



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

ANALÝZA SEPAROVANÝCH SLOŽEK KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ VE VZTAHU K OBĚHOVÉMU HOSPODÁŘSTVÍ

CIRCULAR ECONOMY USING ANALYSIS OF SEPARATED MUNICIPAL WASTE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tereza Plánková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Vlastimír Nevrlý

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav procesního inženýrství
Studentka:	Tereza Plánková
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Vlastimír Nevrlý
Akademický rok:	2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Analýza separovaných složek komunálních odpadů ve vztahu k oběhovému hospodářství

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V rámci balíčku vydaného EU k problematice oběhového hospodářství je kladen důraz na efektivnější nakládání s odpady s cílem redukovat jejich skládkování. Nejvyšší prioritu v hierarchii nakládání má prevence před vznikem odpadu. Vzniklý odpad by mělo být možné recyklovat, popřípadě materiálově využít. Student(ka) v bakalářské práci bude analyzovat efektivitu separace komunálních odpadů s vazbou na možné znovuuplatnění v rámci oběhového hospodářství. Bude zkoumán charakter odpadu, nakládání s ním a návrh možných změn pro zvýšení potenciálu materiálového využití odpadu.

Cíle bakalářské práce:

- seznámení se základními principy oběhového hospodářství
- analýza současného stavu původu a složení separovaných složek komunálních odpadů
- ekonomický a technologický návrh změn pro udržitelné odpadové hospodářství

Seznam doporučené literatury:

GALLAUD, Delphine. Circular economy, industrial ecology and short supply chain. Innovation, entrepreneurship and management series, volume 4. ISBN 978-1-84821-879-6.

Komunální odpad – výsledky projektu „Výzkum vlastností komunálních odpadů a optimalizace jejich využívání“ SP/2f1/132/08. Dostupné na [www: http://www.komunalniodpad.eu/](http://www.komunalniodpad.eu/).

Ministerstvo životního prostředí ČR: Plán odpadového hospodářství ČR pro období 2015 – 2024. Prosinec 2014, dostupné na [www: http://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr](http://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr).

BEŇO, Zdeněk. Recyklace: efektivní způsoby zpracování odpadů. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 2011. ISBN 978-80-2-4-4240-5.

Sdělení Komise COM(2015) 614 Uzavření cyklu — akční plán EU pro oběhové hospodářství, Návrh směrnice upravující směrnici 94/62/ES o obalech a obalových odpadech, Návrh směrnice upravující směrnici 99/31/ES o skládkování odpadů, Návrh směrnice upravující směrnici 2008/98/ES o odpadech.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h. c.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

Bakalářská práce rozebírá současný stav odpadového hospodářství a představuje legislativu týkající se aktuálního stavu a změn v nakládání s odpadem. Zákaz skládkování dále využitelného odpadu od roku 2024 a vytyčené recyklační cíle jsou hlavní důvody pro analýzu produkce separovaných složek. Práce se zabývá odhalením potenciálu pro navýšení materiálového, popřípadě energetického, využití odpadu. Jakožto klíčový odpadový proud byl identifikován biologicky rozložitelný odpad z důvodu jeho rapidně rostoucí produkce do budoucna. Modelování závislosti produkce pro územní celky bylo provedeno pomocí statistických metod v software STATISTICA na základě socio-ekonomických faktorů. Výsledný model pro stanovení produkce byl získán vícerozměrnou regresní analýzou. Aplikace modelu na jednotlivé producenty odpadu umožní efektivní plánování podpůrných prostředků z pohledu ekonomických a infrastrukturních.

Klíčová slova

Komunální odpad, oběhové hospodářství, separované složky, separace, biologicky rozložitelný odpad, balíček k oběhovému hospodářství, produkce komunálního odpadu, vícerozměrná regrese, socio-ekonomické faktory

Abstract

The bachelor thesis analyses the current state of waste management and presents legislation and changes in waste treatment. The ban on landfilling of usable waste from 2024 and the set recycling targets are the main reasons for analysing the production of the separated components. The thesis deals with revealing potential for increasing the material, or energy, recovery of waste. As a key waste stream, biodegradable waste has been identified due to its rapidly growing production for the future. Modelling of production dependence for territorial units was performed using statistical methods in STATISTICA software based on socio-economic factors. The resulting model for production determination was obtained by multidimensional regression analysis. Applying the model to individual waste producers will allow efficient planning of support assets from an economic and infrastructure point of view.

Keywords

Municipal waste, circulatory management, separated components, separation, biodegradable waste, circular economy package, municipal waste production, multidimensional regress, social-economic factors

Bibliografická citace

PLÁNKOVÁ, T. Analýza separovaných složek komunálních odpadů ve vztahu k oběhovému hospodářství. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 28 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Vlastimír Nevrlý.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Analýza separovaných složek komunálních odpadů ve vztahu k oběhovému hospodářství vypracovala samostatně pod vedením Ing. Vlastimíra Nevrlého a s použitím materiálů uvedených v seznamu použité literatury.

V Brně dne 25. 5. 2018

.....
Tereza Plánková

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu své práce Ing. Vlastimíru Nevrlému za veškerý čas, který mi věnoval, za ochotu, s jakou vždy poskytl možnost konzultace a za jeho vstřícnost, s jakou vedl moji bakalářskou práci. Velké poděkování bych ráda vyjádřila také Ing. Radovanu Šomplákovi Ph.D. za cenné odborné rady a pomoc při tvorbě práce. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu během studia.

Tereza Plánková

Obsah

1	Úvod	3
2	Odpadové hospodářství	4
2.1	Nakládání s odpady	4
2.2	Separace a recyklace	5
2.3	Oběhové hospodářství	6
2.4	Biodpad	10
3	Současný stav produkce KO	13
3.1	Složení KO	15
3.2	Složení SKO	16
4	Analýza produkce biodpadu	19
5	Závěr	24
	Reference	25

1 Úvod

Produkce odpadu doprovází téměř každou lidskou činnost. V rámci udržitelnosti životního prostředí je třeba se zaměřit na to, aby jej vznikalo co nejméně a spíše se odpad stal součástí oběhového hospodářství – byl opět využit. K dosažení tohoto záměru slouží různé zákony a směrnice v České republice či v Evropské unii (balíček k oběhovému hospodářství, Plán odpadového hospodářství ČR, Směrnice Evropského parlamentu a rady č. 2015/2366, zákon o odpadech č. 185/2001 Sb.). Skládání je v případě České republiky stále nejlevnějším řešením likvidace odpadu, čemuž může napomoci odborná diskuze a podpora politického aparátu. Klíčové je zajištění ekonomicky přívětivých podmínek pro potenciální investory, kteří by zajistili výstavbu nových zpracovatelských technologií.

Dle Plánu odpadového hospodářství ČR pro období 2015-2024 a Směrnice Evropského parlamentu a rady je snaha snížit objem skládkovaného odpadu, a to v roce 2035 pouze na 10 % komunálního odpadu, zbylých 90 % by mělo být materiálově využito. Složky komunálního odpadu, které nelze dále recyklovat, by měly být využity alespoň energeticky. Směrnice o odpadech udává, že v roce 2025 by mělo být materiálově využito min. 55 % komunálního odpadu, v roce 2030 60 % a v roce 2035 65 % komunálního odpadu. Navíc od roku 2024 platí zákaz využitelných odpadů, především je legislativa cílena na směsný komunální odpad, který tvoří cca 40 % komunálního odpadu. Zároveň s těmito stanovenými cíli je hlavní strategií předcházení vzniku odpadů.

Cílem této bakalářské práce je analyzovat množství separovaných složek komunálního odpadu ve vztahu k oběhovému hospodářství. Separace by měla vést k materiálovému využití tak, aby byl dodržen koloběh odpadového hospodářství. Tato práce je detailně zaměřena na biologicky rozložitelný komunální odpad. Biologicky rozložitelný odpad má potenciál být materiálově využit namísto uložení na skládku, a to způsobem kompostování, čímž vznikne hnojivo pro další využití, nebo technologií anaerobní digesce v bioplynové stanici, kde kromě hnojiva vzniká i bioplyn, který lze dále využít k výrobě tepla, elektřiny či motorového paliva (energetické využití). V této bakalářské práci jsou analyzována data několika obcí s rozšířenou působností, přičemž detailnější rozbor je proveden u biologicky rozložitelného odpadu pomocí regresní analýzy.

2 Odpadové hospodářství

Odpadové hospodářství se zabývá odpadem od jeho vzniku, přes jeho sběr a svoz až po jeho úpravu a zpracování. Legislativu této oblasti upravuje zákon č. 185/2001 Sb. V této kapitole jsou uvedené definice pojmů, které souvisí s odpadovým hospodářstvím a s tématem této bakalářské práce.

Odpad

Pojmem odpad je zamýšlena každá věc, které se člověk úmyslně zbavuje, a to tím, že ji předá k využití či k odstranění. Povinnost k odstranění vzniká ve chvíli, kdy věc již není používána ke svému původnímu záměru, nebo když ohrožuje životní prostředí. Věc přestává být odpadem ve chvíli, kdy je znovu využita k nějakému konkrétnímu účelu, existuje pro ni trh či poptávka a zároveň nepříznivě neovlivňuje životní prostředí. Konkrétní rozdělení odpadu lze ve vyhlášce o Katalogu odpadů č. 93/2016 Sb. [1], [2], [3]

Komunální odpad

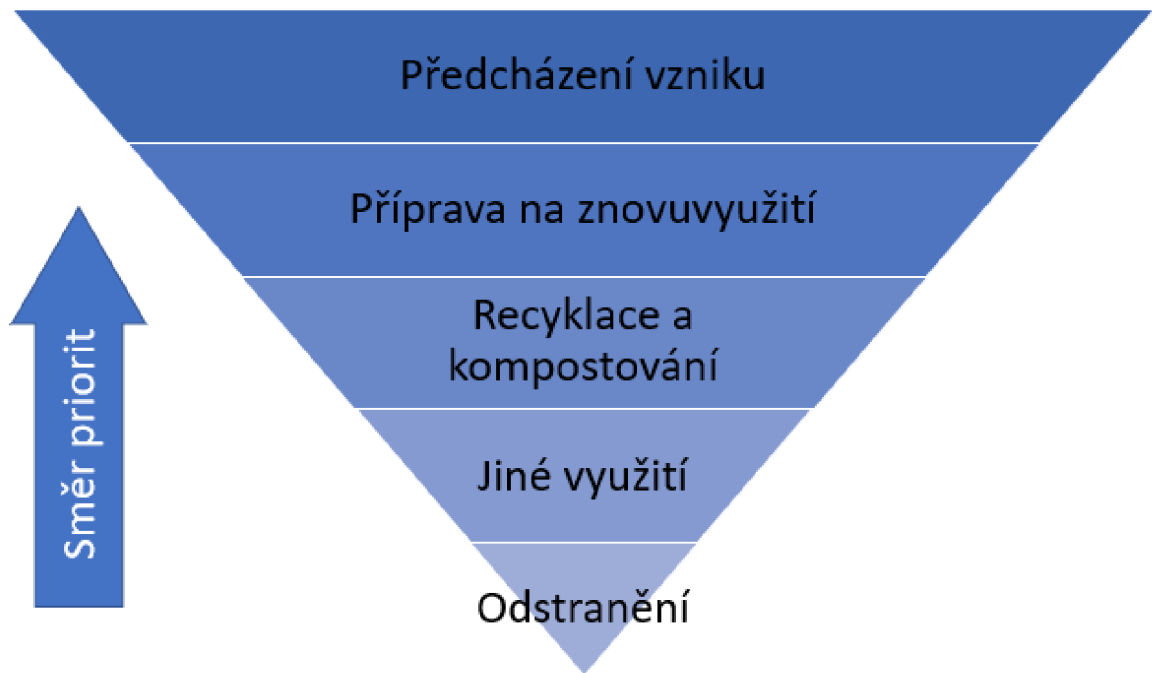
Komunálním odpadem (KO) lze rozumět dle zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. všechen odpad, který vzniká na území obce vznikající při činnosti fyzických osob, tj. v domácnostech, a který je jako komunální odpad uvedený v Katalogu odpadů. Odpadem podobným KO je všechen odpad vzniklý na území obce při podnikání fyzických či právnických osob k tomu oprávněných, a který je jako KO v Katalogu odpadů definovaný. V chystaném novém zákoně o odpadech je tento odpad podobný KO, tj. živnostenský, již uveden v definici komunálního odpadu. KO zahrnuje směsný komunální odpad, separované složky odpadu, mezi které se zahrnuje papír, sklo, plast či nápojové kartony, nebezpečný odpad, objemný odpad, odpad ze zahrad a parků a další složky. Podrobnější dělení KO je uvedeno ve vyhlášce o Katalogu odpadů č. 96/2016 Sb. [2] [3]

Směsný komunální odpad

Směsný komunální odpad (SKO) je definován jako odpad zbylý po vytřídění znovu využitelných (např. plasty, papír, bílé a barevné sklo) a nebezpečných složek KO (např. baterie, elektrospotřebiče). Někdy bývá nazýván jako „zbytkový“ odpad. V Katalogu odpadů je uveden pod označením 20 03 01. [4]

2.1 Nakládání s odpady

K problematice odpadů je důležité také zmínit, jak s odpady nakládat. Na obrázku 2.1 je znázornění pořadí priorit v odpadovém hospodářství, jak s odpady nakládat: [1]



Obrázek 2.1 - Hierarchie nakládání s odpady

Způsoby využití odpadu upravuje zákon o odpadech č. 185/2001 Sb. a zákon o nakládání s odpady č. 383/2001 Sb. Spadá sem např. využití odpadu k výrobě energie, recyklace, regenerace chemických sloučenin, aplikování do půdy (biologicky rozložitelný odpad), zpětné získání složek či rafinace olejů. [1] [5]

K způsobům odstranění odpadů patří ukládání odpadů (např. skládkování), úprava půdními procesy (rozpad biologického odpadu či kalů), hlubinná injektáž, uložení do povrchových nádrží (lagun), uložení do uzavřených a izolovaných prostorů, vypouštění do vodních toků a ploch, biologická či fyzikálně-chemická úprava či spalování. Další způsoby, jak s odpady nakládat, lze dohledat v zákoně o odpadech č. 185/2001 Sb. [1] [5]

2.2 Separace a recyklace

Separace je proces vytřídování, separují se různé druhy odpadu, nejvíce sklo, plast, papír a biologicky rozložitelný odpad do barevných kontejnerů, další druhy vyseparovaných složek se odevzdávají ve sběrných dvorech.

Recyklací se rozumí proces úpravy odpadu k dalšímu využití, např. jako surovinu pro další výrobu. Lze tak šetřit životní prostředí. Snahou recyklace je vrátit vzniklý odpad do ekonomického oběhu a vyhnout se tak různému typu odstraňování odpadu.

Tyto dva pojmy bývají často spolu zaměňovány. Aby mohl být odpad recyklován, je důležité jej nejdříve vyseparovat. Také platí, že všechny vyseparovaný odpad není recyklován.

Separované složky

Z KO se vyřídují složky, které se mohou využít, a to energeticky nebo materiálově. Na separované složky odpadu jsou v ulicích určeny barevné kontejnery, které podle barvy určují, jaký druh odpadu do nich patří. Kontejnery modré barvy jsou určeny na papír, zelené na barevné sklo, bílé na čiré sklo, žluté na plasty, červené na nebezpečný odpad, hnědé na organický odpad z kuchyně či zahrady a méně časté oranžové na nápojové kartony (TetraPack – mléka, džusy). V některých obcích patří do kontejnerů i jiné druhy odpadu, než na jaký jsou primárně určeny (např. nápojové kartony jsou vyřídovány do žlutých kontejnerů) nebo jsou kontejnery propojené (týká se to skla). Je to dáno tím, že v dnešní době jsou zmodernizované třídící a dotřídovací linky, které zvládají oddělit některé typy odpadů. Obec tímto přizpůsobením zvyšuje efektivitu svozu odpadu – některé typy odpadu se svážejí méně často, proto to má ekonomickou úsporu.

Míra separace v daném roce se dá dopočítat dle následujícího vzorce:

$$MS = \frac{m_{\text{vytříděno}}}{m_{\text{vytříděno}} + m_{SKO}} [\%],$$

kde $m_{\text{vytříděno}}$ je hmotnost vyříděného odpadu a m_{SKO} je hmotnost SKO. Aby bylo možné míru separace určit pro jednotlivé typy odpadu, je třeba znát přesné složení SKO. Vzorec se pak jen upraví tak, že se uvažují hmotnosti konkrétních odpadů.

Míra recyklace a příprava k opětovnému použití v daném roce určuje vzorec:

$$MR = \frac{(m_{\text{recKO}} + m_{\text{recVÝROBKŮ}}) \cdot 100}{m_{KO} + m_{\text{recVÝROBKŮ}} [\%],$$

kde m_{recKO} je hmotnost KO recyklovaného nebo připraveného k opětovnému použití, $m_{\text{recVÝROBKŮ}}$ je hmotnost výrobků či jejich částí připravených k opakovanému použití a m_{KO} je hmotnost KO. [6]

2.3 Oběhové hospodářství

Záměrem oběhového hospodářství je snaha o co nejdelší udržení produktu v ekonomickém koloběhu s cílem snížit objem odpadu a tím nepoškozovat životní prostředí. Ve chvíli, kdy produkt již ztratil svou funkci, je využit jako zdroj pro další výrobu či je recyklován nebo opraven, aby mohl sloužit dále. Tímto znovu využíváním produktu se snižuje objem odpadu, který musí být zlikvidován, ať už uložením na skládku, nebo energetickým zpracováním. [5] Na obrázku 2.2 je znázorněn koloběh oběhové hospodářství.



Obrázek 2.2 - Oběhové hospodářství

Pro efektivní oběhové hospodářství je nutné:

- podpořit trh s recyklovanými surovinami (finančně i snížením množství potřebné administrativy)
- zvýšit množství recyklovaného odpadu a odpadu pro opětovné použití
- podpořit nový vývoj technologií na zpracování separovaných složek odpadu a spolupráci průmyslu s univerzitami a vědeckými zařízeními
- vytvořit nová pracovní místa a zajistit edukační programy pro všechny stupně školství
- snížit objem skládkování odpadu, který lze opětovně využít (např. zvýšením poplatku za tunu skládkovaného odpadu)
- využít podporu Evropské unie na rozvoj odpadového hospodářství [7]

Dne 2.12.2015 předložila Evropská komise Evropskému parlamentu a Evropské radě Balíček k oběhovému hospodářství (Circular Economy Package – CEP), jehož hlavní součástí jsou směrnice o odpadech, směrnice o obalech a směrnice o skládkách odpadů. [8]

Směrnice o odpadech udává cíle recyklace KO:

- v roce 2025 55 %
- v roce 2030 60 %
- v roce 2035 65 %

a data, od kterých platí povinnost třídění určitých složek odpadu:

- biologicky rozložitelný odpad od 31.12.2023
- textil od roku 2025
- nebezpečné složky od roku 2025

Směrnice o skládkování odpadu má za cíl skládkovat v roce 2035 pouze 10 % KO.

Směrnice o obalech má za snahu předcházet vzniku obalů, podporovat nárůst množství opakovaně použitelných obalů, omezení odstraňování obalů a spíše podpořit recyklaci a jejich další využití. Dále tato směrnice udává, od jakého data musí být recyklováno jaké množství obalů: [8]

- od 31.12.2025 65 % obalů (50 % plast, 25 % dřevo, 70 % železné kovy, 50 % hliník, 70 % sklo a 75 % papír a lepenka)
- od 31.12.2030 70 % (55 % plast, 30 % dřevo, 80 % železné kovy, 60 % hliník, 75 % sklo a 85 % papír a lepenka)

Pro naplnění cílů uvedených v CEP probíhají úpravy vyhlášek (např. celoroční sběr biologicky rozložitelného odpadu nebo sběr olejů a tuků z domácnosti) a definic (např. tuhé palivo na bázi biomasy nebude odpad). [8]

Nyní, v roce 2018, je projednáván nový zákon o odpadech, který bude upravovat poplatky za skládkování a má za cíl definovat odpad jako zdroj materiálu a energie – přejít z odpadového hospodářství na oběhové hospodářství. [9]

K významným prioritám zákona o odpadech patří zlepšování dodržování hierarchie nakládání s odpady, splnění povinností ČR plynoucí ze směrnic EU, podporování odklonu odpadu ze skládek a omezení nakládání s odpady nelegální cestou, sjednocení podmínek pro nakládání s odpady, upřesnění definic a upravení ekonomických nástrojů a plateb. Od roku 2024 legislativa vydává zákaz skládkování recyklovatelných a využitelných složek odpadů SKO. [10]

Plán odpadového hospodářství ČR

Plán odpadového hospodářství České republiky (POH ČR) pro období 2015-2024 je plánem, jak nakládat s odpady a jak v nastolené strategii pokračovat i v následujících letech. K jeho základním záměrům patří:

- předcházení vzniku odpadu,
- snížení jeho produkce,
- minimalizace škodlivých následků na lidské zdraví a životní prostředí v důsledku jeho vzniku a nakládání s ním,
- využití odpadu jako primární zdroj a tím přejít na oběhové hospodářství,
- zvýšení míry recyklace a materiálového využívání odpadů s tím, že jsou upřednostňovány způsoby nakládání s odpady dle evropské odpadové hierarchie.

Taktika POH ČR míří směrem k odklonu odpadů ze skládek, a to jeho recyklací nebo energetickým využitím. [11]

Jednotlivé kraje na základě tohoto dokumentu vytvořily své plány přizpůsobené s ohledem na lokalitu obsahující:

- popis kraje (počet obyvatel, hustota zalidnění, jestli je na území CHKO či NP),
- možnosti a hrozby v rámci ekologie,
- popis hospodářství a energetiky a jeho dopadu na životní prostředí,
- opatření pro odpadové hospodářství,
- cíl zvýšení objemu separovaných složek a tím snížení objemu SKO,
- snížení množství biologicky rozložitelného odpadu v SKO ukládaného na skládkách,
- podpora výstavby zařízení pro energetické využití SKO a kompostování,
- předcházení vzniku odpadu.

Kraje spolu často nespolupracují, ačkoliv by mohly využívat kapacit pro separaci či likvidaci v sousedním kraji nebo postavit zamýšlené zařízení pro větší množství odpadu zahrnující jeho svoz z více krajů. POH jednotlivých krajů pro období 2015-2024 lze najít na webových stránkách Ministerstva životního prostředí. [12]

Indikátory odpadového hospodářství

Indikátory odpadového hospodářství pomáhají informovat veřejnost o vývoji v odpadovém hospodářství – popisují produkci a způsoby využívání a odstraňování odpadů. Indikátory se dělí do třech skupin:

- základní (všechny odpady, nebezpečné odpady, ostatní odpady, KO)
- doplňkové (sledují některé proudy odpadů základní kategorie odpadů)
- specifické (sledují a hodnotí produkce a nakládání se specifickými skupinami nebo typy odpadů)

K výpočtům indikátorů se využívají statistická data ze systému ISOH (informační systém odpadového hospodářství), popř. PDISOH (pracovní databáze ISOH). [13]

Recyklační sleva

POH ČR má za cíl snížit objem skládkovaného SKO. Součástí POH ČR je návrh na zvýšení poplatku za 1 t SKO uloženého na skládku po roce 2024. Toto zvýšení poplatku má za cíl motivovat k vyšší míře recyklace a k zavedení oběhového hospodářství – k tomu, aby využitelný odpad nekončil zbytečně na skládkách. V souvislosti se zvýšením poplatku se zavede i tzv. recyklační sleva. Když obec docílí určité míry recyklace, tento poplatek za SKO se jí nezvýší, tudíž nebude muset ani zvyšovat poplatek za svoz popelnic pro občany. Tímto budou odměněny obce, které využívají možnosti pro recyklaci a oběhové hospodářství. V tabulce 2.1 lze vyčíst navrhované poplatky za skládkování v Kč/t do roku 2024. Po roce 2024 by se měl poplatek za skládkování navyšovat. [14] [10]

Tabulka 2.1 – Poplatek za skládkování (dle zákona č.185/2001 Sb.) v Kč/t

Kategorie odpadu/rok	2002-2004	2005-2006	2007-2008	2009-2010	2011-2012	2013-2014	2015-2016	2017-2018	2019-2020	2021-2022	2023-2024
Ostatní a KO	200	300	400	500	500	500	500	500	500	500	500
Nebezpečný odpad	3300	3700	4700	6200	6200	6200	6200	6200	6200	6200	6200

2.4 Boodpad

Přijímání potravy patří k základním lidským fyziologickým potřebám. Při přípravě jídla vzniká odpad rostlinného původu. Tento odpad se dá znovu využít vzhledem k jeho vysoké energetické hodnotě. Tato podkapitola se bude tímto odpadem blíže zabývat.

Biologicky rozložitelný odpad

Biologicky rozložitelným odpadem (BRO) lze rozumět každý odpad podléhající aerobnímu či anaerobnímu procesu. Patří zde BRO z kuchyní a různých stravoven, jako jsou restaurace a jídelny, BRO z úpravy veřejné zeleně či odpad ze zahrad. Lze jej separovat, ale často bývá součástí SKO. BRO má vysokou energetickou hodnotu. Dle směrnice o odpadech je od 31.12.2023 povinné třídění BRO. [1] [10]

BRO svou vysokou energetickou hodnotou má velký potenciál být látkově či materiálově využit. Svým vysokým obsahem živin a organických látek je možné jej zavést do přírodního koloběhu ve formě hnojiva po kompostování, nebo jej lze zpracovat pomocí technologie anaerobní digesce, kde vzniká kromě hnojiva také bioplyn, který je využíván k výrobě elektřiny, tepla a paliva do motorů. BRO je třeba omezit ve skládkování, protože na skládkách přispívají ke vzniku methanu, který přispívá ke globálnímu oteplování planety (indikátor GWP), a výluhů ve vodách, které prosakují do podzemních vod a přispívají tím k jejich znečištění. [15]

Potenciál globálního oteplování (GWP) je indikátor popisující účinek methanu a jiných skleníkových plynů přepočtem na hmotnostní množství CO₂ za časový úsek. [16]

Biologicky rozložitelný komunální odpad

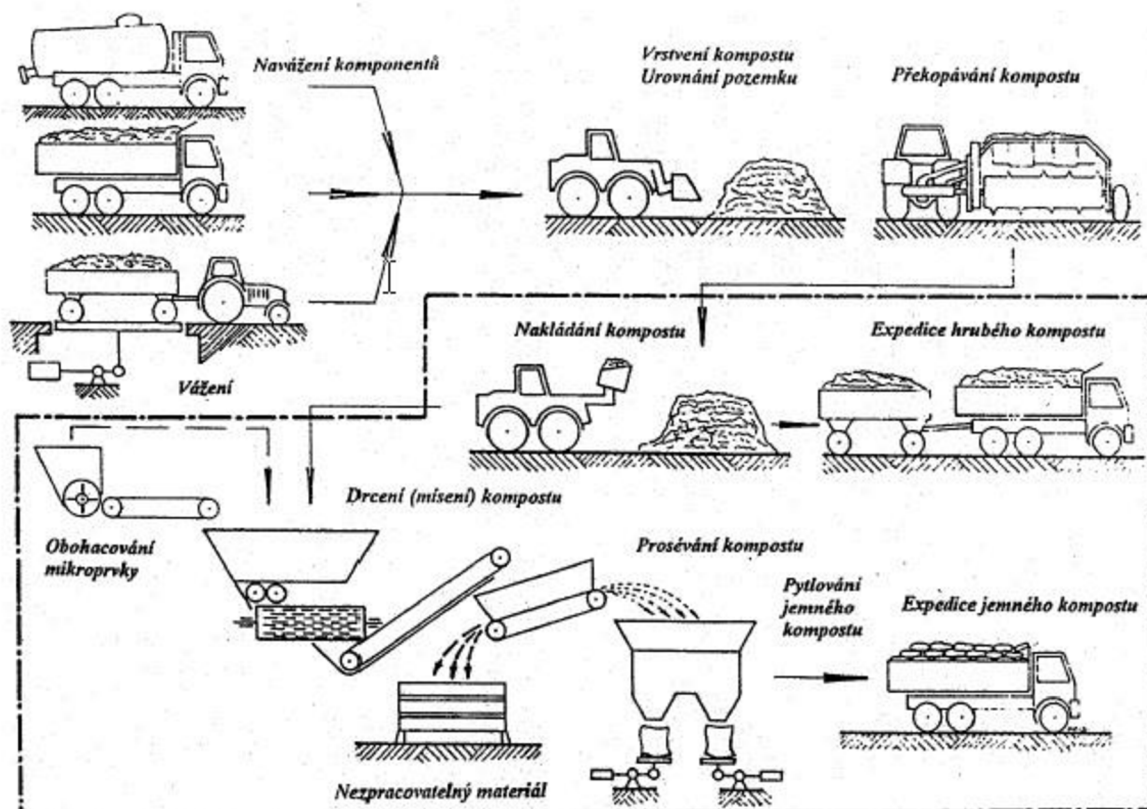
Do biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) patří veškerý odpad z domácností či zahrad. Na tento odpad jsou v ulicích určeny hnědé kontejnery, často sezónně, tj. od jara do podzimu. Tímto odpadem se dále v této bakalářské práci budeme zabývat podrobněji.

Mezi preferované způsoby zpracování BRKO patří kompostování (materiálové využití v podobě hnojiva) a anaerobní proces v bioplynové stanici (energetické využití ve formě bioplynu, materiálové využití digestátu a skládkování nevyužitelného zbytkového odpadu).

Kompostování

Kompostování je aerobní proces, při kterém se pomocí mikro a makro organismů za přítomnosti vzduchu přeměňuje biologicky využitelný odpad na stabilizovaný výstup – kompost, který lze později materiálově využít jako hnojivo. Komunitní kompostování je takové kompostování, při kterém se využívá BRKO z území dané obce či nějakého daného okolí. Vzniká tzv. zelený kompost, který může být využíván k obnově a údržbě veřejné zeleně obce. Lze kompostovat i doma či na zahradě, ale tento tok odpadu nelze sledovat, a není kvalifikovaný jako odpad. Pro komunitní nebo domácí kompostování lze využít vermikompostéry či různé kompostéry (automatické, dřevěné, plastové, speciální dle typu výstavby, atd.). [17] [18]

Principem kompostování je uložení BRKO v plošných nebo v pásových hromadách na volné ploše nebo v různých nádobách, které musí být pravidelně překopávány, aby docházelo k homogennímu rozkládání (aerobní prostředí). Na obrázku 2.3 je znázornění schématu kompostárny. [19]



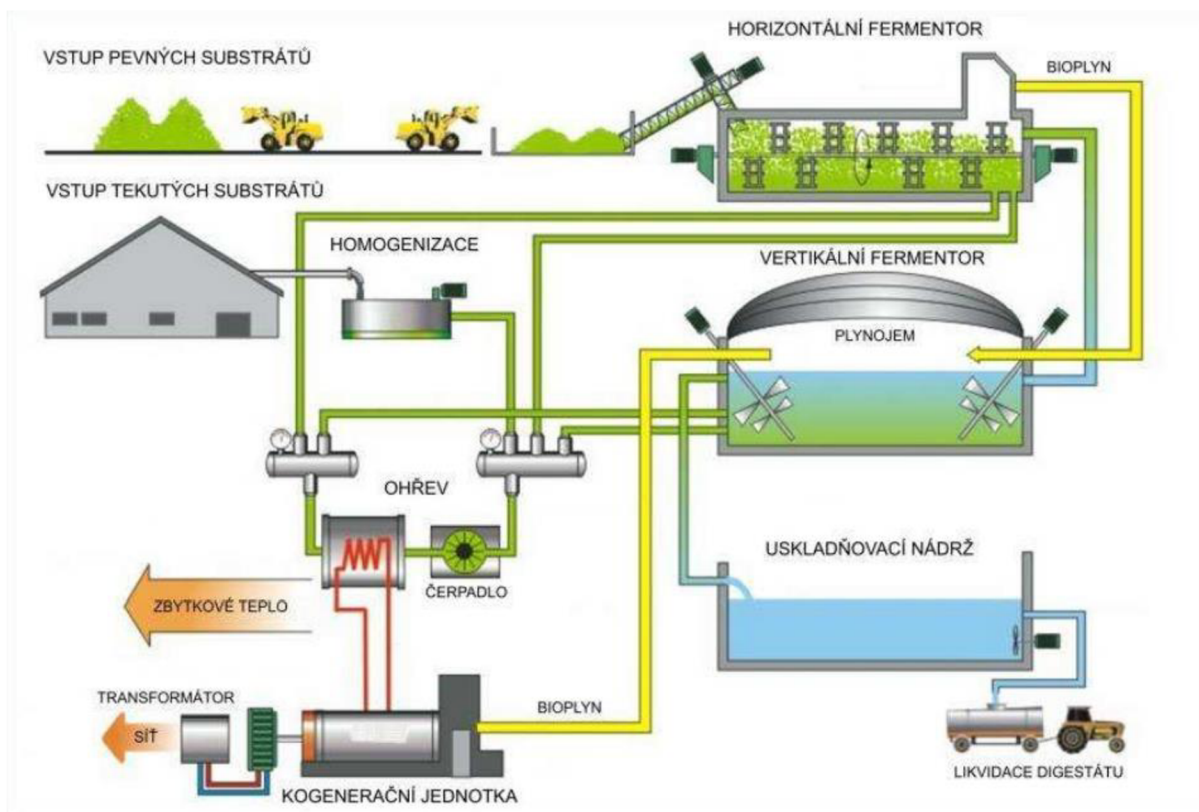
Obrázek 2.3 – Schéma kompostárny [20]

Bioplynové stanice

Jednou z možností, jak využít BRO, je bioplynová stanice. BRO, převážně BRO vznikající zemědělskou výrobou, je upraven a zpracován na homogenní směs. Tato směs je přepravena do fermentační nádrže, kde probíhá tzv. anaerobní proces (materiál je zahříván a vlhčen za nepřístupu vzduchu). Rozkladem BRO vzniká bioplyn, hlavně methan, který se spalováním přeměňuje na teplo a elektrickou energii. V procesu není tato směs plně využita a po úpravě vzniká digestát, který lze využít jako hnojivo na polích. V ČR je přibližně 500 bioplynových stanic¹.

¹ <http://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-stanic/>

Na obrázku 2.4 je znázorněno obecné schéma bioplynové stanice. [18] [21]

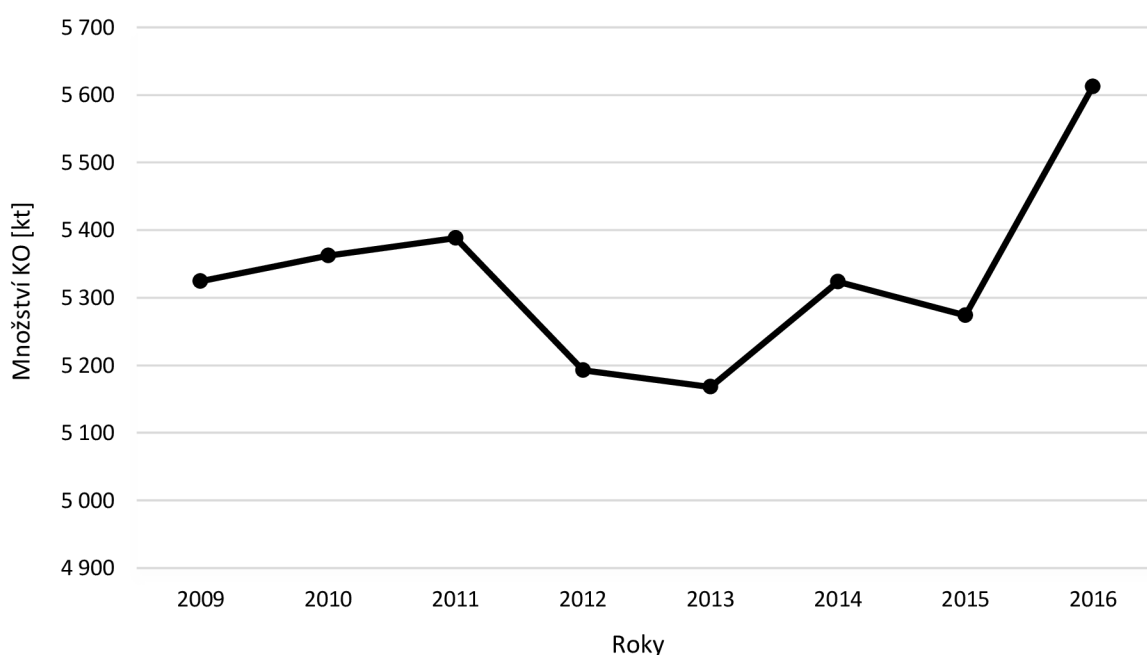


Obrázek 2.4 – Schéma bioplynové stanice [21]

3 Současný stav produkce KO

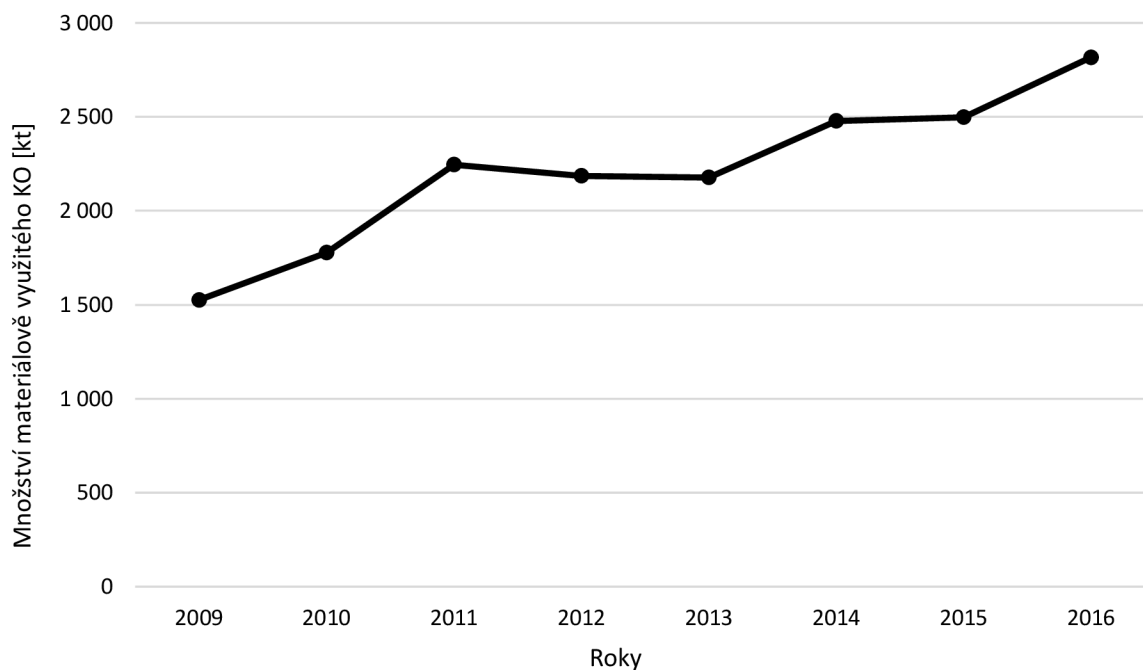
K popisu současného stavu produkce KO jsou využity údaje z webové aplikace ISOH (informační systém odpadového hospodářství). Jedná se o nástroj usnadňující rozhodování, kontrolu a statistické zpracování odpadového hospodářství v ČR. Pro veřejnost je určena část VISOH (veřejný informační systém odpadového hospodářství). V ní nejsou dostupné všechny informace, jako jsou ty, co jsou přístupné pro státní správu. [22]

Z následujícím grafu na obrázku 3.1 lze vyčíst, že množství produkovaného KO se průběhu let mění. Množství se může měnit dle ekonomické situace. Když se ekonomice daří, lidé více nakupují, a tím vzniká větší množství odpadu. Výkyvy dat mohou být způsobeny také změnou způsobu vykazování nebo změnou metodiky výpočtu. [23]



Obrázek 3.1 - Produkce KO

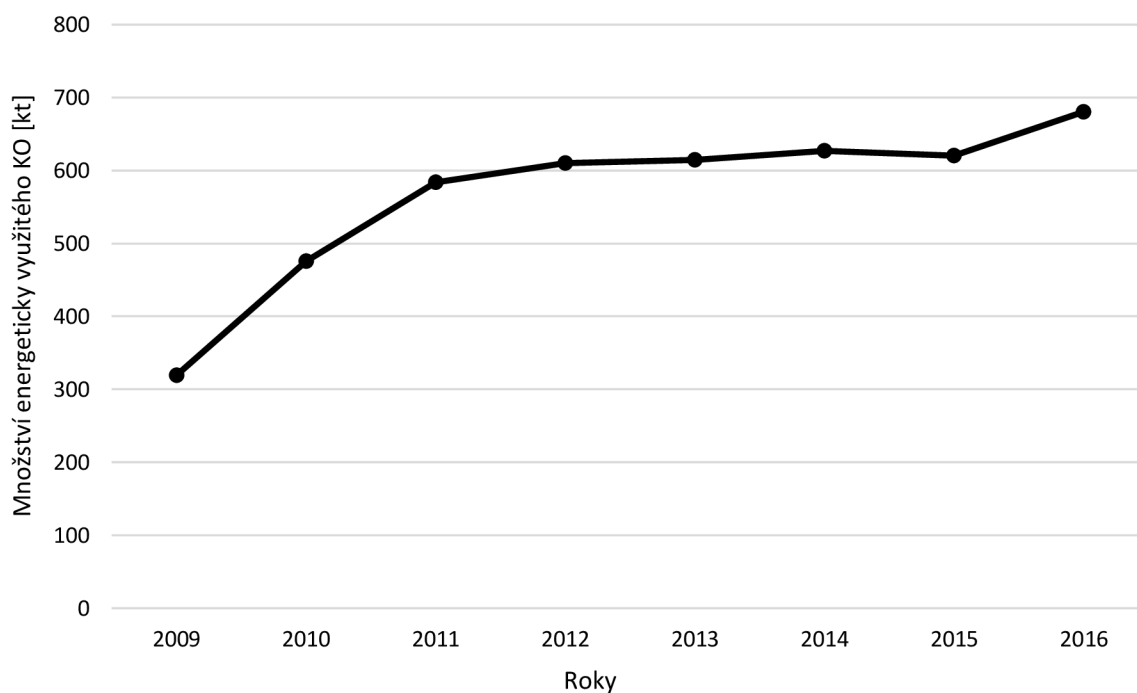
Z dalšího grafu na obrázku 3.2 lze vyčíst, že materiálové využití KO v průběhu let stoupá. Příčinou by to mohlo být to, že materiálové zpracování začíná být pro firmy ekonomicky a surovinově zajímavé. Také by tuto křivku mohlo ovlivnit, že se zpracovatelské firmy snaží využívat nejnovější technologie. [23]



Obrázek 3.2 - Materiálové využití KO

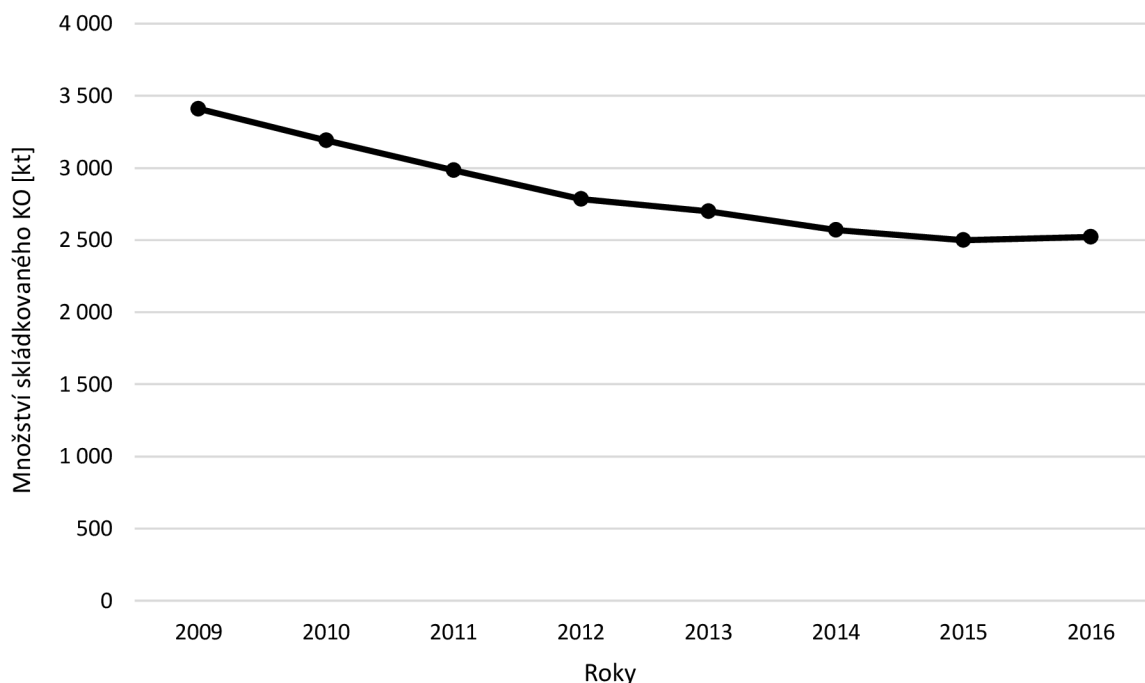
Z následujícího grafu na obrázku 3.3 je možno vysledovat mírnou vzrůstající tendenci energetického využití KO. Skok v roce 2016 je způsoben uvedením do provozu zařízení pro energetické využití odpadu (ZEVO) v Chotíkově u Plzně. Do té doby fungovaly jen 3 ZEVO – v Brně – Líšni, v Praze – Malešicích a v Liberci. [23] [24]

Vzrůstající křivku by také mohla zapříčinit větší separace BRKO a jeho anaerobní zpracování, kdy vzniká bioplyn, který je pak spalován a tím přeměňován na elektrickou energii a teplo.



Obrázek 3.3 – Energetické využití KO

Z posledního uvedeného grafu na obrázku 3.4 lze vyčíst, že množství skládkovaného KO mírně klesá. Dle POH ČR je cílem dosáhnout co nejnižší míry skládkovaného odpadu, který lze dále energeticky nebo materiálově využít. Klesající křivka také naznačuje, že KO je odstraňován jiným způsobem než skládkováním a že se zvyšuje míra separace využitelných složek z KO. [23]

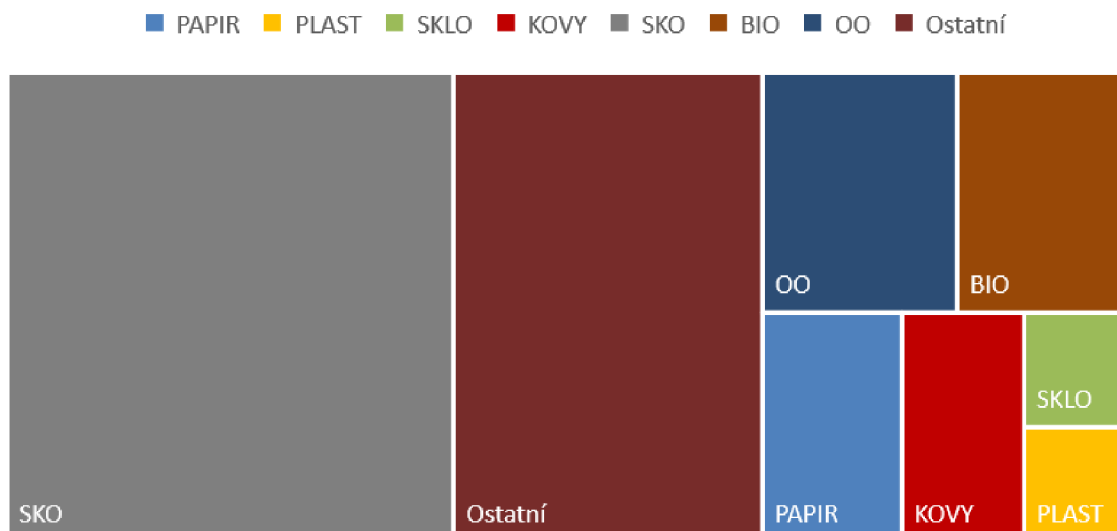


Obrázek 3.4 – Odstranění KO skládkováním

3.1 Složení KO

V roce 2015 bylo vyprodukováno cca 5 274 kt KO, z toho bylo materiálově využito asi 36 %. Cílem CEP je dosáhnout materiálového využití 60 % v roce 2030 a 65 % v roce 2035. Dle směrnice o odpadech je cílem dosáhnout materiálového využití min. 50 % do roku 2020. Dle prognózy POH ČR měla Česká republika této hranice dosáhnout již v roce 2017 (kvůli prozatímní nedostupnosti dat pro rok 2017 nelze ověřit, zda tohoto cíle bylo dosaženo) a lineárně by měl tento trend stoupat, kdy by mohl v roce 2020 dosáhnout 62,1 %. [25] [10] [19]

Na obrázku 3.5 je graficky znázorněno množství jednotlivých složek v KO, jehož složení bylo odhadnuto pomocí nástroje Justine [26], a to pro rok 2015 [19].

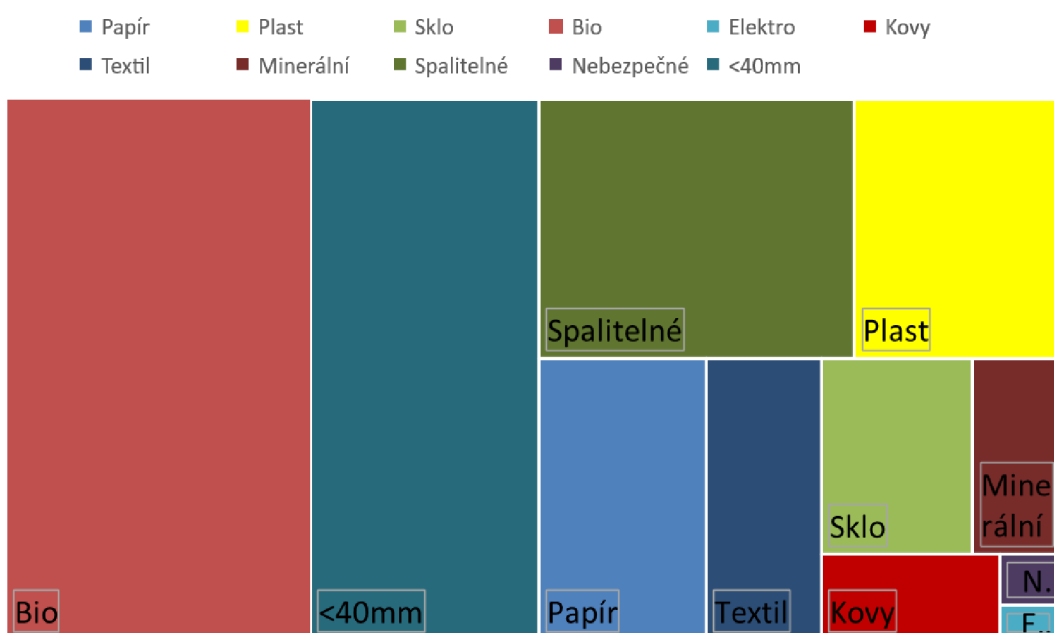


Obrázek 3.5 – Složení KO v roce 2015

Z uvedeného obrázku plyne, že nejdůležitější složkou KO je SKO a objemný odpad (OO). Objemným odpadem rozumíme domovní odpad, který není možné na základě svých rozměrů či hmotnosti odkládat do běžných odpadních nádob, jsou na něj určeny objemné kontejnery nebo sběrné dvory. [4] Tento odpad nelze dále materiálově využít, proto vstupuje do spaloven jako palivo, kde je díky němu vyráběno teplo a elektrická energie. [27] Z tohoto důvodu je třeba se zaměřit na odpad, u kterého je míru recyklace možné navýšit – SKO.

3.2 Složení SKO

Na základě využití nástroje Justine [26] a dalších matematických modelů bylo odhadnuto složení SKO v ČR pro rok 2015. Zastoupení jednotlivých složek odpadu je graficky znázorněno na obrázku 3.6. [19]



Obrázek 3.6 – Složení SKO v roce 2015

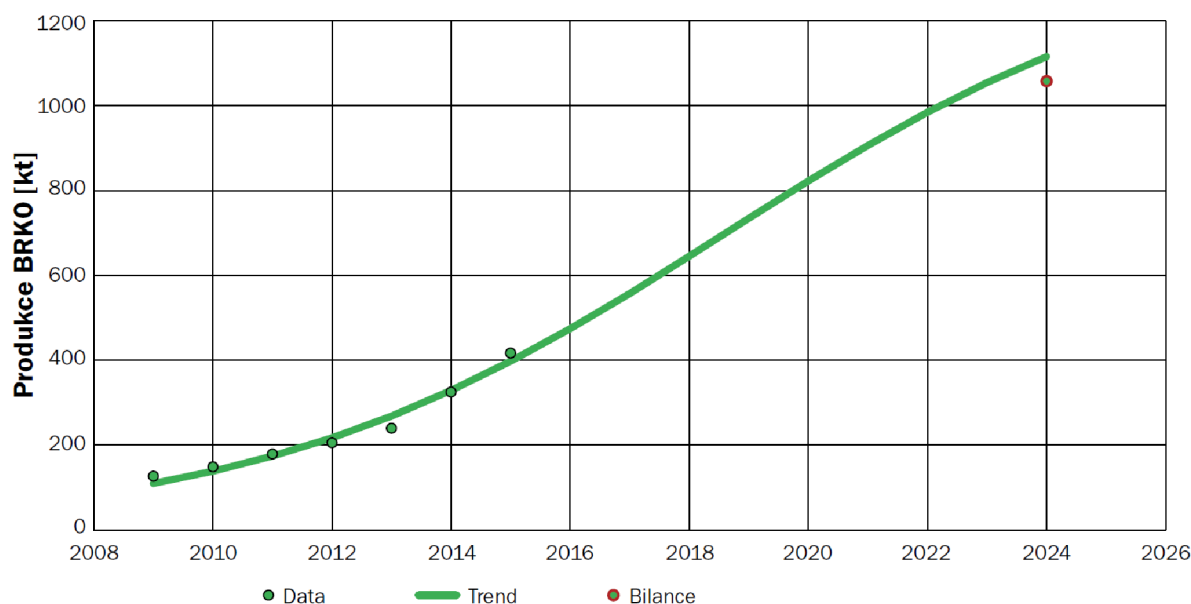
Z obrázku vyplývá, že velkou část SKO představuje BRKO a odpad menší než 40 mm, který nelze dále zpracovávat (jedná se např. o prach z ulic). Papír, sklo a plasty zabírají menší množství odpadu, ale na druhou stranu se dále vytřídí a recyklují.

Česká republika se na základě směrnice Evropského parlamentu a rady upravující směrnici 2008/98/ES o odpadech zavázala snížit množství KO ukládaného na skládky, tj. zvýšit množství KO připraveného k recyklaci, a to do roku 2025 na 60 % hmotnosti a do roku 2030 na 65 %. [28]

Na základě dat z ISOH byla společností CENIA zpracována studie pro soustavu indikátorů OH. V roce 2016 bylo vyprodukováno 5 612,42 kt KO a míra recyklace neboli také podíl materiálově využitých odpadů jako je papír, plast, sklo, kovy nebo dřevo, je 38,06 %. Míra recyklace pro papír a lepenku je 94 %, pro sklo 75 %, pro plast 69 %, pro kovy 63 % a pro dřevo 64 %. Lze předpokládat, že míra separace těchto složek KO bude mírně stoupat, ale nedosáhne více jak 45 %. Z SKO se více těchto materiálů vytřídit a recyklovat nedá, ať už z nedostatku kapacity, vybavení nebo lidí potřebných k vytřídování, nebo také nedostatečnou technologií zpracování, případně mírou uplatnění recyklátu. [29]

Vzhledem k tomu, že požadovaná míra recyklace je 60 %, a skutečnost z roku 2016 je pouhých 38 %, je potřeba těch 22 % nějakým způsobem získat. Omezený potenciál skla, papíru a plasty je znakem toho, že je potřeba se zaměřit na jinou separovanou složku SKO. Z publikovaných indikátorů OH nelze vyčíst, jaká je míra separace či recyklace u BRKO. Lze ale očekávat, že produkce BRKO bude stoupat. BRKO má vysokou energetickou hodnotu, proto je vhodné jej dále využít. Od 31. 12. 2023 navíc bude platit povinné třídění BRKO. [28] [8]

Na základě dat z let 2009–2015 o produkci BRKO byla v časopise Odpadové Fórum publikovaná studie o prognóze tohoto odpadu [30]. Přičemž predikovaný byl rok 2024, a tato hodnota byla následně upravena pomocí nástroje Justine [26], aby seděly vztahy mezi jednotlivými územními celky pro celou ČR. Na obrázku 3.7 je tento průběh znázorněn v grafu. [30]



Obrázek 3.7 – Prognóza produkce bioodpadu

Na základě dat z aplikace ISOH a prognóz nástroje Justine lze očekávat mírný nárůst míry separace tříditelných složek KO, u té se ovšem neočekává dosáhnoutí 60 % jak je stanoveno pro rok 2024. Proto je vhodné se zaměřit na BRKO, jehož produkce bude dle prognózy nástroje Justine stoupat. Vzhledem k velkému potenciálu tohoto odpadu se bude tato práce detailněji zabývat jeho budoucí produkcí a vztahem k socio-ekonomickým faktorům obyvatelstva.

4 Analýza produkce bioodpadu

Tato kapitola bude zkoumat, zda existují nějaké vztahy mezi některými socio-ekonomickými faktory a produkcí BRKO v obcích s rozšířenou působností (ORP). Analyzovaná budou data z roku 2015 u 206 ORP v ČR, přičemž produkce odpadu byla stáhnuta ze systému VISOH. Socio-ekonomická data byla využita z Českého statistického úřadu (ČSÚ). K dalšímu postupu práce byl využit nástroj pro statistické zpracování dat STATISTICA [31].

Vzhledem k velkému množství dostupných faktorů byla data nejdříve ručně projita. Na základě úvahy pak byly vyřazeny ty faktory, které s vysokou pravděpodobností nebudou mít na produkci biologického odpadu vliv. Všechny dostupné faktory a jejich vybrání pro další zpracování je znázorněno v tabulce 4.1. Bylo ponecháno 25 potencionálních socio-ekonomických faktorů (dále proměnných), které jsou označeny červeně. Nepůvodní proměnná (dopočítaná navíc z produkce bioodpadu) byla označena modře.

Tabulka 4.1 – Seznam socio-ekonomických faktorů pro ORP

Produkce bioodpadu [t]	y
Produkce bioodpadu na obyvatele [kg/obyvatele]	x_2
Počet obyvatel (k 31.12.)	x_3
Průměrný věk	x_4
Podíl obyvatel žijících v domech o 0-8 členech [%]	x_5
Podíl obyvatel žijících v domech o 8-30 členech [%]	x_6
Podíl obyvatel žijících v domech o 30 a více členech [%]	x_7
Celková výměra (ha)	
Podíl zemědělské půdy na celkové výměře [%]	x_8
Podíl ostatních ploch na celkové výměře [%]	x_9
Podíl zastavěných ploch na celkové výměře [%]	x_{10}
Podíl vodních ploch na celkové výměře [%]	x_{11}
Podíl lesní půdy z celkové výměry [%]	x_{12}
Podíl trvale travních porostů ze zemědělské půdy [%]	x_{13}
Podíl ovocných sadů ze zemědělské půdy [%]	x_{14}
Podíl zahrad ze zemědělské půdy [%]	x_{15}
Podíl vinic ze zemědělské půdy [%]	x_{16}
Podíl chmelnic ze zemědělské půdy [%]	x_{17}
Podíl orné půdy ze zemědělské půdy [%]	x_{18}
Koeficient ekologické stability	
Podíl počtu lůžek v lázeňských léčebnách (k 31.12.) na obyvatele [%]	
Podíl přirozeného přírůstku na celkovém počtu obyvatel [%]	x_{19}
Podíl saldo migrace na celkovém počtu obyvatel [%]	x_{20}
Podíl obyvatel ve věku 0-14 na celkovém počtu obyvatel [%]	x_{21}
Podíl obyvatel ve věku 65 a více na celkovém počtu obyvatel [%]	x_{22}
Podíl počtu obyvatel ve věku 15-64 let na celkovém počtu obyvatel [%]	x_{23}
Počet částí obce (k 31.12.)	
Podíl uchazečů o zaměstnání v evidenci úřadu práce (k 31. 12.) - dosažitelní na celkový počet obyvatel [%]	

Podíl uchazečů o zaměstnání v evidenci úřadu práce (k 31. 12.) - celkem na celkový počet obyvatel [%]	
Podíl uchazečů o zaměstnání v evidenci úřadu práce - absolventi (k 31. 12.) na celkový počet obyvatel [%]	
Podíl uchazečů o zaměstnání v evidenci úřadu práce - evidence nad 12 měs. (k 31. 12.) na celkový počet obyvatel [%]	
Podíl počtu dokončených bytů na celkovém počtu obyvatel [%]	x_{24}
Podíl počtu dokončených bytů v rodinných domech na celkovém počtu obyvatel [%]	x_{25}
Podíl počtu hromadných ubytovacích zařízení na celkovém počtu obyvatel [%]	x_{26}
Podíl živě narozených na celkovém počtu obyvatel [%]	x_{27}
Podíl zemřelých na celkovém počtu obyvatel [%]	
Podíl vystěhovalých na celkovém počtu obyvatel [%]	
Podíl přistěhovalých na celkovém počtu obyvatel [%]	

V dalším kroku byla data v programu MS Excel upravena tak, aby neodrážela jen velikost daného ORP. Tento proces normování dat snižuje pravděpodobnost nalezení závislostí, které jsou očividné (aby neměla vliv absolutní čísla, ale jen relativní vztahy na osobu apod.)

Vzhledem k povaze a původu dostupných dat, nemůže být předpokládána jejich normalita. Z tohoto důvodu nemohl být využit Pearsonův korelační koeficient. Nakonec tedy byla korelační analýza provedena pomocí Spearmanova koeficientu pořadové korelace r_s . Vzorec pro jeho výpočet je následovný

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n(n^2 - 1)},$$

kde n je počet pozorovaných hodnot, x_i a y_i jsou pořadí seřazeného souboru pro data proměnných.

Tento koeficient vyjadřuje vztah mezi dvěma zkoumanými proměnnými pomocí monotonie v datech, přičemž jeho hodnota se pohybuje v intervalu $< -1; 1 >$. [32] Využívá se pro popis závislosti proměnných na zkoumané proměnné. [33]

Jako závislá proměnná byla uvažována produkce bioodpadu v ORP v tunách a jako nezávislé proměnné byly uvažovány zbylé socio-ekonomické faktory. Hladina významnosti α byla stanovena na 0,05. Pro hledání hlavních faktorů ovlivňujících množství produkce byl proveden test významnosti Spearmanova koeficientu. Pro porovnání se využívají kritické hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu r_{sp} .

Pokud platí, že

$$|r_s| > r_{sp}(\alpha, n)$$

pak je koeficient významný. [33] Výstupem této korelační analýzy jsou proměnné (koeficient je významný na hladině významnosti α), které mají vliv na produkci bioodpadu. V tabulce 4.2 jsou červeně označeny hodnoty, které jsou na základě této korelační analýzy vyhodnoceny jako významné.

Tabulka 4.2 – Výstup testu významnosti pro Spearmanův koeficient

Proměnná	r_s	Proměnná	r_s
y	1,000000	x_{15}	0,174085
x_3	0,694423	x_{16}	0,258242
x_4	0,031857	x_{17}	0,167337
x_5	-0,209479	x_{18}	0,284785
x_6	-0,017012	x_{19}	0,195368
x_7	0,324924	x_{20}	0,136134
x_8	0,125719	x_{21}	0,044101
x_9	0,261925	x_{22}	0,020122
x_{10}	0,349201	x_{23}	-0,081365
x_{11}	0,209582	x_{24}	0,125386
x_{12}	-0,226416	x_{25}	0,056092
x_{13}	-0,334362	x_{26}	-0,220359
x_{14}	0,129938	x_{27}	0,160270

Jedná se o proměnné:

- počet obyvatel,
- podíl obyvatel žijících v domech o 0-8 členech,
- podíl obyvatel žijících v domech o 30 a více členech,
- podíl ostatních ploch na celkové výměře ORP,
- podíl zastavěných ploch na celkové výměře ORP,
- podíl vodních ploch na celkové výměře ORP,
- podíl lesní půdy z celkové výměry ORP,
- podíl trvale travních porostů ze zemědělské půdy ORP,
- podíl zahrad ze zemědělské půdy ORP,
- podíl vinic ze zemědělské půdy ORP,
- podíl chmelnic ze zemědělské půdy ORP,
- podíl orné půdy ze zemědělské půdy ORP,
- podíl přirozeného přírůstku obyvatel na celkovém počtu obyvatel,
- podíl počtu hromadných ubytovacích zařízení na celkovém počtu obyvatel,
- podíl počtu živě narozených na celkovém počtu obyvatel.

Vybrané proměnné byly dále využity pro vícerozměrnou regresní analýzu. Byla provedena dopředná a zpětná kroková regrese. Na základě koeficientu determinace (index determinace R^2 leží v intervalu hodnot $< 0; 1 >$ a udává, jak je výsledná rovnice modelem popsána.) byla zvolena dopředná kroková regrese:

$$R_{\text{DOPŘEDNÁ}}^2 = 0,44,$$

$$R_{\text{ZPĚTNÁ}}^2 = 0,40.$$

Dopředná kroková regrese spočívá v postupném přidávání vysvětlujících proměnných s ohledem na nejvyšší hodnotu korelačního koeficientu (u zpětné se naopak uvažují všechny nezávislé proměnné, které se při překročení kritické hodnoty postupně oddělávají).

V tabulce 4.3 je výstup vícerozměrné regrese se závislou proměnnou y (produkce bioodpadu [t]). Výstupními parametry (v záhlaví tabulky 4.3) jsou:

- N..... počet případů
 B^* odhad parametrů z jiného modelu
 směrodatná chyba z b^* míra rozptýlení pozorovaných hodnot okolo regresní přímky parametrů b^*
 b odhadnuté parametry uvažovaného regresního modelu
 směrodatná chyba z b míra rozptýlení pozorovaných hodnot okolo regresní přímky
 $t(201)$ hodnota využívající se pro test hypotézy, že $b_0 = 0$
 p-hodnota..... maximální možná hladina testu α , pro kterou hypotézu ještě nezamítneme [34]

Tabulka 4.3 – Výsledky regrese se závislou proměnnou y

N=206	b^*	Směrodatná chyba z b^*	b	Směrodatná chyba z b	$t(201)$	p-hodnota
Absolutní člen			-1096,02	512,487	-2,13863	0,033673
x_3	0,552883	0,061866	0,01	0,001	8,93684	0,000000
x_{18}	0,297452	0,055369	33,98	6,325	5,37215	0,000000
x_7	0,331407	0,084296	6428,19	1635,062	3,93147	0,000116
x_9	-0,254366	0,081437	-100,53	32,186	-3,12346	0,002051

V tabulce lze vyčíst, že produkce bioodpadu závisí velkou měrou pouze na čtyřech socio-ekonomických faktorech:

- počet obyvatel,
- podíl orné půdy ze zemědělské půdy,
- podíl obyvatel žijících v domech o 30 a více členech,
- podíl ostatních ploch na celkové výměře.

Výsledná rovnice závislosti produkce bioodpadu na socio-ekonomických faktorech má tento tvar:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_3 + b_2 \cdot x_{18} + b_3 \cdot x_7 + b_4 \cdot x_9.$$

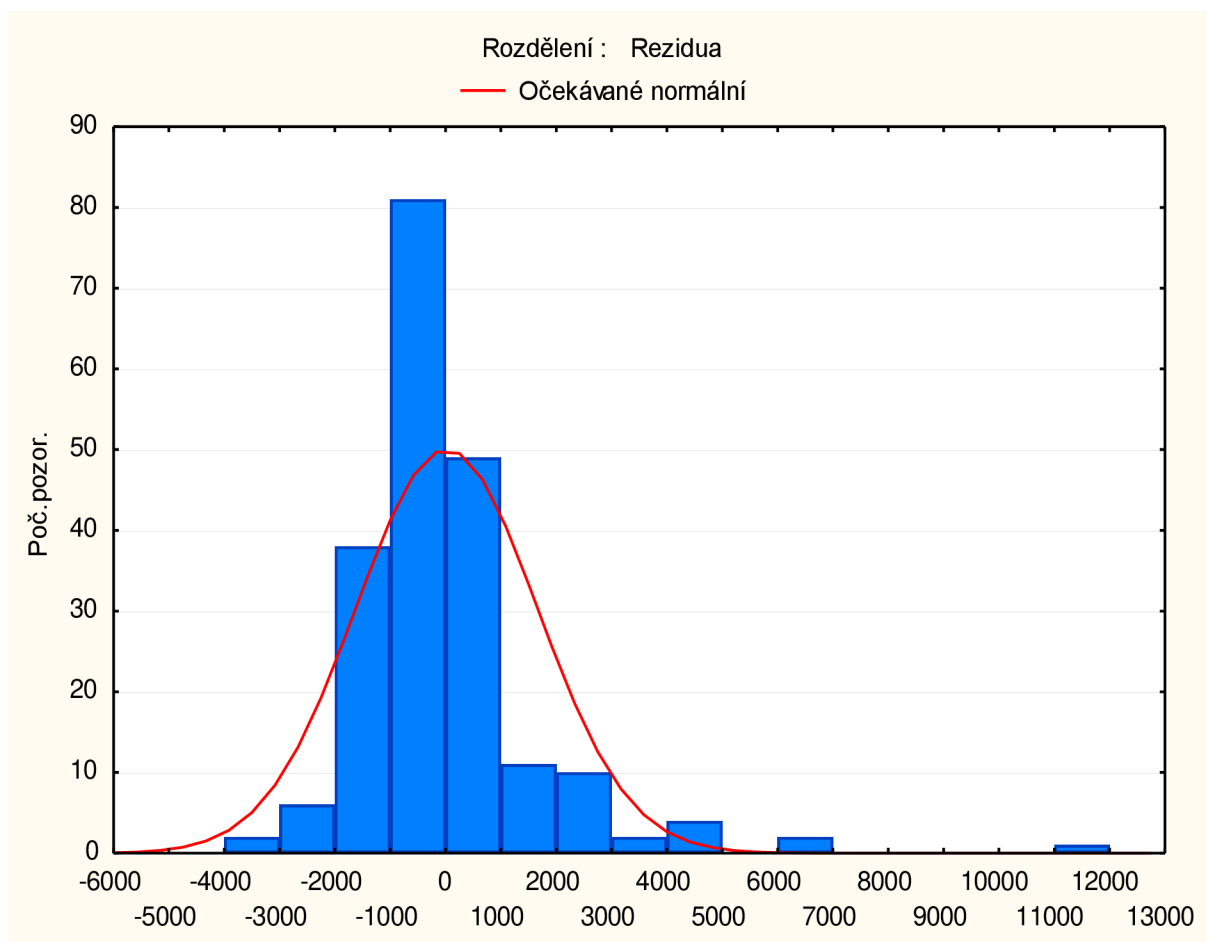
Po dosazení hodnot regresorů je výsledný model pro produkci bioodpadu ve tvaru:

$$y = -1096,02 + 0,01 \cdot x_3 + 33,98 \cdot x_{18} + 6428,19 \cdot x_7 - 100,53 \cdot x_9$$

Na závěr je nutné provést tzv. reziduální analýzu, pro ověření předpokladů pro regresní analýzu. Rezidua se vypočítají dle následujícího vzorce:

$$e_i = (y_i - \hat{Y}_i), i = 1 \dots n$$

Jedná se tedy o rozdíl hodnot regresního modelu (y_i) a empirických hodnot (\hat{Y}_i). Na obrázku 4.4 je znázorněn histogram reziduí a očekávané normální rozdělení. Dle vizuálního zhodnocení lze konstatovat, že histogram má prvky charakterizující hustotu normálního rozdělení pravděpodobnosti.



Obrázek 4.1 – Histogram reziduí

V takovém případě lze regresní model aplikovat na data. Nicméně normalita reziduí by měla být statisticky otestována a v případě nesplnění tohoto předpokladu by bylo dále přistoupeno k přístupům založených na zobecněných regresních modelech, které tyto požadavky na normalitu reziduí nevyžadují. Tato oblast však přesahuje rozsah této bakalářské práce.

Na základě regresního modelu, který identifikoval hlavní faktory podporující množství vyseparovaného BRKO, lze strukturalizovat potenciál pro jednotlivé producenty BRKO, tj. obce. Klíčovými faktory identifikované pomocí regresní analýzy jsou počet obyvatel, podíl orné půdy ze zemědělské půdy, podíl obyvatel žijících v domech o 30 a více členech a podíl ostatních ploch na celkové výměře. V lokalitách, kde tyto faktory mají vysokou hodnotu, lze očekávat významnou produkci bioodpadu. To umožní efektivní plánování podpůrných prostředků z pohledu ekonomických a infrastrukturních. Ukázkovou obcí jsou např. Kravaře, které v souladu s regresním modelem představuje veliký potenciál v nárůstu produkce BRKO. Na tyto typologicky podobné obce je potřeba zaměřit pozornost.

5 Závěr

Tato práce byla zaměřena na analýzu potencionální zvýšení produkce separovaných složek KO a jejich možnosti využití.

První část práce je rešeršního charakteru. Obsahuje důležité pojmy a definice týkající se problematiky odpadového hospodářství. Tato kapitola se také zabývá současnou legislativou a cíli jak Evropské unie, tak České republiky, která se zavázala ke snížení množství skládkovanému odpadu a navýšení míry recyklace.

V druhé části se práce věnuje současnému stavu produkce odpadu KO a zamyšlení se nad tím, zda lze u některých separovaných složek navýšit separaci a recyklaci.

Po posouzení dat z databáze ISOH nelze předpokládat zásadní navýšení míry separace a recyklace u složek jako jsou sklo, plast nebo papír. Je to způsobeno limity technologií či reálného využití recyklátu. Z tohoto pohledu je zajímavý BRKO, u něhož se předpokládá nárůst produkce a u něhož lze nalézt uplatnění zpracovaného odpadu, a to ve formě kompostu, který je výstupem kompostárny, popř. bioplynu, který lze spalováním přeměnit na teplo a elektrickou energii, a digestátu využitelného jako hnojivo na zemědělské půdě.

Třetí kapitola se zabývá analýzou produkce BRKO vzhledem k socio-ekonomickým faktorům obyvatelstva. V této práci jsou využita data z roku 2015 z ČSÚ pro 206 ORP. Pomocí vícerozměrné regrese se dospělo k tomu, že závislými socio-ekonomickými faktory na produkci BRKO je počet obyvatel ORP, podíl orné půdy ze zemědělské půdy ORP, podíl obyvatel žijících v domech pro 30 a více lidí a podíl ostatních ploch na celkové výměře.

V lokalitách, kde tyto identifikované hlavní faktory mají vysokou hodnotu, lze očekávat významnou produkci bioodpadu, což usnadní efektivní plánování pomocných prostředků z ekonomického a infrastrukturního pohledu. Ukázkovou obcí jsou např. Kravaře, které v souladu s regresním modelem představují veliký potenciál v nárůstu produkce BRKO. Na tyto typologicky podobné obce je potřeba zaměřit pozornost.

Reference

- [1] *Zákony pro lidi: Vyhláška č. 185/2001* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>
- [2] *Ministerstvo životního prostředí: komunální odpady* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/komunalni_odpady
- [3] *Zákony pro lidi: Vyhláška č. 93/2016* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-93>
- [4] *Komunální odpad: pojmy* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <http://www.komunalniodpad.eu/?str=pojmy>
- [5] *Ministerstvo životního prostředí: oběhové hospodářství* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/DF318BF6895A668FC1257F94002B3A22/\\$file/SOTPR_Obehove-hospodarstvi_20160413.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/DF318BF6895A668FC1257F94002B3A22/$file/SOTPR_Obehove-hospodarstvi_20160413.pdf)
- [6] „Příloha návrhu směrnice Evropského parlamentu a rady,“ [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:c2b5929d-999e-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0006.02/DOC_2&format=PDF [Přístup získán 23 květen 2018].
- [7] *SITA: oběhové hospodářství* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <http://www.sita.cz/24980-obehove-hospodarstvi>
- [8] MANHART, Jaromír. *CEP v právních předpisech: jaké změny nás čekají?*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, odbor odpadů, 2018 [cit. 2018-05-24].
- [9] *Enviweb: MŽP představuje nový zákon o odpadech* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/110144>
- [10] *Stav odpadového hospodářství v ČR 2015 – postoj MŽP k energetickému využívání odpadů*. Brno: Ministerstvo životního prostředí, odbor odpadů, 2016 [cit. 2018-05-24].
- [11] *Ministerstvo životního prostředí: POH ČR* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr
- [12] *Ministerstvo životního prostředí: POH krajů* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plany_odpadoveho_hospodarstvi_kraju
- [13] *Ministerstvo životního prostředí: matematické indikátory* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/soustava_indikatoru_2016/\\$FILE/OODP-Matematicke_vyjadreni_pro_rok_2016-20171012.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/soustava_indikatoru_2016/$FILE/OODP-Matematicke_vyjadreni_pro_rok_2016-20171012.pdf)

- [14] *Ministerstvo životního prostředí: Ať lidé co třídí odpad, dostanou slevy (Lidové noviny)* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/articles_180219_LN
- [15] *Ministerstvo životního prostředí: biologicky rozložitelné odpady* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/biologicky_rozlozitelne_odpady
- [16] „ČSN ISO 14050 NORMA- ENVIROMENTÁLNÍ MANAGEMENT,“ 16 duben 2018. [Online]. Available: <https://www.nlnorm.cz/terminologicky-slovník/48349>.
- [17] „Kompostuj – komunitní kompostování,“ 3 4 2018. [Online]. Available: <http://www.kompostuj.cz/vime-jak/komunitni-kompostovani/>.
- [18] BEŇO, Zdeněk. *Recyklace: efektivní způsoby zpracování odpadů*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 2011, 149 s. : il. (převážně barev.). ISBN 978-80-214-4240-5.
- [19] R. Šomplák, *Aktuální produkce a nakládání s komunálními odpady a výhled do budoucnosti*, Brno: Ústav procesního inženýrství, VUT Brno FSI, 2017.
- [20] *Schéma kompostárny*. In: *Mendelova univerzita v Brně: Zvýšení půdní úrodnosti aplikací kompostu: proces kompostování* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/149/11526.jpg
- [21] *Schéma bioplynové stanice*. In: *Vítej na Zemi: bioplynová stanice* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=bioplynove_stanice&site=odpady
- [22] *Ministerstvo životního prostředí: ISOH* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://isoh.mzp.cz/>
- [23] *Ministerstvo životního prostředí: VISOH* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://isoh.mzp.cz/VISOH/?fillFilter=True>
- [24] ČEZ: ZEVO [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/co-je-zevo.html#zevo>
- [25] *Ministerstvo životního prostředí: POH ČR* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty/\\$FILE/OODP-POH_CR_2015_2024_schvalena_verze_20150113.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty/$FILE/OODP-POH_CR_2015_2024_schvalena_verze_20150113.pdf)
- [26] *Ústav procesního inženýrství: Justine* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <http://upi.fme.vutbr.cz/veda-vyzkum/justine>

- [27] *Obec Rosice: Třídění odpadu (prezentace společnosti KTS Ekologie s.r.o.)* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: https://www1.rosice.cz/assets/File.ashx?id_org=14122&id_dokumenty=14743
- [28] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A52015PC0595>
- [29] *Ministerstvo životního prostředí: indikátory 2016* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/indikatory_odpadoveho_hospodarstvi_2016/\\$FILE/OODP-Indikatory_OH_2016_final-20171012.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/indikatory_odpadoveho_hospodarstvi_2016/$FILE/OODP-Indikatory_OH_2016_final-20171012.pdf)
- [30] ŠOMPLÁK, Radovan, Vlastimír NEVRILÝ a Jiří GREGOR. Prognóza produkce BRKO a nákladů na jeho sběr a svoz. *Odpadové fórum: měsíčník o odpadech a druhotných surovinách*. Praha: České ekologické manažerské centrum, 2018, 19(5), 30. ISSN 1212-7779.
- [31] *Statsoft: STATISTICA* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <http://www.statsoft.cz/>
- [32] *Statsoft: Možnosti korelační analýzy* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: http://www.statsoft.cz/file1/PDF/newsletter/2014_11_26_StatSoft_Moznosti_korelacni_analyzy.pdf
- [33] *Nelineární korelační závislost: Spearmanův korelační koeficient* [online]. Veterinární a farmaceutická univerzita [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn5/nelinear.htm>
- [34] *Statsoft: Úvod do regresní analýzy* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: http://www.statsoft.cz/file1/PDF/newsletter/2014_26_03_StatSoft_Uvod_do_regresni_analyzy.pdf

Seznam použitých zkratek

KO	komunální odpad
SKO	směsný komunální odpad
MS	míra separace
MR	míra recyklace
CEP	Balíček k oběhovému hospodářství (Circular Economy Package)
POH ČR	Plán odpadového hospodářství ČR
BRO	biologicky rozložitelný odpad
BRKO	biologicky rozložitelný komunální odpad
GWP	potenciál globálního oteplování (global warming potential)
ISOH	informační systém odpadového hospodářství
VISOH	informační systém odpadového hospodářství pro veřejnost
ZEVO	zařízení pro energetické využití odpadu
ORP	obec s rozšířenou působností
ČSÚ	Český statistický úřad