

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Malá zařízení na energetické využití směsného
komunálního odpadu**

Natálie Lihunová

2017/2018

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Natálie LIHUNOVÁ**
Osobní číslo: **E15B0147P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Malá zařízení na energetické využití směsného komunálního odpadu**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

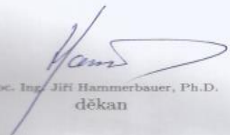
1. Popište stávající stav v energetickém využívání odpadů v ČR a EU, včetně legislativních požadavků.
2. Analyzujte vzrůstající potřeby pro energetické využívání odpadů v porovnání s ostatními způsoby využívání odpadů.
3. Popište logistiku nakládání s odpady před jejich energetickým využitím.
4. Navrhněte optimální parametry a podmínky pro energetické využívání odpadů v podmínkách ČR.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Eduard Šcerba, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **10. října 2017**
Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2018**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni, dne 10. října 2017

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na energetické využívání komunálního odpadu v Evropě a České republice, hierarchie nakládání s odpady, technologický proces zařízení na energetické využívání komunálního odpadu. Rozdíl mezi zařízeními na energetické využití odpadu s malou a velkou kapacitou.

Klíčová slova

zařízení na energetické využití komunálního odpadu, směsný komunální odpad, hierarchie nakládání s odpady, technologický proces zařízení na energetické využití komunálního odpadu

Abstract

Submitted bachelor work is focused on the energy using of municipal waste in Czech republic and European Union. In this bachelor work is mentioned hierarchy of loading with waste, technologic proces of municipal waste incineration plants. Differences between municipal waste incineration plants with small and big capacity.

Key words

municipal waste incineration plants, mixed municipal waste, hierarchy of waste management, the technological proces of the equipment for the energy recovery of municipal waste

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

.....

podpis

V Plzni dne 31. 5. 2018

Natálie Lihunová

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu své bakalářské práce Mgr. Ščerbovi, Ph.D. za jeho pomoc při tvorbě této bakalářské práce. Zároveň bych ráda poděkovala své rodině za pomoc a velkou trpělivost při tvorbě této bakalářské práce.

Obsah

Abstrakt	3
Klíčová slova	3
Abstract	4
Key words	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Seznam symbolů a zkratk	9
Úvod	10
Introduction	11
1 Popište stávající stav energetického využívání odpadů v ČR a EU, včetně legislativních požadavků.	12
1.1 Státy Evropské Unie	12
1.1.1 Česká republika	13
1.1.2 Německo	14
1.1.3 Švédsko.....	15
1.1.4 Švýcarsko	15
1.1.5 Nizozemí	16
1.1.6 Dánsko	17
1.1.7 Velká Británie	18
1.1.8 Island	18
1.1.9 Rakousko	19
1.1.10 Francie	20
2 Analyzujte vzrůstající potřeby pro energetické využívání odpadů v porovnání s ostatními způsoby využívání odpadů.	20
2.1 Odpad	20
2.2 Komunální odpad	20
2.2.1 Skladba komunálního odpadu.....	21
2.3 Hierarchie nakládání s odpady	22
2.3.1 Předcházení vzniku odpadů.....	23
2.3.2 Příprava pro znovupoužití odpadu	24
2.3.3 Recyklace a kompostování	25

2.3.4	Jiné využití - využití odpadů k výrobě energie.....	26
2.3.5	Odstranění odpadů	27
2.3.6	Spalovna odpadů.....	29
2.3.7	Mechanicko-biologická úprava komunálního odpadu	30
3	Popište logistiku nakládání s odpady před energetickým využitím	31
3.1	Vstup odpadu	33
3.2	Ohniště a kotel spalovny	34
3.2.1	Druhy kotlů.....	35
3.3	Energie.....	36
3.4	Zachycení popílku, zpracování škváry a popílku, čištění spalin.....	36
3.5	Čištění spalin	37
3.6	Odstraňování NO _x	38
3.7	Filtry a elektrické odlučovače.....	38
3.7.1	Elektroodlučovač.....	38
3.8	Katalyzátor	38
3.9	Popílek a škvára.....	38
3.10	Úprava pracích vod.....	39
3.10.1	Prací voda	39
3.11	Škvára	40
4	Navrhnete optimální parametry a podmínky pro energetické využívání odpadů v podmínkách ČR. 41	
4.1	Zařízení na energetické využití komunálního odpadu s malou a velkou kapacitou.....	43
4.1.1	Projekt ZEVO Cheb	43
	Závěr.....	47
	Seznam literatury a informačních zdrojů	1

Seznam symbolů a zkratek

ČR	Česká republika
ZEVO	zařízení na energetické využívání odpadu
EU	Evropská Unie
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
ČSÚ	Český statistický úřad
KO	komunální odpad
MBÚ	mechanicko-biologická úprava odpadu

Úvod

Vybrat si bakalářskou práci nebyl jednoduchý úkol, ale s ohledem na současně chystané změny v odpadovém hospodářství jsem se rozhodla pro bakalářskou práci na téma: Malá zařízení na energetické využívání směsného komunálního odpadu.

Ve své bakalářské práci se zabývám zařízeními na energetické využití směsného komunálního odpadu (ZEVO, dále jen zařízení) v České republice. V úvodu se zaměřuji na popis celkového, ale především energetického využití odpadu v několika státech Evropy a také popis energetického využívání odpadu v České republice. Další část své práce věnuji problematice odpadu, jeho vzniku, složení a podrobně probírám jednotlivé způsoby nakládání s odpady podle hierarchie nakládání s odpady, a také porovnávám jednotlivé způsoby nakládání s odpady s energetickým využitím odpadů.

V následující části podrobně rozebírám jednotlivé fáze životní cesty odpadu. Od jeho vzniku až po jeho energetické využití v zařízení. Poslední část své práce jsem věnovala stanovení optimálních podmínek pro energetické využívání odpadu v České republice za současné situace podle dostupných materiálů.

Na závěr jsem porovnala, jaký typ zařízení na energetické využití komunálního odpadu by bylo vhodnější na území České republiky vybudovat.

Introduction

Following part of my work is dedicated to problematic of waste, its origin, creation and composition. In detail I am analysing different method of waste managing according to hierarchy of waste management and comparing them to possible waste to energy using.

Next part is detailed analyse individual phases of waste life circle.

From its origin until its waste to energy using in designated facility.

Last part of my bachelor work is dedicated to estimate optimal conditions for waste to energy in Czech republic considering present situation and accessibility of materials.

I conclusion I have compared what kind of waste to energy plant would be preferable to build on the ground of Czech republic.

1 Popište stávající stav energetického využívání odpadů v ČR a EU, včetně legislativních požadavků.

Od roku 2024 je v České republice zakázáno skládkování směsného neupraveného odpadu, recyklovatelného a využitelného odpadu. Dále je v ČR zavedena od roku 2015 povinnost třídění bioodpadů. Dalším bodem je povinnost obcí zavést třídění a materiálové využití 50% komunálního odpadu do roku 2020. Cílem této povinnosti je zlepšení nakládání s odpady.

Do roku 2030 by podle plánů Evropské Unie měly všechny členské státy omezit skládkování na pouhých 10% původní hodnoty. Pomocí těchto zákazů a povinností bychom se měli přiblížit požadavkům EU v ohledech odpadového a oběhového hospodaření.

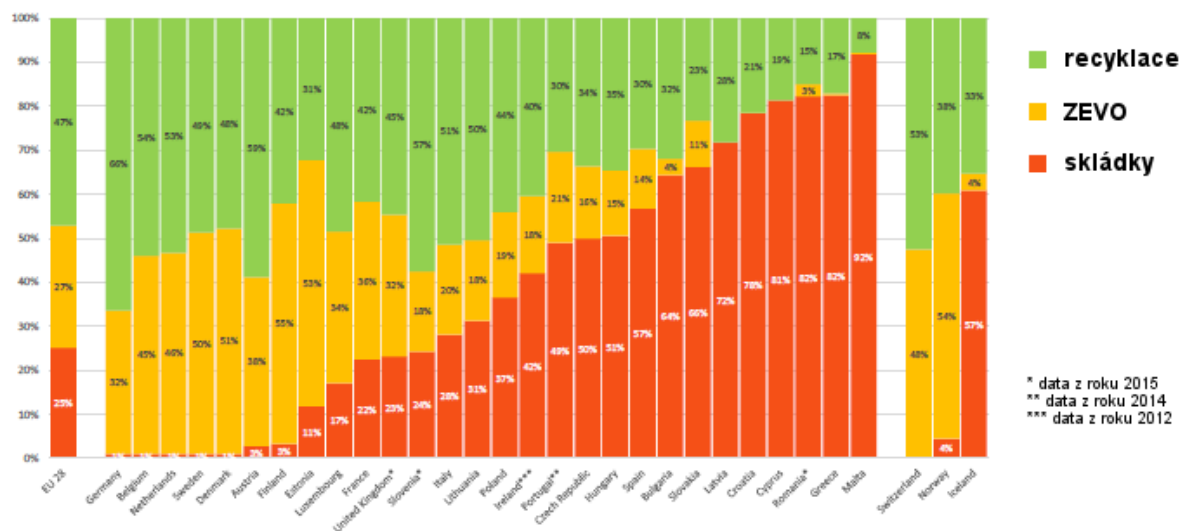
V dlouhodobém plánu České republiky se počítá, že do roku 2024 budou zrušeny skládky, na které se ukládá neupravený směsný komunální odpad. Směsný komunální odpad by měl být nejprve vytříděn, aby se odebraly a zužitkovali využitelné složky, a zbytek by měl být použit jinak (energetické využití, mechanicko-biologická úprava).

1.1 Státy v Evropě

V Evropě není v současné době zcela unifikovaný způsob nakládání s odpady. Pro všechny státy Evropské Unie platí hierarchie nakládání s odpady, ale ne všechny státy jsou na takové ekonomické úrovni, aby byly schopny tuto hierarchii dodržovat.

Vyspělejší evropské státy jako Rakousko, Německo, Francie a Švýcarsko využívají ve velkém spalování, a množství směsného komunálního odpadu putujícího na skládky je minimální. Naopak státy jako Chorvatsko, Rumunsko a Řecko využívají po materiálovém využití především skládkování komunálního odpadu.

V zemích EU je energeticky využito množství odpadu odpovídající roční výrobě tepla pro 15 milionů domácností a energie pro 17 milionů domácností. Tato čísla jsou potvrzením výhodnosti energetického využívání komunálního odpadu v Evropské Unii.



obr. č. 1: Porovnání jednotlivých způsobů nakládání s odpady v EU

1.1.1 Česká republika

V České republice jsou v současné době v provozu pouze čtyři velká zařízení na energetické využití odpadu. Tyto zařízení se nacházejí v Praze, Brně, Liberci a v Chotíkově u Plzně. Roční kapacita těchto zařízení je přibližně 750 tisíc tun. První zařízení v České republice bylo vybudováno v Brně - Komárov, kde v současnosti zpracují až 283 tisíc tun odpadu ročně. Další zařízení je postaveno v Praze Malešicích, které má kapacitou 310 tisíc tun ročně.



Obr. č. 2: ZEVO Praha Malešice

Na přelomu století bylo postaveno další zařízení v Liberci s roční kapacitou 96 tisíc tun. Poslední a nejnovější zařízení stojí nedaleko města Plzně v Chotíkově a ročně se v něm zpracuje přibližně 95 tisíc tun odpadu.



Obr. č. 3 : ZEVO Chotikov

Pro splnění plánů Evropské Unie by Česká republika měla nakládat s odpadem v poměru: 65% recyklace, 10% skládkování, 25% energetické využití. K tomu by bylo zapotřebí navýšit kapacitu zařízení na energetické využití o dalších 950 tisíc tun. Toto navýšení by mohlo být provedeno buď pomocí několika málo velkých zařízení, nebo zavedením decentralizovaného systému.

Decentralizovaný systém je tvořen malými zařízeními o kapacitě kolem 20 tisíc tun/rok. V přibližně každém kraji by bylo umístěno jedno toto zařízení. Významnou výhodou tohoto uspořádání by byla eliminace svozové vzdálenosti a zároveň by došlo k využívání energií z odpadů původci odpadu.

1.1.2 Německo

V Německu byl zaveden zákaz skládkování neupraveného komunálního odpadu již v roce 2005. S tímto zákazem se zároveň změnily podmínky nakládání s komunálními odpady jako např. snaha o třídění přímo u zdroje, zvýšení důrazu na třídění a recyklaci. V roce 2013 fungovalo v Německu 705 jednotek pro energetické zpracování odpadu. V těchto jednotkách končila třetina směsného komunálního odpadu, který byl před energetickým využitím vytříděn a recyklován.

1.1.3 Švédsko

Švédsko patří mezi nejúspěšnější státy světa v předcházení vzniku odpadu a recyklaci. Švédsko má velmi rozvinutou strukturu energetického využití odpadu. Díky jejich skvělému kombinování třídění a energetického využití odpadu, dovážejí odpad na energetické využití z okolních zemí, nejčastěji z Norska a Velké Británie. V budoucnosti se počítá i s dovozem odpadů z pobaltských zemí a Itálie.

Tímto krokem významně šetří fosilní paliva a zároveň mají určité zisky ze spalování dovezeného odpadu. Odpad je ve Švédsku zpracován a jeho zbytky po spálení jsou odvezeny zpět do země původu. Díky čemuž se omezuje množství škváry uložené na speciální skládky.

I přesto, že Švédci zpracováváním cizích odpadů vydělávají, podporují vybudování sítě zařízení na energetické využití odpadů v ostatních zemích.

Technologie jsou ve Švédsku velmi pokročilé, a proto mohou mít jednotky na energetické využití odpadu v blízkosti center měst, neboť vypouštěné emise jsou menší než emise z klasických tepláren spalujících fosilní paliva.

1.1.4 Švýcarsko

Ve Švýcarsku je široká síť jednotek na energetické využití odpadu. Švýcarsko je složeno z 26 kantonů a v nich se nachází 30 zařízení. Zařízení jsou rozmístěna především podle hustoty rozmístění obyvatelstva a tedy podle možnosti využití energie.

Zařízení jsou umístěna, tak aby byla co nejlepší vazba na soustavu dálkového topení, nebo na dodávku tepla pro průmyslové využití. Dalo by se říct, že se v Švýcarsku polovina odpadu recykluje a odpad, který již recyklovat nelze, se energeticky využije. Dalším pozitivem na spalování odpadů je zpětné získávání kovů, jejichž výroba by byla energeticky náročná.

Jednotky na energetické využití odpadu vyrobí ve Švýcarsku 3% celkové produkce elektřiny a na výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů má podíl 68%. Náklady na energetické využití odpadu jsou nižší než náklady na získání energie pomocí solárních nebo větrných elektráren. To je způsobeno i tím, že zařízení má stabilní množství získané energie během celého roku, oproti tomu solární elektrárny a větrné elektrárny jsou velmi závislé na klimatických podmínkách.

Při energetickém využívání odpadů ve Švýcarsku docházelo k postupnému snižování produkce dioxinů. Roku 1985 bylo produkováno 270 gramů dioxinů, což vytvářelo 61% celkové produkce. Do roku 2005 klesly na hodnotu 20 gramů dioxinů celkem, ale pouhých 5 gramů bylo z energetického využívání odpadů.

Ve Švýcarsku se z plastů třídí pouze PET lahve, ostatní plasty se vhazují do komunálního odpadu. Od roku 1980 se produkce tříděného odpadu zvýšila čtyřikrát. Nejpravděpodobnější příčinou bylo zavedení poplatku „za pytel“. Každý občan zaplatil pouze ten odpad, který měl v pytli s komunálním odpadem. Tento poplatek se stal motivací pro zvýšení recyklace.

1.1.5 Nizozemí

Nizozemí bylo roku 2013 největším dovozcem odpadů v Evropské Unii. V Nizozemí končí odpady ze zemí jako Velká Británie, Irsko a Itálie. Nizozemí přetváří odpady na energii a zároveň má vysoké zisky z dovezeného odpadu. Tyto zisky byly roku 2013 odhadovány na desítky milionů euro. V Nizozemí bylo vybudováno mnoho zařízení na energetické využití odpadu. Díky krizi a snaze vlády zvýšit recyklaci odpadu docházelo k nedostatečnému využívání kapacity těchto zařízení.

To bylo částečně vyřešeno výše zmíněným dovozem odpadu ze zemí s nedokonale vyřešeným odpadovým hospodářstvím. Nizozemská zařízení jsou počítána mezi nejvyspělejší zařízení, protože do ovzduší vypouštějí pouze CO₂ a vodní páru.

V současné době nemusí být jednotky na energetické využití odpadu využity pouze jako zařízení na výrobu energie, ale zároveň se mohou stát zajímavým architektonickým prvkem, jak dokazuje níže zobrazené zařízení.

V Roskilde bylo roku 2014 zprovozněno nové zařízení na energetické využití odpadu, které vypadá jako sakrální stavba, jehož obvodová zeď je tvořena dvěma vrstvami hliníku. V těchto vrstvách jsou kulové otvory, které by měli v noci zářit.



obr. č. 4: ZEVO v Roskilde, Nizozemí

1.1.6 Dánsko

První zařízení bylo v Dánsku postaveno již v roce 1905. Výrazným bodem v historii Dánska se stala ropná krize v letech 1973-74. Nedostatek ropy dovedl Dány k myšlence o energetické nezávislosti. Do roku 2050 by se chtěli stát zcela nezávislími na fosilních palivech. K zákazu skládkování neupraveného komunálního odpadu, který by bylo možné energeticky zpracovat došlo již v roce 1997.

V současné době se v Dánsku 30 zařízení, ale v provozu je jich pouze 28, jelikož Dánsko nedisponuje dostatečným množstvím odpadu pro zbylé dvě. Zařízení jsou kapacitně v rozmezí 12-520 tisíc tun odpadu za rok. I přes velké energetické využití odpadu se v Dánsku nezanedbává recyklace. Pro recyklaci je využíváno recyklačních dvorů blízko zástaveb.

Příkladem menšího zařízení na spalování odpadů je závod Svendborg Kraftvarme A/S. Závod Svendborg Kraftvarme A/S je zařízení, které energeticky využívá odpad a biomasu v hmotnosti 52 tisíc tun za rok. Pec může převádět zhruba šest tun paliva za hodinu ve formě odpadu a biomasy. Tato energie odpovídá 1,5 tuny topného oleje za hodinu nebo 1600m³ zemního plynu za hodinu.

Z 63 metrů vysokého komína odchází prakticky čistý kouř, tvořený pouze vodní párou a CO₂. Tento závod byl uveden do provozu v roce 1999 a slouží k výrobě elektřiny pro 6-8 tisíc domácností a dálkově vytápí přibližně 5 000 domácností. Ve městě Svendborg dodává teplo společnost Svendborg Fjernvarme a daná hodnota tepla představuje přibližně polovinu dálkového vytápění ve městě.

V Kodani se v současnosti staví zařízení, které bude mít několik účelů. Nejen odstranění a energetické využití odpadu, ale zároveň bude toto zařízení sloužit jako umělá sjezdovka a lezecká stěna volně přístupná veřejnosti. Toto zařízení zvládne zpracovat až 70 tun odpadu za hodinu.



Obr. č. 5: ZEVO v Kodani, Dánsko

1.1.7 Velká Británie

Nejmenší zařízení na energetické využití odpadu, které se nachází na území Evropské Unie, bychom našli na malém ostrově patřícím Velké Británii. Toto zařízení má kapacitu 3 700 t/rok.

1.1.8 Island

Na malém ostrovním státě se nachází osm zařízení na energetické využívání odpadu. Jednotlivá zařízení mají kapacitu 4 000 tun odpadu za rok.

1.1.9 Rakousko

V roce 2004 byla v Rakousku vydána vyhláška o skládkování, na jejímž základě se nesmí skládkovat neupravený komunální odpad. To způsobilo potřebu využívat jiný způsob nakládání s odpady než skládkování, a proto vzniklo mnoho zařízení na mechanicko-biologickou úpravu a zařízení na energetické využívání odpadu.

Ve spolkových zemích Vídni, Korutanech a Horním Rakousku převládá energetické využívání komunálního odpadu. Na druhé straně Burgenland, Salzbursko a Štýrsko se vydali cestou využívání mechanicko-biologické úpravy.

V hlavním městě Vídni mají tři jednotky energetického využívání odpadu. Tím nejznámějším je zařízení nacházející v rameni dunajského kanálu Spittelau. Toto zařízení není nijak výjimečné svými technologiemi nebo roční kapacitou odpadů, ale svým vzhledem. Již zdaleka je vidět 130 metrový komín s exoticky malovanou fasádou od architekta Friedensreicha Hundertwassera. Zařízení Spittelau spaluje ročně okolo 260 000 tun. To je množství, které by mělo stačit na výrobu energie pro 200 000 domácností.



Obr. č. 6 : ZEVO ve Spittelau, Rakousko

1.1.10 Francie

Na malém francouzském ostrově svatý Bartoloměj ležícím ve francouzských západních Indiích byla vybudovaná soustava zařízení na nejefektivnější využívání odpadu na daném ostrově. Na ostrově byla vytvořena třídící linka, kompostárna a zařízení na energetické využívání odpadu.

Tato soustava na využívání odpadu nejen že vyřešila problém zpracování odpadů na ostrově, ale zároveň poskytla pracovní místa pro obyvatele ostrova. Kapacita spalovny je 1,5 tuny za hodinu.

2 Analyzujte vzrůstající potřeby pro energetické využívání odpadů v porovnání s ostatními způsoby využívání odpadů.

2.1 Odpad

Odpad je každá movitá věc, které se člověk zbavuje, nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit. Takto je definován odpad podle zákona č.185/2001 Sb..

Komunální odpad je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo osob oprávněných k podnikání. Toto je definice komunálního odpadu podle stejného zákona.

Odpad podobný komunálnímu odpadu je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů.

2.2 Komunální odpad

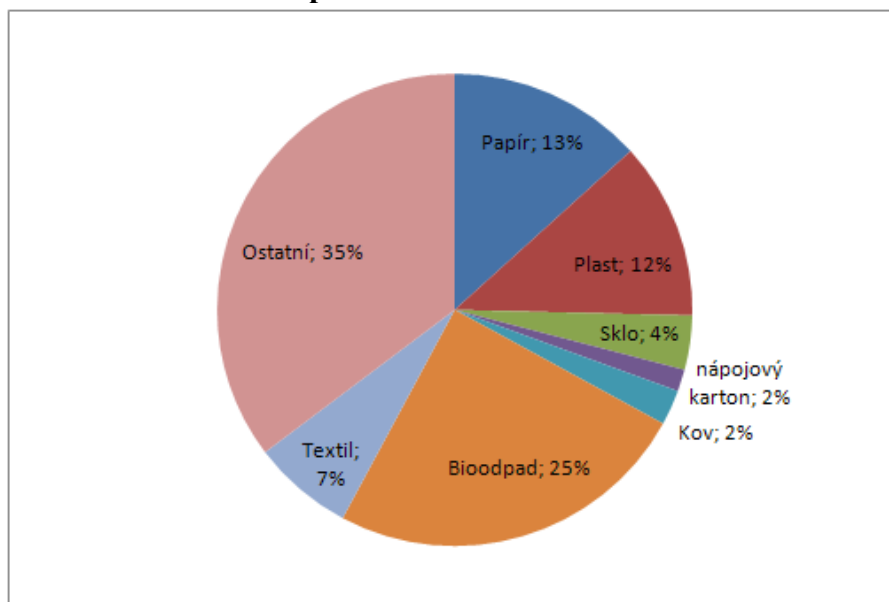
Komunální odpad je odpad vznikající činností obyvatel obce. Komunální odpad je odpad, který je vytvářen při jakékoliv činnosti v dané obci, jedná se např. o odpad z údržby veřejné zeleně, z čištění veřejných míst, provozu odpadkových košů. Komunální odpad obsahuje směsný odpad. Součástí komunálního odpadu jsou odpady, které je možné vytrždit pomocí sdružených sběrů. Ve sdružených sběrech využíváme barevných sběrných nádob.

Směsný odpad je veškerý odpad, který již nelze nijak vytrídít. Směsný komunální odpad by tedy neměl obsahovat žádnou složku, která by se dala vytrídít. Toto základní třídění by mělo probíhat u původců odpadu, ať se jedná o fyzickou nebo právnickou osobu.

Nikdo nedokáže přesně zjistit, kolik komunálního odpadu v České republice nebo v Evropě, případně na celém světě vzniká. Definice komunálního odpadu není příliš přesná a v každé zemi se liší, proto také informace o nakládání s odpady v jednotlivých státech nelze přesně statisticky porovnat.

V České republice dochází k energetickému využívání 11,9 % (podle MŽP) nebo 20% (podle ČSÚ) komunálního odpadu.

2.2.1 Skladba komunálního odpadu



Obr. č. 7: skladba komunální odpadu z domácnosti, kde je užíván k vytápění plyn, elektřina nebo centrální vytápění

Každý odpad z domácnosti má různou skladbu podle několika faktorů, např. velikost obydlí, geografické umístění, způsob vytápění, návyky obyvatel daného místa, věku obyvatel, atd...). Výrazný rozdíl je mezi odpady vznikajícími v městské zástavbě a odpady vznikajícími na venkově.

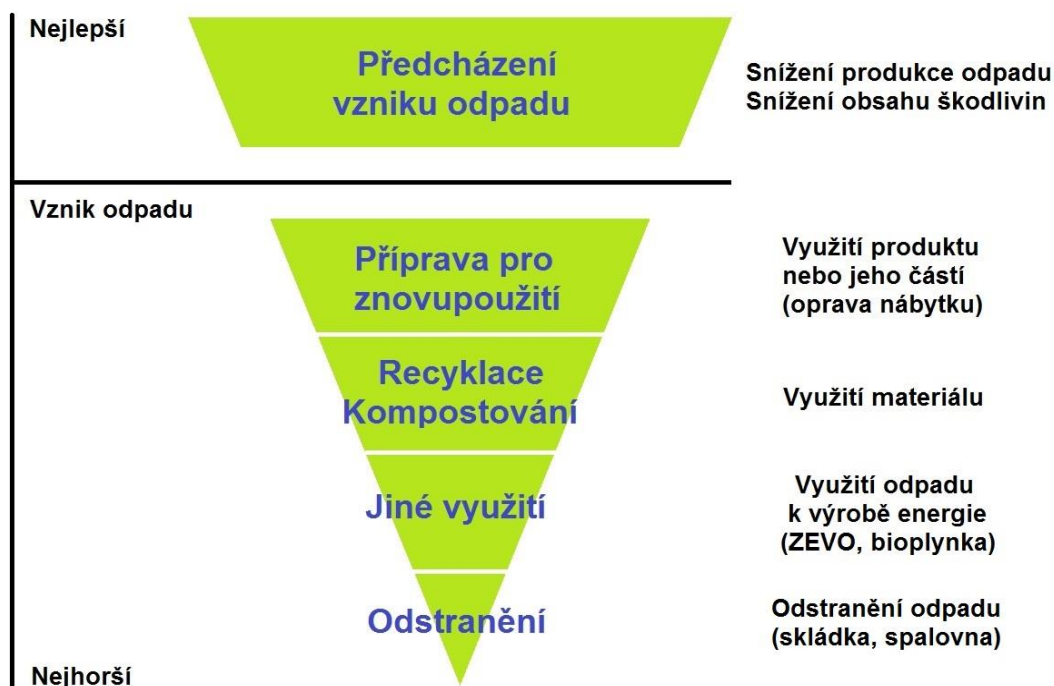
V posledních dvaceti letech došlo k výrazné změně složení komunálního odpadu. Zmenšilo se množství plastů, nápojových kartonů, papíru, skla a kovů. Naopak se zvýšilo množství bioodpadu a spalitelného odpadu. Tato změna vedla i ke změně výhřevnosti odpadu.

Rozdíl mezi venkovem a městskou zástavbou je v množství odpadu na obyvatele. Ve venkovské zástavbě je téměř dvojnásobek komunálního odpadu než v sídlištní (městské) zástavbě. V sídlištní zástavbě je ale výrazně větší množství papíru, plastu, skla a o trochu větší množství spalitelného odpadu.

Ve venkovské zástavbě vzniká během zimních měsíců velké množství popela z vytápění pomocí kotlů na tuhé palivo. V současné době se tento popel po vychladnutí sype do sběrných nádob na směsný komunální odpad. Tento odpad je poté převezen do zařízení na energetické využití odpadu, kde nemůže být kvůli špatné výhřevnosti využit.

Řešením by mohlo být vytvoření speciálních nádob na ukládání popela v oblastech s vyšším počtem domácností, které topí v kotli na tuhá paliva. Tyto nádoby by se vyvážely v určitých frekvencích přímo na vhodnou skládku.

2.3 Hierarchie nakládání s odpady



Obr. č. 8: Hierarchie nakládání s odpady

Ideální odpad by byl takový, který by vůbec nevznikal, ale díky lidské společnosti odpady vznikaly, vznikají a budou vznikat. Proto bychom měli brát odpad jako surovinu. Jak zacházet s touto surovinou podle platných legislativ a zákonů nám udává hierarchie nakládání s odpady.

Nejlepším řešením, jak nakládat s odpady, je předcházet jejich vzniku. To ale vždy není možné, a proto bychom odpad, kterému nelze předejít měli primárně materiálově využít. Ať už ve formě recyklace, kompostování nebo znovu-užití. Pokud již neexistuje možnost ani způsob materiálového využití, měli bychom odpad zužitkovat jako surovinu pro energetické využití.

Posledním způsobem nakládání s odpady by se mělo stát jeho odstranění, které nepřináší žádný užitek. Ať už se jedná o spálení odpadu ve spalovně nebo o uložení na skládku odpadu.

2.3.1 Předcházení vzniku odpadů

Předcházení vzniku odpadů je způsob, jak snížit náklady za odpady, jejich škodlivé účinky na životní prostředí i lidské zdraví. V podstatě to znamená, že odpad neprodukujeme nebo produkujeme co nejméně.

Mezi předcházení vzniku odpadů patří již zmíněná redukce odpadu, prodloužení životnosti odpadu (opětovná používání, půjčování) a využití veškerých složek bez nutnosti přepravy jako např. domácí nebo komunitní kompostování.

Vhodné je využívání recyklovaných materiálů nebo přírodních materiálů, které neobsahují nebezpečné látky. Mezi vhodné způsoby předcházení vzniku odpadů je také nakupování pouze potřebných věcí. V lokálních podmínkách stačí odmítání letáků ve schránkách, opravování věci, které lze ještě opravit, látkové tašky na nákupy, pití vody z vodovodu a mnoho dalších.

2.3.1.1 Porovnání předcházení vzniku odpadu a ZEVO

Předcházení vzniku odpadů je výhodnější než využívání zařízení na energetické využívání odpadu. Je to prevence vzniku odpadu, která je nepřekonatelná.



obr. č. 9 : Domácí kompostování

2.3.2 Příprava pro znovupoužití odpadu

Znovupoužití je regulérní prodloužení životnosti produktu nebo věci. S nepoškozeným produktem se dá dělat spousta věcí: používat znovu, prodat, darovat. Znovupoužití je pro snižování množství odpadu důležitější a výhodnější než recyklace.

V dřívějších dobách (např. v dobách našich babiček) bylo normální, že se všechny věci dědily z jedné generace na druhou. To znamenalo, že věc byla kontinuálně využívána, dokud to bylo možné. V současné konzumní společnosti ale dochází k opačnému jevu. Většina věcí má minimální životnost či přestává být moderní a tím pádem se z nich stává odpad. Ovšem i dnes se najdou výjimeční jedinci, kteří provádějí „Re-Use „(z angl. znovupoužití).

2.3.2.1 Porovnání znovupoužití odpadu a ZEVO

Znovupoužití odpadu by mělo předcházet energetickému využívání. Věci rozbité, nepotřebné a nevyužitelné by měli být předány k energetickému využití, kde mohou mít význam. Z toho vychází, že bychom měli věci nejprve řádně opotřebit a pak teprve předat k dalšímu (energetickému) využívání.

2.3.3 Recyklace a kompostování

Recyklace komunálního odpadu je snaha o snížení množství recyklovatelných složek v komunálním odpadu. Recyklace odpadů je znovupoužití složek, které jsou využitelné. Jedním z hlavních účelů recyklace je snížení negativního dopadu obalového průmyslu. Třídění odpadu je činnost, která slouží k rozdělení odpadů podle druhu. Recyklace je zpracování již vytříděných druhů odpadů. Recyklace je tedy proměna jedno-druhového odpadu na nový materiál. Třídění tedy předchází recyklaci odpadu.

Recyklace slouží k snížení těžby a výroby nových surovin. Při výrobě nových surovin se musejí využívat i energie, což jsou další náklady navíc. Mezi recyklovatelné materiály patří: sklo, plast, nápojové krabice, papír, elektroodpad, textil, baterie, autovraky,...



obr. č. 10 : Označení odpadu, který je tříditelný

2.3.3.1 Porovnání recyklace a ZEVO

Recyklace je důležitý způsob nakládání s odpady. Při recyklaci se využijí veškeré vytříditelné složky směsného komunálního odpadu, jako jsou papíry, plasty, sklo, nápojové kartony, kovy, plechovky, biologický odpad. To, co již nelze vytřídit, by se mělo energeticky využít.

2.3.4 Jiné využití - využití odpadů k výrobě energie

2.3.4.1 Zařízení na energetické využití komunálního odpadu- ZEVO

Při termickém využití komunálního odpadu dochází k minimalizaci jeho objemu a látkovému využití. V zařízení na energetické využívání odpadu dochází k termo-oxidačnímu procesu, kdy biogenní prvky oxidují za uvolnění tepla, což označujeme jako exotermickou reakci.

Využíváním spalování odpadů snižujeme množství potřeby fosilních paliv, která jsou neobnovitelná, a zvyšujeme úroveň péče o životní prostředí, protože není potřeba vytvářet skládky.

Výsledkem termického procesu je redukce hmotnosti na 25% původních hodnot a redukce objemu až na 10% původních hodnot. Uvolněná tepelná energie je využita k výrobě teplotního média. Při spalování odpadů dochází k vyřídění železného šrotu ze škváry jako zdroje druhotných surovin. Zařízení na energetické využívání odpadů je jeden z nejvíce kontrolovaných procesů výroby energie. Emisní limity jsou mnohonásobně přísnější než například u tepelných elektráren. Abychom mohli označit zařízení jako zařízení na energetické využívání komunálního odpadu, tak musí docházet k energetickému využívání více než 65% KO.

2.3.4.2 Pyrolýza komunálního odpadu

Pyrolýza je jeden z energetických způsobů využívání odpadu. Při pyrolýze dochází k tepelnému zpracování bez přístupu vzduchu, kyslíku nebo zplyňovacích látek. Pyrolýzu dělíme podle dosahovaných teplot na nízkoteplotní, středněteplotní a vysokoteplotní. Nízkoteplotní pyrolýza probíhá při teplotách do 500°C. Středněteplotní pyrolýza je využívána v teplotním rozsahu od 500-800°C. Vysokoteplotní pyrolýza se používá při teplotách vyšších než 800°C.

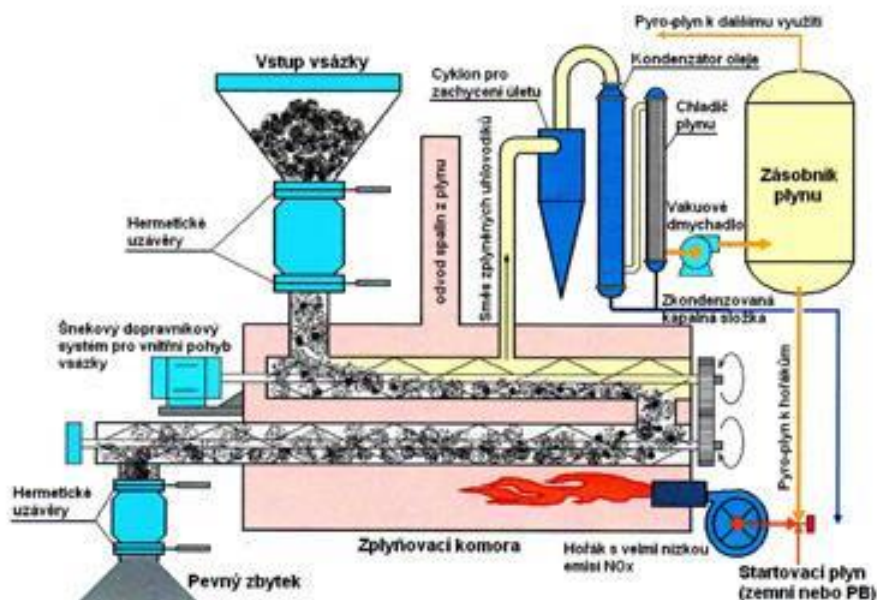
Při pyrolýze se může zpracovávat směsný komunální odpad, biomasa, plasty, pneumatiky nebo uhlí. Po dosažení dostatečné teploty dochází ke štěpení vysokomolekulárních látek a tím se uvolňují nízkomolekulární látky. Při pyrolýzním procesu vznikají čtyři hlavní produkty a to jsou: tuhé zbytky, pyrolýzní plyn, pyrolýzní olej a pyrolýzní voda. Pyrolýzní plyn a pyrolýzní olej lze využívat jako palivo. Avšak obvykle musí být zušlechťovány pro zlepšení jednotlivých vlastností, což značně komplikuje jejich využívání.

Pyrolýzu můžeme rozdělit na pomalou a rychlou. Při rychlé (bleskové) pyrolýze je vysoká produkce plynné a kapalné fáze, především kvůli tepelnému užítku. Rychlá pyrolýza je prováděna za teploty 450-900°C a tlaku 0,1MPa.

Pomalá pyrolýza probíhá při teplotách 400-600°C a tlaku od 0,001-0,1MPa. Při této technologii dochází k produkci dřevěného uhlí. Danou činnost nazýváme také karbonizace.

Pyrolýza je využívána po celém světě. V České republice byla vyvinuta pyrolýzní jednotka Pyromatic za spolupráce Vysoké školy báňské, společnosti Arrowline a členů klastru Envicrack. Tato jednotka zpracovává 50-200kg/hod odpadního materiálu. Pyromatic slouží k zpracování pneumatik, směsného komunálního odpadu, biomasy, plastů, čímž snižuje množství odpadu ukládaného na skládky.

Jak funguje:



obr. č. 11: Schématický popis pyrolýzy,

2.3.5 Odstranění odpadů

2.3.5.1 Skládkování

Skládka je technické zařízení sloužící pro ukládání odpadů. Skládkování patří mezi nejčastěji užívané způsoby nakládání s odpady. Důvodem k tomu by mohlo být, že je to jeden z nejjednodušších a nejlevnějších způsobů. Skládkování je přísně kontrolovaný a řízený proces, který je legislativně ošetřen. V České republice bude skládkování neupraveného komunálního odpadu zakázáno od roku 2024.

Skládky můžeme dělit podle druhů odpadů:

- skládky pro ukládání inertních odpadů (S-IO)
- skládky pro ukládání nebezpečných odpadů (S-NO)
- skládky pro ukládání ostatních odpadů (S-OO)
 - S-OO1 jsou skládky používané pro ukládání odpadů s nízkým obsahem organických a biologicky rozložitelných látek
 - S-OO2 jsou skládky používané pro odpady s nízkým obsahem organických biologicky rozložitelných látek, nereaktivních nebezpečných odpadů a odpadů z azbestu
 - S-OO3 jsou skládky používané pro ukládání odpadů, včetně odpadů s podstatným obsahem organických biologicky rozložitelných látek, komunálních odpadů

Skládkování má jako všechny ostatní způsoby nakládání s odpady svoje technologie a postupy. Odpad je ukládán do otevřených prohlubní, podzemí nebo se vrší nad úroveň terénu. Skládky jednotlivých typů mají různé výhody a nevýhody. Abychom předešli propouštění škodlivých látek ze skládek, musí mít skládka několik vrstev.



obr. č. 12 : Ukázka skládky

Ve skládce se vytváří skládková voda a skládkové plyny. Skládková voda je voda, která naprší na skládku a poté prosákne skrz odpad. Skládkový plyn je tvořen především metanem CH₄ a oxidem uhličitým CO₂, které jsou doplněny stopovými příměsemi.

Na skládkách dochází k hutnění odpadu, což je stlačování jednotlivých vrstev odpadu. Hutnění má mnoho pozitivních vlivů, od zvětšení množství odpadu, který se vejde na skládku až po bezpečnost. Skládkování odpadů je velmi často používaný způsob nakládání s odpady, ale jeho používání se poslední dobou omezuje. V některých státech západní Evropy je skládkování dokonce zakázáno.

2.3.5.1.1 Porovnání skládkování a spalování odpadu

Při spalování odpadů dochází ke zmenšení množství odpadu, jeho objemu (až o 80%) a k výrobě energie. Veškeré emise jsou nepřetržitě kontrolovány a snižovány. Při vzniku poruchy dochází k okamžitému zastavení provozu. Těžké kovy končí ve strusce, odkud jsou odebrány a znovu využity. Výhodou zařízení na energetické využití odpadu je, že nedochází k výraznému znečištění vzduchu, vody ani půdy. Největší nevýhodou této metody jsou náklady na výstavbu a provoz jednotek na energetické využití.

Naopak při skládkování dochází k pomalému a nekontrolovatelnému procesu. Skládky jsou rozsáhlá území, která nelze ještě několik let po uzavření skládky použít. Při provozu skládky je zvýšená místní doprava a díky manipulaci s odpadem dochází k vyšší prašnosti a k silně nepříjemnému zápachu. Největší výhodou jsou náklady na provoz a výstavbu skládky, které jsou oproti spalování odpadu minimální.

2.3.6 Spalovna odpadů

Spalovna slouží k odstranění odpadů. Při tomto odstraňování nedochází k výrobě elektrické ani tepelné energie. Naopak se musí proces energií dotovat.

2.3.6.1 Porovnání spalovny odpadů a ZEVO

Zařízení na energetické využití odpadu je výhodnější než spalovna odpadů, protože v obou probíhá téměř stejný proces, ale z prvního zmíněného získáváme energii. Oproti tomu spalovna neprodukuje žádnou energii.

2.3.7 Mechanicko-biologická úprava komunálního odpadu

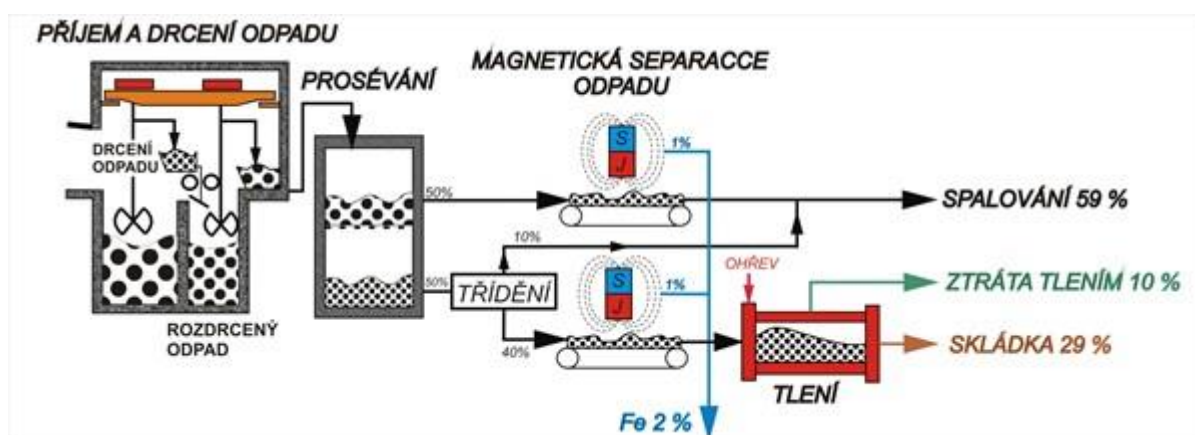
Mechanicko-biologická úprava komunálního odpadu je způsob, jak vytěžit ze směšného komunálního odpadu jakékoliv využitelné látky, které by v něm mohly zůstat. Zařízení MBÚ funguje tak, že se směšný komunální odpad rozdrtí a poté dochází k třídění na drtičích a sítích. Nadrcený komunální odpad je rozdělen na dvě frakce- lehkou a těžkou.

Lehká frakce neboli nadsítná je frakce, ve které jsou biologické materiály, papír, plasty. Tuto část lze zpracovat na palivo, které by mělo být spalitelné za účelem výroby energie.

Těžká neboli podsítná frakce, je frakce, kde se nachází ostatní odpad tvořený především biologicky rozložitelným odpadem. Těžká frakce je zpracována buď za přístupu, nebo nepřístupu vzduchu. Dochází k hnití, při kterém se biologicky rozložitelný odpad rozloží.

Pokud jde o proces za přístupu vzduchu, dochází ke kompostování, jehož výsledkem je kompost, který je dále využitelný. Pokud se jedná o proces zpracování za nepřístupu vzduchu, vzniká metan a zbylý materiál se dále kompostuje. Tento kompost nemá již další využití, a proto musí být uložen na speciální skládky.

Využívání MBÚ se ukázalo jako málo užitečné. Důvodem k vytvoření zařízení MBÚ bylo snížení množství skládkovaného a spalovaného odpadu. Avšak po dlouhém a finančně náročném procesu mechanicko-biologické úpravy vzniká opět odpad vhodný k uložení na skládku a spálení. Tudíž se MBÚ vyhodnocuje jako nadbytečný proces, protože neslouží k odstranění odpadů, ale pouze jako předstupeň před spalováním a skládkováním. Jeho význam je tedy minimální.



Obr. č. 13 : Proces mechanicko-biologické úpravy

3 Popište logistiku nakládání s odpady před energetickým využitím

Poplatek za svoz odpadu je uveden v zákonu č.565/1990 Sb., o místních poplatcích v platném znění:

- (1) Poplatek za provoz systémů shromažďování, sběru, přepravy, třídění, využívání a odstraňování komunálního odpadu platí:
 - a) fyzická osoba s trvalým pobytem v obci, v domácnosti možnost odvodu poplatku společným zástupcem, za rodinný nebo bytový dům vlastník nebo správce, vždy je ale nutné uvést jména a věk osob, za které je poplatek odváděn.
 - b) fyzická osoba, která vlastní stavbu, jenž slouží k rekreačním účelům, ve které není hlášena k trvalému pobytu žádná fyzická osoba.
- (2) Poplatek je placen obci, ve které má osoba trvalý pobyt nebo stavbu určenou k rekreačním účelům.
- (3) Sazba je tvořena
 - a. až 250Kč za osobu podle definice v odstavci (1)
 - b. částkou až 250 Kč za osobu podle skutečných nákladů obce na nakládání s odpady v minulém roce. Obec v obecně závazné vyhlášce stanoví rozúčtování nákladů na sběr a svoz netříděného komunálního odpadu na osobu.
- (4) V případě změny místa trvalého pobytu nebo majitele rekreačního objektu, kde není přihlášena žádná osoba k trvalému pobytu, hradí daná osoba poplatek v poměrné výši, která odpovídá počtu kalendářních měsíců pobytu nebo vlastnictví stavby v příslušném kalendářním roce.

Od platby poplatků je osvobozen:

- poplatník, dlouhodobě umístěný v ústavu sociální péče (domov důchodců, ústav sociální péče pro mentálně postižené), dětském domově, pokud je pobyt dlouhý alespoň jeden kalendářní měsíc.
- poplatník, zdržující se prokazatelně mimo území ČR nepřetržitě alespoň jeden rok
- poplatník, který je schopen prokázat, že daný kalendářní rok zaplatil poplatek v jiné obci ČR
- poplatník, který je umístěn ve věznici

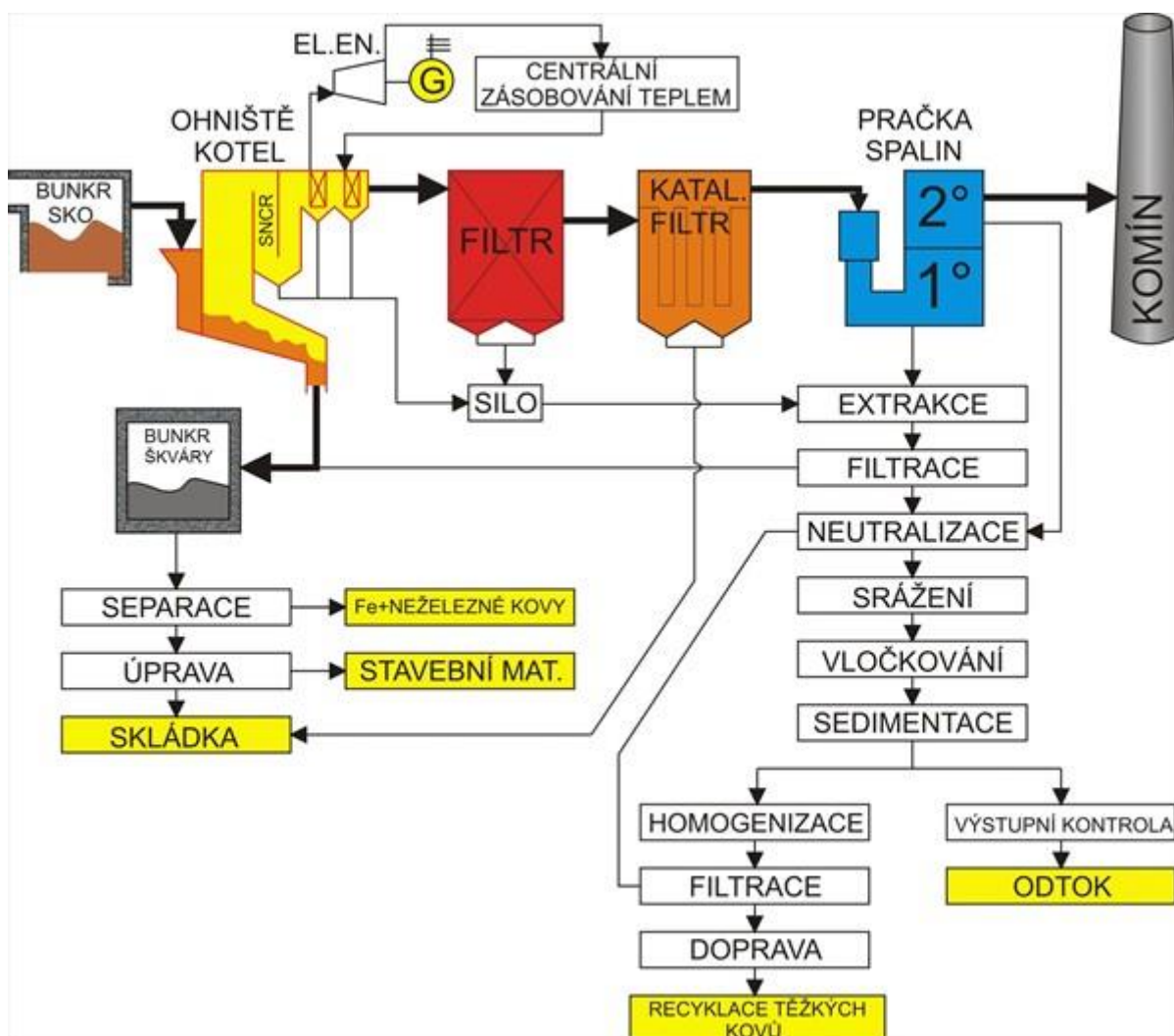
Jako příklad možnosti nakládání s odpady před svozem do spalovny nebo jiného zařízení na zpracování odpadů uvedu město Plzeň. V roce 2015 došlo ke sjednocení systému svozu odpadu pod názvem Čistá Plzeň.

Společnost sváží směsný komunální odpad, který se nachází v nádobách určených na odpad před domy a také zajišťuje svoz odpadů z těchto nádob s maximálním rozestupem 14 dní. Poplatky a systém nakládání s komunálním a stavebním odpadem jsou stanoveny pomocí obecně závazných vyhlášek města Plzně. Výše poplatků se stanovuje podle frekvence vývozu, objemu nádob a počtu vývozů do roka.



obr. č:14 Svozový vůz směsného komunálního odpadu, Čistá Plzeň

Po svozu dochází k odstranění odpadu za účelem zisku energie. Proces odstraňování odpadu a následné zacházení s popílkem, škvárou, spalinami popisuje technologický proces uvedený na obr. č. 14.



obr. č. 15: Schéma spalování KO, ZEVO Liberec

3.1 Vstup odpadu

Podle daných cyklů (týdenních nebo 14- denních) jsou vyváženy nádoby na odpad, obsahující směsný komunální odpad, z jednotlivých oblastí. Tento odpad je vyvážen pomocí velkokapacitních vozů, které odpad doručují rovnou do zařízení. Než se dostane velkokapacitní vůz k bunkru odpadu je zvážen a zkontrolován. Kontrolou prochází, aby se zjistilo, jestli neobsahuje nevhodný odpad např. nebezpečný. Vážení probíhá, aby se nepřevýšila roční kapacita zařízení. Po této kontrole je vysypán odpad z velkokapacitního vozu rovnou do bunkru. V bunkru dochází ke skladování odpadu před samotným energetickým využitím. Odpad je zde promíchán pomocí jeřábu, aby se co nejvíce homogenizoval. Čím lépe je směs homogenizovaná (promíchána), tím lepším palivem se stává. Homogenizovaná směs se pomocí specializovaných jeřábů přemísťuje na vstup do ohniště kotle.

V bunkru se nacházejí hasicí přístroje, pro případ, že by došlo k nečekanému vzplanutí odpadu. Tyto hasicí přístroje jsou schopny ihned reagovat a požár zlikvidovat v počátcích.



obr. č. 16: Homogenizace odpadu v bunkru

3.2 Ohniště a kotel spalovny

Součástí každého kotle je vlastní ohniště, které je umístěné ve spodní části. Do ohniště není třeba přidávat žádná paliva, protože homogenizovaný komunální odpad hoří velmi dobře sám. Jediné okamžiky, kdy se zapínají podpůrné hořáky, jsou okamžiky, kdy dochází k novému zažehnutí. Pokud nedochází k technologickým odstávkám, tak odpad může hořet neustále. Ve většině spaloven najdeme roštové ohniště, ale můžeme narazit i na jiné druhy ohnišť.

Na roštovém ohništi jsou segmenty, které umožňují prostup spalovacího vzduchu do ohniště. Díky segmentům se posouvá odpad skrz ohniště, kde dochází ke spálení odpadu na škváru. V ohništi se udržuje teplota 850-1100°C. V této teplotě musí zůstat odpad minimálně po dobu dvou vteřin, aby došlo k spálení odpadu.

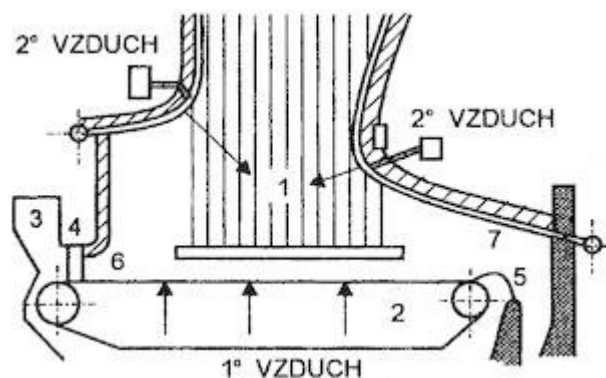
3.2.1 Druhy kotlů

Nejčastěji se využívají spalovací zařízení s roštem. Dělíme je na pevné rovinné rošty s nehybnou vrstvou paliva a na pohyblivé rošty s trvalým přemísťováním paliva. Do malých zařízení se obvykle z finančních důvodů instalují pevné rovinné rošty. V zařízeních, která mají větší výkon, se instalují pohyblivé rošty. Na pohyblivých rostech dochází k trvalému přemísťování paliva. Pohyblivé rošty se dále dělí na pásové rošty, posuvné rošty a válcové rošty.

Pásové rošty mají rošty, které vytvářejí nekonečný pás, jenž je unášen pomocí tažných řetězů. Největší výhodou je nenáročnost procesu. Naopak nevýhodou je, že při spalování nedochází k promíchání paliva. Tím dosáhneme nedokonalého prohoření paliva. Pásové rošty nejsou tedy příliš vhodné pro spalování komunálního odpadu.

Posuvné (vratisuvné) rošty jsou složeny z roštic, které se navzájem překrývají a tudíž dochází k promíchávání a posouvání paliva. Posuvné rošty jsou nejčastěji používané u moderních typů spaloven.

U válcových roštů se nacházejí válce, které slouží k posouvání odpadu. Odpad putuje z nejnvýše položeného válce směrem dolů. Při přesunu je odpad promícháván a díky tomu lépe prohoří.



obr. č. 17: Schéma roštového ohniště, ilustrační obrázek

Na obrázku se nachází základní schéma roštového ohniště. Ohniště(1), které je ohraničeno roštem (2), přední a zadní klenbou (6) a (7), a také stěnami ohniště. Palivo se dostává skrz zásobník (3) přes hradítko výšky paliva (4). Škvára poté odchází přes škvárový jízek(5).

3.3 Energie

V kotli přirozeně vznikají spaliny. Tyto spaliny postupují kotlem a pak se ochlazují na 180-220 °C. Teplo, které vzniká ochlazováním spalin, je využíváno na výrobu páry. Tato pára je poté využita na výrobu elektrické a tepelné energie. Pára je vyvedena do parní turbíny turbogenerátoru. Zde dochází k přeměně energie, která je uvolněná expanzí, na energii elektrickou. Pára z regulovaného odběru turbíny je využívána na výrobu energie tepelné. Tato tepelná energie se obvykle rozvádí do horkovodní sítě města, kde zařízení funguje.

3.4 Zachycení popílku, zpracování škváry a popílku, čištění spalin.

Během spalování komunálního odpadu vznikají spaliny obsahující: kyslík, dusík, oxid uhličitý, vodní páru, ale také látky škodlivé. Mezi škodlivé látky patří oxidy síry SO_x (SO_2, SO_3), oxidy dusíku NO_x (NO, NO_2), dioxiny a furany, chlorovodíky (HCl), ale také fluorovodíky, těžké kovy jako rtuť, kadmium, olovo, zinek.

Veškeré škodlivé látky je nutné odstranit. Aby bylo možné odstranit všechny škodlivé látky, je nutné spaliny několikrát přefiltrovat, aby došlo k co největšímu pročištění. V každém stupni odstraňování škodlivin dochází k odstranění jednotlivých složek.

Výstup z komína je kontinuálně kontrolován. Zařízení musí splňovat velmi přísné emisní limity, které jsou udávány nejen Českou republikou, ale i Evropskou Unií. Aby bylo patrné, jak velké emisní limity mají zařízení na energetické využití odpadu, tak přikládám tabulku, která porovnává emisní limity jednotlivých zařízení. Z této tabulky lze vyčíst, že emisní limity pro tyto zařízení jsou výrazně přísnější než pro uhelné elektrárny a spoluspalování v cementářských pecích. Zařízení na energetické využití odpadu v České republice se snaží, aby dosažené emise byly výrazně nižší než povolené limity.

	ZEVO	Spoluspalování v cementářských pecích	Úhelné elektrárny Tepelný výkon 100-300MW
Prach (TZL) [mg.m ⁻³]	10	30	25
NO _x (zařízení nová/stávající do konce roku 2004) [mg.m ⁻³]	200/400	800/500	200/450
SO ₂ [mg.m ⁻³]	50	50	200
Celkový obsah uhlíku [mg.m ⁻³]	10	10	-
HCl [mg.m ⁻³]	10	10	-
HF [mg.m ⁻³]	1	1	-
CO [mg.m ⁻³]	50	-	-

tabulka č. 1 : Porovnání emisních limitů ZEVO, spoluspalování v cementářských pecích, úhelných elektráren

3.5 Čištění spalin

Čištění spalin je obvykle třístupňové. Metody dělíme podle používaných chemických reaktantů na suché, polosuché a mokré metody.

Suché metody využívají jako hlavní složku hydroxid vápenatý. Tento hydroxid vápenatý je ve formě jemného prášku. Největší výhodou jsou nízké náklady na investice a jednoduché technologie. Největší nevýhodou je velká spotřeba sorbentu a následná produkce nebezpečného odpadu v podobě prášku.

Oproti tomu polosuchá metoda využívá látky na bázi vápenného hydrátu. Hydrát se rozmíchá ve vodě a je rozprašován do proudu horkých spalin. Mezi výhody této metody patří vyšší účinnost než má suchá metoda. Nevýhodou je opět produkce velkého množství nebezpečného odpadu ve formě prášku a také složitější úprava sorbentu a celkově složitější technologie spojené s tímto procesem.

Mokré metody používají jako sorbent chemické roztoky na bázi hydroxidů. Tato technologie je nejsložitější, ale má také nejvyšší účinnost. Vzniklou odpadní vodu čistíme v čističce odpadních vod.

Nejčastěji užívanou metodou je polosuchá, protože má nejvyváženější vlastnosti. Má vyšší účinnost než suchá metoda a zároveň není tak finančně náročná jako mokrá metoda.

3.6 Odstraňování NO_x

Na odstraňování NO_x se používá několik metod. Nejčastěji používaná metoda je vstříkávání čpavku nebo močoviny nad ohniště. Díky tomu se oxidy postupně redukují až na čistý neškodlivý dusík, který je vypouštěn do ovzduší.

3.7 Filtry a elektrické odlučovače

3.7.1 Elektroodlučovač

K odstranění popílku slouží soustava odlučovačů a ty se dělí na několik typů. Nejúčinnějším typem je elektrický odlučovač neboli elektroodlučovač. Elektroodlučovač zachycuje popílek pomocí elektrického pole elektrického náboje. Při procesu dochází k působení elektrostatických sil na usazovací elektrody. Elektroodlučovače jsou pak pravidelně oklepávány k očištění. Elektrické pole je vytvořeno pomocí stejnosměrného napětí 30 V až 100 kV.

3.8 Katalyzátor

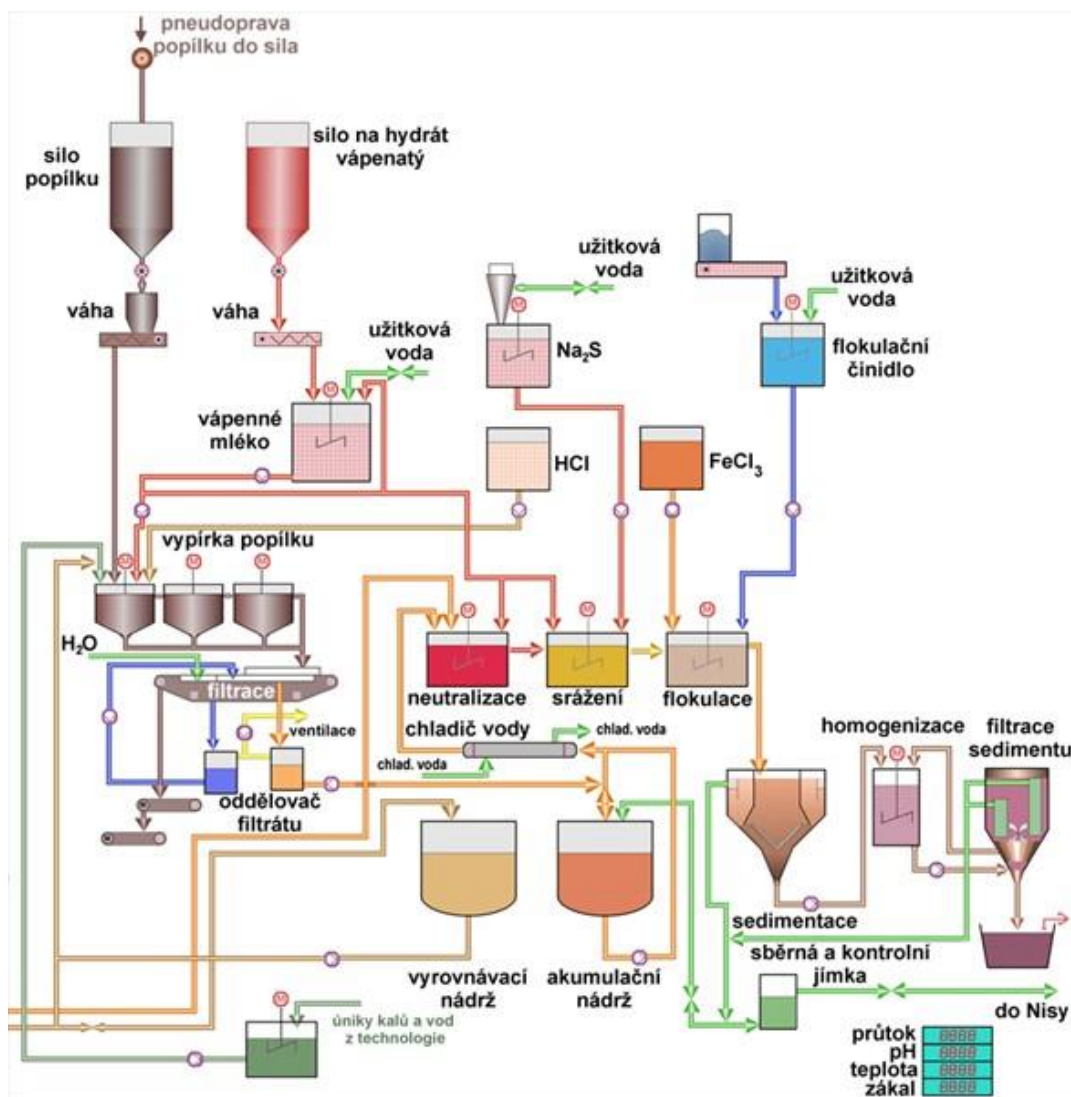
Katalytický rozklad dioxinů a furanů probíhá v katalytických filtrech nebo v katalyzátorech. V zařízeních na energetické využití odpadu dochází k velmi malé produkci dioxinů a furanů (přibližně 1-5 miliardtin gramu kubického metru). Ty jsou odstraněny pomocí dříve zmíněných metod. Zároveň se klade velký důraz na to, aby se předcházelo vzniku dioxinů a furanů.

3.9 Popílek a škvára

Po spálení komunálního odpadu dochází k vzniku spalin, popílku a škváry. Popílek a škvára jsou nejprve zavedeny do vodní lázně, aby došlo k jejich ochlazení. Po dostatečném ochlazení dochází k vybírání železa a barevných kovů pomocí speciálního zařízení. Kovy jsou poté znovu využity v průmyslu. Zbylá škvára je také využitelná. Tato škvára se může použít ke stavebním účelům, např. podsyp při budování cest. Ta část, kterou nelze jinak využít, putuje na skládku.

Popílek je promíchán procesní vodou v pračce spalin. Při tomto procesu se z něj odstraní rozpustné soli a extrahované těžké kovy. Popílek z katalytického filtru, kde jsou dioxiny a furany, není míchán s ostatním popílkem a je odvážen na skládku příslušné kategorie.

3.10 Úprava pracích vod



obr. č. 18 : Schéma úpravy pracích vod, ZEVO Liberec

3.10.1 Prací voda

Prací voda je čištěna v několika stupních. První je neutralizace, kdy se snažíme, aby prací voda nebyla příliš kyselá nebo zásaditá. Dalším krokem je vysrážení kovů. Většina znečišťujících látek se zachytí ve vzniklém kalu.

Kal se usadí v sedimentační nádrži na dně. Nahoře zůstává pouze čirá voda, která je po důsledné kontrole vypouštěna do kanalizace, odkud odchází na běžnou čistírnu vod.

Sedimentovaný kal je zbaven části vody ve svíčkovém filtru. Ve formě filtračního koláče je vyvezen na příslušnou skládku. Protože filtrační koláč obsahuje okolo 20% zinku je možno ho využít.

Další možností jak odstranit vyčištěnou prací vodu je odpařit jí. Základem je dávkování prací vody do horkých spalin ve speciálním reaktoru, který nazýváme rozprašovací sušárna. Zbylé látky, které zůstanou po vysušení lze dále používat nebo dochází k převozu na vhodnou skládku.

3.11 Škvára

Ze škváry lze recyklovat mnoho surovin. Nejprve jsou ze škváry pomocí magnetů odebrány železné prvky a poté následují neželezné prvky. Škvára zbavena železa a neželezných kovů je společně s upraveným popílkem využívána k některým stavebním účelům.

4 Navrhněte optimální parametry a podmínky pro energetické využívání odpadů v podmínkách ČR.

Česká republika se nachází uprostřed Evropské Unie. V České republice žije necelých 11 milionů obyvatel. Toto množství lidí vyprodukuje při daných podmínkách přibližně 300 kg směsného komunálního odpadu na osobu za rok. Přes veškeré snahy vládních i občanských organizací se dané číslo neustále zvyšuje. Toto číslo zahrnuje veškerý směsný komunální odpad, který v současné době většinou končí na skládkách. Avšak od roku 2024 platí v České republice zákaz skládkování neupraveného komunálního odpadu.

Ideálním řešením by bylo využít odpad dle hierarchie nakládání s odpady, ale ne vždy je to možné. Určité množství komunálního odpadu se vytrídí a využije znovu. Ten, který takto využít nelze, se stane problémem, jelikož jej nebude možno ukládat na skládky. Proto se již v současné době musí myslet na vhodné řešení těchto problémů.

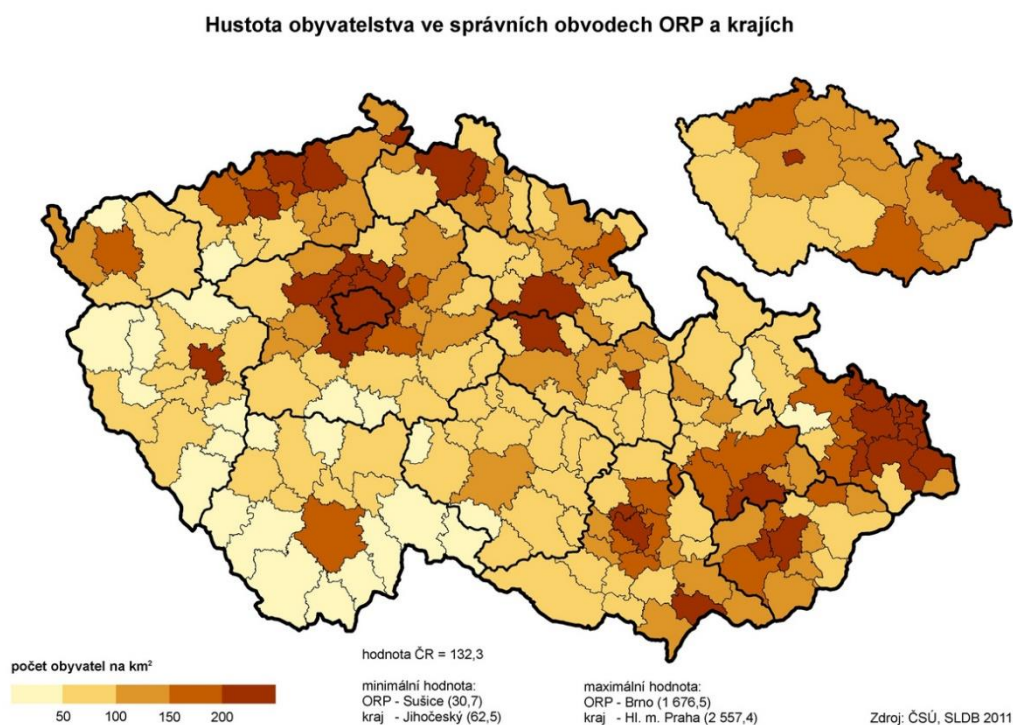
Nejjednodušší možností se jeví zvýšení kapacity zařízení na energetické využívání komunálního odpadu, protože v případě takového využití přestává být odpad odpadem v pravém slova smyslu a stává se surovinou pro výrobu různých druhů energií. Avšak panují obavy, že v případě navýšení kapacit, by došlo k ještě výraznějšímu navýšení produkce odpadů, aby nedocházelo k nevyužití kapacit zařízení, na které by dopláceli lidé v obcích s daným zařízením. V tomto případě by mohlo dojít ke svozu odpadů z okolních zemí, které nedisponují zařízením na energetické využití odpadu.

Ovšem i u těchto zařízení se musí přemýšlet nad nejvhodnější variantou, která by se dala využít v našich podmínkách. Jednou variantou je zvýšení počtu současných větších zařízení nebo druhou zavedení decentralizovaného systému. Pokud by se zavedl decentralizovaný systém, tak by v každém kraji byla jedno zařízení, které by zpracovávalo směsný komunální odpad pouze z daného kraje.

Každá z těchto variant má své výhody a samozřejmě také nevýhody. Které řešení je vhodnější pro naši republiku?

Pokud bychom zvolili variantu menších zařízení v každém kraji, mělo by to především výhodu v svážení odpadu a využívání energie získané z těchto odpadů. V případě, že by byla zařízení v jednotlivých krajích, zmenšila by se svozová vzdálenost na naprosté minimum, což by znamenalo menší zátěž pro životní prostředí. Zároveň by se energie získaná z odpadů využila v místě produkce, takže by byla využita původci odpadu. Největší nevýhodou tohoto modelu je investiční náročnost. Vystavění menších zařízení je finančně náročný a profitově riskantní podnik.

Oproti tomu pokud by se vystavěli několik větších zařízení ve vybraných, hustěji osídlených oblastech, došlo by k vytvoření „sítě“ zařízení, které by dokázali využít spalitelné složky směsného komunálního odpadu z celé České republiky.



obr. č. 19: Mapa hustoty obyvatel v ČR, rok 2011

Výhodou a zároveň nevýhodou těchto zařízení by se stala velká svozová oblast. V případě silniční dopravy by docházelo k velkému zatížení životního prostředí. Více škodlivou silniční dopravu by u takových zařízení bylo možno nahradit vlakovou dopravou se speciálními vagóny. Odpad do těchto speciálních vagónů by byl vkládán slisovaný na překladištích. Tato zařízení by byla zároveň méně finančně náročná. Další výhodou by bylo větší množství pracovních míst vytvořených v dané oblasti.

Z technologického hlediska není rozdíl mezi zařízeními s malou a velkou kapacitou. Tento faktor by tedy neměl ovlivnit výběr možností. Zároveň jsou stejné emisní a imisní limity pro zařízení s malou a velkou kapacitou.

4.1 Zařízení na energetické využití komunálního odpadu s malou a velkou kapacitou

Pro lepší porovnání možností na řešení energetického využívání KO v České republice jsem do bakalářské práce zařadila širší popis projektu malého zařízení na energetické využívání odpadu v Chebu, abych ukázala, jak by takový projekt vypadal a jaký by byl jeho smysl.

4.1.1 Projekt ZEVO Cheb

V tomto návrhu by v ZEVO Cheb by docházelo k využití 20 tisíc tun/rok komunálního odpadu z domácností na výrobu tepla a elektrické energie. Tím by došlo k úspoře fosilních paliv až o 38 mil. kWh/rok.

Do ZEVO Cheb by byl svážen odpad z Chebu a přidružených měst a obcí. Odpad by byl svážen klasickými popelářskými vozy. Ve svozu by tedy nenastala žádná změna pro obyvatele Chebu. Do ZEVO Cheb by byl svážen pouze odpad z kontejnerů a sběrných nádob na komunální odpad, nikoliv vytríděný papír, plast a bio-odpad.

Občané v oblasti Chebu vyprodukují přibližně 32 tisíc tun/rok, zařízení na energetické využití odpadu Cheb bude mít kapacitu 20 tisíc tun/rok komunálního odpadu. V ZEVO Cheb by tedy nedocházelo ke spalování nebezpečného ani průmyslového odpadu. Zbylý odpad by mohl být využit kompostováním nebo biologicko-mechanickou úpravou.

Výstupy z ZEVO Cheb by bylo teplo, škvára a popílek. První výstup je teplo. Předpokládané množství tepla získaného z ZEVO Cheb je 111 200 GJ/rok nebo 3 mil. kWh/rok. Toto množství vyprodukované při plném provozu dvou spalovacích linek za daný čas je stejné jako teplo získané využitím 3,6m³ zemního plynu. Tento výkon je z dlouhodobého hlediska neudržitelný. Při stavbě se proto, počítá s kontrolními odstávkami nebo s nižší potřebou tepla přes letní měsíce.

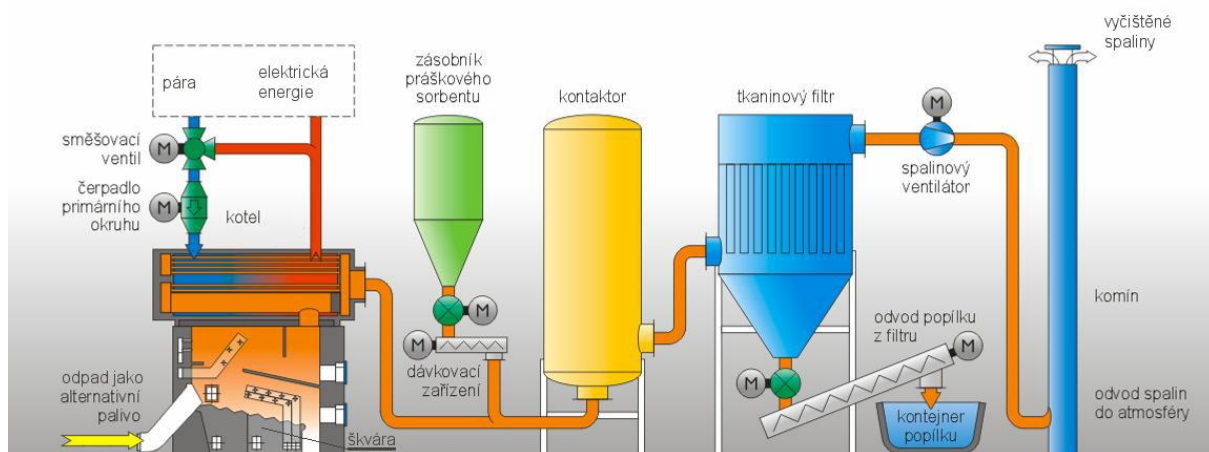
Dalším výstupem jsou škvára a popílek. Škvára je pevný zbytek, který vzniká po spálení odpadu. Obvykle je to okolo pětiny původní váhy. V případě ZEVO Cheb by docházelo k zchlazení škváry ve vodě a jejímu následnému odvozu na skládku. Popílek je tvořen drobnými částicemi a prachem. Popílek je zachycován několika filtry a následně převážen

v uzavřených kontejnerech na skládku nebezpečného odpadu. Množství škváry i popílku závisí na složení a kvalitě vkládaného komunálního odpadu.

Posledním výstupem z procesu je železný šrot. Ročně je předpokládáno získání až 399 t/rok feromagnetického materiálu jako jsou plechovky, uzávěry, šrouby, hřebíky, skoby a dráty. Tento materiál je oddělen od škváry a dále zpracováván v hutích.

Emisní limity neboli nejvyšší přípustná míra znečištění ovzduší. Emisní limity jsou nastaveny podle Zákona o ovzduší, který přejímá tyto limity z legislativy Evropské Unie.

Během provozu ZEVO Cheb by docházelo ke kontinuálnímu měření znečištění. Toto měření bude na výstupu trvale měřeno a zaznamenáváno. Tyto záznamy budou kdykoliv k dispozici kontrolním orgánům. Technická opatření a moderní technologie budou sloužit k udržení emisních limitů. Díky tomu nebude docházet k zhoršení kvality ovzduší a životního prostředí v okolí ZEVO Cheb. Mezi měřené škodliviny patří tuhé látky, organický dusík, SO_x , NO_x , CO, HCl, HF, Hg, Cd, ostatní těžké kovy a PCDD/PCDF.



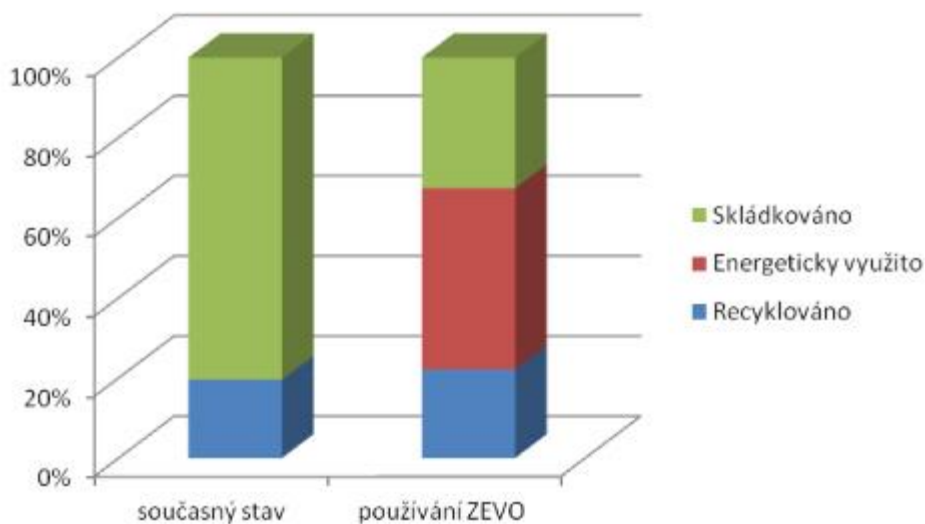
Obr. č. 20 : Technologie ZEVO Cheb



Obr. č. 21: Projekt ZEVO Cheb

Nakládání s odpady v Chebu

V Chebu dochází k využívání systému odděleného sběru využitelných složek odpadů (papír, sklo, plast, textil, elektroodpad, biologicky rozložitelný komunální odpad) a zbylých složek komunálního odpadu. V Chebu existuje také několik sběrných dvorů.



Obr. č. 22: Graf porovnávající nakládání s odpady před a po postavení ZEVO Cheb

Podle tohoto grafu je v Chebu většina KO, který již nelze vytřídit převážena na skládky. Skládkování je podle hierarchie nakládání s odpady až tou poslední možností.

Proto by při postavení ZEVO Cheb došlo k výraznému využití potenciální energie odpadu a zároveň došlo ke snížení využívání tenčího se množství fosilních paliv. Další podstatnou výhodou by bylo to, že ZEVO Cheb by vyřešilo situaci s neupravenými komunálními odpady po roce 2024 v oblasti Cheb.

Závěr

V závěru bych chtěla porovnat výhody a nevýhody zařízení s malou a velkou kapacitou. Mým úkolem v této bakalářské práci bylo získat dostatek informací, abych byla schopná určit, jestli by bylo lepším řešením, energetického užívání směsného komunálního odpadu v ČR, několik velkých zařízení nebo vytvoření systému malých zařízení v každém kraji.

Po prostudování mnoha dokumentů jsem došla k závěru, že vhodné řešení by se dalo získat pomocí několika faktorů jako např. svozová vzdálenost, typ zástavby, atd....

Faktor	ZEVO s malou kapacitou	ZEVO s velkou kapacitou
svozová vzdálenost	výhoda	nevýhoda
typ zástavby	nevýhoda	výhoda
průmyslová oblast	nevýhoda	výhoda
osídlení	nevýhoda	výhoda
investiční náročnost	nevýhoda	výhoda
geografická oblast	nevýhoda	výhoda

tabulka č. 2: Porovnání faktorů působících na malé a velké zařízení

Svozová vzdálenost je výhodou zařízení s malou kapacitou. V případě zařízení s malou kapacitou dochází k svozu odpadu v malých oblastech a tím se šetří životní prostředí. U zařízení s velkou kapacitou dochází k svozu odpadu z velkých oblastí, proto je oblast zatížena velkou silniční dopravou. Tento problém má ovšem řešení a to v podobě svozu slisovaného odpadu pomocí vlakové dopravy, která je šetrnější k životnímu prostředí.

Typ zástavby je faktor, který určuje, jestli je oblast tvořena domy na venkově nebo je to městská zástavba. Budování zařízení je výhodnější u větších měst, kde dochází k produkci většího množství spalitelného směsného komunálního odpadu.

Geografická oblast je velmi důležitým faktorem ve výběru typu zařízení. Nejvýhodnější je stavba zařízení v oblasti s hustým osídlením, aby mohlo dojít k efektivnímu využití energií získaných z odpadů.

V takovéto oblasti se obvykle staví zařízení s větší kapacitou. Česká republika patří mezi menší státy s vysokou hustotou osídlení.

Ale u zemí (např. Island) s menší hustotou obyvatelstva a velkou vzdáleností mezi jednotlivými městy jsou stavěna zařízení s menší kapacitou v jednotlivých městech, aby nedošlo k zbytečnému navýšení svozové vzdálenosti, která by mohla být ekonomicky nevýhodná.

Finanční náročnost je dalším důležitým faktorem. Výstavba jednotek na energetické využití odpadu není levná záležitost, ale jak počáteční vklad, tak následné financování je výhodnější u zařízení s velkou kapacitou než u zařízení s malou kapacitou. Následné náklady se počítají podle nákladů na spálený odpad, které jsou větší při menším množství odpadů.

Závěrem by se tedy dalo říct, že za našich podmínek by bylo lepší vystavět několik větších zařízení, která by doplnila současnou kapacitu energetického využívání směsného komunálního odpadu. Tím by se ušetřili peníze za výstavbu mnoha malých zařízení. Zároveň je méně pravděpodobné, že by nastal stav, kdy zařízení nebude vytížené. V budoucnosti by mohlo (mělo) dojít ke snížení vyprodukovaného směsného komunálního odpadu, ale i tento stav by se dal vyřešit dovozem odpadu z okolních států.

Seznam literatury a informačních zdrojů

Internetové odkazy

- [1] Požadavky na užívání odpadů v ČR a EU dostupné z:
<http://www.ave.cz/cs/media/novinky/zajima-vas-jak-je-to-s-koncem-skladkovani-v-evrope>
- [2] Využívání odpadu po roce 2024, dostupné z :
https://www.mzp.cz/cz/news_160505_zakon_odpady
- [3] Obecný popis využívání odpadů v Evropské Unii, dostupné z:
<https://www.pressreader.com/czech-republic/mf-dnes/20171110/281822874078278>
- [4] ZEVO v zahraničí, dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/zevo-v-zahranici.html>
- [5] Energetické využívání odpadů ve Švédsku, dostupné z:
<http://denikreferendum.cz/clanek/22938-jak-je-na-tom-svedsko-s-odpady>
- [6] Využívání odpadů ve Švédsku, dostupné z: <http://www.osel.cz/6544-vedsko-zacina-dovazet-odpadky-a-chce-jich-hodne.html>
- [7] Energetické využívání odpadů ve Švýcarsku, dostupné z: <http://odpady-online.cz/ve-svycarsku-se-energetickeho-vyuziti-komunalniho-odpadu-neboji/>
- [8] Využívání odpadů ve Švýcarsku, dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/zevo-v-zahranici.html>
- [9] ZEVO v Kodani, dostupné z: <https://stavbaweb.dumabyt.cz/spalovna-amager-bakke-v-kodani-12335/clanek.html>
- [10] Energetické využívání odpadu v Dánsku, dostupné z: <http://odpady-online.cz/dansko-waste-is-not-a-waste/>
- [11] ZEVO Svendborg Kraftvarme A/S, dostupné z: <http://svendborgkraftvarme.dk/>
- [12] Energetické využívání odpadů na Islandu a ve Velké Británii, dostupné z:
<http://oenergetice.cz/teplarenstvi/zarizeni-pro-energeticke-vyuziti-odpadu-spalovny/>
- [13] Energetické využívání odpadů v Rakousku, dostupné z: <http://odpady-online.cz/nakladani-s-komunalnimi-odpady-v-rakousku/>
- [14] ZEVO ve Vídni, dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/energetika-teplo/spalovna-ktera-nepohorsuje-dalkove-vytapi-i-chladi_40674.html

- [15] Energetické využívání odpadů ve Francii, dostupné z: <https://www.bioenergie-promotion.fr/45622/lile-de-saint-barthelemy-modernise-son-unite-de-valorisation-energetique/>
- [16] Skladba komunálního odpadu, dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/2836.z-ceho-se-sklada-domovni-odpad>
- [17] Složení komunálního odpadu, dostupné z: <http://odpadjeenergie.cz/svet-a-cr/cr-a-evropa/skladba-komunalniho-odpadu-z-domacnosti>
- [18] Zákon č.185/2001 Sb., dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#cast1>
- [19] Množství energeticky využitého odpadu, dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/komunalni-odpad>
- [20] Hierarchie nakládání s odpady, dostupné z: <http://arnika.org/hierarchie-nakladani-s-odpady>
- [21] Předcházení vzniku odpadů, dostupné z: http://arnika.org/soubory/dokumenty/odpady/vystavy/prevenceodpadusrozumitelne/2_predchazen%C3%AD_vzniku_odpadu_web.pdf
- [22] Příprava pro znovupoužití, dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/reuse>
- [23] Recyklace a kompostování, dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/recyklace>
- [24] Označení recyklace, dostupné z: <https://files.idssasp.com/public/C102/events/6863/recycle.png>
- [25] Obecný popis zařízení na energetické využívání komunálního odpadu, dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/co-je-zevo.html>
- [26] Obecný popis ZEVO, dostupné z: <http://www.zevo-cheb.cz/index.php/o-projektu/o-projektu>
- [27] Skládkování, dostupné z: <http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=skladkovani&site=odpady>
- [28] Porovnání skládkování a ZEVO, dostupné z: <http://www.zevo-cheb.cz/index.php/o-projektu/zevo-nebo-skladkovani>
- [29] Pyrolýza, dostupné z: <http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/pyrolyza-princip-historie-a-soucasnost/>
- [30] Projekt a ilustrace technologie pyrolýzy, dostupné z: <http://docplayer.cz/6828044-Odpadove-hospodarstvi-ing-petr-stloukal-ph-d-ustav-ochrany-zivotniho-prostredi-fakulta-technologicka-univerzita-tomase-bati-zlin.html>

- [31] Mechanicko-biologická úprava odpadu, dostupné z: <http://odpadjeenergie.cz/mbu-a-jine/mbu/jak-je-to-s-mbu>
- [32] Zákon č. 565/1990 Sb., dostupné z: <http://zakony-online.cz/?s158&q158=all>
- [33] Osvobození od poplatků, dostupné z: <http://www.liberec.cz/cz/mesto-samosprava/odpadove-hospodarstvi/poplatky-za-odpad/>
- [34] Řešení odpadů v Plzni, dostupné z: <https://www.plzen.eu/obcan/aktuality/aktuality-z-mesta/od-zari-2015-se-v-plzni-zmeni-system-nakladani-s-komunalnim-odpadem.aspx>
- [35] Vstup odpadu, dostupné z: <http://odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces/vstup-odpadu>
- [36] Ohniště a kotel spalovny, dostupné z: <http://odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces/ohniste-a-kotel-spalovny>
- [37] Energie, dostupné z: <http://odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces/energie>
- [38] Zachycení popílku, zpracování škváry a popílku, čištění spalin, dostupné z: <http://odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces/zachyceni-popilku-zpracovani-skvary-a-popilku-cisteni-spalin>
- [39] Úprava pracích vod, dostupné z: <http://odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces/cireni-uprava-pracich-vod>
- [40] Využitelnost zbytkových materiálů, dostupné z: <http://odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces/zadne-zbytky-vyuzitelny-material>
- [41] Doplnující informace k technologii, dostupné z: <https://www.zevoplzen.cz/princip>
- [42] Kotle, dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/8438-kotle-2-cast>
- [43] Emisní limity, dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/energeticke-vyuziti-odpadu-alternativa-za-fosilni-paliva/>
- [44] Druhy kotlů, dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/210/19558.pdf
- [45] O projektu ZEVO Cheb, dostupné z: <http://www.zevo-cheb.cz/index.php/o-projektu/o-projektu>
- [46] Odůvodnění umístění ZEVO v Chebu, dostupné z: <http://www.zevo-cheb.cz/index.php/o-projektu/proc-zevo-a-v-chebu>
- [47] Množství komunálního odpadu, dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/komunalni-odpad>

Obrázky

[1] Graf nakládání s odpady v jednotlivých státech Evropské Unie, dostupné z:

<https://www.cez.cz/edee/content/img/zevo/zevo-v-zahranici-698px.png>

[2] Ilustrace ZEVO Praha Malešice, dostupné z: [https://www.cez.cz/edee/content/img/zevo/zevo-v-](https://www.cez.cz/edee/content/img/zevo/zevo-v-cr/zevo-malesice.jpg)

[cr/zevo-malesice.jpg](https://www.cez.cz/edee/content/img/zevo/zevo-v-cr/zevo-malesice.jpg)

[3] Ilustrace ZEVO Chotíkov, dostupné z: [http://oenergetice.cz/wp-](http://oenergetice.cz/wp-content/uploads/2016/04/chot%C3%ADkov.jpg)

[content/uploads/2016/04/chot% C3% ADkov.jpg](http://oenergetice.cz/wp-content/uploads/2016/04/chot%C3%ADkov.jpg)

[4] Ilustrace ZEVO v Rosklide, dostupné z:

[https://www.archiweb.cz/cache/images/buildings/gallery/picture_4310_4.jpg-](https://www.archiweb.cz/cache/images/buildings/gallery/picture_4310_4.jpg-1600x1200.jpg?algorithm=1)

[1600x1200.jpg?algorithm=1](https://www.archiweb.cz/cache/images/buildings/gallery/picture_4310_4.jpg-1600x1200.jpg?algorithm=1)

[5] Ilustrace spalovny v Kodani, dostupné z:

https://1gr.cz/fotky/idnes/11/041/cl5/REZ3a5504_01.spalovna.jpg

[6] Spalovna komunálního odpadu ve Spittelau , dostupné z:

<http://www.novinyvm.cz/obr/nvm/201103/2183.jpg>

[7] Graf zobrazující skladbu komunálního odpadu z domácnosti, kde je užíván k vytápění plyn, elektřina nebo centrální vytápění, dostupné z:

[http://odpadjeenergie.cz/data/f/0/13/0/fileBankOriginal/b068e2fc-6c5e-4d8a-9b1a-](http://odpadjeenergie.cz/data/f/0/13/0/fileBankOriginal/b068e2fc-6c5e-4d8a-9b1a-1b24b855ea03.bmp)

[1b24b855ea03.bmp](http://odpadjeenergie.cz/data/f/0/13/0/fileBankOriginal/b068e2fc-6c5e-4d8a-9b1a-1b24b855ea03.bmp)

[8] Ilustrace hierarchie nakládání s odpady, dostupné z:

http://arnika.org/soubory/obrazky/odpady/Ruzne/Pyramida_a_popis.jpg

[9] Ilustrace domácího kompostování, dostupné z: [http://www.chatar-chalupar.cz/wp-](http://www.chatar-chalupar.cz/wp-content/uploads/2016/12/shutterstock_246556003.jpg)

[content/uploads/2016/12/shutterstock_246556003.jpg](http://www.chatar-chalupar.cz/wp-content/uploads/2016/12/shutterstock_246556003.jpg)

[10] Ilustrace označení tříditelného odpadu, dostupné z:

<https://files.idssasp.com/public/C102/events/6863/recycle.png>

[11] Projekt a ilustrace technologie pyrolýzy, dostupné z: [http://docplayer.cz/6828044-Odpadove-](http://docplayer.cz/6828044-Odpadove-hospodarstvi-ing-petr-stloukal-ph-d-ustav-ochrany-zivotniho-prostredi-fakulta-technologicka-univerzita-tomase-bati-zlin.html)
[hospodarstvi-ing-petr-stloukal-ph-d-ustav-ochrany-zivotniho-prostredi-fakulta-technologicka-](http://docplayer.cz/6828044-Odpadove-hospodarstvi-ing-petr-stloukal-ph-d-ustav-ochrany-zivotniho-prostredi-fakulta-technologicka-univerzita-tomase-bati-zlin.html)
[univerzita-tomase-bati-zlin.html](http://docplayer.cz/6828044-Odpadove-hospodarstvi-ing-petr-stloukal-ph-d-ustav-ochrany-zivotniho-prostredi-fakulta-technologicka-univerzita-tomase-bati-zlin.html)

[12] Ilustrace procesu skládkování, dostupné z: [https://g.denik.cz/63/c6/skladka-odpad-](https://g.denik.cz/63/c6/skladka-odpad-dablice_denik-630.jpg)

[dablice_denik-630.jpg](https://g.denik.cz/63/c6/skladka-odpad-dablice_denik-630.jpg)

[13] Ilustrace mechanicko-biologické úpravy, dostupné z:

<http://odpadjeenergie.cz/data/f/0/13/0/fileBankOriginal/78119863-0591-4caa-a7fa-c426334e5242.bmp>

[14] Ilustrace svozového vozu Čistá Plzeň, dostupné z: [http://www.cistaplzen.cz/wp-](http://www.cistaplzen.cz/wp-content/uploads/2015/03/auta2.png)

[content/uploads/2015/03/auta2.png](http://www.cistaplzen.cz/wp-content/uploads/2015/03/auta2.png)

[15] Ilustrace technologie spalování odpadů, dostupné z :

<http://odpadjeenergie.cz/data/f/0/13/0/fileBankOriginal/e6ec66db-d66c-4a42-9dbec1b395017079.bmp>

[16] Ilustrace zobrazující homogenizaci odpadu, dostupné z: https://g.denik.cz/63/26/6829068-praha-spalovna-malesice-3_galerie-980.jpg

[17] Schéma roštového ohniště, ilustrační obrázek, dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/docu/clanky/0084/008438o1.jpg>

[18] Ilustrace úpravy pracích vod, dostupné z:

<http://odpadjeenergie.cz/data/f/0/13/0/fileBankOriginal/e3ad8780-860a-4e14-9cdd-42c1406d5edd.bmp>

[19] Mapa osídlení České republiky, rok 2011, dostupné z:

<https://www.czso.cz/documents/10180/20533796/41413513m0204.jpg/216fb7e8-5a88-49bdb3b3-3473bd22763c?version=1.1&t=1427885501354>

[20] Ilustrace technologie ZEVO Cheb, dostupné z: [http://www.zevo-](http://www.zevo-cheb.cz/images/ZEVO/schema_upravene.jpg)

[cheb.cz/images/ZEVO/schema_upravene.jpg](http://www.zevo-cheb.cz/images/ZEVO/schema_upravene.jpg)

[21] Vizualizace ZEVO Cheb, dostupné z: [http://www.zevo-](http://www.zevo-cheb.cz/images/ZEVO/ZEVO_vizualizace.jpg)

[cheb.cz/images/ZEVO/ZEVO_vizualizace.jpg](http://www.zevo-cheb.cz/images/ZEVO/ZEVO_vizualizace.jpg)

[22] Ilustrace nakládání s odpady, dostupné z: [http://www.zevo-](http://www.zevo-cheb.cz/images/ZEVO/vychodiska%20tabulka.jpg)

[cheb.cz/images/ZEVO/vychodiska%20tabulka.jpg](http://www.zevo-cheb.cz/images/ZEVO/vychodiska%20tabulka.jpg)