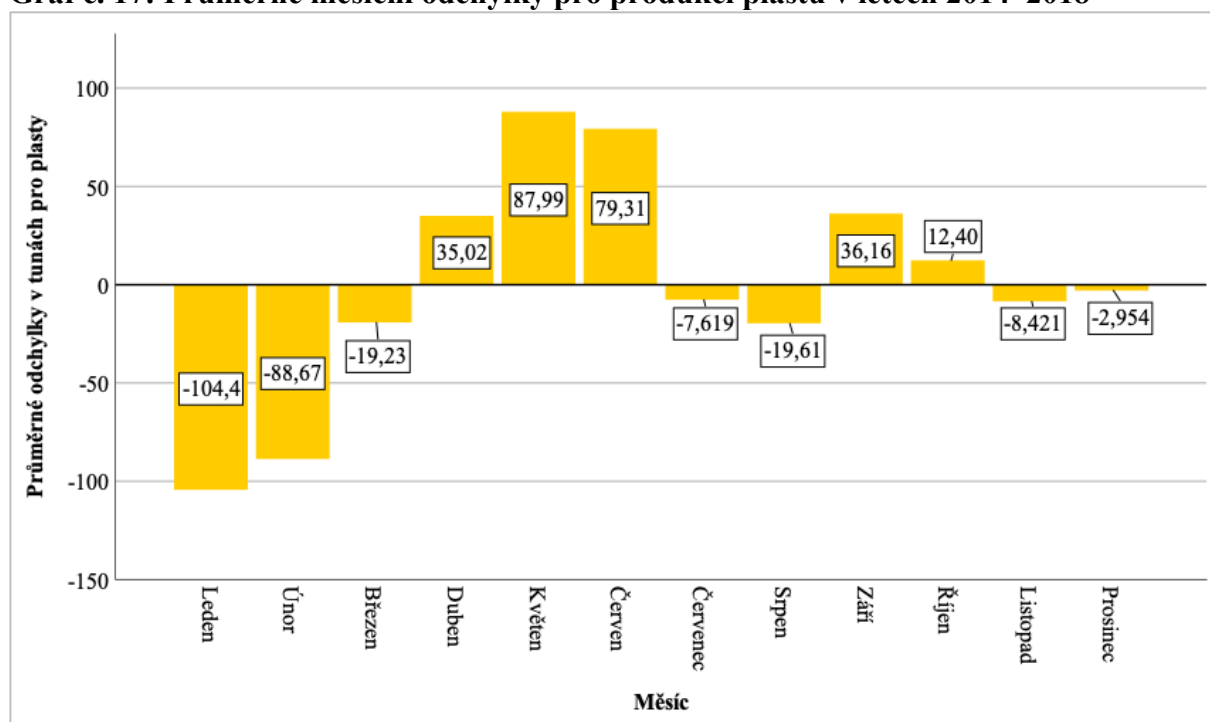
**Graf č. 16: Vývoj produkce plastů v jednotlivých měsících let 2014–2018**



Zdroj: Pražské služby, a. s.; vlastní zpracování v softwaru IBM SPSS Statistics

Jak je z grafu č. 16 patrné, produkce plastového odpadu má rostoucí tendenci ve všech sledovaných obdobích. Mezi měsíci prosinec a leden vždy nastal velmi viditelný pokles, který v průměru činí 104,39 tun plastového odpadu. Lednový úpadek je s velkou pravděpodobností zapříčiněn omezováním konzumace různých nezdravých potravin, které mají většinou plastový obal či obecným omezením nákupu výrobků balených v plastů. Od roku 2015 nastával nárůst od ledna až po červen. Největší průměrný sezónní nárůst nastává v květnu a činí 87,99 tun. Největší produkce plastových odpadů nastala v květnu 2018 a činila 1 334,79 tun.

**Graf č. 17: Průměrné měsíční odchylky pro produkci plastů v letech 2014–2018**



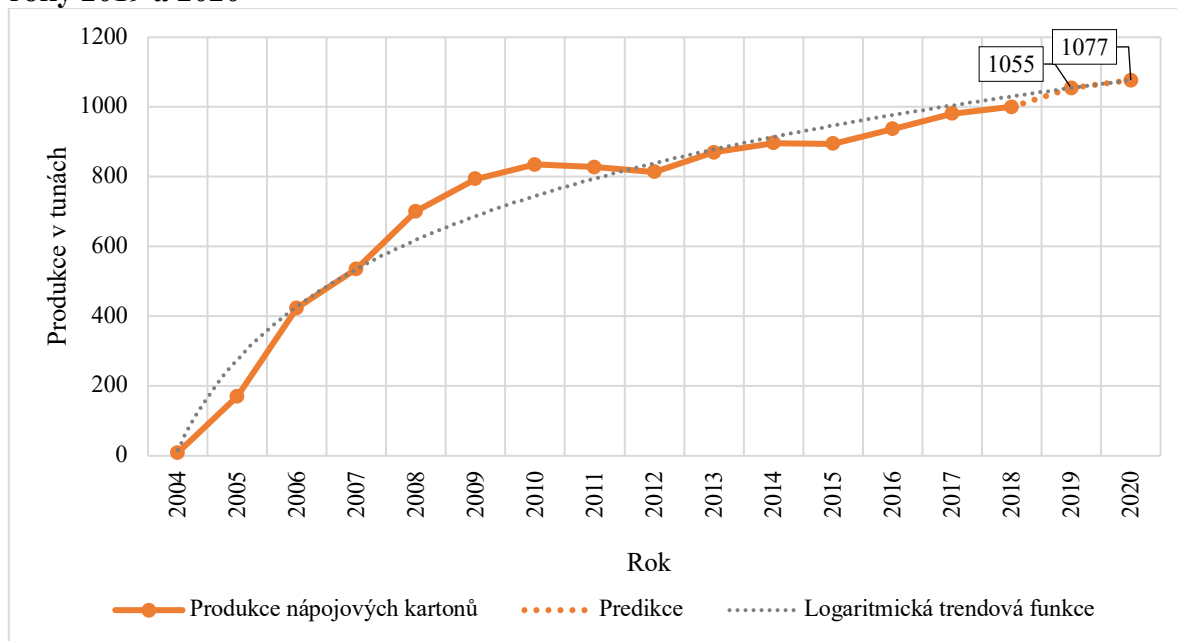
Zdroj: Pražské služby, a. s.; vlastní zpracování v softwaru IBM SPSS Statistics

K sezónním poklesům v produkci plastů dochází v měsících leden, únor, březen, červenec, srpen, listopad a prosinec. K největšímu poklesu vždy dochází v prvních dvou měsících všech sledovaných let – lednu a únoru. Pokles je zřejmě zapříčiněn snížením spotřeby chlazených nápojů, sladkých a slaných pochutin. Možnou příčinou nárůstu od dubna do června je větší konzumace chlazených nápojů kvůli příznivějšímu a teplejšímu počasí v těchto měsících. Pokles v červenci a srpnu je stejně jako u předchozích složek komunálního odpadu zapříčiněn krátkodobým poklesem obyvatel v Praze.

#### 4.1.6 Nápojové kartony

Nápojové kartony se stejně jako čiré sklo začaly třídit až v roce 2004. Na grafu č. 18 je zachycen vývoj vyprodukovaného množství nápojových kartonů v letech 2004 až 2018, společně s odhadem hodnot pro následující dva roky.

**Graf č. 18: Roční produkce nápojových kartonů v letech 2004–2018 s odhadem pro roky 2019 a 2020**



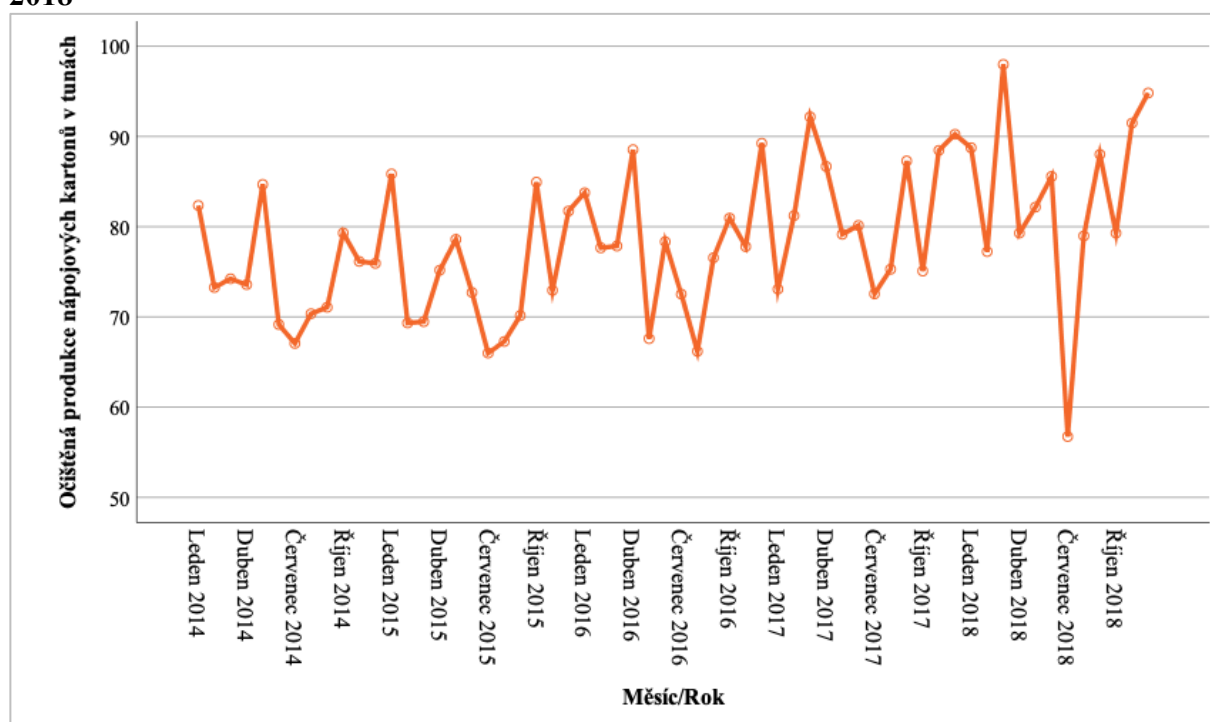
Zdroj: MHMP, vlastní zpracování, pokladová data v přílohách č. 6, č. 18 a č. 19

Jak je z grafu č. 18 patrné, tak produkce nápojových kartonů v průběhu let 2004 až 2018 převážně roste. Mírný pokles byl zaznamenán pouze v letech 2011, 2012 a 2015. Největší úbytek činil 14 tun a byl v roce 2012. Průměrné tempo růstu je 40 %. Průměrné tempo růstu je poměrně vysoké díky enormnímu nárůstu v letech 2004-2006. K největšímu přírůstku došlo v roce 2006. Přírůstek činil 253 tun nápojových kartonů. Od roku 2008 do roku 2012 se tempo růstu postupně zpomalovalo. K největšímu úbytku došlo právě v roce 2012 a úbytek činil 14 tun. Meziroční pokles činil 1,69 %. Predikce u produkce nápojových kartonů byla vytvořena pomocí logaritmické trendové funkce. Ta byla vybrána na základě nejvyšší hodnoty indexu determinace ( $I^2=0,964$ ). V roce 2019 se 95 % interval spolehlivosti pohyboval od 917 tun do 1 192 tun. Bodový odhad činí 1 055 tun odpadu z nápojových kartonů. V následujícím roce činil bodový odhad 1 077 tun. Odhadovaná produkce nápojových kartonů se v roce 2020 bude pohybovat v rozmezí 934 - 1 215 tun nápojových kartonů.

Podíl nápojových kartonů na celkové produkci komunálních odpadů se každoročně zvyšuje. V roce 2004, kdy oddělený sběr nápojových kartonů začal, tvořil podíl nápojových kartonů na celkové produkci 0,0015 %, o šest let později, tj. 2010 už podíl činil 0,2244 %. V roce 2018 podíl dosáhl 0,25 %. Je tedy zřejmé, že na celkové produkci komunálního odpadu má nápojový karton minimální podíl.

Na rozdíl od předešlého grafu popisuje graf č. 19 vývoj produkce odpadních nápojových kartonů po jednotlivých měsících v letech 2014–2018.

**Graf č. 19: Vývoj produkce nápojových kartonů v jednotlivých měsících let 2014–2018**



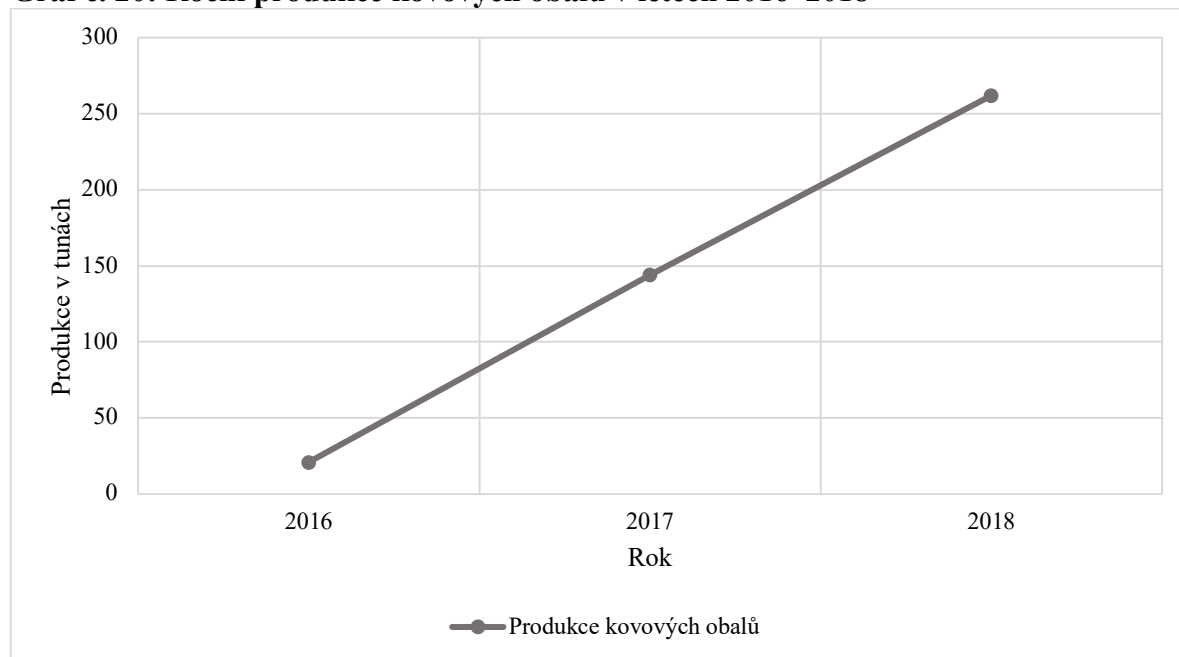
Zdroj: Pražské služby, a. s.; vlastní zpracování v softwaru IBM SPSS Statistics

Z grafu č. 19 je patrné, že k největším poklesům docházelo v červenci v letech 2014, 2015, 2017 a 2018. V roce 2016 došlo k největšímu ročnímu poklesu až v měsíci srpnu. Nejnižší hodnota produkce byla v červenci 2018 a činila 56,74 tun. Skutečná příčina enormního poklesu v červenci 2018 nebyla přesně zjištěna. Možnou příčinou poklesu je krátkodobé snížení počtu obyvatel v Praze. Měsíc červenec je prvním měsícem letních prázdnin a většina obyvatel Prahy vyráží na dovolené. Produkce odpadů z nápojových kartonů dosáhla nejvyšší hranice ve sledovaných obdobích v březnu 2018 a činila 97,98 tun nápojových kartonů. Z výše vyobrazeného grafu č. 19 lze říci, že množství vyprodukovaného odpadu z nápojových kartonů má tendenci se zvyšovat.

#### 4.1.7 Kovové obaly

Separovaně se kovové obaly začaly třídit až v druhé polovině roku 2016, přesněji v měsíci srpnu. Kovové obaly se před srpnem 2016 třídily ve sběrných dvorech nebo častěji končily ve smíšeném komunálním odpadu, ze kterého už dále nebyly separovány. V grafu č. 20 je znázorněn necelý tříletý vývoj produkce kovových obalů.

**Graf č. 20: Roční produkce kovových obalů v letech 2016–2018**



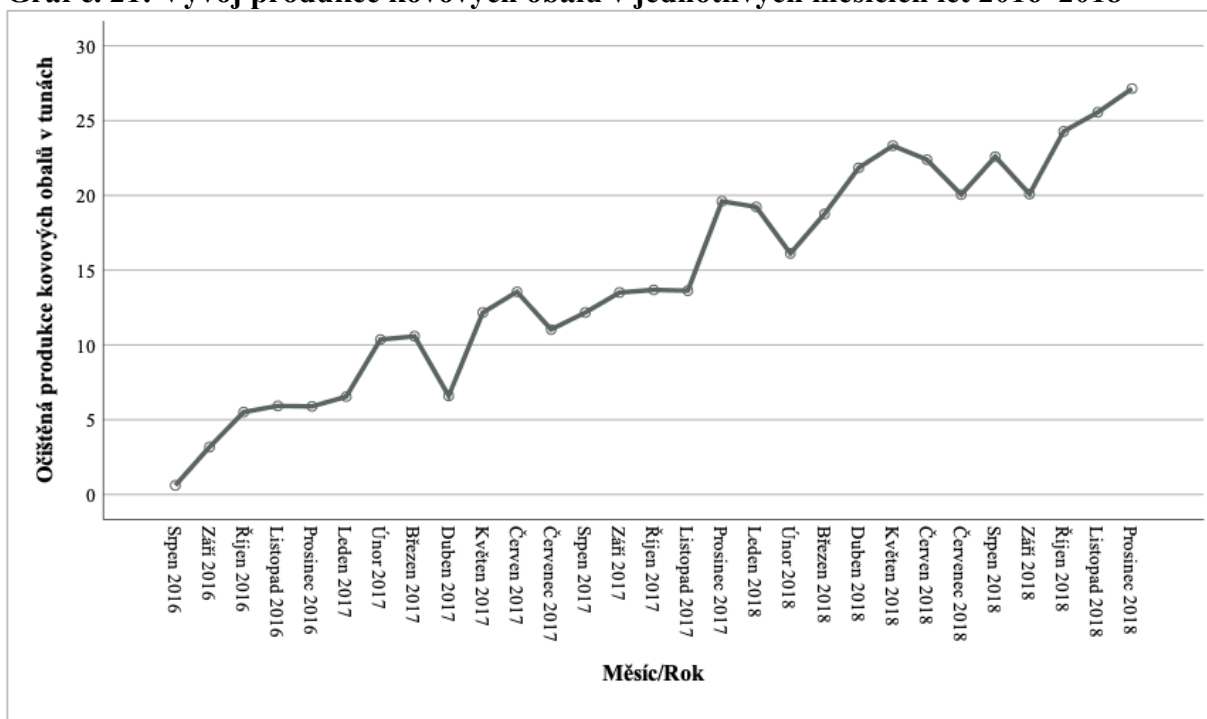
Zdroj: MHMP, vlastní zpracování, pokladová data přílohy č. 7

Produkce v roce 2016 činila 21 tun. O rok později, tedy v roce 2017, se produkce zvýšila o 123 tun a činila tedy 144 tun. V roce 2018 produkce rovněž vzrostla a činila 262 tun. Odhad budoucích hodnot na základě tříleté časové řady není možné provést. Dle průběhu stávající produkce lze ale předpokládat, že rostoucí tendence bude pokračovat.

Kovové obaly tvořily na celkové produkci komunálních odpadů v Praze v roce 2016 0,0053 %, o rok později, tj. 2017 tvořily 0,0359 % a v roce 2018 činily 0,06473 %. Kovové obaly mají stejně jako nápojové kartony minimální podíl na celkové produkci komunálního odpadu v Praze. Dohromady tyto dvě složky tříditelného komunálního odpadu v letech 2016–2018 nepřesáhly ani hranici 1 %.

V následujícím grafu, tj. graf č. 21 je znázorněn vývoj vyprodukovaného množství kovových obalů v jednotlivých měsících let 2016 až 2018.

**Graf č. 21: Vývoj produkce kovových obalů v jednotlivých měsících let 2016–2018**



Zdroj: Pražské služby, a. s.; vlastní zpracování v softwaru IBM SPSS Statistics

Stejně jako tomu bylo u produkce čirého skla ani u produkce kovových obalů není zřejmá sezónnost. Z časové řady o vývoji produkce kovových obalů vyobrazené v grafu č. 21 je zřejmé, že produkce kovových obalů má rostoucí tendenci. Příčinou růstu vytříděného množství kovových obalů je častější výskyt šedivých kontejnerů, které jsou pro sběr určeny a také informovanost obyvatel hlavního města Prahy o této možnosti. Šedé kontejnery na kovové obaly ale nejsou zastoupeny v takovém množství jako ostatní, což je i největší nevýhodou. V prvním měsíci zavedení separovaného sběru, tj. srpen 2016, bylo vytříděno pouze 0,62 tun kovů. V září 2016 bylo vyprodukováno o 2,56 tun kovového odpadu více. Kovových obalů bylo nejvíce vyprodukováno v prosinci 2018 a produkce činila 27,66 tun kovového odpadu.



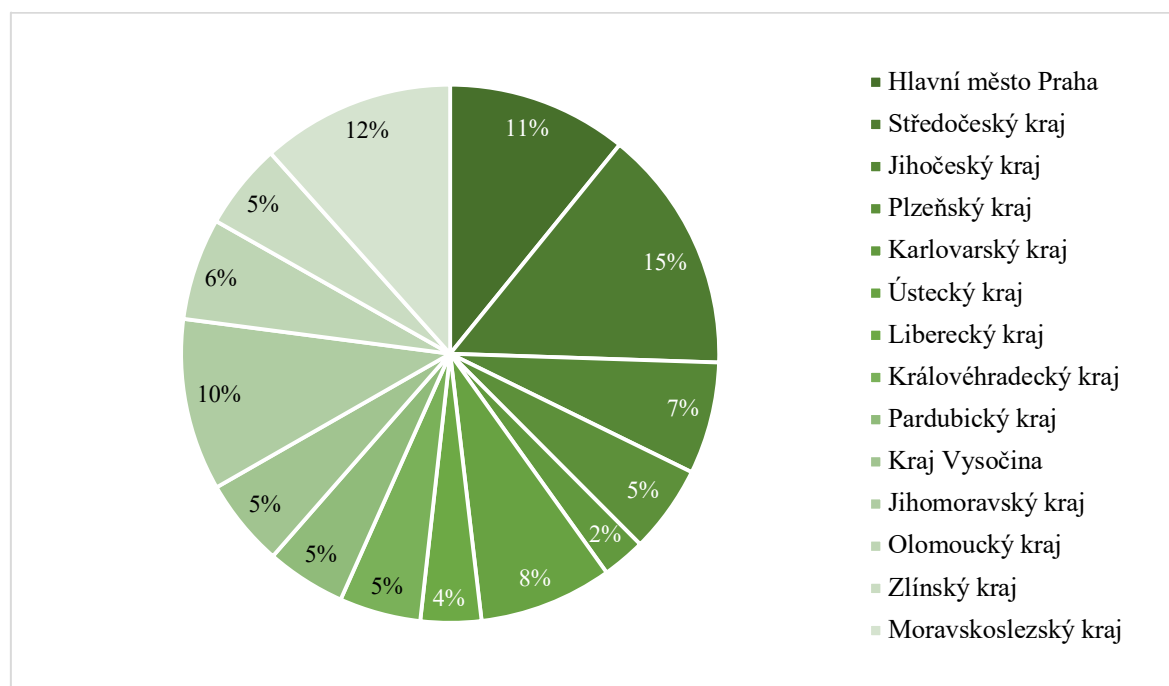
## 4.2 Analýza produkce komunálního odpadu v rámci krajů ČR

Z pohledu krajů se nezaměříme na separované složky komunálního odpadu. Tato kapitola se bude věnovat především obecnému popisu komunálního odpadu a také podílu jednotlivých krajů na celkové produkci komunálního odpadu na celém území České republiky. Při analyzování je brána v potaz rozloha daného kraje a počet obyvatel žijících v daném kraji. Množství vyprodukovaného komunálního odpadu, ale především závisí na počtu obyvatel.

### 4.2.1 Produkce komunálních odpadů v rámci krajů

Níže znázorněný graf č. 22 vyobrazuje podíl jednotlivých krajů při produkci komunálních odpadů bez závislosti na počtu obyvatel či rozloze daného kraje.

**Graf č. 22: Podíl jednotlivých krajů na celkové produkci KO v ČR v roce 2018**



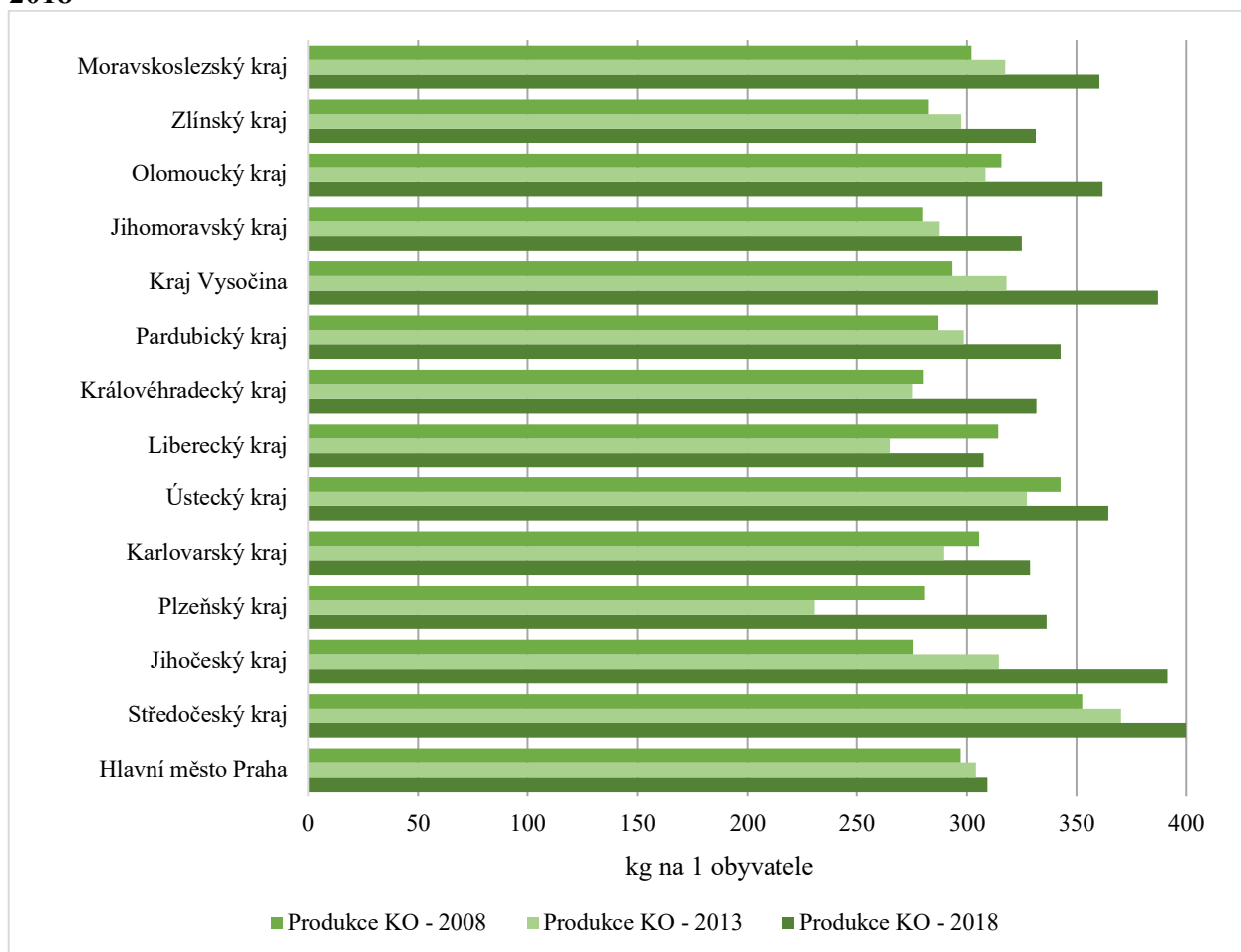
Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování, pokladová data v příloze č. 20

Dle grafu č. 22 má prvenství v množství vyprodukovaného celkového komunálního odpadu v roce 2018 Středočeský kraj. Středočeský kraj celkově za rok 2018 vyprodukoval 547 676 tun komunálního odpadu, což je 15 % z celkové produkce komunálních odpadů v České republice. Příčinou nejvyšší produkce KO v tomto kraji je nejvyšší počet obyvatel oproti ostatním krajům, zároveň je Středočeský kraj i rozlohou největší kraj. Na druhém místě

se s produkcí 433 716 tun umístil kraj Moravskoslezský, který v celkové produkci veškerých komunálních odpadů má 12 %. Moravskoslezský kraj je 3. nejlidnatějším krajem, takže tomu odpovídá i produkce. Třetí místo v podílu na celkové produkci patří hlavnímu městu Praze. Hlavní město Praha v roce 2018 vyprodukovala 404 733 tun komunálního odpadu. Z celkové produkce komunálních odpadů Praha v produkci odpadů zaujímá 11 %. Praha je rozlohově nejmenší kraj v České republice. Jeho rozloha představuje 496 km<sup>2</sup>. Počtem obyvatel se hlavní město Praha řadí na druhé místo. V Praze v roce 2018 žilo dle Českého statistického úřadu 1 308 632 lidí. Takže třetí místo v množství vyprodukovaného komunálního odpadu je dáno především počtem obyvatel. Jihomoravský kraj je posledním krajem, který dosáhl hranice 10 % na celkové produkci komunálního odpadu na území ČR. Vyprodukovalo se zde 385 951 tun odpadu. V Jihomoravském kraji žilo v roce 2018 celkem 1 187 667 lidí. Takže i zde je vyprodukované množství dáno počtem obyvatel. Procentuální podíl množství komunálního odpadu zbylých krajů se pak pohyboval v intervalu od 2 do 8 %. Nejméně odpadů bylo vyprodukováno v Karlovarském kraji. Karlovarský kraj je současně kraj s nejnižším počtem obyvatel. Ve sledovaném roce 2018 zde žilo 294 896 občanů, kteří vyprodukovali 96 936 tun komunálního odpadu.

Následující graf znázorňuje produkci komunálního odpadu na 1 obyvatele v jednotlivých krajích České republiky pro roky 2008, 2013 a 2018.

**Graf č. 23: Produkce KO na 1 obyvatele v jednotlivých krajích v roce 2008, 2013 a 2018**



Zdroj: ČSÚ, vlastní zpracování, pokladová data v příloze č. 21

Z grafu č. 23 je patrné, že největší množství vyprodukovaného komunálního odpadu na 1 obyvatele má Středočeský kraj, a to ve všech vyobrazených letech. V roce 2008 ve Středočeském kraji připadlo na 1 obyvatele 353 kg komunálního odpadu, v roce 2013 připadlo na 1 obyvatele o 13 kg komunálního odpadu více než v roce 2008. V roce 2018 na každého obyvatele Středočeského kraje připadlo 400 kg komunálního odpadu. Dále je z grafu patrné, že nejpomaleji roste produkce komunálních odpadů na 1 obyvatele na území hlavního města Prahy, i když je Praha druhý nejlidnatější kraj. V roce 2008 připadlo na každého občana z Prahy 297 kg odpadu, v roce 2013 to bylo 304 kg a v roce 2018 připadlo na 1 obyvatele 309 kg. Na každého obyvatele Středočeského kraje tedy připadne o 90 kg komunální odpadu více než na obyvatele Prahy. V prvních 5 letech

tedy od roku 2008 do roku 2013 bylo ve většině krajů zaznamenáno mírné zvýšení vyprodukovaného množství na 1 obyvatele. Výjimkou byl kraj Královéhradecký, Liberecký, Ústecký, Karlovarský a Plzeňský. Na druhém místě v roce 2018 ve množství vyprodukovaného komunálního odpadu na 1 obyvatele je kraj Jihočeský, kde každý občan v průměru vyprodukoval 392 kg komunálního odpadu. ve stejném roce na třetím místě skončil kraj Vysočina, ve kterém se na jednoho obyvatele vyprodukovalo 387 tun komunálního odpadu. V Libereckém kraji se od roku 2008 do roku 2015 podařilo snižovat produkci komunálních odpadů na obyvatele. V roce 2016 nastal zlom, množství vyprodukovaného komunálního odpadu se meziročně zvýšilo o 36 kg. V roce 2018 připadlo na 1 obyvatele Libereckého kraje nejméně odpadů v celé České republice. Produkce na 1 obyvatele, zde činila 308 kg.

Jak je z grafů č. 22 a 23 patrné tak prvenství má vždy Středočeský kraj. Středočeský kraj je nejlidnatějším a rozlohově největším krajem. Počet obyvatel a zároveň i typy sídel mohou být příčinou vyšší produkce komunálního odpadu. Obyvatelé ve Středočeském kraji bydlí převážně v domech se zahradou. Veškeré odpady ze zahrad se také řadí do komunálního odpadu. Naopak v hlavním městě je mnohem menší množství domů, kde by mohl vznikat tento odpad, proto produkce komunálních odpadů v Praze je výrazně nižší. Také je z grafu č. 23 zřejmé, že množství komunálního odpadu na 1 obyvatele v Praze roste nejpomaleji ze všech krajů. Možným důvodem pomalé produkce je snaha obyvatel Prahy omezovat své odpady.

Další možnou příčinnou nízké produkce jsou širší možnosti velkoměsta. Pražané mohou svůj odpad omezovat díky prodejnám typu „bez obalu“ či častým farmářským trhům. Na druhém místě v produkci komunálního odpadu na 1 obyvatele je Jihočeský kraj. Při podílu na celkové produkci komunálního odpadu je tento kraj až na 6. místě se 7 % podílu. Zde je zřetelně viditelné, že na počtu obyvatel v kraji záleží. Na 3. místě v produkci na 1 obyvatele je kraj Vysočina. Tento kraj se na celkové produkci podílel z 5 %. Karlovarský kraj, který z celkového podílu na produkci komunálního odpadu má jen 2 %, tak i v produkci na 1 obyvatele výrazně nevyčnívá. Na 1 obyvatele v roce 2018 připadlo 328 kg komunálního odpadu, což není o tolik víc než hlavní město Praha.

Je tedy zřejmé, že největší vliv na množství vyprodukovaného komunálního odpadu má počet obyvatel v daném kraji. Rozloha nijak významně produkci neovlivňuje.

## 5 Výsledky a diskuse

### 5.1 Výsledky analýzy tříditelných složek komunálního odpadu v Praze

Problematika odpadového hospodářství se začíná zařazovat mezi významná témata. Jak je z výše provedených analýz o jednotlivých tříditelných složkách komunálního odpadu zřejmé, množství vyprodukovaného odpadu až na malé poklesy spíše narůstá. U produkce směsného odpadu lze při volbě kvadratické trendové funkce očekávat i nadále pokles. Je tomu tak u všech komodit separovaného sběru. Například u papíru dochází k sezónnímu nárůstu v prosinci, kdy se spotřeba tohoto materiálu značně zvyšuje. Prosincový sezónní nárůst se objevuje u všech komodit, ale ne v takové míře jako u papíru.

Produkce směsného odpadu v hlavním městě Praze je značně vyšší než u jednotlivých složek separovaného sběru. Úbytek ve vyprodukovaném množství směsného odpadu nastal mezi roky 1998/99, 2003/04, 2013/14, 2014/15. V ostatních letech byl zaznamenán pouze nárůst. Možnou příčinou poklesu vyprodukovaného množství v roce 2004 je zavedení dvou nových složek separovaného sběru – nápojových kartonů a čirého skla. Na základě odhadu pomocí kvadratické trendové funkce došlo ke zjištění výsledků budoucích hodnot produkce směsného odpadu pro roky 2019 a 2020. Kvadratická funkce byla zvolena za předpokladu, že produkce směsného komunálního odpadu bude klesat, ale současně bude produkce tříditelných složek růst. ve směsném kontejneru často končí i tříditelný odpad. Odhadové hodnoty tedy mají klesající tendenci. Hlavní příčinou, proč tříditelné složky končí ve směsném kontejneru je, že docházková vzdálenost ke směsnému odpadu bývá kratší než k tříditelným kontejnerům. Příčinou, že tříděný odpad končí ve směsném, je i špatné zařazování materiálů do jednotlivých kontejnerů. O tom, zda tříditelné složky skončí ve směsném odpadu, pak rozhoduje subjektivní názor pracovníka svozové společnosti.

V hlavním městě Praze patří papír jako tříditelná složka komunálního odpadu mezi nejvíce tříděnou komoditu. Pomocí statistické analýzy bylo zjištěno, že produkované množství papíru od roku 1998 do roku 2009 rostlo. V roce 2010 nastal pokles produkovaného množství papírového odpadu, který trval až do roku 2015. V roce 2016 došlo k nárůstu produkce a tento nárůst trvá až do roku 2018. Na základě Brownova exponenciálního vyrovnávání byla zjištěna predikce pro roky 2019 a 2020, která bude dle odhadů mít rostoucí tendenci. Papír je v současné době brán za ekologičtější, než je plast. Jeho využívanost se při běžných činnostech, například nákup potravin či oblečení, zvyšuje.

Do produkce barevného skla v letech 1998–2004 byla zařazeno i sklo čiré. Do roku 2004 totiž neexistovala možnost separovaného sběru. Produkce barevného skla pokleslo pouze ve čtyřech případech – 2008/09, 2010/11, 2013/14, 2016/17. V ostatních letech sledovaného období přetrvával rostoucí trend vývoje. Pro roky 2019 a 2020 byla vytvořena predikce pomocí logaritmické trendové funkce. Tendence budoucího vývoje je rostoucí.

Analyzovaná časová řada pro produkci čirého je kratší než u výše zmíněných komodit. Čiré sklo se separovaně začalo třídit až v roce 2004. Na základě elementárních charakteristik bylo zjištěno, že k poklesům v růstové tendenci došlo v letech 2006/07, 2013/14, 2015/16. Ve zbylých letech sledovaného období množství vyprodukovaného čirého skla rostlo. Na základě predikce pomocí logaritmické trendové funkce bude hodnota bodových odhadů pro roky 2019 a 2020 mít rostoucí tendenci.

Analýzy pro produkci plastů poukazují, že ve sledovaných letech 1998 až 2018 je vývojová tendence rostoucí. K mírnému poklesu došlo pouze mezi roky 2014 a 2015. Odhad produkce pro roky 2019 a 2020 bude mít rostoucí tendenci. Predikce byla vytvořena na základě lineární trendové funkce. Do budoucna lze předpokládat, že bude rostoucí tendence pokračovat, protože v dnešní době je plast nejvyužívanější obalový materiál. Rostoucí tendence vývoje u plastového odpadu je znepokojující. Česká republika jako vyspělá země by se měla snažit své plastové odpady omezovat ve všech směrech.

Nápojové kartony se stejně jako čiré sklo začaly separovaně sbírat až v roce 2004. Stejně jako u předchozí složky tříditelného komunálního odpadu má jeho produkce spíše rostoucí tendenci. K poklesům došlo ve třech případech – 2010/11, 2011/12, 2014/15. I pro budoucí období, tj. roky 2019 a 2020 je pomocí logaritmické trendové funkce stanoven předpoklad rostoucí tendence vývoje.

Kovové obaly se separovaně začaly třídit až v 2. polovině roku 2016. Tendence jejich vývoje zaznamenala pouze růstovou fázi. Predikce pro kovové obaly nemohla být vytvořena, protože časová řada je příliš krátká. Kovové obaly se před rokem 2016 odevzdávaly do sběrných dvorů nebo končily ve směsném odpadu.

Z pohledu relativního vyjádření jednotlivých složek komunálního odpadu je zřejmé, že hlavní podíl má ve sledovaném období (1998–2018) směsný odpad. Podíl recyklovatelných složek na celkové produkci komunálního odpadu v roce 1998 tvořil 3,16 %, v roce 2018 podíl přesáhl hranici 14 %. Podíl recyklovatelných složek se s pomalou tendencí růstu zvyšuje.

## 5.2 Výsledky analýzy komunálního odpadu ve všech krajích ČR

Produkce komunálních odpadů v jednotlivých krajích České republiky je z primárního hlediska závislá na počtu obyvatel v kraji. Sekundárním ukazatelem je u produkce komunálních odpadů rozloha daného kraje. Nejvíce komunálního odpadu bez závislosti na počtu obyvatel či velikosti vyprodukuje kraj Středočeský, poté hlavní město Praha, kraj Jihomoravský a Moravskoslezský kraj. U všech krajů ve sledovaných letech 2008–2018 se pohyboval počet obyvatel nad hranicí 1 milionu. Z analýz a výše vyobrazených grafů je jasné, že ve Středočeském kraji je největší produkce komunálních odpadů a zároveň je to nejlidnatější kraj v České republice. Dále je zřejmé, že se vyprodukované množství odpadů v jednotlivých krajích zvyšuje se současně se zvyšujícím počtem obyvatelstva v daném kraji. Nejvíce komunálního odpadu za rok 2018 na 1 obyvatele vyprodukoval Středočeský kraj, kde na 1 obyvatele připadá neuvěřitelných 400 kg ročně. Za Středočeským krajem následuje v produkci na 1 obyvatele Jihočeský kraj, kde sice celková produkce komunálního odpadu činila 251 400 tun, ale produkce na 1 obyvatele činila 392 kg. Dále následuje kraj Vysočina, kde v průměru 1 obyvateľ vyprodukuje 387 kg, celková produkce v kraji za 2018 nepřesáhla ani 200 tis. tun komunálního opadu. Je tedy zřejmé, že množství vyprodukovaných odpadů záleží na počtu obyvatel v kraji. Hlavní město Praha v produkci na 1 obyvatele obsadilo 13. místo. Na 1 obyvatele se zde v roce 2018 vyprodukovalo 309 kg. Na posledním místě v produkci na 1 obyvatele skončil kraj Liberecký, kde 1 obyvateľ v průměru vyprodukoval 307,55 kg.

### **5.3 Snížení produkce odpadů nejen v České republice**

Zvyšující se produkce odpadů je problémem nejen v České republice, ale i v celém světě. Touto problematikou se v současné době zabývají spíše vyspělé země světa. Ty se snaží snižovat svoji produkci nebo alespoň vyprodukovaný odpad šetrně likvidovat. V zemích „třetího světa“ či na asijském kontinentu se omezováním odpadů nezbývají v takové míře, v jaké by měli. Tím, že některé evropské státy, včetně České republiky, do roku 2018 vyvážely především plastové odpady do Číny, tak situaci v Asii nepomohly.

V České republice se ve spolupráci Karlovarské minerální vody, a. s. a Košík.cz podařilo zavést projekt o vratných PET láhvích. Z mnoha stran se na tento projekt snáší negativní ohlas, že na vratné plastové láhve není naše země připravena. Spíše na tento tah nejsou připraveny velké i malé potravinové řetězce, které by vratné PET láhve musely vykupovat, tak jako tomu je u vratných skleněných pivních láhví. Tento projekt, který by pomohl snížit produkci odpadních plastů, ale nepodporuje zatím žádný významný kamenný řetězec.

V posledních letech se nejen na českém trhu začaly objevovat ve velkých obchodních řetězcích snahy o snížení produkce jednorázových plastových obalů. ve velkých prodejních řetězcích si můžete zakoupit znovu použitelné sáčky na ovoce a zeleninu. Dále se společně s plastovými taškami prodávají o trochu ekologičtější papírové tašky. Některé řetězce drogerií zavádějí stanice, kde si do již do koupené nádoby dá opakovatelně koupit jen ten daný produkt.

Se snižováním množství vyprodukovaného komunálního odpadu by měl každý občan České republiky začít u sebe. Snažit se ve své domácnosti či práci omezit jednorázové obaly, snažit se třídít vše, co je možné nebo nevyhazovat nic, co by mohlo ještě posloužit.



## 6 Závěr

Odpady obecně jsou významným tématem, kterým se v současné době je potřeba zabývat. Produkce nejen komunálních odpadů má rostoucí tendenci. Zvyšující se produkce všech odpadů má negativní vliv na životní prostředí či krajiny tvorbu daného území. V současné době se objevují projekty, které se snaží o omezování jednorázových obalů. Tyto projekty jsou teprve na začátku a zatím nemají žádný velký vliv na snížení produkce tříditelných složek komunálních odpadů. Produkce směsného komunálního odpadu se díky tříditelným složkám snižuje.

V hlavním městě Praze je zavedený určitý systém třídění odpadů. Nejvíce zastoupeny jsou kontejnery na směsný odpad, kterého se i vyprodukuje nejvíce. Dále jsou zde zastoupeny kontejnery na tříděný odpad (papír, plast, sklo barevné a čiré, nápojové kartony, kovové obaly), které jsou rozmístěné dle počtu obyvatel v dané lokalitě. V hlavním městě lze třídít i drobnou elektroniku a textil. V případě textilu se nejedná přesně o odpad. Textil, který je vložen do speciálních kontejnerů většinou rovnou putuje charitativním organizacím, které si ho protřídí. Drobná elektronika je dále rozebírána ve specializovaných společnostech. Hlavním důvodem sběru elektroniky je získat drahé kovy, které by následně mohly být znovu využity pro výrobu nových elektronických zařízení.

Má práce se zaměřuje na posuzování a vyhodnocování vývoje produkce složek komunálního odpadu v hlavním městě Praze v letech 1998–2018. Posouzení a vyhodnocení proběhlo pomocí elementárních charakteristik. Odhad budoucí produkce je vytvořen pomocí trendových funkcí a Brownova exponenciálního vyrovnávání. Současně je zaměřena na porovnání produkce komunálního odpadů mezi kraji. Produkce komunálních odpadů v jednotlivých krajích České republiky je ovlivněna počtem obyvatelstva v kraji.

U většiny posuzovaných a vyhodnocovaných složek komunálního odpadu v Praze lze dle výsledků zobrazených v grafech tvrdit, že i přes určité meziroční poklesy bude daná složka komunálního odpadu spíše růst. Se zvyšujícím se počtem obyvatelstva nejen na území hlavního města Prahy, ale i v celé České republice, se produkce celkového komunálního odpadu zvyšuje, především jeho tříditelných složek. Rostoucí tendenci komunálních odpadů v Praze a celé ČR lze očekávat i do budoucna.

## 7 Seznam použitých zdrojů

**Benešová, Libuše. 2011.** *Komunální a podobné odpady*. 1. vydání. Praha : ENZO, 2011. ISBN 978-80-901732-1-7.

**Dvořáková, Ilena. 2020.** Český hydrometeorologický ústav. [Online] 2020. [Citace: 30. leden 2020.] <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emise/spalovny/index.html>.

**Hendl, Jan. 2015.** *Přehled statistických analýz: Analýza a metaanalýza*. 5. rozšířené vydání. Praha : Portál s. r. o., 2015. ISBN 978-80-262-0981-2.

**Hindls, Richard, a další. 2007.** *Statistika pro ekonomy*. 8. vydání. Praha : Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-43-6.

**Jak třídít.cz. 2020.** Jak třídít.cz. [Online] EKO-KOM, a. s., 2020. [Citace: 15. Únor 2020.] <https://www.jaktridit.cz/cz/co-se-deje-s-odpadem/recyklace-a-vyuziti-napojovych-kartonu>.

**Jirásková, Ivana a Sobotka, Michal. 2002.** *Zákon o odpadech s vysvětlivkami*. Praha : Linde Praha a. s., 2002. ISBN 978-80-7201-317-3.

**Kadlíková, Lenka. 2006.** příroda.cz. [Online] 2. Srpen 2006. [Citace: 10. Březen 2020.] <https://www.priroda.cz/clanky.php?detail=689>.

**Kašpar, Jakub. 2009.** Ministerstvo životního prostředí. [Online] 27. Únor 2009. [Citace: 15. Únor 2020.] [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news\\_tz090304odpady\\_administrativa/\\$FILE/il090227odpady.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_tz090304odpady_administrativa/$FILE/il090227odpady.pdf).

**Kába, Bohumil a Svatošová, Libuše. 2014.** *Statistické metody II*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2014. ISBN 978-80-213-1736-9.

**Káňa, Jan. 2014.** Biouhel. [Online] 2014. [Citace: 5. Únor 2020.] <https://biouhel.cz/?p=374>.

**Kuraš, Mečislav. 2014.** *Odpady a jejich zpracování*. Chrudim : Vodní zdroje Ekomonitor spol s r. o., 2014. ISBN 978-80-86832-80-7.

**Pražské služby, a. s. 2019.** Pražské služby, a. s. . [Online] 2019. [Citace: 30. Prosinec 2019.] <https://www.psas.cz/spalovna-zevo>.

**Siegle, Lucy. 2010.** *Recycle: The Essential Guide*. Londýn : Black Dog Publishing Limited, 2010.

**Strnadová, Lenka a Vacková, Lucie. 2018.** Český statistický úřad. [Online] 2018. [Citace: 29. Leden 2020.] <https://www.czso.cz/documents/10180/98121450/280029-19.pdf/a732554f-bc8f-431a-b41b-acd9b89b1f8a?version=1.0>.

**Šátková, Michaela. 2006.** EKO-KOM, a. s. [Online] 2006. [Citace: 1. Únor 2020.]  
[https://www.ekokom.cz/uploads/attachments/Klienti/Ekomunikace/EKOKOMunikace\\_03-06.pdf](https://www.ekokom.cz/uploads/attachments/Klienti/Ekomunikace/EKOKOMunikace_03-06.pdf).

**Trebichavský, Jan, Havrdová, Dagmar a Blohberger, Milan. 1996.** *Příručka pro nakládání s odpady*. Kutná Hora : NSO - Ing. František Nekvasil, 1996.

## 8 Přílohy

Příloha č. 1: Elementární charakteristiky roční produkce směsného odpadu .....	69
Příloha č. 2: Elementární charakteristiky roční produkce papíru .....	69
Příloha č. 3: Elementární charakteristiky roční produkce plastů .....	70
Příloha č. 4: Elementární charakteristiky roční produkce barevného skla .....	70
Příloha č. 5: Elementární charakteristiky roční produkce čirého skla .....	71
Příloha č. 6: Elementární charakteristiky roční produkce nápojových kartonů.....	71
Příloha č. 7: Elementární charakteristiky roční produkce kovových obalů.....	71
Příloha č. 8: Predikce pro produkci směsného odpadu.....	72
Příloha č. 9: Test významnosti pro produkci směsného odpadu.....	72
Příloha č. 10: Predikce pro produkci papíru .....	73
Příloha č. 11: Test významnosti pro produkci papíru.....	73
Příloha č. 12: Predikce pro produkci plastů.....	74
Příloha č. 13: Test významnosti pro produkci plastů.....	74
Příloha č. 14: Predikce pro produkci barevného skla .....	75
Příloha č. 15: Test významnosti pro produkci barevného skla.....	75
Příloha č. 16: Predikce pro produkci čirého skla.....	76
Příloha č. 17: Test významnosti pro produkci čirého skla.....	76
Příloha č. 18: Predikce pro produkci nápojových kartonů.....	77
Příloha č. 19: Test významnosti pro produkci nápojových kartonů .....	77
Příloha č. 20: Produkce KO v krajích ČR v letech 2008–2018 .....	78
Příloha č. 21: Produkce KO v krajích na 1 obyvatele v letech 2008–2018 .....	79

**Příloha č. 1: Elementární charakteristiky roční produkce směsného odpadu**

Rok	Produkce směsného odpadu	1. diference (2.17)	2. diference (2.18)	Tempo růstu v % (2.19)
1998	210500	-	-	-
1999	208600	-1 900	-	-0,90
2000	209900	1 300	3 200	0,62
2001	211800	1 900	600	0,91
2002	226700	14 900	13 000	7,03
2003	230200	3 500	-11 400	1,54
2004	231000	800	-2 700	0,35
2005	234700	3 700	2 900	1,60
2006	237700	3 000	-700	1,28
2007	240300	2 600	-400	1,09
2008	243100	2 800	200	1,17
2009	244600	1 500	-1 300	0,62
2010	245100	500	-1 000	0,20
2011	246800	1 700	1 200	0,69
2012	247300	500	-1 200	0,20
2013	246300	-1 000	-1 500	-0,40
2014	246200	-100	900	-0,04
2015	247200	1 000	1 100	0,41
2016	249200	2 000	1 000	0,81
2017	250200	1 000	-1 000	0,40
2018	253800	3 600	2 600	1,44

Zdroj: Vlastní zpracování dat dle ročenek Magistrátu hlavního města Prahy

**Příloha č. 2: Elementární charakteristiky roční produkce papíru**

Rok	Produkce papíru	1. diference (2.5)	2. diference (2.6)	Tempo růstu v % (2.7)
1998	3983	-	-	-
1999	8205	4 222	-	106,00
2000	11152	2 947	-1275	35,92
2001	11501	349	-2598	3,13
2002	13738	2 237	1888	19,45
2003	16097	2 359	122	17,17
2004	18003	1 906	-453	11,84
2005	19214	1 211	-695	6,73
2006	22244	3 030	1819	15,77
2007	23711	1 467	-1563	6,60
2008	26732	3 021	1554	12,74
2009	28128	1 396	-1625	5,22
2010	26162	-1 966	-3362	-6,99
2011	22636	-3 526	-1560	-13,48
2012	22360	-276	3250	-1,22
2013	22299	-61	215	-0,27
2014	21207	-1 092	-1031	-4,90
2015	20633	-574	518	-2,71
2016	21426	793	1367	3,84
2017	22488	1 062	269	4,96
2018	23602	1 114	52	4,95

Zdroj: Vlastní zpracování dat dle ročenek Magistrátu hlavního města Prahy

**Příloha č. 3: Elementární charakteristiky roční produkce plastů**

Rok	Produkce plastů	1. diference (2.5)	2. diference (2.6)	Tempo růstu v % (2.7)
1998	684	-	-	-
1999	2172	1 488	-	217,54
2000	3586	1 414	-74	65,10
2001	4623	1 037	-377	28,92
2002	5081	458	-579	9,91
2003	6040	959	501	18,87
2004	6596	556	-403	9,21
2005	7164	568	12	8,61
2006	8114	950	382	13,26
2007	9643	1 529	579	18,84
2008	10609	966	-563	10,02
2009	10675	66	-900	0,62
2010	10956	281	215	2,63
2011	11594	638	357	5,82
2012	11904	310	-328	2,67
2013	12042	138	-172	1,16
2014	11950	-92	-230	-0,76
2015	12546	596	688	4,99
2016	12827	281	-315	2,24
2017	13897	1 070	789	8,34
2018	14689	792	-278	5,70

Zdroj: Vlastní zpracování dat dle ročenek Magistrátu hlavního města Prahy

**Příloha č. 4: Elementární charakteristiky roční produkce barevného skla**

Rok	Produkce barevného skla	1. diference (2.5)	2. diference (2.6)	Tempo růstu v % (2.7)
1998	2248	-	-	-
1999	3018	770	-	34,25
2000	5039	2 021	1 251	66,96
2001	6016	977	-1 044	19,39
2002	6711	695	-282	11,55
2003	7436	725	30	10,80
2004	7909	473	-252	6,36
2005	8399	490	17	6,20
2006	9119	720	230	8,57
2007	10425	1 306	586	14,32
2008	11805	1 380	74	13,24
2009	11615	-190	-1 570	-1,61
2010	12090	475	665	4,09
2011	11955	-135	-610	-1,12
2012	12367	412	547	3,45
2013	12451	84	-328	0,68
2014	11771	-680	-764	-5,46
2015	11851	80	760	0,68
2016	13282	1 431	1 351	12,07
2017	13181	-101	-1 532	-0,76
2018	13931	750	851	5,69

Zdroj: Vlastní zpracování dat dle ročenek Magistrátu hlavního města Prahy

**Příloha č. 5: Elementární charakteristiky roční produkce čirého skla**

Rok	Produkce čirého skla	1. diference (2.5)	2. diference (2.6)	Tempo růstu v % (2.7)
2004	2	-	-	-
2005	432	430	-	21500,00
2006	828	396	-34	91,67
2007	996	168	-228	20,29
2008	1529	533	365	53,51
2009	2206	677	144	44,28
2010	2509	303	-374	13,74
2011	3235	726	423	28,94
2012	3490	255	-471	7,88
2013	3490	0	-255	0,00
2014	3464	-26	-26	-0,74
2015	3572	108	134	3,12
2016	3402	-170	-278	-4,76
2017	3436	34	204	1,00
2018	3465	29	-5	0,84

Zdroj: Vlastní zpracování dat dle ročenek Magistrátu hlavního města Prahy

**Příloha č. 6: Elementární charakteristiky roční produkce nápojových kartonů**

Rok	Produkce nápojových kartonů	1. diference (2.5)	2. diference (2.6)	Tempo růstu v % (2.7)
2004	9	-	-	-
2005	171	162	-	1800,00
2006	424	253	91	147,95
2007	536	112	-141	26,42
2008	701	165	53	30,78
2009	794	93	-72	13,27
2010	835	41	-52	5,16
2011	828	-7	-48	-0,84
2012	814	-14	-7	-1,69
2013	870	56	70	6,88
2014	897	27	-29	3,10
2015	895	-2	-29	-0,22
2016	937	42	44	4,69
2017	981	44	2	4,70
2018	1000	19	-25	1,94

Zdroj: Vlastní zpracování dat dle ročenek Magistrátu hlavního města Prahy

**Příloha č. 7: Elementární charakteristiky roční produkce kovových obalů**

Rok	Produkce kovových obalů	1. diference (2.5)	2. diference (2.6)	Tempo růstu v % (2.7)
2016	21	-	-	-
2017	144	123	-	585,71
2018	262	118	-5	81,94

Zdroj: Vlastní zpracování dat dle ročenek Magistrátu hlavního města Prahy

### Příloha č. 8: Predikce pro produkci směšného odpadu

Rok	Predikce pro produkci směšného odpadu	Dolní hranice 95 % intervalového odhadu	Horní hranice 95 % intervalového odhadu
2019	248684,06	240361,368	257006,752
2020	247692,18	238771,9	256612,461

Zdroj: Vlastní zpracování dat MHMP v softwaru IBM SPSS Statistics

### Příloha č. 9: Test významnosti pro produkci směšného odpadu

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	4,129E+9	2	2,064E+9	200,199	,000
Residual	185618551	18	10312141,7		
Total	4,315E+9	20			

Zdroj: Vlastní zpracování dat MHMP v softwaru IBM SPSS Statistics

$H_0$ : Model je statisticky významný

$H_A$ : Model není statisticky významný

$F = 200,199$

$p = 0,000 < \alpha = 0,05 \dots \dots H_0$

Na základě výsledků F – testu bylo prokázáno, že zvolená kvadratická trendová funkce je vhodná pro predikci hodnot směšného odpadu.



**Příloha č. 10: Predikce pro produkci papíru**

Rok	Predikce produkci papíru	Dolní hranice 95 % intervalového odhadu	Horní hranice 95 % intervalového odhadu
2019	25821,99	18563,19	33080,79
2020	7878,36	4551,87	11204,86

Zdroj: Vlastní zpracování dat MHMP v softwaru IBM SPSS Statistics

**Příloha č. 11: Test významnosti pro produkci papíru**

Exponential Smoothing Model Parameters					
Model		Estimate	SE	t	Sig.
Produkce papíru v tunách-Model_1	Alpha (Level and Trend)	,970	,081	12,034	,000

Zdroj: Vlastní zpracování dat MHMP v softwaru IBM SPSS Statistics

$H_0$ : Model je statisticky významný

$H_A$ : Model není statisticky významný

$t=12,034$

$p=0,000 < \alpha=0,05 \dots \dots H_0$

Na základě výsledků t – testu bylo prokázáno, že zvolené Brownovo exponenciální vyrovnávání je vhodné pro predikci hodnot produkce papíru.

**Příloha č. 12: Predikce pro produkci plastů**

Rok	Predikce produkci plastů	Dolní hranice 95 % intervalového odhadu	Horní hranice 95 % intervalového odhadu
2019	15886,65714	13782,04250	17991,27179
2020	16519,67792	14389,13275	18650,22309

Zdroj: Vlastní zpracování dat MHMP v softwaru IBM SPSS Statistics

**Příloha č. 13: Test významnosti pro produkci plastů**

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	308550786	1	308550786	367,647	,000
Residual	15945902,8	19	839258,043		
Total	324496689	20			

Zdroj: Vlastní zpracování dat MHMP v softwaru IBM SPSS Statistics

$H_0$ : Model je statisticky významný

$H_A$ : Model není statisticky významný

$F = 367,647$

$p = 0,000 < \alpha = 0,05 \dots \dots H_0$

Na základě výsledků F – testu bylo prokázáno, že zvolená lineární trendová funkce je vhodná pro predikci hodnot produkce plastů.

**Příloha č. 14: Predikce pro produkci barevného skla**

Rok	Predikce pro produkci barevného skla	Dolní hranice 95 % intervalového odhadu	Horní hranice 95 % intervalového odhadu
2019	13508,91913	11886,00455	15131,83371
2020	13693,42018	12065,89234	15320,94801

Zdroj: Vlastní zpracování dat MHMP v softwaru IBM SPSS Statistics

**Příloha č. 15: Test významnosti pro produkci barevného skla**

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	230317520	1	230317520	426,104	,000
Residual	10269876,8	19	540519,829		
Total	240587397	20			

Zdroj: Vlastní zpracování dat MHMP v softwaru IBM SPSS Statistics

$H_0$ : Model je statisticky významný

$H_A$ : Model není statisticky významný

$F = 426,104$

$p = 0,000 < \alpha = 0,05 \dots \dots H_0$

Na základě výsledků F – testu bylo prokázáno, že zvolená logaritmická trendová funkce je vhodná pro predikci hodnot produkce barevného skla.

**Příloha č. 16: Predikce pro produkci čirého skla**

Rok	Predikce pro produkci čirého skla	Dolní hranice 95 % intervalového odhadu	Horní hranice 95 % intervalového odhadu
2019	3855,08994	2937,66569	4772,51419
2020	3951,50058	3028,82805	4874,17312

Zdroj: Vlastní zpracování dat MHMP v softwaru IBM SPSS Statistics

**Příloha č. 17: Test významnosti pro produkci čirého skla**

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	21650266,1	1	21650266,1	139,739	,000
Residual	2014140,81	13	154933,908		
Total	23664406,9	14			

Zdroj: Vlastní zpracování dat MHMP v softwaru IBM SPSS Statistics

$H_0$ : Model je statisticky významný

$H_A$ : Model není statisticky významný

$F = 139,739$

$p = 0,000 < \alpha = 0,05 \dots \dots H_0$

Na základě výsledků F – testu bylo prokázáno, že zvolená logaritmická trendová funkce je vhodná pro predikci hodnot produkce čirého skla.

**Příloha č. 18: Predikce pro produkci nápojových kartonů**

Rok	Predikce pro produkci nápojových kartonů	Dolní hranice 95 % intervalového odhadu	Horní hranice 95 % intervalového odhadu
2019	1054,50773	917,19121	1191,82425
2020	1077,20667	939,10461	1215,30873

Zdroj: Vlastní zpracování dat MHMP v softwaru IBM SPSS Statistics

**Příloha č. 19: Test významnosti pro produkci nápojových kartonů**

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1200119,71	1	1200119,71	345,759	,000
Residual	45122,689	13	3470,976		
Total	1245242,40	14			

Zdroj: Vlastní zpracování dat MHMP v softwaru IBM SPSS Statistics

$H_0$ : Model je statisticky významný

$H_A$ : Model není statisticky významný

F= 345,759

$p=0,000 < \alpha=0,05 \dots \dots H_0$

Na základě výsledků F – testu bylo prokázáno, že zvolená logaritmická trendová funkce je vhodná pro predikci hodnot produkce nápojových kartonů.

**Příloha č. 20: Produkce KO v krajích ČR v letech 2008–2018**

Kraje	Roky										
	Skutečné hodnoty										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Hlavní město Praha	366276	375065	372145	379557	377982	377772	376250	380337	393515	401008	404733
Středočeský kraj	433835	451104	523201	657448	482589	482253	464289	494366	529175	537526	547676
Jihočeský kraj	175258	179987	217918	197130	197713	200283	207289	220537	237458	236597	251400
Plzeňský kraj	159927	177654	136904	137205	138932	132252	144478	162766	190830	187941	196569
Karlovarský kraj	94209	95630	92661	94300	86332	86896	92045	88744	100816	97171	96936
Ústecký kraj	286412	279723	256231	264726	263476	269897	261880	264375	285872	296217	299060
Liberecký kraj	137395	124613	123892	125776	121060	116273	119118	116816	132899	124992	136045
Královéhradecký kraj	155391	155336	148225	153303	151872	151912	150331	162861	167767	177802	182670
Pardubický kraj	147706	146208	176498	140780	151861	154001	156313	162432	171452	179962	178309
Kraj Vysočina	151095	175149	155268	159196	166683	162188	167964	170922	186700	192742	197182
Jihomoravský kraj	321186	341289	340991	324370	323529	336149	344785	148218	364094	374228	385951
Olomoucký kraj	202657	213789	197100	191633	203126	196246	198534	209861	222118	230885	228882
Zlínský kraj	167098	188239	175948	171683	176705	174388	180322	174800	183297	183831	193089
Moravskoslezský kraj	377489	405881	417260	360771	390782	387721	396985	380300	413620	422055	433716
Česká republika	3175934	3347039	3406041	3475504	3056942	3240515	3251255	2970845	3830298	3661442	3754091

Zdroj: Vlastní zpracování dat z archivu ČSÚ

**Příloha č. 21: Produkce KO v krajích na 1 obyvatele v letech 2008–2018**

KO/obytel	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Hlavní město Praha	297,01	300,29	301,57	305,68	303,17	303,87	298,83	300,08	307,31	309,78	309,28
Středočeský kraj	352,51	361,60	413,60	513,89	373,57	370,30	352,99	372,58	395,21	397,34	399,96
Jihočeský kraj	275,42	282,27	342,76	309,89	310,57	314,56	325,26	345,76	371,74	369,57	391,51
Plzeňský kraj	280,76	310,66	239,65	239,99	242,60	230,62	251,21	282,27	329,80	323,58	336,20
Karlovarský kraj	305,47	310,85	305,00	311,05	286,13	289,36	307,54	297,99	339,73	328,63	328,71
Ústecký kraj	342,64	334,52	309,29	319,71	318,68	327,10	317,83	321,29	348,04	360,77	364,36
Liberecký kraj	314,17	283,84	282,91	286,77	276,02	265,09	271,43	265,71	301,61	283,24	307,55
Královéhradecký kraj	280,23	280,19	267,29	276,79	274,66	275,25	272,54	295,35	304,59	322,64	331,51
Pardubický kraj	286,70	283,17	341,88	272,61	294,05	298,46	302,71	314,70	331,57	347,19	342,69
Kraj Vysočina	293,15	340,10	303,11	310,97	326,06	317,89	329,41	335,49	366,83	378,73	387,18
Jihomoravský kraj	279,99	296,33	293,04	278,12	276,84	287,29	293,97	126,14	308,87	316,28	324,97
Olomoucký kraj	315,60	332,98	308,44	300,07	318,57	308,39	312,30	330,64	350,39	364,64	361,87
Zlínský kraj	282,54	318,49	298,17	291,47	300,68	297,44	308,11	298,97	314,03	315,29	331,24
Moravskoslezský kraj	301,93	325,39	337,94	293,16	318,59	317,33	326,02	313,44	341,87	350,00	360,44
Česká republika	303,41	315,00	317,95	319,63	307,40	307,09	309,40	297,27	338,38	343,35	350,45

Zdroj: Vlastní zpracování veřejně dostupných dat z ČSÚ v Microsoft Excel