

**Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta
Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů**

Studijní program: Geologie
Studijní obor: Geologie



Michal Koretz

**Koncepce "Waste-to-Energy" a její environmentální
implikace**

"Waste-to-Energy" concept and its environmental
implications

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Vojtěch Ettler Ph.D.

Praha 2012

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 11. 8. 2012

Podpis

Poděkování:

Tímto bych chtěl srdečně poděkovat svému školiteli doc. RNDr. Vojtěchu Ettlerovi Ph.D., a sice za jeho neskonalou trpělivost, za ochotu a shovívavost i přes jeho velké časové vytížení.

Obsah

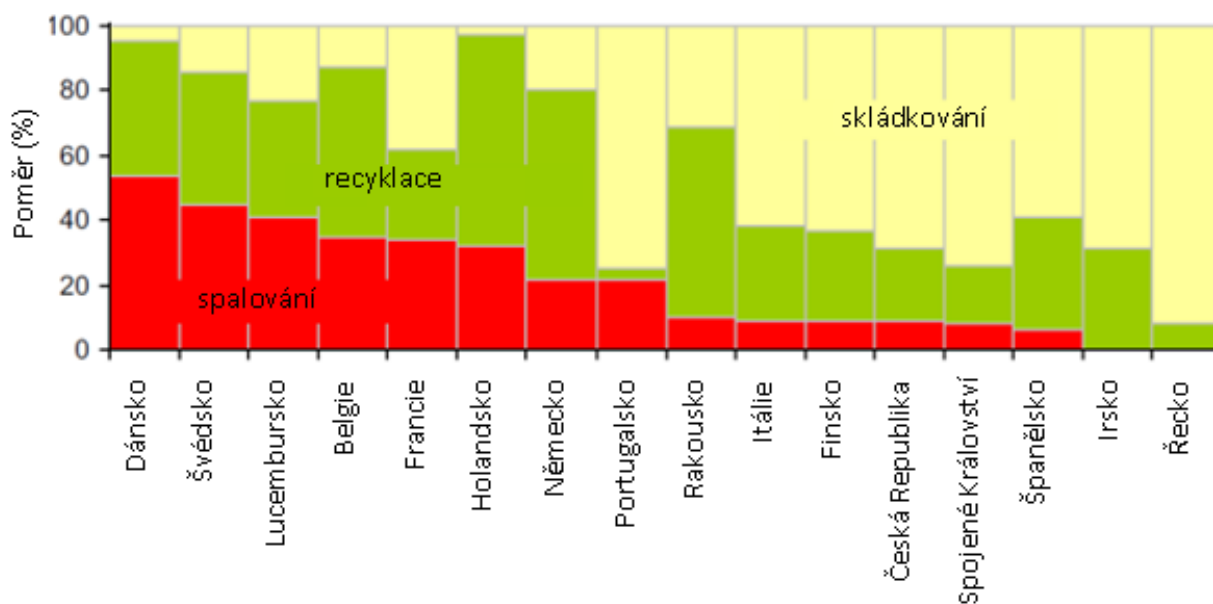
1. Úvod.....	1
1.1. Situace ve světě	1
1.2. Spalování, jako alternativa nakládání s tuhým komunálním odpadem (TKO)	3
2. Tuhý komunální odpad	3
2.1. Složení TKO	4
2.2. Výhřevnost TKO	5
2.3. TKO – energetická surovina.....	5
3. Spalování odpadů.....	6
4. Přídavná zařízení.....	7
4.1. Kogenerační jednotka	7
4.2. Generátor	8
4.3. Zařízení pro čištění spalin.....	8
4.4. Aplikace WTE v cizině.....	10
5. Environmentální implikace	10
5.1. Vliv spalování odpadů na životní prostředí	10
5.1.1. Vliv na ovzduší a klima.....	10
5.1.2. Vliv na hlukovou situaci	11
5.1.3. Vliv na povrchové a podzemní vody.....	11
5.1.4. Vliv na půdu a horninové prostředí.....	12
5.1.5. Vliv na flóru, faunu a ekosystémy	12
6. Dopady v souvislosti s emisemi kontaminantů.....	12
7. Posuzování životního cyklu	14
7.1. Definice.....	14
7.2. LCA pro spalovny a porovnání s jinými schématy nakládání s odpady.....	15
7.3. Výstupy z hodnocení dopadů životního cyklu.....	18
7.3.1. Předpoklady a omezení platnosti výsledků	20
7.3.2. Závěry studie LCA	21
8. Závěr	22
9. Použitá literatura	23

1. Úvod

Stále se rozrůstající populace planety s sebou nese i stále vyšší spotřebu materiálů, obalů a jiných produktů, které po svém využití vytváří obrovské a stále se zvyšující množství odpadu. S těmito odpady je potřeba nějakým způsobem společensky korektně nakládat. Lze je recyklovat, skladovat či likvidovat jiným způsobem. Z hlediska historie je nejzákladnějším způsobem nakládání s odpady kompostování, z něhož se postupem času díky vyšší urbanizaci a s nárůstem obsahu nekompostovatelných a plastových odpadů v tuhém komunálním odpadu (TKO) stalo skládkování. Skládkování je i přes obrovský nárůst produkce TKO stále nejvíce zastoupeným způsobem nakládání s odpady na světě, avšak postupem času a s rostoucí environmentální vzdělaností populace se otevírá prostor pro jiné způsoby nakládání s odpady. Porovnání jejich vlivu na životní prostředí je jedním z předmětů této práce.

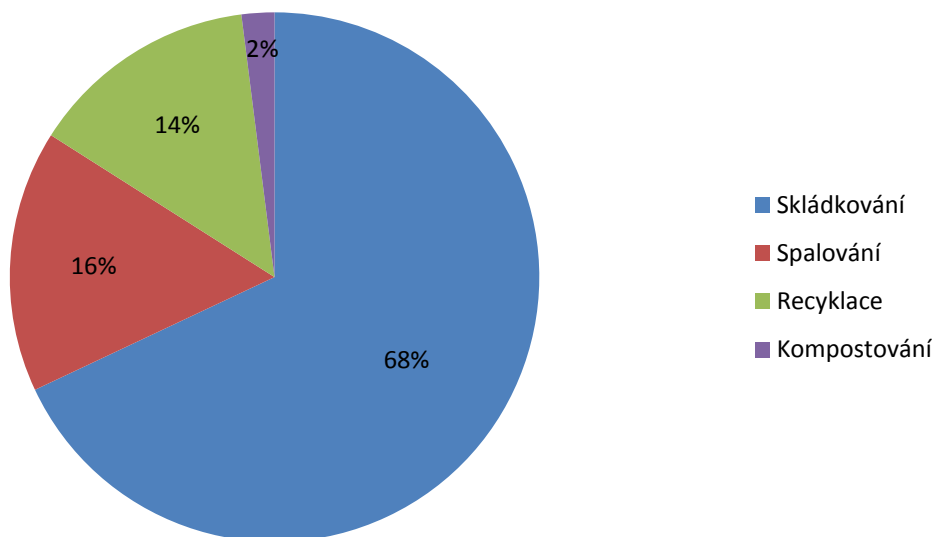
1.1. Situace ve světě

V roce 1960 byla průměrná produkce odpadu na osobu a rok ve Spojených státech amerických 444 kg, v roce 2007 se toto číslo téměř zdvojnásobilo na 765 kg/os/rok. Ten samý údaj činil v roce 1980 v zemích organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (*Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD*) 415 kg/os/rok a o 26 let později, v roce 2006 dokonce 560 kg/os/rok (Stehlík, 2009). V rámci Evropské unie (EU) se politika nakládání s odpady liší, většina odpadu je ale skládkována. V roce 2004 se v EU vyprodukovalo 259 milionů tun TKO, z čehož 40 % bylo skládkováno, 20 % se zpracovalo teplotně a 40 % bylo recyklováno, nebo jinak zlikvidováno (Stehlík, 2009). Vzhledem ke stále vysokému podílu skládkování TKO v EU, které vyjadřuje graf č. 1, legislativa EU určuje, že množství biologicky odbouratelných materiálů, jež se trvale skládkují se sníží na 50 % skládkovaného odpadu vyprodukovaného v roce 1995, a to do roku 2013. Do roku 2020 se toto množství sníží dokonce na 35 % odpadu skládkovaného v roce 1995. Tuto směrnici EU přijala v roce 1999 i Česká republika (ČR) (*European Commission Waste Landfill Directive (1999)*).



Graf č. 1: poměr nakládání s odpady v jednotlivých zemích Evropy (upraveno Stehlík 2009)

Poměr skládkovaného, spalovaného, recyklovaného a kompostovaného odpadu v České republice za rok 2010 popisuje graf č. 2.



Graf č. 2: Nakládání s odpady v ČR v roce 2010 (Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2011)

1.2. Spalování, jako alternativa nakládání s tuhým komunálním odpadem (TKO)

Jedním ze způsobů nakládání s odpady je spalování, které je, jako technologie nakládání s odpady, známo již přes sto let. Tato práce se zaměřuje hlavně na spalování jako způsob nakládání s odpady a na využití tepelné energie vzniklé spalovacím procesem. Na českém území se komunální odpad spaluje od 30. let 20. století. V současné době jsou na území České republiky tři velké spalovny, v Liberci, Praze a v Brně. Celková kapacita těchto tří spaloven je 630 000 tun TKO ročně.

Výhodami spalování TKO jako alternativy nakládání s odpady jsou: využití tepla ze spalovacího procesu (buď k ohřevu teplárenské vody, nebo k výrobě elektrické energie pomocí zařízení k tomu určených), snížení objemu odpadu až na 20 %, rychlé odstranění odpadu, snížení hmotnosti odpadu až o 50 %, sterilnost spalin a jejich fyzikální stálost. Oproti všem těmto výhodám však stojí problémy se stabilizací popílků, ve kterých se koncentrují kovy, polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDD), polychlorované dibenzofurany (PCDF). Obsah výše zmíněných látek v popílku je nebezpečný z důvodu vyšší náchylnosti k vyluhování, než u původního nespáleného tuhého komunálního odpadu. Další nevýhodou je vysoká finanční náročnost na stavbu zařízení a potřeba kvalifikované obsluhy.

Spalování je v současné době již propracovanou alternativou nakládání s odpady, avšak cena za zlikvidovanou tunu TKO ve spalovně je asi trojnásobná oproti likvidaci na skládce TKO. Tento ekonomický aspekt nutí společnosti stále využívat skládkování jako hlavní alternativu pro nakládání s odpady.

Tato práce si klade za cíl provést literární rešerši za účelem porovnání environmentálních implikací metod nakládání s odpady a zároveň blíže seznámit s metodou Waste-to-energy (WTE).

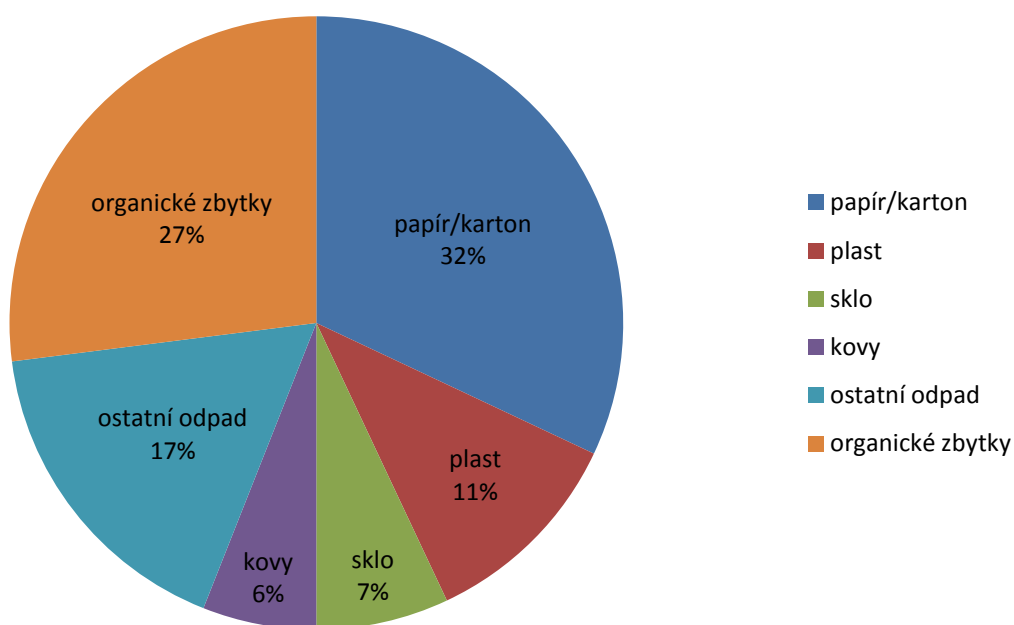
2. Tuhý komunální odpad

Tuhý komunální odpad (TKO) je odpadový materiál, který je vytvářen populací v sídelních útvarech a zahrnuje tuhé odpady z domácností, škol, úřadů, obchodů a institucí, uliční smetky a kaly z čistíren odpadních vod. Složení TKO je závislé na typu osídlení a také na zemi původu. Například v Čínské lidové republice obsahuje TKO mnohem větší poměr organického odpadu, než v zemích západní a střední Evropy, což má za následek asi dvakrát nižší výhřevnost čínského TKO a nutnost toto alternativní palivo pro získávání energie sušit,

obohacovat hnědým uhlím pro jeho vyšší výhřevnost, nebo podporovat spalovací proces plynovými hořáky (Cheng, 2007).

2.1. Složení TKO

TKO je složen zejména z těchto složek: organický odpad, papír/karton, sklo, plasty, kovy a ostatní odpad. Sklo, stejně jako železné zbytky z TKO lze zcela recyklovat a ušetřit tím až 70 % energie a až 40 % vody potřebné při výrobě spojené s těžbou surovin. Složení TKO je otázkou složitější a nedá se zcela postihnout pouze výpočtem ročního průměru obsahu všech obvyklých složek, jež se v odpadu vyskytují. Složení odpadu je závislé na ročním období, denní době, dnu v týdnu ale také například na státních svátcích, nebo době dovolených. V roce 2011 byl TKO v OECD zemích průměrně složen dle grafu č. 3. Tuhý komunální odpad tak není vždy stejný a neobsahuje průměrné hodnotě odpovídající poměr složek odpadu. Nestálost složení odpadu zapříčiňuje občasné problémy s příliš nízkou výhřevností TKO a je potřeba tento problém řešit a to většinou zavedením podpůrných plynových hořáků. Plynové hořáky umístěné ve spalovací komoře podporují hoření a udržují teplotu spalování na nejnižší možné hranici pro spálení všech uvolněných prchavých organických složek a pro omezení vzniku dioxinů a dibenzofuranů. Hranice pro spálení výše zmíněných složek je 850°C po dobu alespoň 2 vteřin (skripta VŠCHT, ÚCHOP, b).



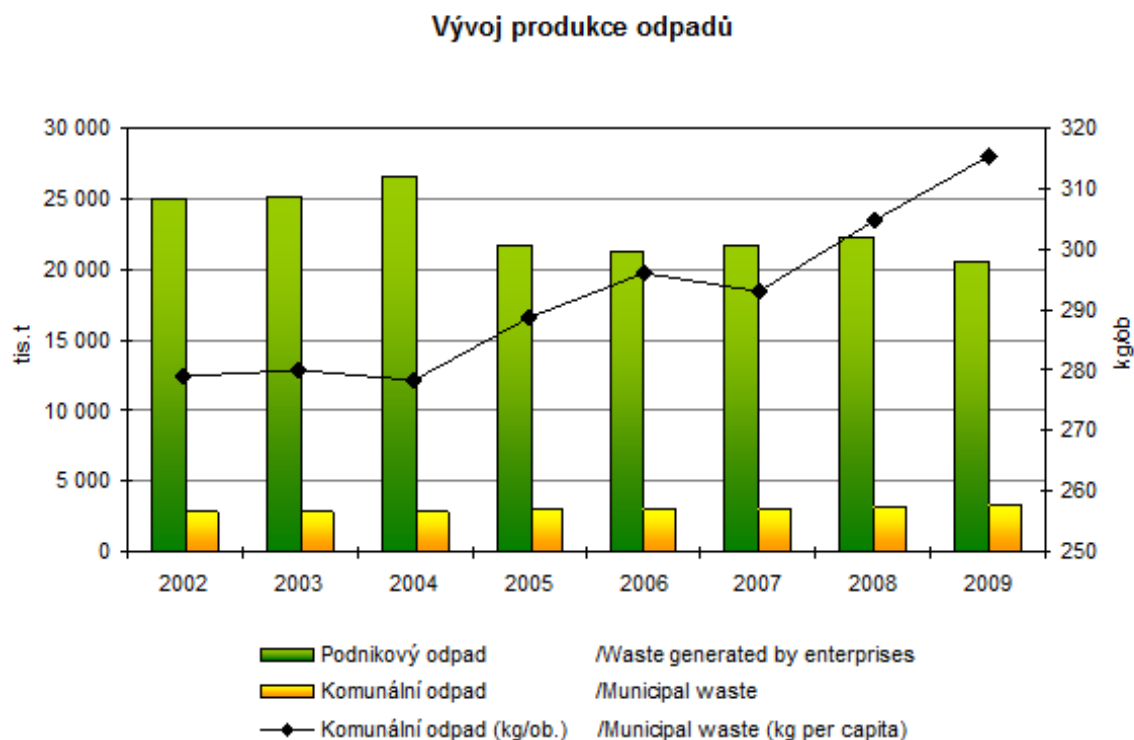
Graf č. 3: průměrné složení TKO v OECD zemích v roce 2011 (upraveno: World Bank, 2012)

2.2. Výhřevnost TKO

Stále se zvyšující životní úroveň a technologický pokrok vedly k nárůstu objemu TKO v ČR až na hranici 317 kg komunálního odpadu na osobu v roce 2010 (Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2011). Spolu se zvyšující se náročností na hygienu potravin se zvyšují i nároky na kvalitu a množství obalů, které jsou z velké části tvořeny obaly plastovými. Tyto plastové obaly a jiné plastové odpady zvyšují výhřevnost tuhého komunálního odpadu až na úroveň výhřevnosti hnědého uhlí. Výhřevnost neupraveného TKO je tedy mezi 8 a 12 MJ/kg (skripta VŠCHT, ÚCHOP, b)

2.3. TKO – energetická surovina

Tuhý komunální odpad dokáže v případě spalování uvolnit až 12 MJ/kg energie a to z něj dělá zajímavý alternativní energetický zdroj. Množství vědeckých publikací řadí tuhý komunální odpad dokonce mezi obnovitelné zdroje (Tsai, 2006). Výhodou TKO jako alternativní energetické suroviny je krom jeho vysoké výhřevnosti také ekonomická nenáročnost. TKO lze na rozdíl od jiných paliv získat s nízkými náklady, ba dokonce je možné z jeho likvidace profitovat. Taktéž se dá spolehnout na budoucí přísun tohoto paliva, protože produkce TKO ve světě i v České republice neustále stoupá (viz graf č. 4).



Graf č. 4: Vývoj produkce odpadů (Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2011)

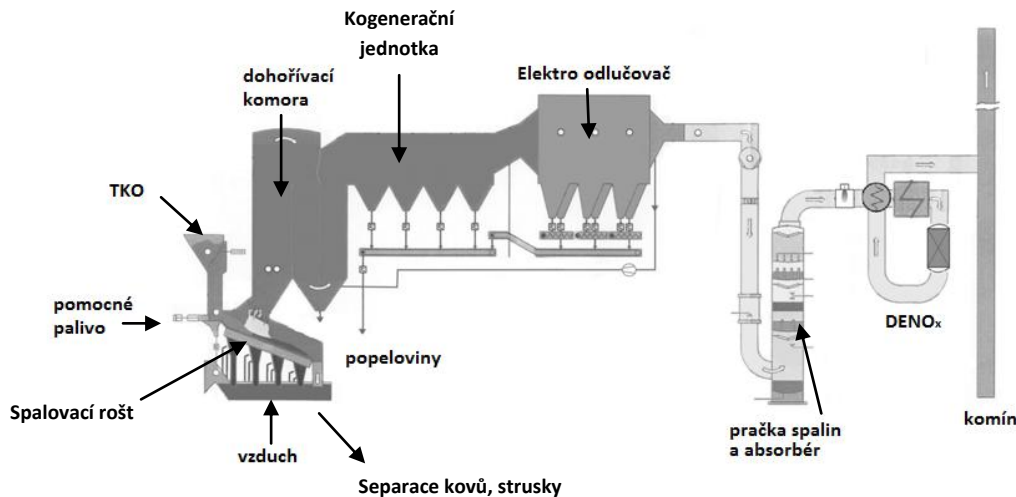
Počítáme-li, že tuhý komunální odpad má výhřevnost například 10 MJ/kg, pak dokáže jeden kotel o spalovací kapacitě 15 t/h za 24 hodin vyprodukovat 3 600 000 MJ energie, což odpovídá 1 GWh. Jedna 100 W žárovka by tedy dokázala z energie vytvořené jedním kotlem, za jeden den, při 100% účinnosti turbíny a při nulových ztrátách energie svítit 1141,55 let.

3. Spalování odpadů

Spalovna odpadů je zařízením pro nakládání s odpady, jako taková se musí řídit zákony o odpadech, například 185/2002 Sb., 383/2001 Sb., 354/2002 Sb., které mají na takováto zařízení legislativní vlivy. Pro popis procesu spalování jsem vybral technologii spalování používanou v Pražské spalovně TKO v Malešicích (nyní zařízení na energetické využití odpadu - ZEVO), která je provozována společností Pražské služby a.s. Před samotným spálením odpadu na roštch je odpad uskladňován v bunkrech, kde probíhá mísení odpadu. Kapacita bunkrů a jejich obsluha zajišťuje dostatečný přísun paliva ve chvílích, kdy ustane dovoz odpadu nákladními vozy, například pro noční směnu. Obsluha jeřábu, tzv. pavouka nabírá odpad a vsází jej do spalovací komory. Na spalovacím roštu, umístěném ve spalovací komoře, vznikají místní ohniska hoření, a proto jsou rošty složeny z několika válců, které se mohou otáčet oběma směry a posunovat tím odpad znovu do ohniska hoření, čímž zajistí dokonalejší spalování odpadu. Válcový rošt složený ze šesti válců je nakloněn pod úhlem 30°. Na první třetině nakloněného válcového roštu probíhá sušení a zapalování materiálu. Na druhé třetině probíhá vlastní hoření odpadu a na poslední třetině materiál již dohořívá a ochlazuje se. Zdržení odpadu v topeništi je přibližně 90 minut a teplota spalování kolísá mezi 900 – 1200 °C. Jeden kotel zařízení ZEVO je schopen pojmout 15 t odpadu za jednu hodinu a vyrobit 40 t páry o teplotě 235 °C a tlaku 1,37 MPa (informační materiál ZEVO Praha Malešice, 2012). Pro případ nízké výhřevnosti odpadu (hodnota pod 8 MJ/kg) nebo při nedostatečném hoření, může být hoření podpořeno zemním plynem o výhřevnosti 31 MJ/kg (ústní sdělení exkurze ZEVO Praha Malešice, 20. 4. 2012). Má-li TKO dostatečnou výhřevnost a již hoří, není třeba zasahovat do spalovacího procesu jinak než příkládáním dalšího odpadu. Kromě zařízení se stejným typem topeniště jako má Pražské ZEVO, tedy rotační pec, existují i jiné typy pecí a topenišť pro spalování TKO. Muflové pece vhodné k jednorázovému spalování nebezpečných odpadů. Etážové pece ve tvaru válců vhodné ke spalování kalů a jiných odpadů s vysokou vlhkostí. Fluidní spalování odpadů, které se využívá na spalování TKO, jeho nevýhodou je však upravování odpadu na vhodnou váhu a velikost (skripta VŠCHT, ÚCHOP, a). Na obrázku č. 1 lze vidět technologické schéma

spalování tuhého komunálního odpadu v zařízení s rotační válcovou pecí a následného čištění spalin.

Obr. č. 1: Technologické schéma spalování TKO (upraveno Stehlík, 2009)



4. Přídavná zařízení

Koncepce waste-to-energy pracuje se současnými či budoucími systémy nakládání s odpady a snaží se využívat jejich potenciál pro výrobu energie v různých formách. Dva hlavní systémy nakládání s odpady a to skládkování tuhého komunálního odpadu a spalování TKO jsou pro WTE klíčové. Skládkování jako hlavní systém nakládání s odpady v ČR plýtvá potenciálem, pokud na skládce není přítomen vrt na jímání skládkového plynu a zařízení na jeho využití. Koncepce waste-to-energy se snaží plýtvání energií zabránit. V případě, že spalovna, nebo skládka disponují kogeneračními jednotkami a dokáží produkovat energii, nad rámec své vlastní potřeby, můžeme je nazvat WTE elektrárnami (Stehlík, 2009).

4.1. Kogenerační jednotka

Kogenerační jednotka je zařízení určené k využití odpadního tepla ze spalovacího procesu ve spalovně tuhého komunálního odpadu. Toto odpadní teplo se využívá k ohřevu vody, která nejprve projde jako pára turbínou kondenzačního typu s axiálním výstupním

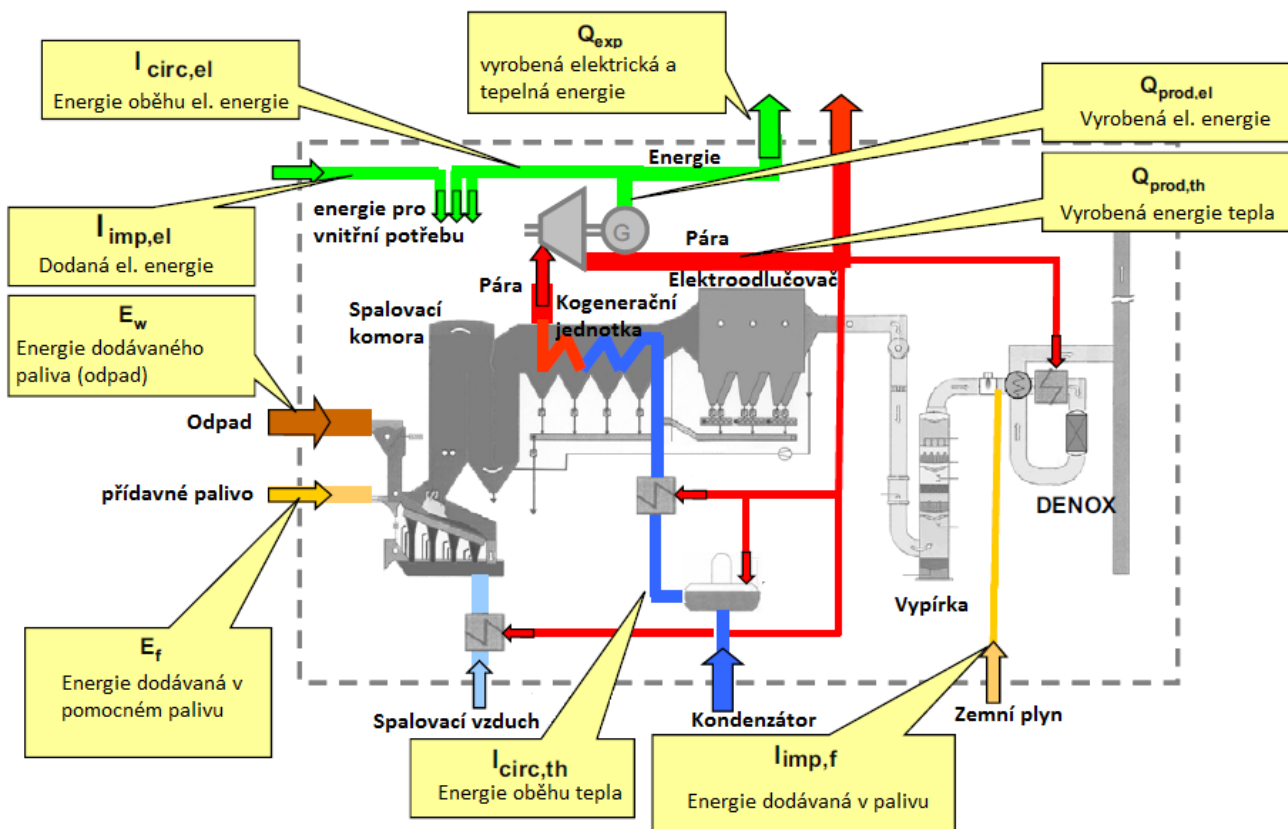
hrdlem a jedním neregulovaným odběrem na výrobu elektrické energie a později dodává tepelnou energii do energetické sítě například teplárny.

4.2. Generátor

Generátor je zařízení určené k výrobě elektrické energie pomocí parní turbíny, jež využívá páru ohřátou spalováním TKO. V generátoru se přeměňuje pohybová energie na energii elektrickou. Generátor se skládá z rotoru a statoru. Rotorem je silný magnet, který vytváří měnící se elektromagnetické pole a indukuje tak napětí a posléze proud v cívkách, které jsou součástí statoru. Spalovny vybavené generátory mohou být částečně, nebo zcela, nezávislé na dodávkách elektrické energie zvenčí a zároveň být dodavateli energie do sítě.

4.3. Zařízení pro čištění spalin

Čištění spalin probíhá v několika zařízeních. Spaliny postupně prochází rozprašovací sušárnou, elektrofiltrem, pračkou s odlučovačem kapek, směšovačem spalin, parním ohřivačem spalin a kouřovým ventilátorem. Spaliny z kotle jsou rozežháté na 230–270 °C a jsou zavedeny do rozprašovací sušárny, kde jsou uvedeny do rotačního pohybu a v protisměru jsou skrápěny upravenou odpadní suspenzí z pračky absorbéru. Vysokou teplotou je ze suspenze odpařena voda a pevné částice spadnou na dno sušárny. Spaliny jsou následně vedeny přes tříkomorový elektroodlučovač, kde jsou zbaveny prachu. V elektroodlučovači je iontový generátor, který dokáže vytvářet jak kladné, tak záporné ionty. Skrze tyto ionty se nabíjejí částice spalin a jsou postupně zachycovány v elektrickém poli sběrných desek (Chih-Wei a kol., 2012). Dále jsou spaliny vedeny kouřovodem do pračky, kde jsou ochlazeny na 80 °C a proprány vápennou suspenzí. V pračce je udržováno velmi kyselé prostředí, aby se zabránilo rtuti přecházet do plynné fáze, taktéž je zde odloučen zbytek prachu a velké množství spalin, jako jsou HF, HCl, HBr a těžké kovy. Odlučovač kapek umístěný před absorbérem zabraňuje vniknutí malých kapek suspenze do absorbéru. Funkcí absorbéru je dočistit spaliny od zbytku HCl, HF a SO₂, k čemuž je používána vápenná suspenze, která propírá spaliny jdoucí vzhůru a je udržována ve správné hustotě pomocí zahušťovače. Hodnota pH se přidáváním vápenné suspenze zvyšuje, teplota spalin se však projitím pračkou snížila na 65–70 °C. Po této fázi se vyčištěné spaliny pro lepší rozptyl ohřejí parou na 110 °C a pomocí kouřovodů a kouřového ventilátoru se dopraví do komína (skripta VŠCHT, ÚCHOP, a). Účinnost zařízení pro čištění spalin je dle zdrojů z akciové společnosti Pražské služby větší než 99 %.



Obr. č. 2: Hlavní energetické toky ve spalovně komunálního odpadu (upraveno Stehlík, 2009)

Jedním z hlavních parametrů spaloven s kogeneračními jednotkami je jejich účinnost. Pro výpočet účinnosti spalovny komunálního odpadu je třeba znát hlavní energetické toky (viz obr. č. 2). Účinnostní faktor popisující, je-li spalovna, popřípadě WTE - elektrárna, schopná produkovat elektrickou energii, je popsán vzorcem 1 (Stehlík, 2009).

Účinnost:

$$Pl_{ef} = \frac{Q_{prod} - (E_f + I_{imp})}{E_f + I_{imp} + I_{circ}} \quad (\text{vzorec 1})$$

kde Pl_{ef} = účinnostní faktor elektrárny

Q_{prod} = produkovaná energie

E_f = energie iniciačního paliva

I_{imp} = dodaná energie (elektrina, plyn)

I_{circ} = cirkulující energie

Pokud je výsledek této bilance kladný a účinnostní faktor větší než jedna, dokáže elektrárna produkovat a exportovat energii.

4.4. Aplikace WTE v cizině

Ať se podíváme na západ, východ, sever nebo na jih od našich hranic narazíme na rozdílnou legislativu a někdy dokonce zcela rozdílné systémy nakládání s odpady a to i když se snažíme tyto rozdíly vyrovnat přijímáním centralizovaných evropských norem. Propracovaný systém centrálního svozu odpadu v Německu je obrovským protikladem a vzorem pro státy, které nedisponují centrálními svozy odpadu. Proto je i aplikace WTE v různých zemích rozdílná. O Švédsku můžeme díky dostupným zdrojům říci, že jeho spalovny odpadů vyrábí jako primární zdroj energie horkou vodu a v menší míře páru. V tomto severním království užívají horkou vodu vyrobenou pomocí zařízení WTE na dálkové vytápění. Elektřinu z odpadu vyrábí ve Švédsku jen několik elektráren, jako je GRAAB v Göteborgu a Högdalen ve Stockholmu (Miranda a kol., 1997). Naproti tomu ve spolkové republice Německo si WTE elektrárny počínají obráceně a vyrábí spíše elektrickou, než tepelnou energii, příkladem mohou být dvě WTE elektrárny v Mnichově vyrábějící 1,5 krát více elektrické energie, než tepelné (Miranda a kol., 1997). V roce 1999 byla, podle mezinárodní asociace pevných odpadů (ISWA), produkce energií z odpadu v Evropě celkem 151 mil. GJ, z čehož 41 mil. GJ byla energie elektrická a 110 mil. GJ energie tepelná. V USA nakládá s odpady pomocí spalování s využitím energie pouze 25 států. Počet WTE elektráren například ve státě New York je 10, ve státech Virginia a Pennsylvania 6 a na Floridě disponují třinácti elektrárnami, které pohání teplo ze spalování tuhého komunálního odpadu. Poháněny jsou 26,3 milióny tun TKO a dokáží vyprodukovat 2700 MW elektřiny. Ve využívání WTE jsou mezi evropskými zeměmi na vrcholu žebříčku Dánsko, Lucembursko, Belgie, Francie a Holandsko. Všechny tyto státy využívají více než 1/3 produkovaného TKO k výrobě energie ve WTE zařízeních (Stehlík, 2009).

5. Environmentální implikace

5.1. Vliv spalování odpadů na životní prostředí

5.1.1. Vliv na ovzduší a klima

Zařízení na spalování odpadu jsou stacionárním, zvláště velkým zdrojem znečištění ovzduší, jejich odlučovací zařízení jsou ovšem navržena tak, aby zachytila většinu látek emitovaných z procesu spalování. Spaliny za odlučovacími zařízeními jsou sledovány kontinuálním měřením emisí a jsou do ovzduší vypouštěny řízeným způsobem. Pokud dojde k překročení emisního limitu jakéhokoliv ze sledovaných ukazatelů je zastaven přísun odpadu

do spalovacího prostoru. Rozptyl polutantů je zajištěn komíny. Vliv spaloven na kvalitu ovzduší je trvalý, většinou jen s malou přestávkou na celkovou údržbu zařízení, ze zákona by však neměl překračovat míru únosného zatížení území. Limity kontinuálně měřených emisí ukazuje tabulka č. 1. Kontinuálně měřené emise jsou tuhé znečišťující látky (TZL), SO₂, NO_x, CO, HCl a celkový organický uhlík (TOC).

Tabulka č. 1: Limity kontinuálně měřených emisí vypouštěných ze spaloven v ČR (354/2002 Sb.)

látka	limit [mg/m³]
TZL	10
SO ₂	50
NO _x	200
CO	50
HCl	10
TOC	10

Zařízení na manipulaci a uchovávání odpadu se mohou stát zdrojem emisí pachových látek, které mají své zákonem dané emisní limity. Emisím pachových látek se zabráňuje snížením tlaku v tzv. bunkrech (prostor pro skladování odpadu), tím se zajistí přísun vzduchu z okolí, který zabrání uvolňování pachových látek do okolí spaloven. Dalším zdrojem znečištění je provoz nákladních automobilů dovážejících TKO.

5.1.2. Vliv na hlukovou situaci

Některá zařízení instalovaná ve spalovnách jsou stacionárními zdroji hluku. Hluk zařízení umístěných uvnitř objektů proniká do vnějšího prostředí přes pláště budov, kterými je většinou významně utlumen, nebo otevřenými okny, vraty, světlíky apod. Rozhodujícími zdroji hluku spaloven jsou však zařízení umístěná v přímém kontaktu s vnějším prostředím. Jsou to hlavně spalínové ventilátory a zařízení používaná na manipulaci s odpady. Některé spalovny disponují zařízením na průběžné čištění spalínového potrubí. Toto zařízení využívá zvukových vln k vyvolání erozivních účinků na nečistoty. Hladina hluku se těmito zařízeními nárazově zvyšuje. Zařízení spalovny ze své podstaty musí zvyšovat hlukovou zátěž okolí provozem nákladních automobilů dovážejících do spalovny odpad.

5.1.3. Vliv na povrchové a podzemní vody

Vliv spaloven TKO na povrchové vody je minimalizován opětovným používáním odpadové vody z čištění spalin. Pokud se tedy odpadová voda čistí v čistírnách odpadních vod

a je opět využita, je vliv spaloven TKO na povrchovou vodu minimální (ústní sdělení exkurze ZEVO Praha Malešice, 20. 4. 2012). Taktéž vliv na podzemní vody je nízký nevypouští-li spalovna splaškové, srážkové či odpadní vody do blízkých toků, nebo pokud odpadní vody nezasakuje. Větším vlivem spaloven TKO na povrchové a podzemní vody jsou dopady v souvislosti s emisemi vzdušných kontaminantů, jako jsou oxid dusičitý společně s oxidy síry (viz. Vliv na flóru, faunu a ekosystémy).

5.1.4. Vliv na půdu a horninové prostředí

Provoz spaloven nemá vlivy na sesuvy půd a erozi. Vliv na půdu a horninové prostředí může mít zařízení pro spalování odpadů v případě, že jeho zastavěná plocha je projektována na „zelené louce“. V tomto případě je zábor půdy jistě nezanedbatelným vlivem.

5.1.5. Vliv na flóru, faunu a ekosystémy

Vliv spalovacích zařízení na flóru, faunu a ekosystémy je reprezentován hlavně dopady v souvislosti s emisemi kontaminantů. Tyto kontaminanty jsou polychlorované dibenzo-p-dioxiny, polychlorované dibenzofurany, oxid siřičitý, oxidy dusíku, polychlorované bifenyly, oxid uhličitý, kadmium, rtuť, antimon, arsen, olovo, chrom, kobalt, měď, mangan, nikl, vanad, thalium, tuhé znečišťující látky a celkový organický uhlík.

6. Dopady v souvislosti s emisemi kontaminantů

6.1. PCDD, PCDF, PCB

Vliv polychlorovaných dibenzo-p-dioxinů (PCDD), polychlorovaných dibenzofuranů (PCDF) a polychlorovaných bifenyly (PCB) na ekosystémy, flóru a faunu je značný, vzhledem k jejich velmi vysoké toxicitě. Jejich přítomnost v životním prostředí je diskutována jako závažný problém. PCDD a PCDF se dlouhodobě hromadí v potravinovém řetězci a tedy v tělech živočichů. Vliv PCDD a PCDF se odráží v poruchách imunitního systému, nervového systému, endokrinních žláz a v neposlední řadě v poruchách reprodukčních funkcí. Dopadem zvýšené koncentrace dioxinů na nervový systém je zpomalení funkce nervů. Poškození jaterních buněk narušením rovnováhy enzymů a rakovina jater a zažívacího systému je taktéž negativním projevem zvýšené koncentrace dioxinů (Kampa, 2007). Látky PCDD a PCDF jsou taktéž známy pro svůj karcinogenní vliv zejména na měkké tkáně, jako jsou například plíce a horní cesty dýchací (Fingerhut a kol., 1991). Studie na lidských populacích ukazuje vliv PCDD/F na rozvoj chlorakné (Zober a kol., 1990) a na zvýšené riziko diabetes (Sweeney a kol., 1994, cit. v H. Pohl a kol., 1995). Nezanedbatelný vliv na člověka mají dioxiny také

v prenatálním vývoji, kdy procházejí z matky na dítě i skrze placentu a způsobují problémy v nervovém vývoji dítěte (Kampa, 2007). PCDD a PCDF vznikají při spalovacích procesech většinou v těch průmyslových odvětvích, kde se pracuje s chlórem. Mechanismus jejich vzniku ještě není zcela znám.

6.2. NO_x

Zvýšené koncentrace NO_x se projevují ve zhoršení nemocí plic, dráždění a leptání nosní sliznice, dušnosti a to zejména u populace trpící astmatem, dále pak dráždivými projevy v krku s následnou bronchokonstrikcí. Oxidy dusíku se také projevují zhoršením odolnosti proti plicním infekcím (Kampa, 2007). Dusík je biogenním prvkem a jako takový se snadno dostává do těl rostlin, které z jeho obsahu profitují, avšak zvýšení koncentrace dusíku, respektive NO a NO₂, může rostliny poškozovat a snižovat jejich odolnost k plísním a mrazům. Oxid dusnatý je skleníkový plyn hromadící se v atmosféře a zachycující teplo odražené od zemského povrchu čímž přispívá ke globálnímu oteplování. Oxid dusičitý je společně s dalšími plyny a těkavými organickými látkami (volatile organic components - VOC) tvůrcem přízemního ozonu (<http://www.epa.gov/air/nitrogenoxides/health.html>). Přízemní ozon ve vysokých koncentracích způsobuje poškození rostlin, mimo jiné i některých důležitých zemědělských plodin.

6.3. SO₂

Vyšší koncentrace SO₂ se projevuje podobně jako oxidy dusíku ve zhoršení nemocí plic, v dráždění nosní a krční sliznice a zhoršením odolnosti proti plicním infekcím (Kampa, 2007). Oxid siřičitý je sloučeninou toxickou pro rostliny, jelikož narušuje fotosyntézu reakcí s chlorofylem. SO₂, je společně s NO₂ příčinou kyselých dešťů, jejichž činnost má negativní vlivy na vegetační pokryv a povrchové vody. Důvodem je změna oxidů dusíku dlouhodobě přítomných v ovzduší na kyselinu dusičnou a oxidace oxidu siřičitého a jeho reakce s vodou na kyselinu sírovou. Tyto dvě kyseliny mění pH vod a způsobují tak nežádoucí eutrofizaci vod a případně i úhyn vodních živočichů.

6.4. Těžké kovy

Arsen, nikl a vanad způsobují ve zvýšené koncentraci dýchací obtíže až dušnost. Chronická expozice těchto prvků může vést až k trvalému snížení funkce plic, k astmatu, rozedmě plic a k rakovině plic. Symptomy jako je tachykardie, zvýšení krevního tlaku a anémie způsobená snížením krvevotvorby, jsou důsledkem zvýšené koncentrace rtuti, niklu a arsenu. Poruchy paměti, poruchy spánku, zlost, únava, třes rukou, rozmazané vidění a nezřetelná řeč jsou

symptomy, jež jsou způsobeny přítomností olova, rtuti a arsenu. Rtuť může být příčinou neurologické rakoviny. Těžké kovy mohou způsobit poškození ledvin, a zvyšují pravděpodobnost tvorby ledvinových kamenů, kalcifikace močových cest a karcinomu ledvin. Působení těžkých kovů na matku může způsobit předčasný porod, nebo sníženou váhu novorozence. Taktéž mohou způsobit spontánní potrat, vrozené vady a nestandardní vývoj nervového systému, který má za následek špatnou motoriku novorozence a nedostatečné kognitivní schopnosti (Kampa, 2007).

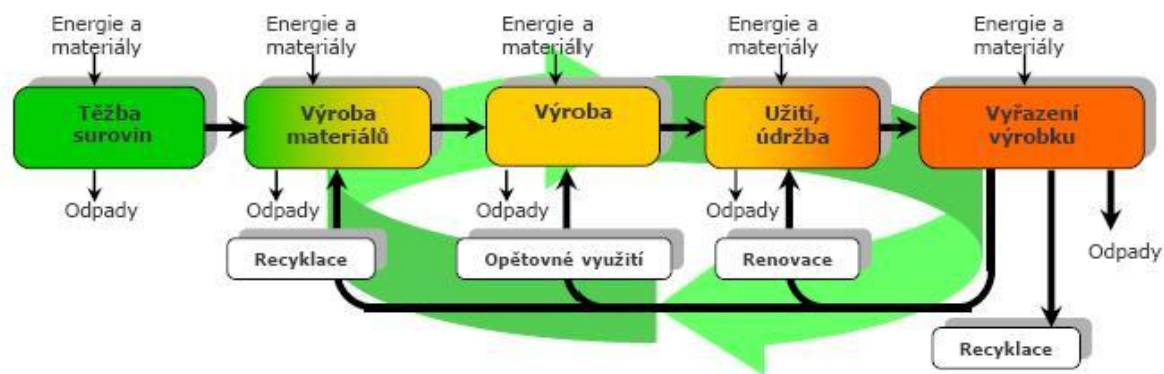
7. Posuzování životního cyklu

Součástí této práce je porovnání environmentální implikace různých systémů nakládání s odpady. Pro porovnání těchto systémů byla vybrána metoda posouzení životního cyklu (LCA) s posouzením charakterizace dopadů (LCIA).

7.1. Definice

Posuzování životního cyklu – Life cycle assessment (LCA), je analytická metoda, jež hodnotí dopady na životní prostředí. Tato metoda se zabývá lidskými produkty, jako jsou výrobky, služby a technologie a je specifická tím, že se zabývá dopady produktů od získávání surovin či energie použité na jejich výrobu, likvidaci a provoz, po emisní náročnost při výrobě materiálů a při dopravě (viz obr. č. 3). Metoda stanovuje environmentální náročnost produktu či služby „od kolébky po hrob“.

Pro úspěšné stanovení LCA je nutné stanovit veškeré energeticko-materiálové toky, které jsou spojovány se stanovovaným systémem a jeho okolím a na základě hodnocení určit změny, jež tyto toky způsobují. Hodnocení není pouze kategorizací škodlivých materiálových, nebo energetických toků, ale vyjadřuje i konkrétní poškození prostředí. Změny se určují na základě kvantity a kvality výstupů a vstupů do systému. Vstupy jsou látky vnášené do systému (suroviny, energie) a výstupy jsou látky ze systému vynášené a vstupující do okolního (životního) prostředí jako třeba polutanty nebo produkty práce. Dopady na prostředí se posuzují pomocí dopadových kategorií, jako jsou acidifikace, eutrofizace, míra účasti na globálním oteplování, úbytek surovinových zdrojů a další (Guinée, 2002). Důsledné dodržování metody LCA zabraňuje přenášení environmentálních problémů lidských činností z jedné na druhou a dodává tak kvalitní informaci o reálném vylepšení dopadů na životní prostředí daného lidského produktu.



Obr. č. 3: Životní cyklus produktu (<http://vskp.vsb.cz/oblast-lca/#prameny>)

Hranice produktového systému (HPS) je důležitým pojmem, který silně ovlivňuje výstupy ze studie LCA. HPS jsou kritéria, která specifikují jednotkové procesy, které jsou součástí produktového systému. Jsou-li hranice stanoveny ve větší šíři, je pak i studie náročnější na objem vstupních dat, na zpracování a je rozsáhlejší. Hranici je nutné zpracovat v souladu s cílem studie, není tedy možné vypustit některou fázi životního cyklu, pokud to ovlivní cíl studie.

7.2. LCA pro spalovny a porovnání s jinými schématy nakládání s odpady

Cílem kapitoly je porovnat a vyčíslit environmentální dopady různých schémat nakládání s odpady, tedy řad technologických procesů vedoucích k likvidaci tuhého komunálního odpadu v ČR. K porovnání byly zvoleny tyto integrované systémy (IS) nakládání s odpady:

- IS mechanicko-biologická úprava s aerobním stupněm, tzn. s provzdušňováním deponie organického odpadu (označení: MBÚ-Aer)
- IS mechanicko-biologická úprava s biosušením (tzn. aerobním rozkladem probíhajícím v boxech s intenzivním vysoušením za účelem vytvoření paliva z odpadu), společně se spalováním vyprodukovaného paliva z odpadů v monozdroji, což je speciální spalovna určená ke spalování výhradně frakce z MBÚ (označení: MBÚ-Mono)
- IS mechanicko-biologická úprava s biosušením společně se spalováním vyprodukovaného paliva z odpadů (označení: MBÚ-BS)
- IS skládkování se spalováním skládkového plynu na fléře (označení: Skl)
- IS skládkování s využitím skládkového plynu (označení: Skl-G)
- IS spalování bez využití popelovin (označení: Spal)

- IS spalování s využitím popelovin (označení: Spal-P) (Kočí a kol., 2010).

Do HPS jsou zahrnuty provozní procesy technologických zařízení, recyklace získaných materiálů i energie a výroba veškerých pomocných materiálových a energetických toků. Zařízení pro nakládání s odpady mají dlouhou životnost, a proto se do hranic posouzení životního cyklu nezapočítávala výstavba těchto zařízení. Výstavba zařízení se nezapočítává také z důvodu porovnávání LCA různých metod nakládání s odpady, ne však porovnávání LCA výstavby zařízení. Do hranic systému nebyly zahrnuty vstupy a výstupy výroby sběrných nádob. Základním kamenem studie je funkční jednotka, 1 tuna směšného komunálního odpadu.

Mezi jednotlivými IS nakládání s odpady jsou velké rozdíly. Nejnápadnějšími rozdíly mezi IS MBÚ-Aer, IS MBÚ-Mono a IS MBÚ-BS je velký rozptyl mezi procenty odpadu využitelnými jako palivo a procenty z celkové hmotnosti odpadu, které končí na skládce (viz Tabulka č. 2).

Tabulka č. 2: Poměr odpadu určeného ke skládkování a ke spolužalování (Kočí a kol., 2010)

Integrovaný systém nakládání s odpady	odpad určený na skládky [%]	odpad určený ke spolužalování [%]
IS MBÚ-Aer	30-40	30-40
IS MBÚ-Mono	10-20	50-60
IS MBÚ-BS	10-20	50-60

Studie u IS se skládkováním řeší dvě varianty a to skládkování se spalováním jímaného skládkového plynu na fléře, tudíž bez využití energetického potenciálu skládkového plynu a se spalováním jímaného skládkového plynu v kogenerační jednotce, kde se plyn využívá k výrobě tepelné a elektrické energie. U varianty s využitím skládkového plynu je potřeba řešit alokaci, tedy způsob jak započíst vyrobené teplo a elektrickou energii, jedná-li se o inverzní procesy.

Inverzním procesem, který snižuje vliv na životní prostředí (v rámci LCA) IS se spalováním a využitím popelovin, jako je škvára, je i využití škváry ve stavebnictví. Popeloviny využitelné ve stavebnictví, se upravují a používají jako stavební materiál, nebo materiál pro budování náspů. Zde vyvstává problém, jak řešit alokaci a odvrácené emise. Řešením je nahradit produkci škváry výrobou šterkopísku jako konstrukčního materiálu (Kočí a kol., 2010). U IS bez využití popelovin je objem materiálu končícího na skládkách 30–35 %

hmotnosti nespáleného odpadu, naproti tomu při využití škvár končí na skládkách řádově nižší procento hmotnosti nespáleného odpadu a to jen 2–5 %.

Tabulka 3. ukazuje hlavní inventarizační data na vybrané majoritní elementární toky, jež jsou ve studii klíčová s ohledem na jejich množství, environmentální významnost, nebo ekonomickou hodnotu. Záporné hodnoty (zeleně) elementárních toků označují, že daný IS v důsledku materiálových a energetických recyklací šetří daný vstup, což v některých případech vede až k záporné bilanci, tedy k situaci, kdy úspora daného IS je vyšší, nežli vstup dané suroviny (Kočí a kol., 2010)

Tabulka č. 3.: Vybrané výstupy inventarizace posuzovaných IS (kg/t SKO), (upraveno Kočí a kol., 2010)

Elementární tok [kg]	MBÚ-Aer	MBÚ-Mono	MBÚ-BS	SKL	Skl-G	Spal	Spal-P
suroviny							
Ropa	2,43E+00	3,52E+00	8,50E-01	6,55E-01	6,91E-01	1,43E+00	7,13E-02
Černé uhlí	2,09E+00	-1,23E+01	-1,03E+00	1,31E-01	-7,36E-01	-1,54E+00	-1,60E+00
Hnědé uhlí	-2,26E+02	-2,01E+02	-6,43E+02	1,22E+00	-1,03E+01	-4,18E+01	-4,20E+01
Zemní plyn	7,92E+00	1,02E+00	8,54E-01	7,00E-02	-1,73E-01	-1,71E+02	-1,71E+02
Voda	4,50E+02	3,26E+03	-5,16E+01	2,15E+01	-1,42E+02	3,21E+03	3,20E+03
emise do ovzduší							
NH3	4,62E-05	1,62E-02	3,80E-03	1,57E-05	-1,20E-05	6,95E-03	6,94E-03
CO2	1,09E+02	2,50E+02	-5,43E+01	2,39E+01	1,15E+01	4,53E+02	4,48E+02
CO	1,76E-01	7,18E-02	-5,14E-01	4,84E-01	4,69E-02	-2,78E-01	-3,01E-01
NOx	1,66E-01	-2,16E-01	-9,45E-02	1,23E-01	6,02E-02	2,03E-01	1,39E-01
SO2	4,83E-01	-5,48E+00	-4,97E-01	6,18E-02	-2,88E-01	-1,63E+00	1,64E+00
Suma PAU	9,19E-07	3,73E-06	7,69E-08	2,48E-05	1,55E-07	-3,05E-06	-3,25E-06
Halogenované UV	3,07E-04	1,88E-04	4,09E-05	1,98E-06	-2,16E-06	-8,57E-06	-8,96E-06
CH4	7,57E+00	5,37E+00	7,40E-01	1,24E+01	8,41E-01	-1,23E+00	-1,23E+00
emise do povrchových vod							
AOX	2,21E-02	1,67E-02	3,09E-03	4,47E-05	2,63E-05	-1,45E-04	-1,45E-04
BSK	8,19E-05	4,41E-05	1,07E-05	2,22E-02	1,31E-02	8,16E-04	8,09E-04
ChSK	5,85E-03	5,29E-02	-1,60E-02	5,88E-02	3,15E-02	-2,01E-02	-2,04E-02
TOC	4,13E-04	3,31E-04	5,38E-05	1,02E-05	7,68E-06	-4,32E-04	-1,02E-03
Cd2+	1,23E-06	3,32E-06	-2,15E-06	8,10E-08	-5,82E-08	6,77E-04	1,85E-04
Cr3+	5,70E-07	-3,64E-06	-1,09E-08	3,09E-08	-2,04E-07	-6,17E-07	-6,27E-07
Cr6+	2,65E-07	2,42E-07	4,90E-07	3,32E-15	3,31E-15	4,01E-04	3,17E-05
Pb2+	7,99E-06	-3,33E-05	1,24E-05	3,56E-07	-2,06E-06	2,42E-02	1,33E-03
Hg2+	1,11E-07	1,96E-06	1,73E-07	1,81E-09	1,07E-09	7,32E-03	7,32E-03
NO3-	2,09E-04	3,11E-02	-1,90E-06	2,51E-04	1,33E-04	6,03E-04	5,45E-04
PO43-	2,14E-05	1,87E-05	2,79E-05	6,65E-07	-7,67E-08	4,17E-04	4,15E-04
emise do průmyslově užívané půdy							
Cd2+	2,93E-06	2,21E-06	4,10E-07	2,80E-10	1,17E-11	-9,34E-08	-9,35E-08
Cr	5,92E-05	4,36E-05	8,23E-06	7,68E-08	8,42E-09	-2,57E-05	-2,57E-05
Fe	3,33E-04	2,50E-04	4,65E-05	1,12E-07	1,44E-08	-3,74E-05	-3,75E-05
Hg2+	1,25E-09	9,23E-10	1,74E-10	1,55E-12	1,92E-13	-5,18E-10	-5,18E-10
NH3	7,89E-01	5,94E-01	1,10E-01	3,94E-05	5,65E-06	-1,34E-02	-1,34E-02
SO42-	1,85E-02	1,40E-02	2,59E-03	2,63E-03	1,56E-03	-4,20E-04	4,21E-04

7.3. Výstupy z hodnocení dopadů životního cyklu

(Kocí a kol., 2010 s. 10) píše: „V naší studii jsme provedli důsledné vyčíslení environmentálních dopadů dle metody LCA, tedy s použitím charakterizace dopadů (Life Cycle Impact Assessment – LCIA). Důležitost tohoto kroku spočívá ve skutečnosti, že dopady různých emisí látek do prostředí mají různé mírné dopady, a tudíž není možné porovnávat environmentální dopady systémů pouze na základě hmotností vypouštěných emisí. Nepovažujeme za správné sčítat hmotnosti látek (například uhlovodíků) s různými environmentálními dopady a vyjadřovat tyto emise hmotnostní sumou. LCIA jsme provedli použitím metodiky CML IA10, čímž jsme hmotnostní toky emisí do různých složek prostředí převedli na takzvané indikátory kategorií dopadu.“

Tabulka č. 4: Výsledky indikátorů kategorií dopadu vyčíslené metodikou CML IA (kg/t SKO); (upraveno Kočí a kol., 2010)

Kategorie dopadu	MBÚ-Aer	MBÚ-Mono	MBÚ-BS	SKL	SKl-G	Spal	Spal-P
Úbytek abiotických surovin, kg Sb (Equiv./1 t SKO)	-7,40E-01	-1,10E+00	-2,90E+00	2,30E-02	-5,30E-02	-3,90E+00	-4,00E+00
Acidifikace, kg SO2 (Equiv.)	6,00E-01	-5,70E+00	-5,60E-01	4,50E+00	2,80E-01	-1,50E+00	-1,60E+00
Eutrofizace, kg PO4 3- (Equiv. /1 t SKO)	5,40E-01	3,70E-01	6,10E-02	3,90E+00	2,20E-01	1,80E-02	9,00E-03
Akvatická ekotoxicita, kg DCB (Equiv./1 t SKO)	7,60E-02	-1,00E-01	7,00E-03	2,10E-02	-3,40E-03	2,70E+01	4,70E+01
Globální oteplování (100 r.), kg CO2 (Equiv./1 t SKO)	3,10E+02	3,90E+02	-3,40E+01	3,30E+02	3,30E+01	4,20E+02	4,20E+02
Humánní toxicita, kg DCB (Equiv./1 t SKO)	2,90E+00	-1,20E+01	-6,40E-01	1,60E+00	-7,30E-01	1,20E+01	3,90E+02
Úbytek stratosférického ozónu (rovnovážný stav), kg R11 (Equiv. /1 t SKO)	3,60E-06	-3,20E-05	-2,00E-06	2,60E-07	-1,70E-06	-2,50E-06	-6,20E-06
Vznik fotooxidant , kg C2H4 (Equiv./1 t SKO)	9,60E-02	-2,20E-01	-3,40E-02	9,70E-02	-5,90E-03	-1,00E-01	-1,20E-01
Terestrická ekotoxicita, kg DCB (Equiv. /1 t SKO)	4,50E-01	5,20E-02	5,20E-02	1,40E-01	5,10E-02	6,50E+00	2,60E+01

Surovinová náročnost je největší u IS skládkování bez využití jímaného skládkového plynu. Ostatní IS nakládání s odpady mají surovinovou náročnost nižší a to v důsledku využívání odpadů jako surovin, podílejí se tedy na surovinových úsporách. Z IS s nízkou surovinovou náročností jsou nejlepšími IS se spalováním a IS MBÚ biosušení se spoluspalováním.

Pro dopadovou kategorii acidifikace má nejhorší výsledek IS MBÚ-Aer a oba IS skládkování. IS se spalováním jsou díky tvorbě elektrické energie, která se započítala jako inverzní tok k procesu výroby elektrické energie v elektrickém mixu ČR, vlivem pozitivním na acidifikaci.

V dopadové kategorii eutrofizace se jako IS s nejhorsím vlivem na eutrofizaci jeví IS Skl, IS MBÚ-Aer a MBÚ-Mono. Nejlepší výsledek v dopadové kategorii eutrofizace patří IS Spal a IS Spal-P.

V kategorii dopadu toxicita a ekotoxicita dosáhly nejvyšších hodnot IS se spalováním, je to však způsobeno tím, že se při výpočtu zachází s daty, jež reprezentují krátký časový úsek měřených emisí, přibližně jeden rok. Tento úsek nemůže poskytnout relevantní informaci o polutantech uvolněných z referenční jednotky 1 t SKO u skládek v porovnání se spalovnami. Spalovny totiž oproti skládkám odpad likvidují okamžitě a většina polutantů se tedy ihned uvolní. Spalovny již další odpad po konci své životnosti neuvolní, což se u skládek dost dobře předpokládat nedá. Naopak lze předpokládat, že se ze skládek bude postupem času uvolňovat stále více nežádoucích látek. V kategorii dopadu globální oteplování má nejvyšší znečištění na svědomí IS Skl a to hlavně z důvodu emisí CO₂ a CH₄, za tímto integrovaným systémem se na globálním oteplování značně podílí i IS Spal, IS Spal-P a MBÚ-Mono. Není bez zajímavosti, že IS MBÚ-BS má dokonce zápornou bilanci v této dopadové kategorii. Kategorie úbytek stratosférického ozonu je u všech IS poměrně malá a tak tato kategorie nemá význam pro porovnávání jednotlivých IS. Nejvíce fotooxidantů vzniká emisemi IS Skl a IS MBÚ-Aero (Kočí a kol., 2010)

7.3.1. Předpoklady a omezení platnosti výsledků

Problémem studie LCA o odpadovém hospodářství je sběr dat. Data pro porovnávání různých integrovaných systémů nakládání s odpady pochází od různých provozovatelů. Tito provozovatelé mají odlišné informace o emisích a řídí se legislativou, která jim určuje kontrolovat určitou skupinu emisních faktorů a jiným provozovatelům zase jinou skupinu emisních faktorů. Takto shromážděná data jsou nesourodá a silně snižují možnost srovnání environmentálních dopadů integrovaných systémů a zařízení na zpracování odpadů. Dalším problémem je nedostatečný časový odstup, který způsobuje, že environmentální dopady skládek jsou podhodnocené oproti reálným, jistě vyšším, dopadům vztaženým na celou životnost zařízení včetně následné péče. Nezanedbatelný vliv na výsledky bude mít i skutečnost, že hodnocená zařízení jsou pouze reprezentativním vzorkem v České republice provozovaných zařízení a že některá data pochází z jiných zemí, které mají mírně rozdílnou skladbu komunálního odpadu, což má vliv na složení emisí (Kočí a kol., 2010).

7.3.2. Závěry studie LCA

Kočí a kol. (2010) udávají závěrem své studie LCA o IS nakládání s odpady v ČR, že nelze jednoznačně určit, který ze studovaných IS reprezentuje nejnižší environmentální zátěž, protože během porovnávání jednotlivých IS nebyly rozdíly v kategoriích dopadů nijak zásadní. Kočí a kol. (2010) však relativně přesně identifikovali systémy s největší environmentální zátěží, tedy IS Skl (skládování bez využití skládkového plynu) a IS MBÚ-Aero (mechanicko-biologická úprava s aerobním stupněm). IS se spalováním a IS skládování s využitím skládkového plynu se, z hlediska environmentální zátěže, nacházejí zhruba uprostřed. Na nejvyšším stupni se jako nejšetrnější jeví IS MBÚ biosušení se spoluspalováním paliva z odpadu a IS MBÚ se spoluspalováním paliva v monozdroji (Kočí a kol., 2010).

8. Závěr

Spalování odpadu vyniká mezi ostatními systémy nakládání s odpady rychlostí likvidace odpadu a snížením jeho objemu a hmotnosti, vytváří však další odpad, který snadněji uvolňuje nebezpečné látky a je třeba jej ukládat na skládky. Spalování odpadu se vzhledem k využití energie TKO podílí na surovinových úsporách. Z výše uvedené studie posouzení životního cyklu vyplývá, že spalování má díky využití TKO o výhřevnosti srovnatelné s hnědým uhlím, pozitivní vliv na eutrofizaci a acidifikaci vod. Z důvodů zachycování spalin s účinností až 99,99 % jsou dopady kontaminantů ze spalování značně omezeny. Vlivy na životní formy v závislosti na míře kontaminace prostředí jsou dopadové kategorie, v nichž je spalování odpadů, v porovnání s ostatními systémy nakládání s odpady, až na posledních stupních. Tento fakt je způsoben krátkým úsekem měření emisí, který zpřičiňuje nižší spolehlivost naměřených dat o dopadech. Celkově je tedy spalování odpadů s využitím energie kvalitním systémem likvidace odpadů.

9. Použitá literatura

FINGERHUT M. A., Ph.D., HALPERIN W. E., M.D., MARLOW D. A., B.S., PIACITELLI L. A., M.S., HONCHAR P. A., Ph.D., SWEENEY M. H., Ph.D., GREIFE A. L., Ph.D., DILL P. A., A.B., STEENLAND K., Ph.D., and SURUDA A. J., M.D., 1991: Cancer Mortality in Workers Exposed to 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-P-Dioxin. *The New England Journal of Medicine* 324: 212-218

GUINÉE, J. B., Handbook on Life Cycle Assessment : Operation Guide to ISO Standards, 1. ed. Secaucus, NJ, USA : Kluwer Academic Publishers, 2002. 705 p. ISBN 9780306480553

HEFA CHENG, YANGUO ZHANG, AIHONG MENG, QINGHAI LI, 2007: Municipal Solid Waste Fueled Power Generation in China: A Case Study of Waste-to-Energy in Changchun City. *Environ. Sci.Technol.* 41: 7509-7515

CHIH-WEI L., SHENG-HSIU H., YU-MEI K., KUANG-NAN CH., CHONG-SIN W., CHIH-CHIEH CH., 2012: From electrostatic precipitation to nanoparticle generation. *Journal of Aerosol Science* 51: 57 - 65

KAMPA M., CASTANAS E., 2007: Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution* (2008) 151: 362-367

KOČÍ V., KREČMEROVÁ T., KOTOULOVÁ Z., 2010: Koncepty integrovaných systémů nakládání s komunálním odpadem v ČR z pohledu LCA. *Wasteforum* [online]. 2010. str. 176-192. [cit. 2.8.2012]. Dostupné na http://www.wasteforum.cz/cisla/WF_3_2010.pdf

MIRANDA M. L., HALE B., 1997: Waste not, want not: the private and social costs of waste-to-energy production. *Energy Policy* 6: 587 – 600

POHL H., DeROSA C., HOLLER J., 1995: Public health assessment for dioxins exposure from soil. *Chemosphere* 31, č. 1.: 2437-2454

STEHLÍK, P., 2009: Contribution to advances in waste-to-energy technologies. *Journal of Cleaner Production* 17: 919–931

TSAI W. T., CHOU Y.H., 2006: An overview of renewable energy utilization from municipal solid waste (MSW) incineration in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 10: 491–502

ZOBER A., MESSERER P., HUBER P., 1990: Thirty-four year mortality followup of BASF employees to TCDD after the 1953 accident. *Occupational Environmental Health* 62: 139-157

European Commission Waste Landfill Directive (1999)

354/2002 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu

185/2001 Sb. Zákon o odpadech

383/2001 Sb. Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady

ČSN EN ISO 14040:2006 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova

ČSN EN ISO 14044:2006 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice

ČSN ISO EN 14047:2004 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Příklady aplikace ISO 14042

ČSN ISO EN 14048:2003 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Formát dokumentace údajů

ČSN ISO EN 14049:2001 Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Příklady aplikace ISO 14041 pro stanovení cíle a rozsahu

Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2011. Zveřejněná dne 23. 11. 2011

Dostupná na: [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFVH9QDN/\\$FILE/Statistick%C3%A1%20ro%C4%8Denka%20%C5%BEivotn%C3%ADho%20prost%C5%99ed%C3%AD%20%C4%8Cesk%C3%A9%20republiky%202011.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFVH9QDN/$FILE/Statistick%C3%A1%20ro%C4%8Denka%20%C5%BEivotn%C3%ADho%20prost%C5%99ed%C3%AD%20%C4%8Cesk%C3%A9%20republiky%202011.pdf) [cit. 10.8.2012]

informační materiál ZEVO Praha Malešice, 2012

Skripta A a B, Vysoké školy Chemicko-technologické, ústavu chemie ochrany prostředí, dostupné na: A:

<http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/odpady3.htm> [cit. 11. 8. 2012]

B:

<http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/malesice.htm> [cit. 11. 8. 2012]

[http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/produkce_vyuziti_a_odstraneni_odpadu_v_roce_2010/\\$File/odpady_2010.pdf](http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/produkce_vyuziti_a_odstraneni_odpadu_v_roce_2010/$File/odpady_2010.pdf) [cit 10.8. 2012]

<http://www.epa.gov/air/nitrogenoxides/health.html> [cit. 9. 8. 2012]

Urban Development Series Knowledge Papers: *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*, World Bank (2012), dostupné na:

<http://www.scribd.com/doc/97467178/What-a-Waste-A-Global-Review-of-Solid-Waste-Management> [cit 1. 8. 2012]