Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí

Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí

Studijní obor: Ochrana životního prostředí

Ruslan Kaireshev

Bakalářská práce

Recyklace papíru, plastů a kovů

Recycling of paper, plastics and metals

Školitel: Ing. Libuše Benešová, CSc.

Praha 2013

Děkuji svému školiteli Ing. Libuše Benešová, CSc. za odborné konzultace a pomoc při psaní této bakalářské práci. Zároveň bych chtěl poděkovat svým přatelům za cenné rady.

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma: Recyklace papíru, plastů a kovů jsem vypracoval sam s použitím uvedené literatury a na základě konzultací se svým školitelem.

Praha 2013

Obsah

1 Abstrakt 4
2 Abstract 4
3 Cíle bakalářské práce 5
4 Úvod 5
5 Legislativa 7
5.1 EU a odpadové hospodářství 7
5.2 Zákon o odpadech 8
5.2.1 Plán odpadového hospodářství České Republiky 8
5.3 Zákon o obalech 9
6 Posouzení recyklace- literární rešerše 10
7 Recyklace papíru 11
7.1 Recyklace papíru 12
7.2 Přeměná papírenského kalů na sorbent pro sanaci výlevu oleje 13
8 Recyklace plastů 15
8.1 Priprava plastu k recyklaci 16
8.2 Materiálová recyklace – technologie „bottle to bottle“ 16
8.3 Chemická recyklace 17
8.4 Pyrolýzní recyklace 17
8.5 Energetické využití 17
8.6 Vliv PVC na zpracovatelnost plastového odpadů 19
8.7 Biologický rozložítelné plasty 19
9 Recyklace kovů 20
9.1 Kovový šrot 21
9.2 Nové technologie separace hliniku v ČR 23
10 Energetické využití odpadů 23
11 Alternativní využiti odpadů 24
12 Zhodnoceni recyklace 27
12.1 Realizace pravních předpisů o odpadéch 27
12.2 Papír 27
12.3 Plast a kovy 28
12.4 Odpady z obalů 29
13 Diskuse 32

14 SWOT analýza recyklace 36
15 Závěr..... 37
16 Zdroje..... 39
Seznam obrázků..... 42
Seznam tabulek..... 42

1 Abstrakt

Novější trendy v oboru odpadové hospodářství a recyklace odpadů ukazují na každoroční narůst podílu produkce komunálního odpadů, zejména složky směsný komunální odpad, na celkové produkce odpadů jak v České Republice, tak ve světě. Neustaly tlak stanovený pozdějšími upravení zákonu o odpadech a obalech, nařízení směrnic Evropské Unie o snížení množství odpadů uložených na skládky, tlačí systém odpadového hospodářství na zvýšení míry recyklace odpadů, zejména jednotlivých komodit, jako papír, plast, kovy a nápojové kartony. Recyklace má své výhody a nevýhody, současným úkolem odborné veřejnosti je vyhledání cesty s nakládáním s odpady v budoucnu. V současnosti odborná veřejnost se zajímá nejen řešením problém se samotnou recyklací, ale s možnosti alternativních způsobů využití odpadů. V roce 2010 bylo díky recyklaci papíru, plastů, skla a kovů uspořeno 23,3 mil. MJ energie, která nemusela být vyrobena, což reprezentuje jedno procento celkové spotřeby energetických zdrojů ČR. Díky recyklace se snížila celková emise skleníkových plynu o necelé jedno procento, odpovídající 0,96 mil. tun CO_2 ekvivalentu (EKO-KOM).

Klíčová slova: recyklace, papír, plast, kovy.

2 Abstract

The latest trends in the field of waste management and recycling show an annual increase in the proportion of municipal waste, especially the municipal solid waste folder, in total waste production in the Czech Republic and in the world. The constant pressure specified by latest amends in the waste and packaging legislation, regulation by the European Union directives on reducing the amount of waste deposited in landfills, pushing the waste management system to increase the rate of recycling of waste, especially of individual commodities such as paper, plastic, metal and cartons. Recycling has its advantages and disadvantages, the current challenge for expert public is to find ways of waste management in the future. Currently, expert public is interested not only with solution of recycling problems itself, but with possibilities of alternative forms of waste recovery. In 2010, thanks to the recycling of paper, plastics, glass and metals saved 23.3 million MJ of energy that may not be produced, which represents one percent of the total energy consumption of the Czech Republic. Recycling reduced the overall green gas emissions by less than one percent, corresponding to 0.96 million tonnes of CO2 equivalent (EKO-KOM).

Key words : recycling, paper, plastic, metals

3 Cíle bakalářské práce

a) Posoudit obecně výhody a nevýhody recyklace
b) Zhodnotit metody a technologie recyklace papíru, plastů a kovů.
c) Zhodnotit výhody a nevýhody recyklace u vybraných komodit papíru, plastů, kovů,
d) Provést celkové zhodnocení recyklace metodou SWOT analýzy.

4 Úvod

Lidská společnost se tradičně vyvinula v nesouladu s pravidly a procesy upravujícími stabilitu prostředí, které je nezbytné dodržovat. Konkrétně většina technologických objevů uplatněných člověkem je založena na využití neobnovitelných zdrojů energie a okolního prostředí. Rozvoj vědy a technologie a větší zájem veřejnosti a ochránců přírody o problémy životního prostředí vedly ke vzniku a zpracování koncepce udržitelného rozvoje. Zodpovědné využívání energie a surovin je zásadním předpokladem udržitelného rozvoje.

Současným trendem, s kterým se každý z nás může všude setkat, je produkce materiálů a výrobků, které mají malou životnost. V zájmu zvýšení finančních zisků firmy a podniky produkují výrobky často používané jen jednou. Masivní reklamní kampaně a kvanta různých produktů uvádějí zákazníka v omyl. Významnou částí tohoto spiknutí je proces greenwashingu, kdy jsou výrobky speciálně označeny za ekologicky šetrné.

Zodpovědná část obyvatelstva by měla podporovat recyklační programy a třídit odpad pro následné využití. Komunální odpad tvoří významnou složku zdroje druhotných surovin. Zejména jde o komodity papír, plasty, kovy a sklo. Při splnění veškerých cílů uvedených v POH ČR nebo směrnicích EU zůstane v komunálním odpadu stále velké množství odpadu, který lze využít, například odpad vhodný pro energetické využití. Současná výhřevnost směsného komunálního odpadu kolísá v rozmezí 6,3 až 13,2 MJ/kg, ale díky trendům zvýšení materiálové recyklace a zdokonalení technologií třídění se ve směsném odpadu stále snižuje podíl hořlavých složek (Balner 2011).

Tabulka 1 : Způsoby nakládání s odpady v jednotlivých letech, v tunách (podle ČSÚ)

Jednotlivé roky	Nakládání celkem	Energetické využití	Recyklace, regenerace	Celkem + jíne metody	Skladkovaní	hmotnostni podíl v %
2000	35 562 841	x	x	x	9 791 997	27,5
2001	45 620 132	x	x	x	9 396 916	20,5
2002	29 329 915	x	x	x	5 821 718	19,8
2003	29 198 912	721 958	3 072 624	5 156 886	7 371 839	25,2
2004	30 929 470	787 987	4 243 993	7 441 680	5 730 680	18,5
2005	26 765 727	594 704	3 079 406	4 827 093	4 220 118	15,7
2006	27 434 283	650 144	4 266 919	6 476 486	4 909 423	17,8
2007	28 450 879	648 844	5 478 557	8 020 966	4 834 376	17
2008	28 183 522	555 769	5 246 820	7 915 288	4 789 870	17
2009	27 658 315	578 189	5 265 016	8 344 875	4 271 089	15,4
2010	27 952 975	767 285	4 922 428	9 974 513	4 169 356	14,9
2011	30 506 667	934 558	5 669 237	11 323 423	4 990 482	16,3

(x - data nejsou k dispozici)

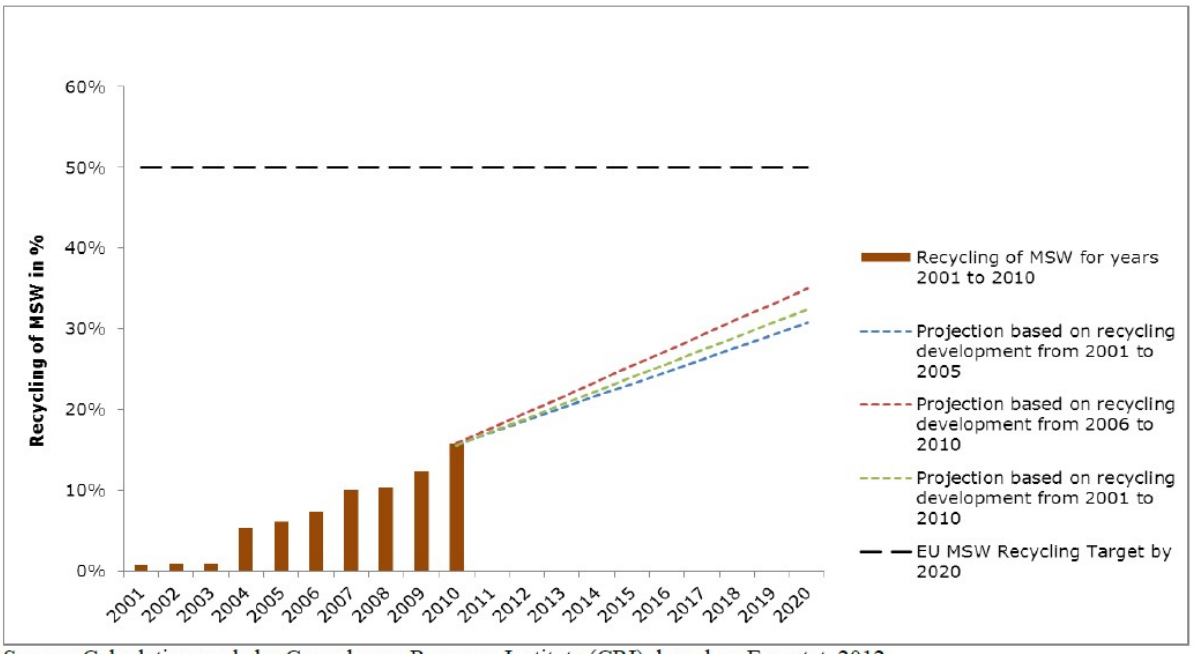
Tabulka č. 1 ukazuje na pozitivní trend nakládání s odpady v ČR, hmotnostní podíl skládkování se v % snížil z 27,5 v roce 2000 na 16,3 v roce 2011, zároveň pozorujeme narůst podílu recyklace a regenerace odpadů z 10,5 % v roce 2003 na 18,5 % v roce 2011.

Obrázek 1: Trendy skládkovaní a recyklace v ČR v jednotlivých letech (podle ČSÚ)

Od roku 2003 v ČR klesla celková produkce odpadu o 15 % a postupně se snižuje množství odpadu uloženého na skládku. Skládkování stále patří k nejběžnějším způsobům odstraňování komunálního odpadu, ale v posledních letech díky přijetí nařízení a směrnic Evropské komise podíl skládkování na trhu výrazně klesá. Je ovšem třeba vždy pamatovat, že radikální zásahy buďto státu nebo EU by mohly narušit konkurenční prostředí. Proto by veškerá opatření měla být aplikována postupně, aby nedocházelo k negativním dopadům na firmy a občany. Český trh s odpady pracuje v konkurenčním prostředí, což zákazníkům umožňuje volit nejlepší variantu nakládání s odpady podle svých požadavků a příležitostí. České odpadové hospodářství je díky tomu považováno za plně srovnatelné s vyspělými státy EU. Větší konkurence mezi zpracovateli vede k poskytování kvalitnějších služeb a zároveň tlačí na cenu (Enviweb).

Obrázek č. 2 ukazuje budoucí trendy nakládání s odpady v ČR do roku 2020. Podle nařízení Evropské komise by členské státy měly recyklovat 50 % směsného komunálního odpadu. Podle zpráv ETC/SCP pro EEA však ČR nemá šanci v souvislosti se současnou politikou odpadového hospodářství docílit těchto požadavků. Optimistické odhady vykazují míru recyklace 35 %, ostatní od 32 % do 30 %. Je třeba mít na paměti, že tyto tři scénáře jsou velmi zjednodušující a neberou v úvahu veškerá plánovaná opatření.

Obrázek 2: Budoucí trendy recyklace směsného komunálního odpadů v ČR



Source: Calculation made by Copenhagen Resource Institute (CRI), based on Eurostat, 2012

(Zdroj: Kalkulace provedené v Kodaňském institutu využívání zdrojů, na základě údaje Eurostatu 2012. Hnědá škála – míra recyklace směsného komunálního odpadu v letech 2001–2010. Modrá čára – projekce na základě vývoje recyklace od roku 2001 do roku 2005. Červená čára – projekce na základě vývoje recyklace v letech 2006–2010. Zelená čára – projekce na základě vývoje recyklace od roku 2001 do roku 2010. Černá čára – požadavek EU k členským státům do roku 2020).

5 Legislativa

5.1 EU a odpadové hospodářství

Principy a strategie EU v oblasti odpadového hospodářství jsou zaváděné především ve formě nařízení, směrnic nebo rozhodnuti Evropské komise. Tyto právní normy jsou pro členské státy EU závazné.

Strategie EU v oblasti nakládání s odpady stanovuje následující hierarchii:

1. Prevence vzniku odpadů
2. Materiálové využití odpadů
3. Energetické využití odpadů
4. Bezpečné zneškodnění odpadů

Důležitým bodem je ale dovětek, že od hierarchie způsobu nakládání s odpady je možno se odchýlit, pokud se na základě posuzování životního cyklu celkového objemu odpadu (vzniku a nakládání s ním) prokáže, že je to vhodné.

V souladu s Tematickou strategií prevence a recyklace odpadů, připravenou Evropskou komisí, by všechna opatření přijímaná ke zvýšení materiálního využití odpadu měla splňovat tyto předpoklady:

a) prokazatelně vysokou úroveň ochrany životního prostředí,
b) výrobky z recyklovaných materiálů budou mít přijatelnou kvalitu a budou mít zajištěny odbyt.

European Union Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste

V rámci této směrnice bude recyklováno minimálně 25 % a maximálně 45 % hmotnosti veškerých obalových materiálů, obsažených v obalovém odpadu, přičemž z každého obalového materiálu bude recyklováno minimálně 15 % hmotnosti.

Council Directive 99/31/EC on the landfill of waste

V rámci této směrnice se stanovuje maximální množství biologicky rozložitelných komunálních odpadů ukládaných na skládky.

5.2 Zákon o odpadech

První zákon o odpadech vznikl v roce 1991. Před rokem 1991 nakládání s odpady v České republice nebylo na legislativní úrovni žádným způsobem kontrolováno, výjimku tvořily druhotné suroviny. V roce 1997 proběhla novelizace a doplnění zákona o odpadech. Platný zákon o odpadech byl přijat v roce 2001, je již třetí novelizací původního zákona.

Právní základ o nakládání s odpady upravuje více zákonů a právních norem. Základní právní úpravou v odpadovém hospodářství je zákon o odpadech, ale některé druhy odpadů, především plynné a těkavé, upravují jiné právní předpisy (zákon o ochraně ovzduší nebo vodní zákon).

Účelem tohoto zákona je ustanovení pravidel pro předcházení vzniku odpadu, nakládání s ním, dodržování pravidel pro ochranu zdraví lidu, životního prostředí a trvale udržitelného rozvoje. Zároveň zákon stanoví práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství.

V části sedmé zákona o odpadech je uveden Plán odpadového hospodářství České republiky. Plán odpadového hospodářství v rozsahu stanoveném tímto zákonem zpracovává MŽP, kraje v samostatné působnosti a původci odpadů. POH ČR je nástrojem pro předcházení vzniku odpadů, jeho programy jsou uvedeny ve formě konkrétních cílů.

5.2.1 Plán odpadového hospodářství České Republiky

POH ČR stanovuje konkrétní cíle a opatření pro nakládání s odpady. Část plánu byla vyhlášena nařízením vlády č. 197/2003 Sb., s platností na deset let (2003–2013).

Strategické cíle:

1. Snižování produkce odpadu nezávisle na úrovní ekonomického růstu
2. Maximální využití odpadů jako náhrady primárních surovin
3. Minimalizace vlivu na zdraví lidí a životní prostředí pří nakládání s odpady

Hlavní cíle plánu jsou :

1. Zvýšení materiálového využití komunálního odpadů na 50% do roku 2010 oproti roku 2000
2. Snížit hmotnostní podíl odpadů ukládaných na skládky o 20% pro roky 2000-2010

V plánu jsou vzneseny námitky k prevenci a minimalizaci vzniku odpadů. Podle nich proces předcházení vzniku odpadů začíná již v období přípravy záměru na zhotovení výrobku, zavedení nové technologie nebo během příprav pro zahájení činnosti nového provozu. Nejdůležitější částí prevence je vytvoření povědomí občanů o možnosti předcházení vzniku odpadů, správném nakládání s odpady a podobně. Součástí prevence je optimalizace infrastruktury odpadového hospodářství.

MŽP připravuje reformu legislativy týkající se odpadového hospodářství, s plánovanou platností od 1. ledna roku 2014. Reforma bude obsahovat novelu zákona o obalech a vypracování nového zákona o odpadech. Příkladem budoucích změn je zvýšení daně pro skládky (v současnosti tvoří 500 Kč na jednu tunu komunálního odpadu), v roce 2016 dojde ke zdvojnásobení a v roce 2020 až ke ztrojnásobení daně (podle zprávy ETC/SPC EEA 2013).

5.3 Zákon o obalech

Jednou z nejdůležitějších právních norem ohledně nakládání a prevence vzniku odpadů je zákon č. 477/2001 Sb., o obalech, který byl také několikrát novelizován pozdějšími předpisy (v roce 2004 a 2006). Tento zákon stanoví pravidla pro uvádění obalu na trh a nakládání s vratnými obaly, ukládá povinnosti pro zpětný odběr obalů.

Zákon stanoví, že osoba, která uvádí obal na trh, povinna zajistit zpracování použitého obalu jedním z těchto postupů:

1. procesem, kterým jsou odpady z obalů nebo jejich zbytky případně spolu s dalšími materiály přeměněny ve výrobek nebo surovinu (recyklace)
2. přímým spalováním za uvolňování energie hořením, a to samostatně, nebo spolu s jiným odpadem a se zužitkováním získaného tepla (energetické využití)
3. aerobním zpracováním nebo anaerobním zpracováním biologicky rozložitelných složek tohoto odpadu za kontrolovaných podmínek a s použitím mikroorganismů za vzniku stabilizovaných organických zbytků nebo metanu (organická recyklace)

Skládkování se za organickou recyklaci nepovažuje.

6 Posouzení recyklace- literární rešerše

Názory odborníků na recyklaci se různí. Základní otázkou dneška je otázka, zda je lépe spalovat nebo recyklovat. Každý občan České republice ročně vyprodukuje zhruba 510 kg komunálních odpadů, což je srovnatelné s ostatními zeměmi EU. MPO počítá s dalším nárůstem v souvislosti s posílením ekonomiky. Faktem ovšem je, že od roku 2002 množství komunálních odpadů v EU již nesouvisí s růstem HDP, nýbrž s tím, jak stát podporuje recyklaci a prevenci vzniku odpadu.

V Česku se recykluje necelá čtvrtina komunálních odpadů, podle schváleného plánu odpadového hospodářství by to ale měla být polovina. Přes 60 % odpadu však stále končí na skládkách a ministerstvo průmyslu a obchodu navrhuje místo skládkování výrazně posílit spalování. To je v rozporu se závaznou hierarchií nakládání s odpady, kdy prioritou by měla být prevence, opakované použití a recyklace. Snižování skládkování by mělo jít ruku v ruce se zvyšováním míry recyklace, v níž máme obrovské rezervy. V případě některých materiálů není možné plnohodnotné využití recyklovaného odpadu (např. papír lze recyklovat omezeně, podobně jako směsné plasty). V takovém případě se užívá termín downcycling. Toto slovo značí, že recyklace materiálů není plnohodnotná a materiál nemá stejnou využitelnost jako u klasické recyklace. Kromě tohoto slova uvádějí (McDonough a Braungart 2013) slova upcycling. V uvedené publikaci uvádějí jako příklad upcyclingu obal od zmrzliny z biodegradovatelného plastu, který se po zahození během několika minut rozloží a do kterého jsou zapuštěna semínka trav nebo jiných rostlin, která následně vyraší. Podle názoru odborníků v odpadovém hospodářství spalovat by se měl jen jinak nezpracovatelný odpad. Zbytek recyklovat nebo jinak využít. Ekonom však namítne, že spalování nepřímo podporuje i výrobu nových věcí z nových materiálů. A to vše podporuje ekonomiku. Ve světě se zrecykluje a zkompostuje zhruba jen čtvrtina z celkového množství vyprodukovaného odpadu.

Tabulka 2: Třídění odpadů v ČR v letech 2005-2012, v tunách za rok (Pražské služby)

	Papír	Plast	Sklo	Nápojové kartony
2005	19 214	7 164	8 831	171
2006	22 244	8 114	9 947	424
2007	23 712	9 643	11 423	541
2008	26 732	10 639	13 334	701
2009	28 128	10 675	13 821	794
2010	26 163	10 956	14 599	835
2011	22 636	11 594	15 190	828
2012	22 630	11 904	15 858	814

Jaké názory jsou na recyklaci a spalování v ČR? Podstatnou úlohu při rozhodování o recyklaci či jinému způsobu odstranění hraje sběr jednotlivých komodit. V ČR je sběr historicky

zaveden jako sběr komoditní, tj. každý materiál se sbírá zvlášť. Odpůrci recyklace tedy počítají náklady na třídění, oddělený svoz s dotřiďování jednotlivých komodit před jejich konečným zpracováním. Podle nich je daleko jednodušší a ekologičtější spalovat veškeré odpady ve spalovnách. Tuto cestu volí i MŽP ČR. Předložená energetická koncepce požaduje výrazně zvýšit spalování komunálních odpadů a finančně podporovat spalovny na úkor dalšího využití odpadu. To je v přímém rozporu se závaznou hierarchií nakládání s odpady i s cíli platného programu odpadového hospodářství (Rada pro OH MŽP 2012).

Zastánci recyklace uvádějí, že spálením se neřeší veškeré problémy s odpadem. Po energetickém využití odpadů zůstává až 30 % zbytků, přičemž část z nich je toxická a míří na skládky nebezpečných odpadů. Další část, která opět může obsahovat nebezpečné látky, se snaží provozovatelé spaloven označovat jako stavební materiál. S použitím zbytků po spalování odpadků se objevily problémy v případě cyklostezky v CHKO Jizerské hory nebo u nedávno zjištěného vypadání tohoto „stavebního materiálu“ do meliorační rýhy u Frýdlantu.

Závěrem lze tedy konstatovat, že spory odborníků o výhodách a nevýhodách recyklce jsou zcela běžné ve všech státech, ale konečné rozhodnutí zda recyklace či spalování není zatím jednoznačně určeno.

Pro vysvětlení často zaměňovaných pojmů uvádím terminologický rozdíl mezi recyklací a znovuvyužitím odpadů.

Recyklace je definována směrnicí EU 98/2008 – jakýkoli způsob využití, jímž je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky, ať pro původní nebo pro jiné účely. Zahrnuje přepracování organických materiálů, ale nezahrnuje energetické využití a přepracování na materiály, které mají být použity jako palivo nebo jako zásypový materiál.

Znovuvyužití – proces předcházení vzniků odpadů. Zákon o odpadech je definuje jako postupy, při kterých jsou výrobky (nebo jejich části) znovuvyužité ke stejnému účelu, ke kterému byly původně určeny, a tím pádem se odpadem nestávají. Odhadovaný potenciál pro opětovné použití se pohybuje mezi 3 až 10 % v rámci zbytkového odpadu (podle projektu CERREC – Centra a sítě pro opravy a opětovné využití, provozovány v EU od roku 2011).

7 Recyklace papíru

Papír se poprvé v historii objevil ve formě papyru v Egyptě 2400 let př. n. l. Již od té doby byl papír využíván pro psaní a malování. V roce 105 n. l. Číňan Tsai Lun vynalezl papír, používanou surovinou byla kůra stromu moruše. Před tím, než došlo k industrializaci a vyrobení tiskařského lisu, se většina papíru vyráběla z recyklovaných textilií, především bavlny a konopí. Použití dřeva jako suroviny pro výrobu papíru bylo vyvoláno nedostatkem surovin v 18. a 19. století, což vedlo k rozvoji technologie pro chemické a mechanické rozvlákňování dřeva do vláken, vhodných pro papírenský průmysl (Scott 2010).

Podle CEPI v Evropě v roce 1991 byla míra recyklace papíru 40,3 %, v roce 2011 dosáhla 70,4 %. Ve Spojených státech byla v roce 2011 dosažena míra 63 % (CEPI 2011).

Papírové odpady jsou nejlépe definovanou skupinou druhotných surovin s jasně vymezenými vlastnostmi. Požadavky pro skupiny sběrného papíru jsou stanoveny v evropské normě EN 643, kterou se stanoví seznam standardních druhů sběrového papíru. Norma specifikuje druhy papíru, uvádí, co mohou a nemohou obsahovat (Černík et al. 2004).

1. Skupina 1 – běžná kvalita
2. Skupina 2 – střední kvalita
3. Skupina 3 – vysoká kvalita
4. Skupina 4 – sulfátové druhy
5. Skupina 5 – speciální druhy

Ve Spojených státech jsou druhy papírového odpadu stanoveny ISRI. Zajímavostí americké normy je rozdělení sběrného papíru na dvě skupiny – zákazníkem použitý a nepoužitý papír, poslední představuje relativně čistou a homogenní surovinu (Scott 2010).

7.1 Recyklace papíru

Recyklaci papíru lze rozdělit na dva typy – paper to paper (papír na výrobu papíru), paper to other products (papír na výrobu dálších produktu). Přeměna sběrového papíru znovu na surovinu vhodnou pro výrobu kvalitních papírových výrobků je komplikovaná a vyžaduje mnohem víc úsilí a práce než výroba například kartonu či lepenky.

1. **Rozvlákňování**. Předem tříděný sběrový papír umístí v rozvlákňovače, kde se následně drtí za vlhká a teploty kolem 40°C. Otáčivý pohyb rotoru vytváří turbulentní proudění, které působí na jednotlivá vlákna. Na teto stadií oddělované hrubé a lehké inkluze.
2. **Čištění nečistot**. Ve druhé fází probíhá čištění těžkých a lehkých částic, těžké částice jako písek, sklo či sponky odstraněny pomocí cyklonu. Cyklon funguje na principu rozdělení částic podlé hmotností, takže těžké částice klesají ke dnu nádrže a lehké částice odváděny pomoci vibrace.
3. **Termomechanické zpracování**. Tento typ zpracování využívá se jen u silně znečištěného papíru, například voskem, parafinem či lepidlem, tyto látky zbytečně zatěžují zařízení. TZ neutralizuje jejích nepříznivé účinky pomoci disperzi do menší velikosti. Rozlišujeme dva druhy TZ: studeny (dispergace se provádí za atmosférického tlaku a teploty 90°C), horký (za zvýšeného talku a teplot kolem 130-150°C).
4. **Odvlákňování**. Vyčištěný papír obsahuje rostlinná vlákna a malé kousky zbytkového papíru, které nutné odstranit. Odvlákňování provádí se pomoci kuželovitých disku na zařízeních jmenovaných entstipper. Stator a rotor jsou vybavený speciálními časti, podobajícími sítě, mezera mezi nimi činí 0,5-2mm.
5. **Třídění.** Třídiče fungují na principu rozdílné velikosti částic, mají sítě s nastavenou velikosti štěrbin. Běžně se používají konické nádobí, kde se vyvolá vír a nečistoty o vyšší hustotě se dostávají ke krájím, částice s nižší hustotou zůstávají ve středu.
6. **Deinking proces**. V reakční nádrže se odstraňují velmi malé nečistoty jako barviva či pigmenty. Rozlišuje se 2 způsoby:

a. Flotace – provádí pomoci chemikálie, která se zachycuje nečistotu a bublinku vzduchu. Přes suspenze prohání vzduch, který vynese tyto sloučeninu na hladinu a tam se v podobě pěny odstraní.
b. Vypíraní suspenze se nejprve zředí pomocí velkého množství vody a pak zahustí na filtrační přepážce, vznikly kal je velice zředěny a těžce se vyčistí.

Problémy pří odstranění barev představují druhy barev, které jsou využité pří tisku. Mastné barvy nepůsobí větší potíže, protože na principu odpudivosti mastnoty a vody snadné dostanou do pěny pří flotaci nebo přání. Vodou ředitelné barvy představují velké potíže pří recyklace, protože odstranění probíhá ve vodném roztoku, tím pádem ze suspenze se vodou rozpustná barva odstranit nedá. Z takového materiálu lze vyrobit jen karton a lepenku (Barták).

7. **Bělení papíru**. Cílem bělících úprav je zesvětlení vláken, pocházejících z deinking procesu. Barvu papíru především ovlivňuje obsah ligninu (přirozeného lepidla mezibuněčných vláken), který způsobuje zežloutnutí staršího papíru. Obvykle pro tyto účely používá thiosíran sodný, peroxid vodíku, kyslík či oxid chloričitý, dříve se používal chlornan sodný. Využití látek obsahujících chlor produkuje velké množství jeho derivátu jako dioxiny, polychlorované bifenyly (PCB) či pesticidy. Obavy uvolňovaných chlorovaných sloučenin podnítila rozvoj procesu bělení bez využití chloru ECF – bez elementárního chloru a TCF – zcela bez chloru (Treecycle).

7.2 Přeměná papírenského kalů na sorbent pro sanaci výlevu oleje

Obvykle sorpční materiály pro likvidaci kapalných uhlovodíků slouží jako prostředky pro sanaci negativních dopadů na životní prostředí. V průmyslovém měřítku běžné dostupné sorbenty biologické nerozložitelné syntetické organické produkty jako polypropylen a polyuretan, způsobující velké škody na nakládání s nimi, po jejich využití. Výhodou využití těchto druhu sorbentu je jejich chemická a fyzikální stabilita. Chceme-li použit sorbent, měly by být k dispozici veškeré informace o jejich původu, pravidel používaní a recyklace. Metody LCA jsou dobrým nástrojem pro porovnání jednotlivých sorbentů.

Papírenský průmysl je v mnoha zemích strategickou částí hospodářství. Současná výroba papíru spotřebuje vysoké množství chemikálií, energie a buničiny, přičemž výsledkem je produkce velkého objemu emisí ve formě CO_2 a papírenských kalů (PMS) v důsledku čištění odpadních vod. Předpokládaný růst celosvětové produkce papírenského kalů příští 50 let pochybuje v rozmezí 48% – 86% (Mabee and Roy, 2003). Státy, které jsou členy organizace CEPI samy produkují 4,7 mil. tun papírenských kalů každý rok, což představuje obrovskou zátěž pro životní prostředí, protože víc než 70 % kalů je uloženo na skládky.

PMS – je směs krátkých celulózových vláken a anorganických plniv ve formě uhličitanu vápenatého a kaolinu a zbytkových chemikálií rozpuštěných ve vodě. Složení PMS závisí na buničině a procesu produkce papíru. Produkovaný PMS může být typu:

1. s vysokým obsahem sušiny > 30 % hm.

2. s nízkým obsahem sušiny < 30 % hm.

V praxi je 20 % PMS spalováno na místě pro produkci energie. Problémem při tomto způsobu nakládání s PMS je vysoký obsah vody v kalech (někde až 50 % hm.). Jiným způsobem je využití kalů pro pokrytí pozemků a náhradu geokompositů a jílu díky jejich dobrým chemickým a hydrodynamickým vlastnostem (Zule et al., 2007).

Pokud moderní průmysl doprovází časté a vážné úniky ropy a jejich následné odstraňování vyžaduje vysoké náklady na sorbující materiály, nabídka levných a účinných materiálů jako papírenský kal může být tím nejlepším řešením. Projekt CAPS používá přebytky energie, které papírny obvykle odvádějí do okolí, a papírenský kal jako druhotnou surovinu, převádí jej do formy sorbentu, komerční název sorbentu je HAWSC – high efficiency absorbent for water surface cleaning (HAWSC – vysoce účinný absorbent pro čištění vodní hladiny).

Technologie CAPS je relativně levná, jednoduchá a snadno použitelná, zejména v zemích s rozvinutým papírenským průmyslem.

Příprava sorbentu probíhá v několika krocích:

1. sušení kalů až do stavu, kdy se obsah sušiny bude pohybovat mezi 70–80 % hm. a kdy lze mechanickými a chemickými úpravami uvolňovat celulózová vlákna;
2. samotný proces rozpletení vláken; tento proces je rozhodující, protože po něm se sorbent může vznášet na vodní hladině.

Obrázek 3: Jednotlivá stadia úpravy PMS (intechopen.com)

Charakteristiky sorbentů :

1. absorpce – 8 g oleje / 1 g sorbentu
2. výhřevnost sorbentů – 3,8 MJ/kg
3. výhřevnost sorbentů po použití – 33,5 MJ/kg.

Výhodou používání tohoto typu sorbentů je, že po spalování za řízených podmínek se kaolinová část sorbentu přemění na meta-kaolinovou látku ve formě glazované granule. Tyto granule lze pak využít jako inertní hydrofilní sorbent.

Tabulka 3 : Porovnání charakteristik jednotlivých sorbentu předložené na trhu

Absorbent	Schopnost čistít vodní povrch	Nasákavost (g/g)		Tržní cena (€/kg)
		nafta	motorový olej	
Celulózový	ano	1,66	1,44	2
Rašelinový	ano	6,99	7,59	0,8
Polypropylenový	ano	4,65	2,65	215,8
Jílový	ne	1,98	1,28	0,45
Plastický	ne	0,63	0,43	17,11
Křemelinový	ne	1,98	1,28	0,3
HAWSC	ano	4,63	7,36	0,62

(HAWSC – vysoce účinný absorbent pro čištění vodní hladiny)

Ekologická zátěž jednotlivých sorbentů je diskutabilní, protože odbornicí porovnají jen jejich cenu a účinnost, ale nejsou porovnání jejich dopady na životní prostředí. Jak je patrno z obrázku nejvíce sorbentu z papírenského kalů podobá sorbent vyrobeny ze rašeliníku, ale je otázkou jaký dopady bude nést životní prostředí na produkce dostatečného množství tohoto sorbentu.

8 Recyklace plastů

Plast je relativně nový materiál, který byl zaveden do průmyslové výroby v roce 1907 (Green paper 2013, podle Pretting and Boote 2010). V minulém století došlo k exponenciálnímu růstu využití plastů, především díky jeho poměrně nízké ceně a možnostem různých aplikací, zejména v průmyslových odvětvích. Je to trend, který bude pokračovat i v budoucnu. Skutečný rozvoj plastických hmot začal až po druhé světové válce. Moderní plastické hmoty prokazují vlastnosti, jako jsou nízká hmotnost, vysoká pevnost, houževnatost, snadná tvarovatelnost a relativně nízká cena, které by všechny zároveň nemohly být klasickými materiály dosaženy (Tochaček 2007). Plast je velmi odolný materiál a výrobky z něj mají dlouhou životnost, v důsledku čehož roste produkce plastů po celém světě. Nevýhodou životnosti plastu je jeho náročná likvidace, protože za normálních podmínek může přetrvávat v životním prostředí po velmi dlouhou dobu (s výjimkou biologicky rozložitelných plastů).

Globální produkce plastových hmot vzrostla ze 1,5 mil. tun v roce 1950 až na 245 mil. tun v roce 2008. V EU 27 bylo v roce 2008 vyprodukováno zhruba 25 mil. tun plastového odpadu, z nich 12,1 mil. tun skládkovaného a jen 5,3 mil. tun bylo recyklováno. Do roku 2015 se předpokládá zvýšení míry mechanické recyklace na 30 % hmotnosti – 6,9 mil. tun, ale očekává se, že skládkování a spalování zůstanou převládajícími způsoby nakládání s plastovými odpady (Green Paper 2013).

Plasty se vyrábějí výlučně z ropy a současná výroba plastů spotřebuje přibližně 8 % světové produkce ropy, z toho 4 % jako surovinu a zbytek jako energie pro výrobní postupy (Hopewell et al. 2009).

V současnosti na trhu najdeme mnoho druhů plastu, každý z nich má své specifické vlastnosti, proto plasty můžeme rozdělit do tří základních skupin: termoplasty, duroplasty a elastomery. Recyklovatelné jsou především termoplasty, dvě ostatní skupiny lze recyklovat chemickou cestou nebo jen spalovat (Janoško 2011).

Termoplasty – především polyetylen (PE), polypropylen (PP), polyvinylchlorid (PVC), polystyren (PS) a polyamid (PA).

Duroplasty – polyester (UP), epoxidové pryskyřice (EP), fenolové pryskyřice (PF) a polyuretan (PUR).

Elastomery – přírodní kaučuk (NR), polybutadien (BR), polychloropren (CR)

8.1 Priprava plastu k recyklaci

1. **Třídění**. Tříděný plast se dováží na třídicí linku, kde se plastové výrobky třídí na jednotlivé komodity, zvlášť se mohou třídit barevné a bezbarvé PET lahve. Tříděné lahve postupují do lisu a zde jsou přepracovány do formy balíku pro snazší transport
2. **Zpracování na vločky (PET-flakes)**. Balíky postupují do drtiče, kde jsou rozvolněny, dále postupují do separátorů kovů, zde se oddělují především částice železa a hliníku, po něm následuje další separátor, pracující na principu rozdílného lomu světla. Tady se oddělují částice PET a PVC. Oddělené PET částice putují do mlýna, kde jsou rozdrceny na velikost jednoho centimetru. Drť se dále noří do vody a probíhá proces flotace, díky rozdílné hmotnosti se částice víčka (vyrobené z polypropylenu) vznášejí na povrchu a částice PET klesají ke dnu. Dalším krokem je čištění částic PET pomoci praní v roztoku hydroxidu sodného a saponátu. Na konci procesu jsou PET vločky tříděny podle barev pomocí světelného separátoru (podle postupu úpravy PET materiálu společností Plastic technologies and products). Vločky se dále zpracovávají do formy granulí, přičemž granule již nejsou odpad, ale druhotná surovina.

8.2 Materiálová recyklace – technologie „bottle to bottle“

PET materiál se nedá využívat do nekonečna, působením tepla PET materiál degraduje a ztrácí své elastické schopnosti a již z něj nelze vyfouknout láhev. Technologie PET-M umožňuje navrátit PET materiálu původní vlastnosti pro následující využití.

Technologie se vlastně zakládá na využití modifikátorů, jimiž jsou symetrické silikony. Modifikátor reaguje s částmi polymerového řetězce a vytváří nové vazby a propojení. Výsledkem je delší a rozvětvený molekulární řetězec. Nově vzniklý produkt se označuje PET-M (modifikovaný produkt).

Proces výroby PET-M – vyčištěné PET vločky se mechanicky smísí s modifikátorem za teploty 150 ^{o}C. Vlivem teploty proběhne reakce mezi šupinami PET vloček a modifikátorem. Vyrobený PET-M je přepracován do formy granulí a může být znovu využíván pro výrobu PET lahví (Sohar 2006).

Výhody technologie „bottle to bottle“

1. Výstupem je PET materiál s totožnými vlastnostmi jako původní PET
2. Náklady na výrobu PET-M jsou nižší než na výrobu původního PET

V ČR tuto technologií provozuje společnost Plastic technologies and products

8.3 Chemická recyklace

Založena je na chemickém rozkladu polymeru na produkty s nižší molární hmotností – oligomery a monomery. Příkladem této recyklace je tepelná depolymerace, kdy se štěpí polymerní řetězce – tímto způsobem depolymerizuje polystyren. Získané monomery je možno znovu polymerizovat na původní kvalitu. Druhá možnost je tak zvaná solvolýza – rozklad polymeru za pomoci rozpouštědla, především vody:

1. Hydrolýza za superkritických podmínek
2. Hydrolýza pomocí kyselého nebo alkalického katalyzátoru

Výstupem je monomer kyseliny tereftalové a etylenglykolu (Veselý et al. 2009).

Hlavní nevýhodou tohoto typu recyklace vůči ostatním je, že provoz je možný jen v areálu již existujícího chemického průmyslu a instalace vyžadují velké finanční investice.

Výrobu PET lahví za pomoci chemické recyklace využívá japonská společnost AGF.

8.4 Pyrolýzní recyklace

Princip tohoto typu recyklace je založen na dvou termických procesech – hydrogenaci a pyrolýze. Vstupující polymery jsou rozkládány za vysokých teplot na směs plynných a kapalných uhlovodíků. Výstupními produkty jsou energeticky využitelný plyn a topné oleje.

Výhody systému:

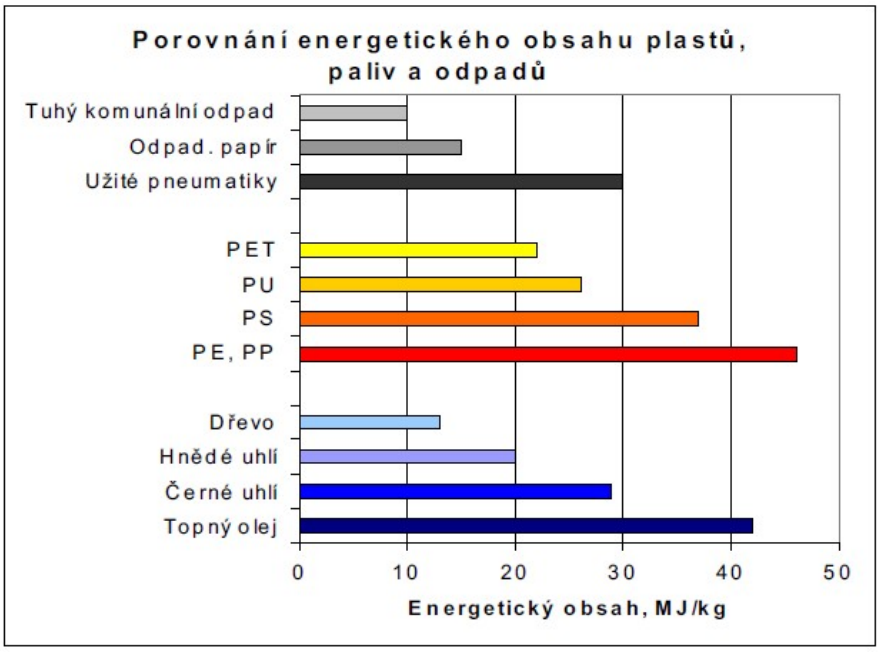
1. Nízké nároky na kvalitu vstupní suroviny
2. Vysoká konverze na produkty, skoro 90 %

Pyrolýzní recyklací se zabývá společnost Fkomplex (Rusko), zařízení se jmenuje Pirotex. Podle specifikace může zařízení (5 tunová kapacita) produkovat až 1,75 tun oleje, 2,25 tun technického uhlíku, půl tuny plynu a ocelového kordu.

8.5 Energetické využití

Získání energie pomocí spalování plastového odpadu je nejjednodušší způsob nakládání s plastovým odpadem. Spalování by mělo být využíváno v případě, kdy se odpadní plasty nedají recyklovat běžnými metodami, a byla by splněna podmínka odchylky od hierarchie běžného nakládání s odpady.

Obrázek 4: Výhřevnost jednotlivých druhu plastů (Kruliš 2004)



Jak lze vidět z obrázků plasty mají vysokou výhřevnost, která je sice stejná jako u kvalitního černého uhlí (25-30 MK/kg). A PE a PP mají výhřevnost dokonce vyšší než 40 MJ/kg, ale to platí jen pro homogenní směsi plastů.

Tabulka 4 : Potřebné množství suroviny a energie na výrobu polymerů (Kříž 2005)

Tabulka ukazuje, že skládkovaní jedné tuny některých komodit polymerů představuje ztrátu od 2 do 3,6 tun ropy. Poznámka – t. t znamená, tone of the oil equivalent = 42GJ.

Polymer	Ropa jako surovina	Ropa jako energie	Celkem
	(t.t-1)		
Polyetylen	1,12	1,16	2,28
Polypropylen	1,17	1,38	2,55
Polyvinylchlorid	0,55	1,40	1,95
Polystyren	1,30	1,88	3,18
Kaučuková směs	1,20	2,40	3,60

Výhody energetického využití odpadů z plastů:

1. Nízké nároky na kvalitu vstupní suroviny (nevadí ani hliníkové folie)
2. Termické čištění potenciálně nebezpečných složek odpadů

Nevýhody:

1. Nízká účinnost spalování
2. Vznik nebezpečných produktu (fenoly a dioxiny)

8.6 Vliv PVC na zpracovatelnost plastového odpadů

Mezi nečistoty, které ovlivňují kvalitu vstupního materiálu, patří především polyvinylchlorid, částice kovů, gumy a zbytky lepidel. Celková suma nečistot u kvalitních materiálů by neměla přesahovat 200 ppm. Částice PVC na třídicí lince nelze jednoduše technologií flotace oddělit od PET. Dostane-li se PVC do extruderu ve formě suroviny, nejprve se rozloží, a tím pádem vzroste četnost zvlákňovacích defektů. Druhý problém se týká uvolňování agresivních chlorovodíků během pyrolýzy. Doporučený obsah PVC v konečných produktech je stanoven na 10–30 ppm (Kvíz 2007).

8.7 Biologický rozložítelné plasty – jako možnost řešení problematiky plastového odpadů.

Biologické rozložitelným plastům veřejnost věnuje stálé vetší pozornost, přestože jejich výroba tvoří jen nepatrnou část trhu, v roce 2011 podle odhadu jejich produkce by měla dosáhnout zhruba jeden mil. tun (BIOIS 2012).

Biologický rozklad je chemická degradace materiálů, vyvolaná působením mikroorganismů, jako bakterie, houby a řasy. Tento proces se vztahuje na degradaci a stimulaci polymerů živými organismy pro výrobu produktů rozkladu. Přírodní polymery, například proteiny, polysacharidy, nukleové kyseliny, jsou degradovány pomocí oxidačních pochodů a hydrolýzy. Biologicky rozložitelné materiály degradují do biomasy, oxidu uhličitého, metanu a zbytků. Významnými druhy bakterií, které se podílejí na bio rozkladu, jsou: *Pseudomonas, Actinomycetes, Streptomyces, Thermoactinomycetes, Mycobacterium, Flavobacterium, Escherichia, Azotobacter.* Významné druhy hub zahrnují: *Sporotrichum, Ganoderma, Thermoascus, Thermomyces, Cladosporium, Aerobasidium* (Lewandowicz et al. 2010, podle Gautam et al. 2007 a Tuomela et al. 2000).

Aerobní biodegradace:

Polymer + O_2 > CO_2 + H_2O + biomasa + zbytky

Anaerobní biodegradace

Polymer > CO_2 +CH_4+ H_2O + biomasa + zbytky

Popis procesu biodegradace (www.pjoes.com)

Zásadním problémem, který se týká využití biologicky rozložitelných plastů, je jejich definice, protože většinou zákazníků je špatně chápána. Zákazníci se domnívají, že tento materiál je vhodný pro domácí kompostování – je to pravda, ale s výjimkami. Ve skutečnosti platí, že většina těchto plastů se může rozložit jen za určitých podmínek, jako vysoká teplota, vlhkost, množství mikroorganismů a pH (Green paper EC 2013).

Rychlému nástupu využití biologické rozložitelných plastů braní:

1. nevhodnost pro využití jako obalového prostředků, zejména u čerstvých potravin
2. potřeba přestavby stávajících zařízení pro produkci bio plastů
3. není dokonce znám jejich dopad na toxicitu kompostu a vodní prostředí
4. současné systémy nakládání s odpady nedokážou učiněné oddělit bio plasty od ostatních
5. vyšší cena než na běžné plasty

Za výhody využití biologický rozložitelných plastů povazují :

1. možnost jejich kompostování s organickými odpady
2. snížení množství skládkováných plastů a zvýšení životností skládek

Biologické rozložitelné plasty můžeme rozdělit do dvou velkých skupin (Stloukal 2013).

První představuje plasty vyráběné z obnovitelných zdrojů.

Produkt	Proces úpravy
kyselina polymlečná (PLA)	Připravá bio-monomeru a polymerizace
polyhydroxybutyrat (PHB)	Produkce pomoci mikroorganismů
termoplastický škrob	Modifikace přirodních materialů

Druhá představuje plasty vyráběné zejména z ropy.

Produkt	Proces úpravy
polykaprolakton (PCL)	Konvenční syntéza
poly(vinylalkohol) (PVA)	Fermentace a extrakce
poly(esteramidy)	Směšování různých materiálů (škrobu a PCL)

Výužití biodegradabilních plastů:

1. kompostovácí tašky, balící folie (Ecoflex)
2. jednorazové nadobí, obalové materiály (Ingeo)
3. využití v lekařství – tkaňové inženiřství a kontrolováné uvolňování lečiv

9 Recyklace kovů

Znovuvyužití kovů ve výrobním cyklu pravděpodobně představuje nejstarší a nejdůležitější část recyklační činnosti v dějinách lidstva; první důkazy využití kovu člověkem jsou datovány tisíce let před naším letopočtem. Hlavním důvodem recyklace je šetření obrovského množství energie, která by měla být vynaložena na extrahovaní kovů z rudy, například recyklace oceli šetří až 75 % energie, snižuje o 58 % emise CO_2 a o 97 % snižuje produkci odpadů z těžby nerostu.

Kovy běžné využívané v recyklace především zahrnují kovy, které se dřívé byly součástí velko-objemových zařízení, a skládají se z železné a neželezné složky. Běžnými kovy jsou železo, ocel, nerezová ocel a několik neželezných kovu.

1. Železné kovy – železo, kobalt a nikl. V roce 2008 celosvětová produkce činila 1,3 mld. tun, 500 mln. tun z toho bylo výroben z kovového odpadu. Nerezová ocel skládá se ze železa, niklu, chromu a příměsí dalších prvku, které se braní korozí kovu a ostatním nežádoucím chemickým reakcím. Za poslední desetiletí poptávka na trhu na tuto ocel zvýšila dvakrát, roční produkce činí 25 mln. tun, 60% nových výrobku z nerezové oceli bere svůj původ z recyklovaného materiálu.
2. Neželezné kovy – hliník, měď, mosaz, zinek a olovo. Vzhledem k jejím vysoké ceně, omezené dostupností a značným úsporám energie pří recyklace, státy všude ve světě začali recyklovat tito kovy. Současny podíl recyklovaných časti v nových produktech činí – hliník 33%, měď 32%, zinek 30%, olovo 35%.

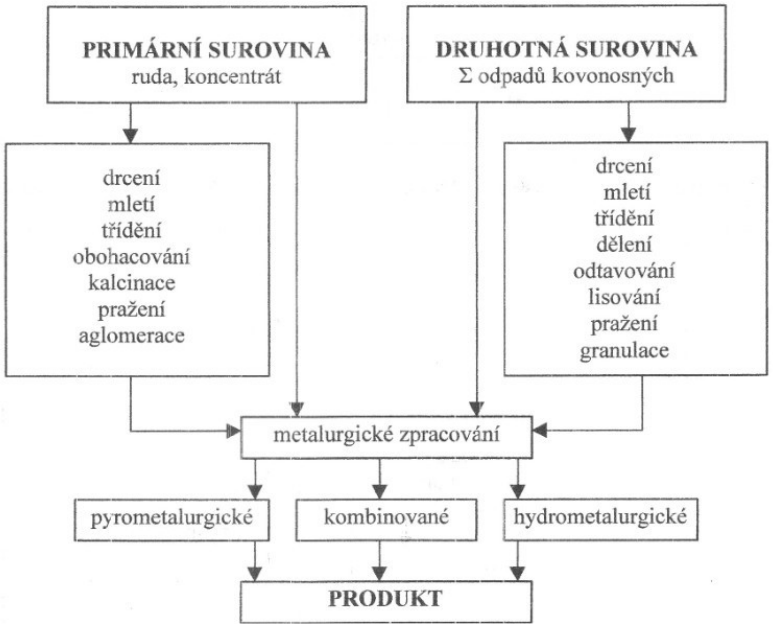
Šrot a odpad obsahující zbytky kovu, například autovraky, jsou významnými složkami pro výrobu kovu, zejména pro státy, které mají jen chudé zásoby kovových rud. Kovový šrot se skládá z různých druhu kovů, pocházejících z průmyslu, obce či domácností. Průmyslový šrot zpravidla neobsahuje příměsí a nepotřebuje třídění, a muže být ihned použit. Domovní odpad potřebuje mechanické zpracovaní v závislosti na složení, aby splnil požadavky na kvalitu stanovenou zákazníkem (Pretz et al. 2011). Úpravy lze rozdělit na:

1. Modifikace fyzikálních vlastnosti – hustota a velikost
2. Modifikace chemických vlastnosti – obsah vyžadovaného kovů
3. Modifikace bezpečnostních vlastnosti – odstraňovaní dutých těles
4. Oddělení nežádoucích příměsí

9.1 Kovový šrot

Recyklace začíná na skládce šrotu. Zde probíhá kontrola šrotu na obsah nežádoucích částí, například těžké oceli, která může poškozovat stroje. Po kontrole kovový odpad postupuje do drtiče, zde se šrotuje recyklovatelný materiál na velikost 10–15 cm. Ze šrotu jsou pomocí vakua zachytávány částice gumy a skla. Šrot postupuje do magnetu, který zachytává částice kovu a oceli, nekovové zbytky padají na pás pod magnetem. Částice kovu nachytané magnetem ještě procházejí ručním tříděním, kde se oddělí nežádoucí části přichycené ke kovům. Sešrotovaná směs putuje do ocelárny a zde je – upravený pomocí dalšího magnetického separátoru, který funguje na principu vytváření magnetického pole uvnitř rotujícího bubnu – veškerý neželezný materiál oddělen od železného. Z neželezné časti šrotu se ještě zvláště oddělí barevné kovy. Nekovový zbytek se skládkuje nebo využívá jako palivo (AISI).

Obrázek 5: Schéma porovnaní produkce kovu z primární a druhotné suroviny. (http://hgf10.vsb.cz/546/Chemproc/)



Současné trendy nakládání s odpady vyžadují snížení produkce odpadů a recyklaci co nejvíce možných odpadů. Někdy ale tyto požadavky nejsou splnitelné, protože sběrový materiál často obsahuje nečistoty, které snižují jeho kvalitu, zároveň recyklaci těchto materiálů nelze opakovat do nekonečna. Když ale mluvíme o kovech, situace je přesně opačná, kovy lze recyklovat do nekonečna a úpravou téměř nemění fyzikální a chemické vlastnosti. Druhou výhodou kovů oproti ostatním materiálům je vysoká poptávka na trhu, o kovy je zájem vždy, a to ve všech částech světa.

Tabulka 5 : Světový export jednotlivých materiálu a jejich tržní hodnota (www.isri.org)

Comodita	Množství (mt)	Tržní cena ($)
Hliník (šrot)	7,5 mil.	13,2 mld.
Měd (šrot)	5,6 mil.	25,5 mld.
Železo (šrot)	106,7 mil.	53,9 mld.
Olovo (šrot)	272 tis.	417 mil.
Nikl (šrot)	131 tis.	751 mil.
Zinek (šrot)	373 tis.	644 mil.
Sklo	3,2 mil.	386 mil.
Plasty (recyklované)	15 mil.	6,9 mld.
Papír (recyklovaný)	59 mil.	12,1 mld.

Recyklace je nejen způsob nakládání s odpadem, ale i dobrý zdroj zisku. Z obrázků lze vidět, že největší podíl na trhu zaujímají kovy, především železný šrot, papír a plasty, jejich celková hodnota se blíží 73 mld. amerických dolarů.

9.2 Nové technologie separace hliniku v ČR

Od září 2010 v statutárním městě Brno byl zahájen separovaný sběr nápojových kartonů a hliníkových plechovek společně s PET lahvemi. SAKO Brno a.s. vybudovala novou linku fungující na principu vířivých proudů, která je schopna na základě rozdílné objemové hmotnosti mechanicky oddělit hliníkové slitky z vytavených plechovek od škváry. Materiál získaný tímto způsobem je čistý hliník, bez příměsí barev a nečistot. Za období zkušebního provozu (7 měsíců) bylo vytříděno 120 tun hliníku.

Výhody této technologie: 1) je lepším řešením v oblastech, kde převládá energetické využití komunálního odpadu, to znamená jen ve třech oblastech, kde jsou ZEVO a 2) účinnost výtěžností tohoto systému je až o dva řády vyšší než u klasického třídícího systému (Vaněček 2011).

10 Energetické využití odpadů

Využitelnost odpadů jako zdroje energie je závislá na technických a ekonomických faktorech, z nichž k nejdůležitějším patří obsah spalitelného podílu, obsahu vody a výhřevnost daného odpadu (Kuraš 1994).

Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb. stanoví:

1. Za energetické využití odpadů se spalování odpadů považuje pouze tehdy, jestliže
   a. Použitý odpad nepotřebuje po vlastním zapálení ke spalování podpůrné palivo a vznikající teplo se použije pro potřebu vlastní nebo dalších osob, nebo
   b. Odpad se použije jako palivo nebo jako přídavné palivo v zařízeních na výrobu energie nebo materiálů za podmínek stanovených právními předpisy o ochraně ovzduší
2. Spalovny odpadů, u nichž nejsou splněny podmínky spalování uvedené v odstavci 1, jsou zařízeními k odstraňování odpadů.

Přírodními podmínkami ČR je dáno, že hlavními zdroji energie pro ekonomiku mohou být v budoucnu hlavně tepelná energie uvolněná spalováním a jaderná energie. V této situaci je důvodná obava z nebezpečí energetické krize. Řešením této situace se může stát využití odpadů jako zdrojů tepelné energie pro technologické procesy. Výhřevné odpady, zejména průmyslové, se v ČR začaly využívat nejprve v průmyslu. Zpočátku se jednalo o použité pneumatiky, které v cementárnách nahrazovaly až 30 % spotřeby paliva (Schneiderová 2009).

V roce 2010 v ČR nebude podle Směrnice (Council Directive 99/31/EC on the landfill of waste) možno uložit na skládky 900 tis. tun odpadů. Současné kapacity spaloven na energetické využití (646 tis. tun odpadu) jsou nedostatečné, tvoří zhruba 10–12 % pro komunální odpad (Vyštejnová 2009).

Současné problémy s energetickým využitím odpadů sice byly zmíněny již v POH ČR platném pro léta 2003–2013 - nepodporovat výstavbu nových spaloven komunálního odpadu ze státních prostředků. V roce 2009 proběhla novelizace POH. V rámci Operačního programu

Životní prostředí (Zkvalitnění nakládání s odpady) byly v roce 2010 podány dvě žádosti o podporu výstavby nových zařízení pro energetické využívání komunálních odpadů. Jedná se o EVO Komořany (u Mostu, kapacita 150 tis.t/rok), ZEVO Chotíkov (u Plzně, kapacita 95 tis. t/rok) (MŽP 2013).

Spalování odpadů nejen slouží k bezpečné likvidaci odpadů, ale k tomu ještě produkuje značné množství energie ve formě elektřiny a tepla. V roce 2005/2006 poskytovalo německé zařízení na energetické využití odpadů necelých 6 TWh elektřiny a 17 TWh tepla, což odpovídá spotřebě města jako Berlín. Tato energie může nahradit velké množství fosilních paliv a zabránit emisi skleníkových plynů ve výši zhruba 9,75 mil. tun CO_2 ekv. ročně (UBA 2009).

V Evropě v roce 2010 bylo 452 zařízení na energetické využití odpadů, jejich celkový výkon se přiblížil 74 mil. tun. Úspory 7–38 mil. tun fosilních paliv (CEWEP 2010).

Produkce odpadů je nevyhnutelná část spotřebitelsky orientované společnosti, pokud se tato situace v budoucnu nezmění, bude nezbytně nutné efektivně tepelně zpracovávat ty odpady, u nichž nejsou jiné možnosti recyklace.

Obrázek 6: Skládkování, spalování, recyklace a kompostování komunálního odpadu v EU-27 (Eurostat)

	1995	2009	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Change 1995-2009
								million tonnes								
Landfill	141	138	140	137	138	139	135	131	124	117	109	108	106	100	96	-32 %
Incineration	31	32	33	34	36	38	39	41	41	43	47	49	50	50	51	63 %
Recycling	22	23	28	30	37	38	40	46	47	49	51	54	57	59	59	172 %
Composting	13	15	16	18	21	27	28	32	34	36	38	40	42	44	45	239 %
								kg per capita								
Landfill	296	290	293	285	287	288	278	269	254	239	221	219	213	201	191	-35 %
Incineration	65	66	70	71	76	79	81	85	84	89	95	99	100	99	101	56 %
Recycling	46	48	58	62	77	78	83	95	97	100	105	109	116	118	118	159 %
Composting	28	31	33	37	44	55	58	65	69	74	78	82	85	88	89	224 %

(Skládkování, spalování, recyklace a kompostování v milionech tun a kg/na osobu)

Jak lze vidět z obrázku č. 6, největšího rozvoje v období 1995–2009 dosáhlo kompostování a recyklace odpadů. Celkové množství odpadu nakládaného pomocí skládkování se snížilo o 1/3, ale podíl skládkování je stále na vysoké hodnotě a přesahuje součet podílů kompostování a energetického využití odpadů. Vysoká míra růstu podílu kompostování se vysvětluje tím, že kompostování se z hlediska legislativy považuje za předcházení vzniku odpadů a má přednost před ostatními způsoby nakládání s odpady.

11 Alternativní využiti odpadů

Zvyšující se narůst spotřeby energie a skutečnost, že základní zdroje fosilních paliv se blíží svému vyčerpání, jsou podnětem k hledání alternativních zdrojů pro výrobu energie.

Jednou z možností je využití odpadů pro výrobu paliva. Hnací silou je také každoročně se zvyšující množství odpadu, který je nutno odstranit mimo skládky.

Je skutečností, že komunální odpad i některé druhy průmyslových odpadů obsahují významný podíl organické hořlavé frakce. Vytříděním odpadů lze získat palivo s výhřevností kolem 20–22 MJ/kg, pro porovnání hnědé uhlí má 15 MJ/kg (POH ČR).

Teprve v 90. letech se začaly provádět provozní zkoušky se spalováním tekutých a pevných alternativních paliv, vyrobených na bázi odpadů. Tato paliva jsou označena jako alternativní paliva, jsou kapalného nebo tuhého původu. Připravují se chemickou nebo tepelnou úpravou a spotřebovávají v zařízeních s vysokou spotřebou tepelné energie. Pro výrobu alternativních paliv se používají výhřevné odpady, které není možno využít materiálovým způsobem, nebo jejich energetické nároky na materiálovou recyklaci jsou větší než na energetické využití (Schneiderová 2009).

Druhy alternativního paliva:

1. TAP – tuhé alternativní palivo
2. TTS – tuhá topná směs
3. THO – tekuté hořlavé odpady

Cementárny v současné době využívají celou škálu druhotných paliv při výrobě cementu. V důsledku zvýšení cenové hladiny základních paliv se na trhu objevilo nové tuhé palivo na bázi vytříděných a upravených odpadů, s definovanou směsí jednotlivých složek a určenou granulometrickou strukturou. TAP je drcená směs látek obsahující spalitelný průmyslový a tříděný komunální odpad na plasto-papírové bázi (Gemrich 2004).

Složení TAP:
1. směsné plasty – 70 %
2. papír a kartony – 20 %
3. pryž a pneumatiky
4. textil
5. dřevo a dřevotříska

TAP je certifikovaný výrobek s vlastním normovým předpisem, dokladem o primárním původu paliva a ekologickým atestem.

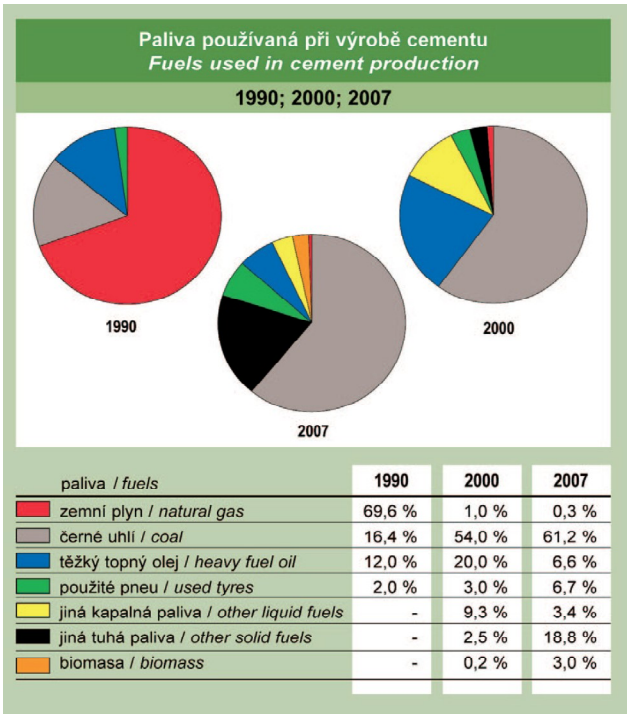
Současné environmentální předpisy neomezují využívání tohoto paliva v cementárnách. V ČR se používají nejen tuhá alternativní paliva, ale i tekutá (THO). Strategie EU v rámci nakládání s odpadními oleji stanoví Council Directive 75/439/EEC on the disposal of waste oils.

Nakládání s odpadními oleji probíhá ve dvou formách:
1. Regenerace – přeměna na topné oleje. Výhodou této formy je nízký obsah síry.
2. Spalování – z hlediska energetického využití jsou nejlepším řešením pro cementárenské pece.

Podle koncepce odpadového hospodářství pro rok 2001, do roku 2010 musí vzrůst návratnost odpadních olejů na úroveň 50 %, v důsledku zákazu spalování v zařízeních pod 3MW. Podíl regerovaných odpadních olejů musí dosáhnout 90 % do roku 2010.

Spalování alternativního paliva podléhá dvojí certifikaci a je výlučně dovoleno v zařízeních středního, velkého a zvláště velkého zdroje znečišťování, podle REZZO (1,2), na kterém byla provedena spalovací zkouška. První certifikace spočívá ve skutečném ověření (podle zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky) alternativního paliva autorizovanou zkušebnou. Druhá certifikace vychází ze spalovací zkoušky, včetně měření emisí, kterou ověřuje autorizovaná osoba podle § 15 zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, na konkrétním zařízení zdroje znečišťování a je předmětem schvalovacího procesu u provozního řádu zdroje znečišťování Českou inspekcí životního prostředí z důvodů stanovení obecných emisních limitů (Novotný 2005).

Obrázek 7: Paliva používaná při výrobě cementu (odpadoveforum.cz)



paliva / *fuels*	1990	2000	2007
zemní plyn / *natural gas*	69,6 %	1,0 %	0,3 %
černé uhlí / *coal*	16,4 %	54,0 %	61,2 %
těžký topný olej / *heavy fuel oil*	12,0 %	20,0 %	6,6 %
použité pneu / *used tyres*	2,0 %	3,0 %	6,7 %
jiná kapalná paliva / *other liquid fuels*	-	9,3 %	3,4 %
jiná tuhá paliva / *other solid fuels*	-	2,5 %	18,8 %
biomasa / *biomass*	-	0,2 %	3,0 %

Z obrázku lze vidět narůstající trend využití tuhých paliv a pneumatik při výrobě cementu. Celkově podíl využití paliv neprimární formy v roce 2007 činil 35,5 % (s výjimkou biomasy).

Provoz velkých technologických zařízení vyžaduje stálé a kontinuální dodávky paliv, důležitou součástí je homogenita paliva. Alternativní paliva musí být výhřevné látky se stabilními chemickými vlastnostmi, proto je vhodné použít pro jejich výrobu takové materiály, jejichž zásoby jsou velké. Za největší přímé zdroje využitelných odpadů v ČR lze považovat průmyslovou výrobu a organizovaný sběr obcí (Schneiderová 2009).

Pří skladbě alternativních paliv je nutno vycházet především z:

1. výskytu odpadů v daném regionů
2. typu technologického zařízení kde se má palivo spalovat

Za negativní dopady spalovaní alternatívních paliv, než klasických, můžeme považovat zhoršení hlavních provozních parametrů línky (cementárny) :

1. nárůst T (^{o}C), %CO
2. nárůst kalorické spotřeby a pokles udržitelného výkonu
3. nárůst nákladů na dopravu, skladování a údržbu alternativních paliv (Bubík 2012).

12 Zhodnoceni recyklace

12.1 Realizace pravních předpisů o odpadéch

Splnění a dodržování právních předpisů o odpadech se může významně podílet na zvýšení míry hospodářského růstu a vytváření nových pracovních míst. Analýza Evropské komise prokázala, že úplné provedení právních předpisů EU o odpadech by do roku 2020 ušetřilo 72 miliard eur ročně a zároveň vytvořilo více než 400 000 pracovních míst.

Tabulka 6 : Ekonomické a environmentální výhody uplatnění opatření EC (ec.europa.eu)

Dopad	úplné provedení opatření ve srovnání se scénářem nezměněné politiky	Relativní změny ve srovnání se scénářem nezměněné politiky
Environmentalní		
Snížení celkové produkce odpadů	-199 Mt	-4%
Ošetření:		
1) Snížení skladkování a využití odpadů bez získání elektřické energie	-931 Mt	-48%
2) Zvýšení materiálního využití	+686 Mt	+0,72
3) Zvýšení energetického využití	+125 MT	+112%
Redukce sklenikových plynů	215 Mt CO_2 ekvivalentů	neznamé
Ekonomické		
snížení celkových čistých nákladů na nakládání s odpady [1]	s vnějšími vlivy	-6%
	bez vnějších vlivů	-126%

[1] s ohledem k ekonomické hodnotě snížení emisí skleníkových plynů, včetně metanu ze skládek

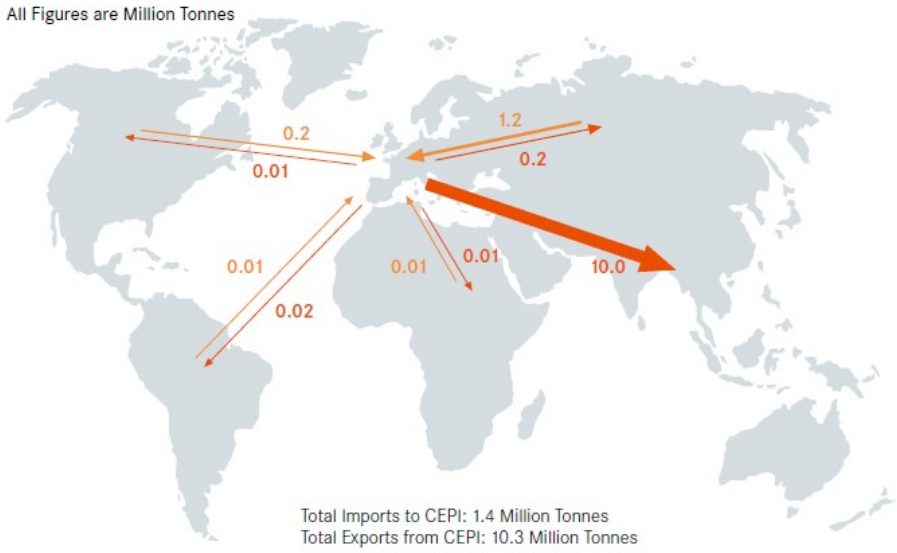
12.2 Papír

Důvody pro recyklace papíru:

1. jedna z nejvíc zastoupených komodit v komunálním odpadu
2. papír lze recyklovat několikrát
3. papírový průmysl zaměstnává 1,8 mil. lidí v Evropě
4. skládkovaní 1 tuny papíru zabírá 2,3m3 prostoru skládky
5. materiál vhodný pro energetické a alternativní využití (výhřevnost činí 16,7 MJ/kg Reichart 2004)

Výroba 1 tuny papíru z primárních zdrojů vyžaduje 3 tuny dřeva, 70 tisíc litrů vody (42 % vráceno) a 4750 kWh energie. Recyklace papíru vyžaduje 1,2 tuny papíru, 70 tisíc litrů vody (92 % vráceno zpět) a 2500 kWh energie (CEPI).

Obrázek 8: Export a import surovin (CEPI)



Celkový import papíru spojený s výrobou surovin v EU 27 činí 1,4 mil. tun a export 10,3 mil. tun. Větší část z toho, 10 mil. tun, je importována do Asie, především do rychle se vyvíjejících Číny a Indie.

12.3 Plast a kovy

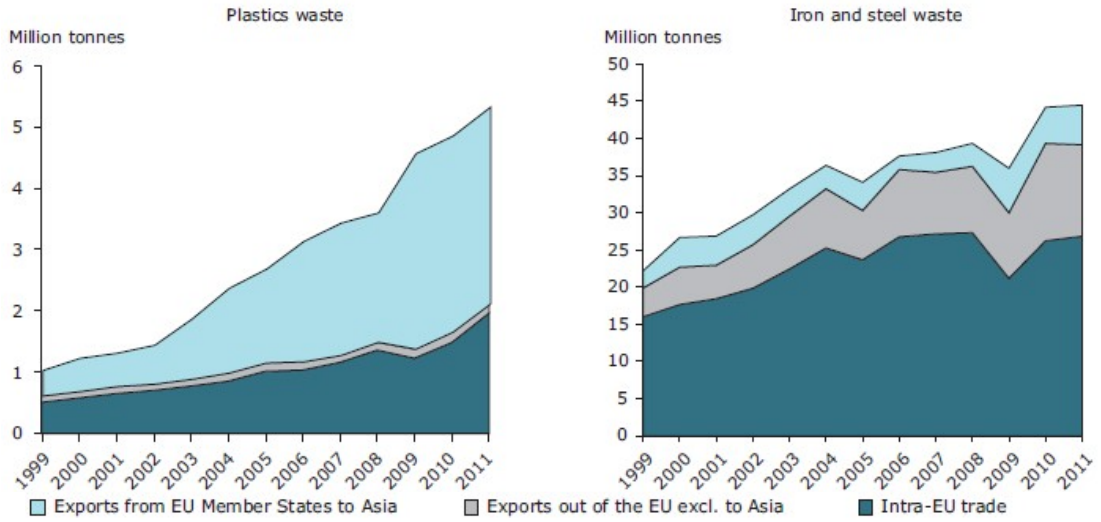
Nutnost šetřit a prosazovat metody udržitelného rozvoje by mohla být podnětem pro zvýšení míry recyklace plastového odpadu. V ideálním případě by měly být všechny výrobky z plastů za rozumných nákladů plně recyklovatelné (Green paper 2013, APME 1996).
Nízká míra recyklace a vývoz plastového odpadu ke zpracování ve třetích zemích představuje pro Evropu ztrátu potenciálních zdrojů, ale zároveň je výhodou pro státy, které nemohou plně využívat a zpracovávat tyto odpady a nemusejí je tedy skládkovat. Stále více odpadu překračuje hranice EU v důsledku stěhování mezi členskými státy a do zemí mimo Evropy. Tempo růstu v přeshraničním odpadovém trhu bylo v posledních letech pozoruhodné. Vývoz odpadu železa, oceli, hliníku a niklu z členských států se mezi lety 1999–2011 zdvojnásobil a vývoz plastového odpadu se zvýšil pětkrát.

Hospodářský růst v některých zemích vyvolává obrovskou poptávku po surovinách, zejména v regionu Asie, a okamžitou odezvu ve formě zvýšení cen surovin v celém světě. Suroviny se stávají stále dražšími a tento fakt se dostává do čela motivace ke zvýšení míry recyklace a energetického využití odpadů jak v EU, tak mimo Evropu (EEA 2012).

Dobrým ukazatelem rozporů mezi současným přístupem k hospodaření a udržitelným rozvojem je problematika jednorázového použití a krátká „technická“ životnost plastových výrobků. Příkladem jsou plastové nákupní tašky. Jsou lehké, nemají hodnotu (jejich cena je 1 koruna v Tescu) a často se po jednom použití vyhazují. V roce 2010 bylo na trh EU dodáno 95,5 miliard plastových nákupních tašek, což zhruba tvoří 1,42 mil. tun potenciálního odpadu, přičemž 92 % z nich je určeno na jedno použití. Velmi nebezpečnou roli zde hraje především

zatížení mořského prostředí – plastové sáčky tvořily 73 % odpadů, které byly zachyceny u břehů Toskánska (Green paper 2013, podle ARPA 2011).

Obrázek 9: Export plastového a kovového odpadů v EU v období 1999 – 2011 (Eurostat)



(Plastový odpad, kovový odpad. Světlá modra část - Export ze členských státu EU do Asie. Šeda část – Export mimo státu EU do Asie. Tmavé modrá barva – Trh uvnitř EU. Data uvedeny v milionech tun).

Jak lze vidět z obrázků více než polovina plastového odpadů EU exportováno do Asijských států, a zejména do Činy. Obrat plastového odpadů v rámci EU činí zhruba 2 mil. tun. Situace s kovovými odpady je přesně opačná více než polovina kovového odpadů zůstává na území EU.

12.4 Odpady z obalů

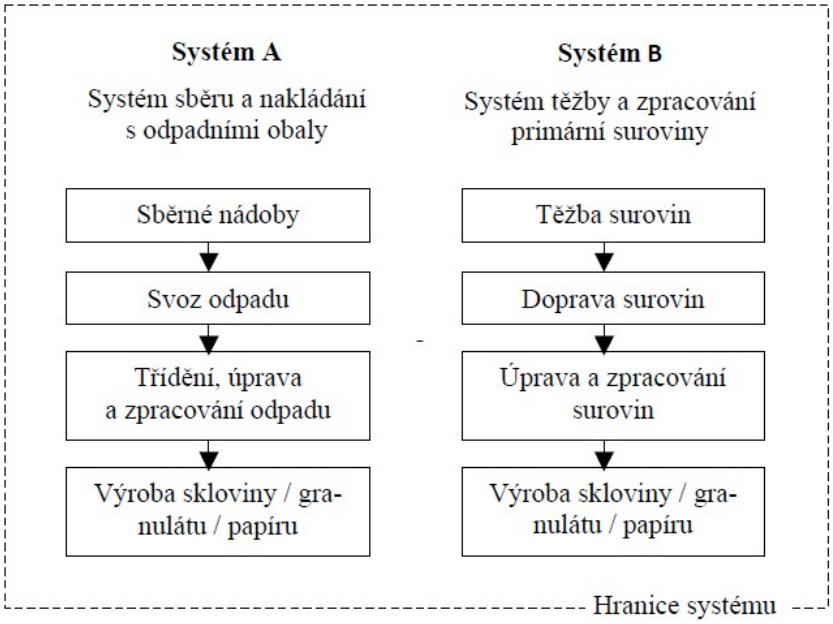
Dlouhodobě diskutovaným problémem současnosti je smysluplnost separovaného sběru obalových odpadů. Směrnice European Union Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste vycházela z předpokladu, že materiálové využití obalových odpadů přináší environmentální výhody.

Pro prověření tohoto předpokladu společnost EKO-KOM realizovala projekt, který vycházel z požadavku na posouzení environmentálních dopadů systému sběru a recyklace obalových odpadů obsažených v komunálním odpadu na životní prostředí. Cílem projektu bylo získat data a jejich pomocí posoudit, zda jsou dopady spojené s materiálním a energetickým využitím odpadů včetně jejich obalové složky nižší než dopady systému, který pro výrobu produkce využívá jen primární suroviny.

Metodika

Byla zvolena metoda LCA (Life Cycle Assessment), která bere v úvahu celý životní cyklus produktu, od vyzvednutí ve formě suroviny ze země až do uložení produktu zpět do země ve formě odpadu. Funkční jednotkou pro projekt byla zvolena 1 tuna odpadu vstupujícího do procesu separovaného sběru. Hranice systému – vyzvednutí odpadu z nádob, svoz, třídění a úprava do stadia, kdy druhotná surovina vstupuje do systému jako náhrada primární suroviny.

Obrázek 10: **Porovnáni hranic systému A – B (EKO-KOM)**



V inventarizační fázi projektu byly zjištěny jednotlivé materiální a energetické toky spojené se sběrem, svozem a tříděním odpadních obalů. Kromě těchto údajů byly do výsledku zahrnuty i údaje o zpracování druhotné suroviny včetně spalování a skládkování.

*Tyto údaje respektují reálné toky v systému EKO-KOM.

Obrázek 11 : Spotřeba a úspora paliv na produkce funkční jednotky (EKO-KOM)

Spotřeba paliv a skrytá energie materiálu u hlavních sbíraných komodit dle původu odpadu

Palivo & skrytá energie materiálu	Sklo		Plast		Papír	
	Obce	Živnosti	Obce	Živnosti	Obce	Živnosti
	(kg / FJ)					
Ropa	-19,58	-23,40	-659,91	-639,57	-123,92	-46,57
Zemní plyn	-101,53	-93,71	-332,41	-425,15	-178,12	-107,59
Uhlí	-31,28	-32,56	-100,36	145,17	69,29	-5,70
Metalurgické uhlí	-1,90	-2,30	3,10	2,00	2,01	1,26
Lignit	-0,01	0,00	-0,50	-0,30	-1,08	0,00
Rašelina	0,00	0,00	-0,50	-1,64	-0,07	-0,05
Dřevo	-2,11	-2,22	0,28	0,00	-1766,90	-2449,94

Vysvětlivky: Obce - tříděný odpad obcí; Živnosti – oddělený sběr využitelných odpadů (živnostenské odpady)

Z tabulky je patrná úspora energie na funkční jednotku, především je to velká úspora ropy a zemního plynu při materiálovém a energetickém využívaní plastu a úspora dřeva při využívání odpadního papíru.

Pro výpočet kategorií dopadů byly výsledky inventarizační analýzy převedeny na společné jednotky (ekvivalenty kategorie dopadu) a seskupeny uvnitř kategorií dopadu. Tímto způsobem byly provedeny výpočty indikátorů kategorií dopadů GWP – Global-warming potential, ODP – Ozone Depleting Potential, AP – Acidification potential, EP – Eutrophication Potential a POCP – Photochemical Ozone Creation Potential.

Obrázek 12: Výsledky indikátoru pro jednotlivé kategorie dopadů (EKO-KOM)

Výsledky indikátorů kategorií dopadů podle metodiky LCIA CML 2007 u hlavních sbíraných komodit dle původu odpadu

Výsledek indikátoru kategorie	Sklo		Plast		Papír	
	Obce	Živnosti	Obce	Živnosti	Obce	Živnosti
GWP kg CO_2ekv.	-5,66E+02	-5,50E+02	-1,96E+03	-6,56E+02	-1,07E+03	-1,53E+03
ODP kg CFC11ekv.	-9,59E-08	-2,80E-07	-3,49E-04	-8,01E-04	-8,54E-05	-1,93E-03
AP kg SO_2ekv.	-4,46E+00	-4,35E+00	-2,40E+01	1,77E-01	-8,05E+00	-9,87E+00
POCP kg C_2H_4 ekv.	-3,35E-01	-3,61E-01	-1,58E+00	-1,14E+00	-6,59E-01	-5,09E-01
EP kg PO_4^{3-} ekv.	-3,41E-01	-3,56E-01	-1,08E+00	-2,72E-02	-4,88E-01	-5,32E-01

Vysvětlivky: Obce - tříděný odpad obcí; Živnosti – oddělený sběr využitelných odpadů (živnostenské odpady)

Největší podíl na úsporu vzniku skleníkových plynu vykazují využívaní odpadních plastu z obce a papíru ze živností. Za rozdíly ve výsledcích mezi jednotlivými subsystému odpovědné jejich složení, například u plastů pocházejícího z obci vysoký podíl PET obalů, když plastový odpad že živností tvoří zejména polyetylénové folie (Warmer Bulletin 1997).

Studie LCA potvrdila environmentální výhodnost systému nakládání s tříděným odpadem. Je environmentálně přínosné zvyšovat toky odpadů směřující k materiálovému a energetickému využití.

13 Diskuse

Výhody a nevýhody jednotlivých způsobu nakládání s odpady.

V ČR je 118 zařízení na dotřiďování využitelných složek odpadů. Z nich 16 % je zaměřeno pouze na dotřiďování plastových obalů a 13 % pouze na dotřídění papíru. Na dotřídění skleněných odpadů jsou v ČR jen tři zařízení, ale jejich celková kapacita je dostačující na zpracování veškerého skleněného odpadů z obcí, zhruba 107 tis. tun. V ČR je podle společnosti EKO-KOM 13 zpracovatelů sběrového papíru, 34 zpracovatelů sběrového plastu a 4 zpracovatelé skla..

Přehled zpracovatelů papíru, plastů a kovů v ČR (Benešova 2003, osobní sdělení zpracovatelů).

Plasty		
Technologie	Kapacita	Poznámka
Výroba střiže z PET materiálu, PE a PP kompaundy	23-24 tis. tun střiže za rok, výroba 40 tis. tun kompaundu za rok	Silon s.r.o Planá nad Lužnicí Průmyslová 451 E-mail:silon@silon.eu www.silon.cz/
Recyklace a prodej výrobku z kabelového PVC	7 tis. tun materiálu	REPLAST PRODUKT, spol. s r.o. Ke Karlovu 1099/21, 301 00 Plzeň E-mail:replast@replast-plzen.cz www.replast-plzen.cz/
Recyklace plastových odpadů a následná výroba produktu (plastové desky a zatravňovací dlazba)	7 tis. tun materíalu, z toho 1,2 tis. tun netříděný komunální plastový odpad	Transform a.s Lázně Bohdaneč Na Lužci 659 533 41 Lázně Bohdaneč techinfo@recyklace.cz www.recyklace.cz/
Recyklace a následná regranulace odpadního PE, PP, PA	4,5 tis tun. fóliového odpadu	UNIFLEX Moravia s.r.o. Zahradní 36, 792 01 Bruntál Email:uniflex@uniflex.cz www.uniflex.cz/

Kovy		
Technologie	Kapacita	Poznámka
Recyklace odpadů s obsahem drahých kovů, Výkup a recyklace odpadů z autovraků	40 tis. tun surového olova za rok, 300 tun drahých kovů za rok	Kovohutě Příbram, a.s. Příbram VI č.p. 530, 261 81 Příbram E-mail: kovohute@kovopb.cz www.kovopb.cz/
Výkup a zpracování materiálů a odpadů s obsahem drahých a neželezných kovů, vyrobá tři druhy termočlánků z platiny a rhodia	60 až 65% na celkové recyklaci drahých kovů v Česku, 90 % celkové spotřeby termočlánků v ČR a 15% na celosvětovém trhu	SAFINA, a.s. Vídeňská 104 252 42 Vestec Email: info@safina.cz www.safina.cz/

Papír		
Technologie	Kapacita	Poznámka
Výkup papíru a recyklace, výroba celulózových vláken	35 tis. tun materiálu za rok	CIUR a.s. Pražská 1012 250 01 Brandýs nad Labem E-

pro průmyslové použití, granuláty pro silniční stavitelství		mail:info@ciur.cz www.ciur.cz/
Recyklace papíru a lepenky, výroba papírového obalu	51 tis. tun papíru	Kappa Packaging Czech, s.r.o. Žimrovice 747 41 www.smurfitkappa.com
Výroba kartonážních produktu, obaly z vlnité lepenky tří-vrstvé i pěti-vrstvé	7 tis. tun	Kavalierglass, a.s. 294 21 Bělá pod Bezdězem E-mail:info@papirny-bela.cz www.papirny-bela.cz/

Recyklace – pozitivní část:

1. Rozšiřuje surovinovou základnu.
2. Snižuje nároky na dovoz surovin.
3. Šetří primární zdroje.
4. Šetří energii, která by jinak byla nutná na produkci výrobku z primárních zdrojů.
5. Snižuje podíl odpadu na skládkách.
6. Vytváří nová pracovní místa.

Recyklace – negativní část:

1. Ne každý materiál lze recyklovat do nekonečna (papír 7–8krát).
2. Kvalita recyklovaného materiálu je obvykle nižší než kvalita původního materiálu.
3. Samotný proces recyklace je energeticky náročný a produkuje značné množství znečišťujících látek (například u vícesložkových či znečištěných materiálů)

Skládky nebo spalování?

V roce 2008 12,1 mil. tun plastového odpadů produkovaného v EU 27 bylo uloženo na skládky.

Skládky patří k tradičním způsobům nakládání s odpady, ale prostor skládek je teda ne bez hranic. Provoz skládek mimo dopadů pří sběrů a transportu, vykazuje poměrné velké riziko kontaminace půd a podzemních vod přísadami a vedlejšími produkty rozkladů plastů, které se přemění na trvalé organické polutanty (Teuten et al. 2009).

V ČR (stav k 30.08.2010) jsou v provozu 182 skládky odpadů. Z nich skládky nebezpečných odpadů – 26, skládky inertních odpadů a spalovny odpadů – 62, skládky ostatních odpadů – 94 (CeHO 2010). Celková projektována kapacita činí 111 647 594 m^3 (Brabencová 2009).

Spalování jak samotné, tak i pro energetické využití snižuje množství plastů uloženého na skládky. Existují obavy, že nebezpečné látky mohou být uvolněny do atmosféry během procesu spalovaní. Například PVC a halogenované přísady jsou typicky přítomné ve směsném plastovém odpadu, jejich spalování vede ke vzniku rizika znečištění životního prostředí dioxiny, polychlorovanými bifenyly a furany. V důsledku tohoto rizika znečištění se spalování považuje za nejméně vhodnou technologii nakládání s odpady, ve srovnání se skládkováním a recyklací.

Ale například takové rozvinuté státy jako Japonsko, Švédsko nebo Švýcarsko mají rozsáhlou infrastrukturu spalovacích zařízení a zároveň dobré životní podmínky (Hopewell et al. 2009).

Současně v ČR jsou pouze tři instalovaná zařízení na energetické využití odpadů v plném provozu, to jsou spalovna Malešice (spravuje Pražské služby a.s.), spalovna v Liberci (spravuje Termizo a.s.) a spalovna v Brně (Sako Brno a.s.). Celková instalovaná kapacita činí 0,646 mil. tun odpadu za rok (odpadoveforum 2010, Energetické využití odpadů, Tematická informační příručka).

Využívání odpadů je určitě lepším řešením nakládání s odpady, ovšem pouze je-li prokázán větší ekologický přínos oproti odstraňování odpadů. Existují případy, kdy odstranění odpadů na skládky je ekologicky šetrnějším řešením, například pokud odpad obsahuje nebezpečné složky a jejich koncentrace je příliš vysoká pro jakékoliv využití, a zároveň se jejich stabilizace a úprava často stává energeticky a finančně náročnou. Důležitou roli v problematice využití odpadů hraje platná legislativa, především zákony o ochraně ovzduší, půdy a vody. Obecně platí, že čím přísnější požadavky na ochranu, tím méně odpadů se může využívat, a tím více odpadů se musí skládkovat (Engelmann 2010).

Tabulka 7: **Produkce komunálního odpadů v jednotlivých letech**

Produkce komunálních odpadů v tunách									
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2845077	2856690	2841428	2953679	3038702	3014781	3175934	3309667	3334240	3357877
Narůst oprotí předešlemu roku (%)									
0,4	0,4	-0,5	3,9	2,9	-0,5	5	4,2	0,7	0,7

Z tabulky lze odvodit, že narůst produkce komunálního odpadů v roce 2011 činil 18% oproti produkci v roce 2002 (ČSÚ).

Tabulka 8 : Míra materiálového využití odpadů z obalů vzniklých v ČR v jednotlivých letech

	Sklo		Plasty		Kovy		Papír	
Roky	Produkce	Recyklace (hm. %)	Produkce	Recyklace (hm. %)	Produkce	Recyklace (hm. %)	Produkce	Recyklace (hm. %)
2003	164 087	62,9	172 698	37,6	47 442	37,3	286 636	62,4
2005	183 299	75,1	206 781	35	46 107	33,9	306 346	84
2008	193 879	69,9	216 156	50,2	49 544	42,9	373 685	93,8

Jíž v roce 2005 Česká Republika splnila požadavky EU v oblasti recyklace a využití obalových odpadu (s výjimkou kovových obalů), které pro členské státy byly stanoveny závaznými do roku 2012 (MŽP). V roce 2012 míra recyklace odpadů z obalů v ČR byla – 91% pro papír, 64% pro plasty a 67% pro kovy. Takže požadavky EU ohledně zpracovaní odpadů s obaly byly splněny.

Alternativni možností zpracovaní odpadů – Moderní zpracování netříděného komunálního odpadu

Firma Farmatic Anlagenbau GmbH uvádí na trh nový způsob zpracování zemědělských a komunálních odpadů s velkým podílem biologicky aktivních látek „BioTech“. Výhodou tohoto systému je možnost zpracování netříděného odpadu. „BioTech“ umožňuje zemědělcům, obcím a podnikům uskutečňovat levnější neseparovaný sběr, vyloučit náklady na dopravu a následné spalování či skládkování odpadu (Sladký et al. 2006).

Technologie zpracování netříděného odpadu:

1. Předtřídění přes velké síto (80×80 cm), kde se oddělí především anorganické části.
2. To, co projde tříděním, zhruba 85 % původního množství, se drtí na menší částice a pak přichází do nádrže s procesní kapalinou. Tady se pomocí promíchávání organické látky obsažené v odpadu rozmělňují a mění v suspenzi, zatímco neorganická část (především plasty a kovy) buď plave na povrchu, či klesá ke dnu a následně je odstraňována.
3. Suspenze je následně pročištěna pomocí flotace.
4. Odseparovaná organická suspenze se čerpá do fermentoru, kde je podrobena anaerobní fermentaci po dobu 20–25 dnů. Tímto způsobem se přemění 50–60 % vstupního materiálu na bioplyn s výhřevností 22 MJ/m^3.
5. Zbylá část po skončení procesu fermentace je dobré, stabilizované a hlavně hygienizované hnojivo, které nepotřebuje další úpravy.
6. Vytříděný podíl anorganických materiálů jako plasty a kovy se předává k dalšímu zpracování, nefermentovatelné biomateriály (dřevo) se spalují. Zpracovatelské náklady technologie „BioTech“ se pohybují podle velikosti a výrobní kapacity ve výši 20 až 35 € za tunu. Prodejem elektřiny, tepla a hnojiva lze náklady snížit na 10 až 25 € za tunu. (Za příjem a zpracování komunálního odpadu dodavatel platí.)

Výhodou tohoto způsobu zpracování je dobrý poměr cena/kvalita (Price-Quality Ratio). Průměrná rodina produkuje až tunu komunálního odpadu za rok. To znamená, že náklady ve vyší 15 € na jednu tunu odpadu by plně kryly zpracovatelské náklady za předpokladu odbytu výše uvedených produktů. V současnosti průměrné poplatky za odvoz činí 25 až 35 € za tunu (při skládkování).

14 SWOT analýza recyklace

SWOT analýza je metoda, jejíž pomocí je možno identifikovat silné (**S**trengths) a slabé (**W**eaknesses) stránky, příležitosti (**O**pportunities) a hrozby (**T**hreats), spojené s určitým projektem, Jedná se o metodu analýzy užívanou často v odpadovám hospodářství. SWOT analýza je součástí strategického (dlouhodobého) plánování v OH.

Silné stránky	jsou zavedeny systémy na oddělený sběr komodit výtěžnost tříděného sběru stoupá kvalita tříděného sběru stoupá nádobový sběr je používán pro 98,7% všech obcí pro papír a plasty, pro kovy cca 2% vybavenost obcí pro nádobový sběr využitelných odpadů se průběžně zvyšuje
Slabé stránky	Nutnost dotříďování odděleně sbíraných komodit, Problémy s recyklací výrobků ze směsných materiálů (např. kov a plast, různé druhy plastů na jednom výrobku)
Příležitosti	Zavedení samostatného odděleného sběru kovů Zavedení burzy odpadů (i s mezinárodní působností)
Hrozby	Převaha jiných technologií než recyklace (spalování, jiné druhy energetického využití) Vývoj neověřených technologií na odstraňování netříděného komunálního odpadu Problémy a obchodováním s druhotnými surovinami na burze Vyšší cena druhotných surovin než surovin primárních Nekomplexnost řešení v rámci regionů.

15 Závěr

Hospodářský růst a rozvoj států, zejména třetího světa, vede ke vzniku několika následků:

1. rozvoj průmyslu
2. růstu počtu obyvatel
3. růstu délky života
4. zlepšení blahobytu obyvatel

Všechny tyto jevy vedou zpravidla k růstu spotřeby zdrojů a produkce odpadů. Současná situace s ohledem na neobnovitelné zdroje energie a materiálů nutí vládu přijímat novelizace zákonů, které snižují tlak na životní prostředí. Zvyšování míry produkce má negativní důsledky na ekologii životního prostředí, a proto musí průmysl výhradně využívat maloodpadové technologie a postupy, při kterých by docházelo k maximálnímu využití veškerých vstupních materiálů. Podniky, které se nepodílejí na udržitelném rozvoji, by měly být pokutovány a zároveň zbaveny živnostenských oprávnění.

Z provedené rešerše ja možno udělat následující závěry:

1. Převažujícím způsobem nakládání s materiálově využitelnými složkami v ČR je recyklace.
2. Základem pro recyklaci je oddělený (tříděný) sběr hlavních komodit (papír, plasty, sklo). Ten je zajištěn v 87 % obcí (97 % obyvatel) a sběr 4 komodit (včetně kovů) je organizován v 26 % obcí (70 % obyvatel).
3. V případě většiny plastů je převážná část odpadů využita zpracovateli ve výrobě přímo na území ČR. Papír a další komodity jsou obchodovány a podle situace na trhu zpracovávány ve větší míře v zahraničí.
4. Zákonnou povinností odděleného sběru využitelných komunálních a obalových odpadů je zajištěna kontinuální nabídka odpadů pro výrobu druhotných surovin.
5. Obchodování s druhotnými surovinami se však řídí reálnou tržní poptávkou. V dobách snížené poptávky může dojít k ohrožení systému nakládání s využitelnými odpady.
6. Stále většího významu nabývá zpětný odběr (sběr) výrobků s ukončenou životností, které se v ČR stávají důležitým zdrojem druhotných surovin i tzv. kritických surovin (neželezné kovy, ušlechtilé kovy, kovy vzácných zemin). Získávání jednotlivých surovin má je problematické, především pokud jde o spojení kovů a nekovů a rozptýlení jednotlivých složek. Na dotřídění tě těchto odpadů jsou kladeny vysoké požadavky na kvalifikovanou ruční práci.
7. Sběrny a výkupny jsou historicky významným dodavatelem zejména kovových odpadů pro konečné zpracovatele.
8. V současné době jsou výkupny kovových odpadů velmi problematickými zařízeními, a to hlavně z důvodu možného prodeje předmětů pocházejících z trestné činnosti.

Doporučení:

Ze SWOT analýzy vyplývá, že by měl být vyvíjen větší tlak na výrobce, aby výrobek byl z jednoho druhu materiálu. Výrobce by neměl podléhat komerci, měl by více přihlížet k možnostem následné recyklace.

V tomto směru by měla být věnována větší pozornost vzdělání občanu, zejména malých dětí. Příkladem takového vzdělávání, které začíná u dětí, je akce společnosti EKOKOM, s názvem Tonda Obal na cestách. Akce je bezplatná a od roku 1997 se jí zúčastnilo více jak 1,5 mil. dětí.

16 Zdroje

BALNER, Petr. *Skladba komunálních odpadů s ohledem na možnosti jejich následného využití*. Sbornik EKO-KOM odpady a obce. 201 1. (dostupné online) http://www.ekokom.cz/cz/ostatni/o-spolecnosti/nase-projekty/odpady-a-obce

BARTÁK, Vojtěch. *Papír a papírové odpady*. Svět tisku. (dostupné online) http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=5841&buxus_svettisku=24f8c13b367ea59b21cebd47d0ec033e

BENEŠOVÁ, Libuše. Podprojekt 4. *Výzkum a vývoj nových technologií a způsobů nakládání s vybranými druhy odpadů*, v ramci VaV 720/5/03 – *Výzkum možností zvýšené recyklace papíru, plastů, skla a neželezných kovů s ohledem na legislativu EU*

BRABENCOVÁ, Jana. *Hodnocení skládek odpadů podle ISOH*. Časopis Odpadové forum 12/2009 str. 8-11 (dostupné online) http://www.odpadoveforum.cz/2009/12.pdf

BUBÍK, Radomír. *Soudobé technologie na efektivní spoluspalování alternativních paliv, bypassy*. Konference - Vápno, cement, ekologie 2012 (dostupné online) http://www.svcement.cz/includes/dokumenty/seminar-2012/bubik.pdf

ENGELMANN, B. *Budoucnost odpadového hospodařství*. Časopis Odpadové forum 1/2011 (dostupné online) http://www.odpadoveforum.cz/2011/12011.pdf

Fkomplex Pirotex - *Pyrolýzní recyklace*. (dostupné online) http://www.tkomplex.ru/cs/products/pirotex

GAUTAM, R. BASSI, A.S and YANFUL, E. K. *A Review of Biodegradation of Synthetic Plastic and Foams*. Applied Biochemistry and Biotechnology. 2007 (dostupné online) http://search.proquest.com/docview/197114868/fulltextPDF?accountid=15618

GEMRICH, Jan. *Současná paliva v cementářském průmyslu*. Časopis Odpadové forum (příloha) 2009 (dostupné online) http://www.odpadoveforum.cz/prilohy/Priloha3.pdf

Green paper 2013 - On a European Strategy on Plastic Waste in the Environment. Evropská komise 2013 (dostupné online) http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/green_paper/green_paper_en.pdf

HOPEWELL, Jefferson. DVORAK, Robert and KOSIOR, Edward. *Plastics recycling: challenges and opportunities*. 2009 (dostupne online) http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2873020/

JANOŠKO, Ivan. *Odpadní plasty - odstraňování a recyklace*. Časopis Komunální technika 2011. (dostupné online) http://www.komunalweb.cz/archiv-novinek/Odpadni-plasty---odstranovani-a-recyklace__s317x55042.html

KRULIŠ, Zdeněk. *Možnost využití plastových odpadů*. Sbornik EKO-KOM 2004

KŘÍŽ, Vlastimil a BUCHTELE, Jaroslav. *Organické odpady a průmyslové technologie jejich koprocesingu s uhlím*. Časopis Acta Montanistica Slovaca 10/2005 str. 67-71. (dostupné online) http://actamont.tuke.sk/pdf/2005/n5/13kriz.pdf

KVÍZ, M. *Vliv PVC na zpracovatelnost recyklátu z PET lahví (PET flakes)*. Sbornik EKO-KOM 2007.

KURAŠ, Mečislav. Odpady, jejich využití a zněškodňování. 1994

LEWANDOWICZ, Grazyna and LEJA, Katarzyna. *Polymer Biodegradation and Biodegradable Polymers (Review)*. Polish Journal of Environmental Studies. 19/2010 str.255-266

MABEE, Warren a ROY, D. N. *Modelling the role of papermill sludge in the organic carbon cycle of paper products* 2003 – zpřistupněno pomoci fakultního webservisu. (dostupné online) http://ehis.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=86b62814-bba1-4ae1-966f-54dac7552952%40sessionmgr13&vid=2&hid=82003

MŽP. *Energetické využití odpadů*. 2013 (dostupné online) http://www.mzp.cz/cz/news_130306_odpady

NOVOTNÝ, Pavel. *Možnosti energetického využití zůstatků OEEZ.* Centrum inovací a rozvoje 2005 (dostupné online)http://www.cir.cz/prirucky-k-oeez/482658/1833662

PRETTING, Gerhard and BOOTE, Werner. Plastic Planet. Orange press. 2010

PRETZ, Thomas aJULIUS, Jorg. *Metal Waste*. Waste – A Handbook for Management. Elsevier. 2011

REICHART,Dr. *Estimation of energy content of municipal solid waste* 2004 (dostupné online) http://msw.cecs.ucf.edu/EnergyProblem.pdf

SCHNEIDEROVÁ, Jiřina. *Alternativní využití tříděných frakcí komunálního odpadu*. Sbornik EKO-KOM 2009

SCOTT, Gary M. *Recovered Paper*. Waste – A Handbook for Management. Elsevier. 2011

SLADKÝ, Václav a RIEDEL, Frank. *Moderní zpracovávání netříděného komunálního odpadu, závod ALTENO, SRN.* Biom cz 2006. (dostupné online) http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moderni-zpracovavani-netrideneho-komunalniho-odpadu-zavod-alteno-srn

SOHAR, Jan. *Využití PET lahví technologií „bottle to bottle“ na území ČR*. Sbornik EKO-KOM 2006

STLOUKAL, Petr. *Biodegradabilní plasty: současnost a perspektivy* (osobní sdelení 29.4.2013)

TEUTEN a kol. *Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife*. Biological sciences . 2009 (dostupné online) http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/364/1526/2027.full

TOUCHAČEK, Jiří. *Jak dlouho „žije“ plast?* Časopis „Údalostí na VUT v Brně“ 8/2007 str 16-17 (dostupné online) http://www.vutium.vutbr.cz/udalosti/u0708.pdf

TUOMELA a kol. *Biodegradation of lignin in a compost environment (Review)*. Časopis Bioresource Technology. 72/2000 str.169-183 (dostupne online) http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852499001042

VANEČEK, Martin. *Zkušeností se sběrem kovových obalů ve statutarním městě Brně*. Sbornik EKO-KOM 2011

VESELÝ, Václav. HANIKA, Jiří a DRAHOŠ, Jiří. *Petelýza, chemická recyklace PET lahví*. Časopis Waste Forum 1/2009 str. 26-29 (dostupné online) http://www.wasteforum.cz/cisla/WF_1_2009.pdf

VYŠTEJNOVÁ, Jiřina. Odpad je enegie. Sbornik EKO-KOM 2009

MCDONOUGH, William and BRAUNGART, Michael. *The Upcycle: Beyond Sustainability – Designing for Abundance*. North Point Press 2013 str. 23-121

ZULE, Janja. ČERNEC, Franc and LIKON, Marko. *Chemical properties and biodegradability of waste paper mill sludges to be used for landfill covering*. Waste management and research 25/ 2007 str.538-546 (dostupné online) http://www.flagstaff.az.gov/DocumentCenter/Home/View/11019

AISI – American Iron and Steel Institute. Sustainability

APME - *Life-Cycle Analysis of Recycling and Recovery of Households Plastics Waste Packaging Materials*. Brussel 1996 str. 40

ARPA - *L'impatto della plastica e dei sacchetti sull'ambiente marino*. 2011

BIOIS – Bio inteligence servise, výzkum pro EEA. *Options to improve the biodegradability requirements in the packaging Directive* 2012

CeHO - Centrum pro hospodaření s odpady. Skládky odpadů: *Seznam provozovaných skládek v ČR* (dostupné online) http://www.ceho.cz/skladky-odpadu (stav k 30.8.2010)

CEPI - *Key statistics 2011* (dostupné online) http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/statistics/Key%20Statistics%202011%20FINAL.pdf

CEWEP - Confederation of european waste-to-energy plants. *Map of European Waste-to-Energy plants in 2010* (dostupné online) http://www.cewep.eu/information/data/studies/index.html

Council Directive 99/31/EC on the landfill of waste

EEA - Municipal waste generation. *Czech Republic - municipal waste management* (dostupné online) http://www.eea.europa.eu/publications/managing-municipal-solid-waste/

Enviweb *Ve zpracování odpadu patří ČR na špičku EU* (dostupné online) http://www.enviweb.cz/clanek/odpady/95617/ve-zpracovani-odpadu-patri-cr-na-spicku-eu

ERPA - *European list of standard grades of recovered paper and board* (dostupné online) http://www.paperonweb.com/EN-643-154434A.pdf

ETC/SPC (zpravý) The European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production

European Union Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste

ISRI - Institute of Scrap Recycling Industries, Inc. *US Recovered Paper Grades* (dostupné online) http://www.paperonweb.com/WasteSpecsJan2013.pdf

Rada pro odpadové hospodářství. MŽP 2012

Tematicka informační přiručka: *Energetické využití odpadů* 2010 (dostupné online) http://www.odpadoveforum.cz/prilohy/Priloha5.pdf

Treecycle Recycled paper. *Bleaching Buzzwords* (dostupné online) http://www.treecycle.com/recycling.html

UBA (Umweltbundesamt) German Federal Environment Agency zpravý 2009

Warmer Bulletin. *UK plastic bottle recycling growth* 1997, issue 53, str. 3

Zákon č.185/2001 Sb. Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů

Zákon č. 477/2001 Sb. o obalech, ve znění pozdějších předpisů

Seznam obrázků

Obrázek 1: Trendy skládkovaní a recyklace v ČR v jednotlivých letech (podle ČSÚ).....6
Obrázek 2: Budoucí trendy recyklace směsného komunálního odpadů v ČR 7
Obrázek 3: Jednotlivá stadia úpravy PMS (intechopen.com) 14
Obrázek 4: Výhřevnost jednotlivých druhu plastů (Kruliš 2004) 18
Obrázek 5: Schéma porovnaní produkce kovu z primární a druhotné suroviny. 22
Obrázek 6: Skládkování, spalování, recyklace a kompostování komunálního odpadu 24
Obrázek 7: Paliva používaná při výrobě cementu (odpadoveforum.cz).....26
Obrázek 8: Export a import surovin (CEPI).....28
Obrázek 9: Export plastového a kovového odpadů v EU v období 1999 – 2011 (Eurostat).....29
Obrázek 10: Porovnáni hranic systému A – B (EKO-KOM).....30
Obrázek 11 : Spotřeba a úspora paliv na produkce funkční jednotky (EKO-KOM).....30
Obrázek 12: Výsledky indikátoru pro jednotlivé kategorie dopadů (EKO-KOM) 31

Seznam tabulek

Tabulka 1 : Způsoby nakládání s odpady v jednotlivých letech, v tunách (podle ČSÚ).....5
Tabulka 2: Třídění odpadů v ČR v letech 2005-2012, v tunách za rok (Pražské služby).....10
Tabulka 3 : Porovnání charakteristik jednotlivých sorbentu předložené na trhu 15
Tabulka 4 : Potřebné množství suroviny a energie na výrobu polymerů (Kříž 2005).....18
Tabulka 5 : Světový export jednotlivých materiálu a jejich tržní hodnota (www.isri.org) 22
Tabulka 6 : Ekonomické a environmentální výhody uplatnění opatření EC (ec.europa.eu) 27
Tabulka 7: Produkce komunálního odpadů v jednotlivých letech.....34
Tabulka 8 : Míra materiálového využití odpadů z obalů vzniklých v ČR v jednotlivých letech..34