

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství  
Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině  
Katedra: Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií  
Vedoucí katedry: prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
Současná technologie a způsoby skládkování odpadů  
a jejich perspektivy v ČR

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.

Autor: Jindřich Velek

České Budějovice, 2013

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Fakulta zemědělská  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jindřich VELEK**  
Osobní číslo: **Z10427**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině**  
Název tématu: **Současná technologie a způsoby skládkování odpadů a jejich perspektivy v ČR**  
Zadávací katedra: **Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií**

### Zásady pro vypracování:

Cíl práce: Posoudit současnou úroveň zpracování odpadů v ČR se stále vysokým podílem skládkování odpadů s žádoucí perspektivou, která je už realitou ve vyspělých zemích EU v písemné práci na základě studia literatury a literární rešerše.

Je známo, že v ČR se stále skládkuje přes 50 % odpadů a tak jsme se zařadili z tohoto hlediska mezi zaostalé země Evropy. Ve vyspělých evropských státech už je skládkování odpadů zakázáno.

V práci vysvětlíte, proč se v ČR stále skládkuje, vyjmenujte příčiny a navrhněte jejich řešení. Nezapomeňte, že recyklace odpadů musí být ekonomicky výhodná. Posuďte možnosti a způsoby recyklace pro hlavní druhy odpadů v ČR a odhadněte podle současně platných cen získaných produktů a nákladů na recyklaci národohospodářské úspory, které by byly likvidací skládkování dosaženy!

Zvlášť se věnujte možnosti izolace biodegradabilní složky z komunálních odpadů a využití jejího obsahu uhlíku v zemědělství a v energetice!


Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **cca 30 - 40 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**Kolář L., Kužel S., 2000: Odpadové hospodářství. Skriptum, JU v Č. Budějovicích.**  
**Beneš B., 1999: Praktická příručka odpadového hospodářství. Dashöfer Verlag, Praha.**  
**Sborník z II. mezinárodní konference 2006 "Biologicky rozložitelné odpady", ZERA, Náměšť nad Oslavou.**  
**Kolář L., 1999: Hygiena půd. Skriptum JU, Č. Budějovice.**  
**Čížek Z., 1993: Hodnocení a kategorizace odpadů. BIJO, Praha.**  
**Čížek Z., 1993: Fyzikálně-chemická úprava odpadů. BIJO, Praha.**  
**Vavřincová J., 1993: Termické zneškodňování odpadů. BIJO, Praha.**  
**Váchalová R., 2012: Aerobní zpracování biomasy. Skriptum JU, Č. Budějovice.**

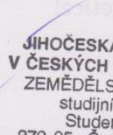
Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.**  
Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Datum zadání bakalářské práce: **15. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2013**

  
Ing. Karel Suchý, Ph.D.

proděkan pověřený vedením ZF

  
JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

prof. Ing. Jan, st. Moudrý, CSc.

vedoucí katedry

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Písku, 11. 3. 2013

Jindřich Velek

## **Abstrakt:**

Tato bakalářská práce se zabývá odpadovým hospodářstvím v ČR, zejména skládkováním odpadů. Popisuje skládky odpadů, jejich technické řešení a způsoby ukládání odpadů. Dále se zmiňuje o důležité legislativě v oblasti odpadového hospodářství v ČR a snaží se poukázat na materiálové či energetické využití odpadů, které předchází jeho ukládání na skládky.

Recyklace je důležitá z důvodu množství ukládaného odpadu na skládky a je žádoucí společně s využitím odpadu, jako jsou možnosti kompostování a anaerobní digesce. V případě velkých skládek uvádí možnosti využití skládkových plynů unikajících z tělesa skládky pomocí kogeneračních jednotek.

Práce poukazuje na současnou úroveň skládkování odpadů v ČR a její perspektivu v dalších letech.

**Klíčová slova:** odpadové hospodářství, skládkování, skládky odpadů, recyklace, kompostování, anaerobní digesce

## **Abstract:**

This bachelor thesis deals with waste management in the Czech Republic, especially landfilling. Different types of landfills, their technical aspects and methods of depositing waste are described. The thesis also describes the main legislation concerning waste management in the Czech Republic and tries to point out material and energetic use of waste before landfilling.

Recycling is considered to be important because it decreases the amount of waste stored in landfills. Composting and anaerobic digestion are the other methods of disposal. The thesis also describes the possibilities of usage of the landfill gasses with the help of cogeneration units.

The thesis refers to current level of waste landfilling in the Czech Republic and predicts the future development.

**Key words:** waste management, landfilling, landfills, recycling, composting, anaerobic digestion

# OBSAH

1. ÚVOD.....	8
2. CÍL A METODIKA PRÁCE .....	9
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	10
3.1 Legislativa ČR .....	10
3.1.1 Zákony odpadového hospodářství .....	10
3.1.2 Další právní předpisy .....	11
3.1.3 Plán odpadového hospodářství ČR .....	12
3.2 Technologie a způsoby skládkování odpadů v ČR .....	13
3.2.1 Rozdělení druhů skládek.....	14
3.2.2 Skupiny skládek a úprava odpadů.....	15
3.2.3 Odpady se zákazem skládkování .....	18
3.2.4 Plánování, provoz a zabezpečení skládek .....	19
3.2.4.1 Výběr lokality a budování skládky .....	21
3.2.4.2 Těsnění, odvodnění, odplynění a monitoring skládky .....	22
3.2.4.3 Stroje na skládkách .....	25
3.2.4.4 Uzavírání a rekultivace skládek, finanční rezerva .....	26
3.2.5 Využití skládkových plynů .....	27
3.2.6 Procesy probíhající na skládkách .....	28
3.2.7 Vyluhovatelnost odpadů .....	29
3.2.8 Vliv skládek na okolí .....	30
3.3 Možnosti a způsoby využití odpadu vzhledem ke skládkování .....	31
3.3.1 Materiálové využití odpadů .....	32
3.3.1.1 Recyklace odpadů.....	32
3.3.1.2 Recyklace hlavních druhů odpadů.....	33
3.3.2 Využití biodegr. složky z komunálního odpadu v zem. a energetice.....	35
3.3.2.1 Kompostování .....	36
3.3.2.2 Anaerobní digesce.....	39
4. DISKUSE.....	42
4.1 Posouzení stavu skládkování a perspektivy v ČR.....	42
4.2 Výhody a nevýhody využití odpadů .....	45
5. ZÁVĚR .....	50
6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ.....	52
7. PŘÍLOHY - TABULKY.....	54

## 1. ÚVOD

Veškerá výrobní i nevýrobní činnost dnešní společnosti je doprovázena vznikem odpadů, z nichž část má vlastnosti odpadů nebezpečných. Otázka jejich odstranění a racionálního využití představuje dnes proto prvořadý úkol z hlediska ochrany životního prostředí i z hlediska ekonomického. Teoreticky by skutečný odpad vlastně ani neměl existovat. U většiny známých výrob i spotřebních postupů vznikají vedlejší produkty. Pokud výrobce nebo společnost neumí tyto vedlejší produkty dále zpracovat, tedy zařadit do koloběhu společenské prospěšnosti, nazývá je odpadem (KURAŠ et al., 2008).

S ohledem na vzrůstající objem odpadů produkovaných celou společností je v současnosti velkým problémem, jak likvidovat odpady s co nejmenším negativním dopadem na životní prostředí. Je samozřejmé, že velice významným aspektem likvidace odpadů je možnost jejich následného využití bez nevratného uložení na skládku, tedy jejich recyklace (MALAŤÁK a VACULÍK, 2008).

Životní cyklus každého výrobku by měl končit ve formě využitelného odpadu nebo druhotné suroviny přeměnitelné na jiný výrobek. Na koncepčním řešení životního cyklu výrobku od dodávky materiálu až do recyklace odpadu závisí množství vznikajících odpadů. Dnes usilujeme o máloodpadové technologie, v budoucnosti budou realizovány uzavřené technologické cykly, kde budou odpady recyklovány a vráceny do výroby (VÁŇA et al., 2009).

Významným opatřením je postupné snižování množství biologicky rozložitelných odpadů ukládaných na skládky a nakládání s těmito odpady jiným způsobem podle Směrnice EU 99/31/EC „o skládkování odpadů“ (ALTMANN et al., 2010).



## **2. CÍL A METODIKA PRÁCE**

Cílem práce je posouzení současného stavu a úrovně zpracování odpadů v ČR, kde hlavní částí jak nakládat s odpady je skládkování a poukázání na důvody skládkování a možné řešení tohoto problému. Tudíž, žádoucí perspektiva je odstoupení od tohoto způsobu likvidace odpadů.

Současně je cílem práce posoudit možnosti recyklace hlavních druhů odpadů, nastínit ekonomickou výhodnost recyklace a odhadnout úspory, které by vedly k likvidaci skládkování odpadů.

V práci se chce dále věnovat možnosti izolace biodegradabilní složky z komunálních odpadů a využití jejího obsahu uhlíku v zemědělství a v energetice.

Jako metodika práce je studium literatury a literárních rešerší s doplněním statistických údajů Ministerstva životního prostředí.

## **3. LITERÁRNÍ REŠERŠE**

### **3.1 *Legislativa ČR***

V České republice je legislativa odpadového hospodářství řešena zákony, vyhláškami a nařízenými, které jsou také ovlivňovány především předpisy Evropské unie, jejímž členem jsme od roku 2004. V podstatě nejdůležitějším právním předpisem v oblasti odpadového hospodářství u nás je zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech. Nicméně, do problému řešících odpadové hospodářství též zasahují a aplikují se i jiné zákony, které souvisí s životním prostředím. Veškerá legislativa týkající se odpadového hospodářství je dostupná na webových stránkách Ministerstva životního prostředí.

#### **3.1.1 *Zákony odpadového hospodářství***

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech stanovuje pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje, dále stanovuje práva a povinnosti osob a působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství. Tento zákon byl již několikrát novelizován, ale stále je nedokonalý a nezahrnuje celé odpadové hospodářství v ČR. Zákon definuje, že odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu.

Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech udává jak chránit životní prostředí předcházením vzniku odpadů z obalů a nakládání s nimi. Dle zákona se rozumí, že obalem je výrobek zhotovený z materiálu jakékoliv povahy a určený k pojmání, ochraně, manipulaci, dodávce, popřípadě prezentaci výrobku nebo výrobků určených spotřebiteli nebo jinému konečnému uživateli.

### **3.1.2 Další právní předpisy**

Jako další právní předpisy jsou vyhlášky, které zahrnují podrobnosti o nakládání s konkrétními odpady v ČR. Zejména řeší podmínky ukládání odpadů na skládkách, stanoví Katalog odpadů, uvádí podrobnosti o nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a další.

Vyhláška č. 116/2002 Sb., obchodu o způsobu označování vratných zálohovaných obalů.

Vyhláška č. 237/2002 Sb., o podrobnostech způsobu provedení zpětného odběru některých výrobků.

Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

Vyhláška č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

Vyhláška č. 351/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 352/2005 Sb., o podrobnostech nakládání s elektrozařízeními a elektroodpady a o bližších podmínkách financování nakládání s nimi.

Vyhláška č. 352/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady z autovraků, vybraných autovraků, o způsobu vedení jejich evidence a evidence odpadů vznikajících v zařízeních ke sběru a zpracování autovraků a o informačním systému sledování toků vybraných autovraků.

Vyhláška č. 353/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 237/2002 Sb., o podrobnostech způsobu provedení zpětného odběru některých výrobků, ve znění vyhlášky č. 505/2004 Sb., a vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 374/2008 Sb., o přepravě odpadů a o změně vyhlášky č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování

souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů.

Vyhláška č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů.

Vyhláška č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě.

Vyhláška č. 383/2001 Sb., o bateriích a akumulátorech a o změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

Vyhláška č. 384/2001 Sb., o nakládání s polychlorovanými bifenyly, polychlorovanými terfenyly, monometyltetrachlorodifenylmetanem, monometyldichlorodifenylmetanem, monometyldibromdifenylmetanem a veškerými směsmi obsahujícími kteroukoliv z těchto látek v koncentraci větší než 60 mg/kg (o nakládání s PCB).

Vyhláška č. 641/2004 Sb., o rozsahu a způsobu vedení evidence obalů a ohlašování údajů z této evidence.

Nedílnou součástí legislativy v ČR jsou také nařízení vlády.

Nařízení vlády č. 111/2002 Sb., kterým se stanoví výše zálohy pro vybrané druhy vratných zálohovaných obalů.

Nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky (viz. bod č. 3.1.3).

### **3.1.3 Plán odpadového hospodářství ČR**

Nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky vyhlašuje Plán odpadového hospodářství České republiky, uvedený v příloze nařízení a stanovuje jeho platnost na dobu 10 let a to od 1. července 2003.

Toto nařízení má za cíle snižovat měrnou produkci odpadů, maximálně využít odpad a minimalizovat negativní vliv na životní prostředí. Dále snížit měrnou produkci nebezpečných odpadů o 20 % do roku 2010 ve srovnání s rokem 2000

s předpokladem dalšího snižování. Udává zásady pro nakládání s vybranými odpady s časovými horizonty a procentuelním množstvím a navrhuje vytvoření jednotné a přiměřené sítě zařízení k nakládání s odpady v dané lokalitě či určitém území. Zabývá se též zásadami pro rozhodování ve věcech dovozu a vývozu odpadů, stanovuje pro dosažení cíle procentuelní využití všech recyklovatelných odpadů na 55 % do roku 2012, snížit hmotnostní podíl odpadů ukládaných na skládky o 20 % do roku 2010 ve srovnání s rokem 2000 a s výhledem dalšího postupného snižování a snížit maximální množství biologicky rozložitelných komunálních odpadů ukládaných na skládky tak, aby podíl této složky činil v roce 2010 nejvíce 75 % hmotnostních, v roce 2013 nejvíce 50 % hmotnostních a výhledově v roce 2020 nejvíce 35 % hmotnostních z celkového množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu vzniklého v roce 1995.

### **3.2 Technologie a způsoby skládkování odpadů v ČR**

Skládkování je způsob odstraňování odpadů, při kterém jsou odpady zaváženy plánovitě na skládku, hutněny, pravidelně překrývány interním materiálem. V České republice se skládkováním dosud odstraňuje převážná část odpadů, i když se postupně rozšiřují jiné technologie pro odstraňování odpadů, včetně recyklace či regenerace některých složek odpadů. Přesto, že se skládkování považuje za nejméně žádoucí formu odstraňování odpadů, počítá se s tím, že i v blízké budoucnosti u nás zůstane nejrozšířenějším způsobem jejich odstraňování (po jejich nezbytné úpravě), pokud se výrazně nezvýší náklady na skládkování (KURAŠ et al., 2008).

Přestože se výhledově předpokládá značný pokles množství skládkovaných odpadů, je třeba počítat s tím, že určité množství odpadů se bude na skládkách ukládat vždy. Přitom veškeré skládky musí být řízeny a není dále možné připouštět skládky divoké. Moderní skládky jsou vlastně náročnými stavbami a musí splňovat taková opatření, která by zabránila ohrožování životního prostředí (KOLÁŘ a KUŽEL, 2000).

Na skládky je třeba ukládat odpady stabilizované, mineralizované (popel ze spaloven, odpad z mechanicko-biologické úpravy odpadů). Skládky odpadů je vodohospodářsky zabezpečenou stavbou, která by po naplnění a následné péči měla splynout s krajinou a neměla by představovat ekologickou zátěž (VÁŇA et al., 2009).

### 3.2.1 Rozdělení druhů skládek

Skládky dělíme na řízené, to jsou legální, zabezpečené skládky a na neřízené, které jsou černé či divoké skládky.

Řízená skládka, jak uvádí KOLÁŘ a KUŽEL (2000), je technické zařízení určené k ukládání určitých druhů odpadů za daných technických a provozních podmínek a při průběžné kontrole jejich vlivu na životní prostředí. Každá řízená skládka musí být vybavena:

- dokonalým těsnícím systémem či jinými bariérami oddělující skládku od okolního prostředí,
- drenážním systémem a zařízením na zneškodňování odvedených škodlivin,
- zařízením na jímání skládkového plynu, pokud plyn na skládce vzniká,
- zařízením na příjem, hutnění a ošetření odpadu.

Černá skládka je nelegální uložení odpadů. Z nezabezpečené černé skládky mohou unikat škodlivé či jedovaté látky do ovzduší, půdy i vody a může tak vážně poškozovat lokální ekosystém a ohrožovat např. zdroje pitné vody pro místní obyvatelstvo (ANONYM, 2012).

Rozdělení skládek odpadů, jak uvádí JUNGA (2009) se dělí dle vztahu tělesa skládky k úrovni terénu (podúrovňové-svahové, nadúrovňové-násypové, podzemní-kombinované), dle ochrany před srážkami (otevřené, zastřešené), dle uložení odpadu (jednopruhové, vícepruhové, sdužené) a podle časového hlediska (připravované, provozované, s přerušenou činností).

VÁŇA et al. (2009) popisují rozdělení druhů skládek tímto způsobem.

- Skládky interních odpadů, které slouží k ukládání odpadů s nízkým obsahem škodlivin. Vodohospodářské zabezpečení těchto skládek je menší, zpravidla chybí těsnění a odvod průsakové vody. Na interních skládkách nevznikají plynné emise. Na skládkách tohoto typu skládkujeme stavební sutě, sádrové odpady, kamenný prach aj.
- Reakční skládky slouží k ukládání komunálních a jim podobných odpadů. Tyto skládky musí být vodohospodářsky zabezpečeny a skládkový plyn musí být jímán a zpravidla zužitkován.
- Svahové skládky – u tohoto tvaru skládek se využívá přírodní úbočí. Minerální a fóliové těsnění skládky se provede jak na dně, tak i ve svazích

skládky. V případě svahu se sklonem větším než 1:2 může být v místě svahu provedeno jen jednoduché těsnění.

- Násypové skládky – dno skládky je obklopeno přirozenými nebo uměle vybudovanými hrázemi ze stabilního materiálu a šířka koruny hráze je minimálně 2 m. Podkladové těsnění skládky se provádí na vnitřní straně až ke koruně hráze. Násypové skládky mohou být nadúrovňové a podúrovňové.
- Zastřešené skládky (některé skládky nebezpečných odpadů).

### **3.2.2 Skupiny skládek a úprava odpadů**

Vyhláška č. 294/2005 Sb., dělí skládky podle technického zabezpečení na skupiny.

- a) Skupina S-interní odpad – určená pro interní odpady. Pro účely evidence a ohlašování odpadů a zařízení se této skládky této skupiny označují S-IO. Interní odpad vyhláška definuje jako odpad, který nemá nebezpečné vlastnosti a u něhož za normálních klimatických podmínek nedochází k žádným významným fyzikálním, chemickým nebo biologickým změnám. Interní odpad nehoří ani jinak chemicky či fyzikálně nereaguje, nepodléhá biologickému rozkladu ani nezpůsobuje rozklad jiných látek, s nimiž přichází do styku, a to způsobem ohrožujícím lidské zdraví a ohrožujícím nebo poškozujícím životní prostředí nebo vedoucím k překročení limitů znečišťování stanovených zvláštními právními předpisy. Směsné odpady se nepovažují za odpad interní.
- b) Skupina S-ostatní odpad – určená pro odpady kategorie ostatní odpad. Pro účely evidence a ohlašování odpadů a zařízení se tyto skládky označují S-OO. Tato skupina se dále dělí na podskupiny:
  1. S-OO1 – skládka nebo sektory skládek určené pro ukládání odpadů kategorie ostatní odpad s nízkým obsahem organických biologicky rozložitelných látek a azbestu za stanovených podmínek. Obsah TOC v sušině odpadu nesmí překročit 5%. Při překročení této nejvýše přístupné hodnoty lze odpad považovat za vyhovující kritérium pro příjem v případě, že je hodnota DOC  $\leq$  80 mg/l. Obsah TOC v sušině odpadu stabilizovaného fyzikálně-chemickou úpravou se nezjišťuje.

2. S-OO2 – podle čl. II vyhlášky č. 61/2010 Sb., se od 1. dubna 2012 považují za skládky podskupiny S-OO1.
  3. S-OO3 – skládky nebo sektory skládek určené pro ukládání odpadů kategorie ostatní odpad včetně odpadů s podstatným obsahem organických biologicky rozložitelných látek, odpadů, které nelze hodnotit na základě jejich vodného výluhu, a odpadů z azbestu za stanovených podmínek. Na tyto skládky nebo sektory nesmějí být ukládány odpady na bázi sádry.
- c) Skupina S-nebezpečný odpad – určená pro nebezpečné odpady. Pro účely evidence a ohlašování odpadů a zařízení se skládky této skupiny označují S-NO.

Základním cílem odpadového hospodářství ve vztahu ke skládkování, jak uvádí BENEŠ (1999), je minimalizace množství odpadů ukládaných na skládky. Toho je dosahováno mimo jiné i vytříděním využitelných složek před ukládáním a také snižováním nebezpečných vlastností odpadu.

Na skládky, jak uvádí VÁŇA et al. (2009), je možné ukládat pouze upravené odpady. Tato podmínka se nevztahuje na odpad interní, pro který je úprava technicky neproveditelná a na odpad u kterého ani úpravou nelze dosáhnout snížení jeho objemu snížení, případně odstranění jeho nebezpečných vlastností.

Vyhláška č. 294/05 Sb., v příloze č. 6, definuje způsoby a postupy, které se považují za úpravu odpadů před jejich uložením na skládku, takto:

Biologickou úpravou (D8) – řízené působení biologicky aktivní složky na odpad za účelem změny vlastností odpadu.

### **Biodegradace:**

Mezi metodami uvažovanými pro rozklad nebezpečných odpadů patří použití živých organismů nebo jejich produktů umožňujících detoxikovat nebo rozložit nebezpečné chemikálie procesem zvaným biodegradace. K moderním technikám biodegradace patří vývoj mikroorganismů specifickými pro degradaci nebezpečných odpadů, jako jsou např. chlorované uhlovodíky. Další možností je zvyšování aktivity přírodně se vyskytujících mikroorganismů, při kterých se kontaminovaná oblast



může dekontaminovat vlastními prostředky po řízeném zásahu optimalizujícím biodegradační proces (KOLÁŘ a KUŽEL, 2000).

*Fyzikálně-chemická úprava (D9)* – např. odpařování, sušení, kalcinace, změna pH, odvodnění, filtrace, změna chemického složení, srážení, solidifikace, enkapsulace, vitrifikace, bitumenace, zatavení do síry, kombinace postupů atd.

#### **Solidifikace:**

ALEXA (1993) uvádí, že solidifikace je založena na zpevnění odpadu, který má původně skupenství plynné, kapalné nebo pevné pomoci matrice vytvořené anorganickou nebo organickou interní látkou. Je to tedy proces, kdy se do formy bloků nebo zrn makroskopické velikosti převádí roztok, suspenze, plyn absorbovaný na vhodném sorbentu nebo jemně zrněná pevná látka. VACEK (1993) dále doplňuje, že účelem je odpad před uložením upravit tak, aby bylo co nejdůkladněji a trvale zabráněno vyplavováním nebezpečných složek do životního prostředí.

#### **Vitrifikace:**

ŠVÁCHA (1993) popisuje, že vitrifikace je jinými slovy zesklnění a jejím produktem je sklo, skelná hmota, která dále nezatěžuje životní prostředí, protože skelná hmota je vysoce rezistentní, nevyluhovatelná a toxicky zcela bezpečná. Dále KOLÁŘ a KUŽEL (2000) doplňují, že vitrifikace je zatím nejdokonalejší postup solidifikace radioaktivních odpadů.

#### **Enkapsulace:**

KOLÁŘ a KUŽEL (2000) uvádí, že enkapsulace je solidifikace, kdy složky odpadu nejsou schopny vytvářet sloučeniny nebo se mísit se solidifikujícím médiem, ale solidifikující médium obaluje malé částičky odpadu a tím je izoluje od životního prostředí. Příkladem může být i zavařování odpadu určité velikosti do obalů z termoplastů.

#### **Bitumenace:**

Tato úprava se provádí pouze u odvodněných odpadů za zvýšených teplot, většinou s běžnými asfaltovými směsmi. Vzniklý produkt (s povoleným obsahem škodlivin) je možno použít i jako izolační hmotu nebo podložené koberce a jiné konstrukční vrstvy komunikací. Při bitumenaci vzniká produkt velmi odolný proti vyluhování vodou (VÁŇA et al., 2009). KOLÁŘ a KUŽEL (2000) dodávají, že v ČR

je bitumenace považována za základní metodu solidifikace radioaktivních odpadů z provozu jaderných elektráren. Je komplikovanější a nákladnější než cementace, ale produkt je výrazně odolnější vůči vyluhování (asi o tři řády).

Úprava složení odpadů (D13) – třídění odpadu za účelem využití vytríděné složky různým způsobem, přičemž nejméně jedna vytríděná složka je odstraňována uložením na skládku.

Jiné způsoby úpravy odpadů (D14) – např. balení odpadů do speciálních kontejnerů.

BENEŠ (1999) uvádí, že odpady lze ukládat na skládky i v uzavřených kontejnerech nebo nádobách dostatečně odolných vůči mechanickému poškození, které svým provedením musí nahrazovat další technickou bariéru skládky. Kontejnery a nádoby se vždy umísťují do zvlášť vyčleněného prostoru, samostatně sledovaného a monitorovaného.

### **3.2.3 Odpady se zákazem skládkování**

Vyhláška č. 294/2005 Sb., v příloze č. 5 stanoví. Seznam odpadů, které je zakázáno ukládat na skládky všech skupin a používat jako technologický materiál nebo využívat na povrchu terénu:

- odpad vznikající z výrobků podléhajících povinnosti zpětného odběru,
- kapalný odpad a odpad, který sedimentací uvolňuje kapalnou fázi,
- nebezpečné odpady, které mají některou z následujících nebezpečných vlastností: výbušnost, vysoká hořlavost, oxidační schopnost, schopnost uvolňovat vysoce toxické nebo toxické plyny ve styku s vodou, vzduchem nebo kyselinami nebo infekčnost,
- odpady, které prudce reagují při styku s vodou,
- odpady chemických a biologických látek vznikajících při výzkumné, vývojové nebo výukové činnosti, jejichž totožnost nebyla zjištěna anebo jsou nové, a jejichž účinky na člověka nebo životní prostředí nejsou známy,
- veškerá léčiva, návykové látky a přípravky, makovina a prekursori drog,
- biocidy (pesticidy),
- odpady silně zapáchající,

- odpady (nádoby a zařízení) s obsahem plynu pod tlakem rozdílným od tlaku atmosférického,
- odpady, u nichž míra obsahu radionuklidů nebo znečištění jimi neumožňuje jejich uvádění do životního prostředí,
- kyselé a hydrolyze podléhající odpady z výroby oxidu titaničitého.

Odpady, které lze na skládky ukládat jen za určitých podmínek:

- využitelné odpady pouze v souladu s Plánem odpadového hospodářství kraje a vyříděné využitelné složky komunálního odpadu (papír, sklo, plast, kovy a nápojové kartony),
- neupravené odpady jen tehdy, jedná-li se o odpady interní, pro které je úprava technicky neproveditelná, a odpady, u nichž nelze ani úpravou dosáhnout snížení jejich objemu nebo snížení nebo odstranění jejich nebezpečných vlastností,
- pneumatiky pouze, jsou-li používány jako technologický materiál pro technické zabezpečení a uzavírání skládky v souladu s provozním řádem skládky,
- biologicky rozložitelné odpady pouze, jedná-li se o biologicky rozložitelné složky obsažené v komunálním odpadu (skupiny 20 Katalogu odpadů), pro něž je harmonogram postupného omezování jejich ukládání na skládky stanoven v bodě 7 přílohy č. 4 k této vyhlášce,
- odpady perzistentních organických znečišťujících látek pouze za podmínek stanovených přímo použitelným předpisem Evropského společenství.

### **3.2.4 Plánování, provoz a zabezpečení skládek**

Vyhláška č. 294/2005 Sb., stanoví, že technické požadavky na skládky odpadů včetně podmínek pro jejich umístění, technické zabezpečení provozu skládek, těsnění, monitorování a podmínek jejich uzavření a rekultivace se pokládají za splněné, odpovídají-li technickým normám ČSN 83 8030 Skládání odpadů - Základní podmínky pro navrhování a výstavbu skládek, ČSN 83 8032 Skládání odpadů - Těsnění skládek, ČSN 83 8033 Skládání odpadů - Nakládání s průsakovými vodami ze skládek, ČSN 83 8034 Skládání odpadů - odplynění

skládek, ČSN 83 8035 Skládání odpadů - Uzavírání a rekultivace skládek a ČSN 83 8036 Skládání odpadů - Monitorování skládek.

Výstavbě skládky, stejně jako i jiných velkých zařízení na odstraňování odpadů, předchází poměrně komplikovaný schvalovací proces přesně vymezený zákony č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí (tzv. EIA), č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečišťování (tzv. IPPC), a č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, v platném znění, po jehož úspěšném zvládnutí může investor získat stavební povolení (KURAŠ et al., 2008).

KOLÁŘ a KUŽEL (2000) dodávají, že projekt skládky musí zahrnovat i podmínky a způsoby její rekultivace a území, ze kterého je organizován svoz odpadů na danou skládku, se nazývá svozovou oblastí. Dále VÁŇA et al. (2009) dodávají, že součástí skládkového areálu může být kompostárna bioodpadů, případně i sběrný dvůr.

Provozovatel skládky je povinen v provozním řádu skládky určit seznam odpadů, které lze na skládce ukládat, a zajistit, aby na skládku nebyly ukládány jiné odpady než uvedené v provozním řádu. V zařízení nesmí být zneškodňovány odpady neuvedené v provozním řádu a nad rámec technologických možností zařízení. Skládka musí být označena informační tabulí čitelnou z veřejného prostranství, na níž jsou uvedeny následující informace: název zařízení, jméno vlastníka a provozovatele, název orgánu státní správy vydávajícího souhlas s provozem zařízení, provozní dobu a telefonické spojení a jméno odpovědného pracovníka. Minimální rozsah údajů, které musí obsahovat provozní řád skládky, určuje TNO 83 8039 *Skládání odpadů – provozní řád skládky* (BENEŠ, 1999).

Dále BENEŠ (1999) uvádí, že součástí zařízení je nejen vlastní technologie nakládání s odpady, ale i doprovodná zařízení, včetně manipulačních a skladovacích ploch. Skládky musí být vybaveny zejména manipulačním prostorem pro fyzické převzetí přivážených odpadů, provozním a sociálním objektem a zařízením na kontrolu hmotnosti odpadů. Zařízení musí být provozováno a vybaveno tak, aby nedocházelo ke znečišťování přístupových cest a okolí. Skládka musí být technicky a organizačně zajištěna proti vstupu nepovolaných osob a nezákonnému využívání.

Skládky přijímající odpad od více původců (s výjimkou skládek odpadu z obcí), musí mít zajištěnou možnost kontrolního rozboru vzorků ukládaného odpadu.

#### **3.2.4.1 Výběr lokality a budování skládky**

Umístění skládky musí být v souladu se schválenou územně plánovací dokumentací. Součástí je i návrh pásma hygienické ochrany. Lokalita skládky musí vyhovovat požadavkům kladeným na geologické podloží s ohledem na skupinu skládek. Z hlediska ochrany krajiny by měla být skládka situována s ohledem na konfiguraci okolního terénu. Reliéf terénu a geologického podloží skládky je důležitým faktorem z hlediska hydrologického a hydrogeologického. Významná je i dopravní dostupnost skládky pro zájmové skupiny producentů odpadů a z provozního hlediska i klimatické podmínky na lokalitě (BENEŠ, 1999). VÁŇA et al. (2009) uvádí, že hlavním kritériem klasifikace lokality skládky je stupeň propustnosti jejího úložiště. KIZLINK (2007) doplňuje, že skládka se umisťuje pouze do neseizmické oblasti.

KOLÁŘ a KUŽEL (2000) uvádí, že ekonomicky výhodnější jsou velkorozměrné skládky, protože investiční náklady na zakládání skládky je možno rozložit na větší objemy zneškodňovaného materiálu. Tím se sníží měrný náklad na uloženou jednotku odpadu, lépe se využije dané lokality a dosáhne lepšího využití provozní mechanizace.

Budování skládky začíná přípravou terénu, skrývkou orníčních a podorníčních vrstev a úpravou podloží skládky, které vznikne po vyhloubení terénu do požadovaných hloubek a profilů. Plocha vrchní části podloží stabilizovaná zhutněním na odpovídající výškové kvótě se nazývá základovou spárou. Výšková úprava podloží je často přizpůsobena sklonu terénu a nejnižší místo se zpravidla nalézá v rohu úložiště. Ornice se deponuje pro rekultivační účely, ostatní vytěžená zemina slouží pro zřízení násypů – hrází (VÁŇA et al., 2009).

### 3.2.4.2 Těsnění, odvodnění, odplynění a monitoring skládky

#### Těsnění skládky

Skládka se obvykle skládá z betonové vany ve tvaru lichoběžníku, která je pokryta vrstvou smoly, téru nebo také bitumenu. Tato vrstva je potom pokryta plastovou folií, obvykle PP nebo PES, která je vyvedena až mimo vanu. Pro tento účel se nyní vyrábí tyto speciální folie z plastů označeny jako „geopolymery“. Po naplnění vany odpadem se folie překryje přes odpad a tepelně zavaří, čímž se odpad dostane do uzavřeného prostoru. Vršek vany se potom zalije smolou, térem nebo bitumenem a celá vana se zalije betonem, čímž vznikne kompaktní a uzavřený prostor, ale s vyvedenými průchody pro odplynění. Nakonec se na beton navozí zemina (min. 50 cm), (KIZLINK, 2007).

VÁŇA et al. (2009) uvádí, že minerální těsnění skládky je uměle vybudovaná těsnící bariéra, která se skládá z jedné nebo více vrstev ztuhlého jílového materiálu. Podle třídy skládky sestává minerální těsnění z více vrstev o tloušťce nejvíce 20 cm, přičemž horní vrstva těsnění nesmí obsahovat žádná zrna s ostrými hranami a velikost zrna nesmí přesahovat průměr 20 mm. Z přírodních těsnících materiálů vyhovují nízkou propustností pouze jílovité zeminy. V případě absence těchto zemín se pro snížení propustnosti používají i přísady, zejména práškové vodní sklo. Součinitel filtrace minerálního těsnění skládky odpadů musí vykazovat hodnotu  $k \leq 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Na poslední vrstvu minerálního těsnění se pokládá těsnící folie z polyethylenu vysoké hustoty (PE-HD) s tloušťkou 2,5 mm. Životnost tohoto bezpečnostního plastu musí být delší než doba aktivity skládky. PE-HD se vyznačuje vysokou mechanickou stálostí (pevnost v tahu a průrazu). Vynikající je chemická stálost, zejména při kontaktu s chlorovanými uhlovodíky. Kombinované těsnění z PE-HD tloušťky 2,5 mm a 60 cm jílového těsnění vytváří pro chlorované uhlovodíky nepropustnou bariéru. Pro těsnění skládek se používají těsnící pásy v šířce minimálně 5 m, což umožňuje snížit celkovou délku nutných svárů na minimum. Na svazích se používají těsnící pásy s výčnělky a mřížkami, aby se zabránilo posuvu těsnění ve svahu. Svařování těsnících pásů mohou provádět pouze atestovaní svářeči a mohou být přitom používány pouze přípustné metody: svařování pomocí horkého klínu, svařování extruzní a svařování horkým plynem. Ke každému sváru se vyhotovuje seřizovací protokol a každý svár musí být podroben zkoušce těsnosti. V těsnícím systému se k ochraně těsnících pásů může používat rounová

geotextilie z polypropylenu s plošnou hmotností  $1200 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  a s obsahem stabilizačních přísad proti ultrafialovému záření. Taková textilie se nebude stářím rozpadat.

### Odvodnění skládky

Srážkovou vodu prosakující odpadem je ze skládky nutné odstraňovat. Těsnící pásy na dně a bočních stěnách skládky vytvářejí vodotěsnou vanu. Na dně skládky je nutné vybudovat odvodňovací systém, kterým se průsakové vody dostanou do jímky. Odvodňovací systém skládky je komplikovaný tím, že v průběhu plnění skládky se kromě průsakových vod vyskytují srážkové vody a nakládání s těmito vodami je výhodné provádět odděleně. Odvodňovací systém skládky zpravidla tvoří:

- plošný drén
- odvodňovací stružka
- svodný drén
- šachty sběrného drénu
- sběrný drén
- jímka průsakových vod
- jímka dešťových vod

Plošný drén je filtračně stabilní a vodopropustná vrstva o tloušťce  $\geq 30 \text{ cm}$  z praného štěrkopísku, kterým je pokryto dno a svahy skládky. Štěrku musí obsahovat oblá zrna o průměru  $16 - 45 \text{ mm}$ . Podíl vápence ve štěrku nesmí být vyšší než  $30 \%$  hmotnosti. Koeficient propustnosti plošného drénu skládek odpadů nesmí klesnout pod hodnotu  $10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Průsaková voda se ve štěrkové vrstvě shromažďuje a vlnovitě upraveným dnem stéká do úžlabí ke svodovému drénu. Štěrkopísek má ve skládce i statickou opěrnou funkci při zachycení plošného zatížení způsobeného ukládáním odpadů. Pro zachycení a vedení průsakové vody ven z tělesa skládky jsou určeny trubkové drény z PE-HD tlakových rour jmenovitého průměru  $200 - 250 \text{ mm}$  a tloušťce stěn  $18,2 - 22,8 \text{ mm}$ . Roury se ukládají do plošného drénu s nejmenším spádem  $2 \%$ . Používají se roury perforované se štěrbinovými nebo kulatými otvory o celkové vstupní ploše pro vodu  $100 \text{ cm}^2$  na  $1 \text{ m}$  délky. Sběrný drén je nutné uložit tak, aby perforovaná část roury byla nahoře. Ve spodní části musí být neperforovaná část. Odvodňovací systém se proplachuje vodou nejméně dvakrát ročně a jednou ročně se kontroluje kamerou. Perforované roury tvoří drenážní systém pouze

v prostoru skládky. Za svahem hráze pokračuje systém neperforovanými rourami a svodnou šachtou hlavního sběrače a odvodu do jímek. V sekcích, kde je odpad již ukládán, odchází znečištěná průsaková voda postupně do jímky průsakových vod. Dešťová voda z prostoru sekcí, kde se odpad neskládkuje, odchází do jímky dešťových vod. Každá sekce skládky má svou vlastní sběrnou šachtu a od každé šachty je vedeno potrubí jak pro průsakovou vodu, tak i pro srážkovou vodu. Zadržování průsakové vody uvnitř tělesa skládky je nepřijatelné. Jímka průsakových vod je v areálu skládky, ale mimo násypový prostor. Jímky mohou být otevřené nebo uzavřené (VÁŇA et al., 2009).

### Odplynění skládky

Způsoby odplynění se dělí do dvou skupin – pasivní a aktivní, umožňující odčerpávání vznikajícího plynu z tělesa skládky. Plyn čerpaný ze skládky se podle kvality, která je dána obsahem methanu (20-66 %), využívá energeticky v kogenerační jednotce nebo se jako jalový spaluje přímo v hořáku (KURAŠ et al., 2008). Aktivní způsob vytěsnění skládkového plynu je cca 5krát účinnější, dodávají VÁŇA et al. (2009).

Skládkový plyn může být získáván odplyněním vertikálním, horizontálním a kombinovaným. Tyto systémy je možno rozdělit též podle doby výstavby. Systémy se většinou budují průběžně se zakládáním skládky, což vyžaduje neustálou pozornost, aby nedošlo k poškození těchto systémů. Často se tyto systémy tvoří až po uzavření nebo i v průběhu rekultivace skládky jako vertikální vrty o průměru 60 – 110 cm, do kterých se spouští perforované roury PE-HD o průměru 150 – 300 mm, které se ve vrtu obsypávají hrubým štěrkem. Tento vertikální systém je rizikový vzhledem k možnosti proražení izolace dna skládky. Horizontální odplynění skládky v průběhu plnění skládky se děje odváděním plynu přídatnými drenážními rovinami s vertikální vzdáleností 5 – 10 m. Rozteč potrubí v drenážní rovině bývá zpravidla 20 – 30 m. Vzhledem k sesedání tělesa bývá svodné drenážní potrubí ukládáno se spádem větším než 2 %. U navrženého spádu by mohl nastat průhyb potrubí, který by po zaplnění vodou znemožnil transfer plynu. Svodným potrubím se kromě plynů odvádějí i kondenzáty. Spád potrubí je opačný proti směru odsávaného plynu. Svodné odplyňovací potrubí se nedává přímo na štěrbinu drenáže, ale na pás geotextilie. V nejnižších místech svodného vedení se zabudovávají odvodňovače. Pasivní odplynění je zaústěno do biofiltrů nebo do spalovacích hořáků, případně do



hořáku zbytkového plynu (tzv. fléry). Biofiltr je zpravidla kontejnerový s dvojitým dnem, do kterého je zaústěno odplynění a realizován odvod kondenzátu. Při účinné biofiltraci by neměl plyn obsahovat významné množství methanu. Obdobný účinek vykazuje i spalování skládkového plynu na hořáku zbytkového plynu (někdy též pochodně). Spolehlivě lze v těchto zařízeních spalovat skládkový plyn o vyšším objemovém obsahu methanu než 30 % a vysokoteplotní pochodně efektivně zabezpečují splnění emisních limitů (VÁŇA et al., 2009). Aktivní odplynění skládek viz. bod 3.2.5 Využití skládkových plynů.

#### Monitoring skládky

Ke zvýšení bezpečnosti provozu skládky slouží monitorovací systém, který se zaměřuje na sledování kvality podzemních vod potenciálně ohrožených skládkou, kvality i kvantity výluhových vod ze skládky, kvality a kvantity skládkového plynu a sledování stability skládkového tělesa a jeho podloží, včetně neporušenosti fóliového těsnění minimálně po dobu, než je do skládky uložena alespoň dvoumetrová vrstva odpadu. Monitorování skládky je uloženo provozovateli zákonem po dobu minimálně 30 let (KURAŠ et al., 2008).

BENEŠ (1999) dodává, že pro každou skládku musí být předepsána opatření proti vzniku nadměrné prašnosti, zápachu a výskytu hmyzu. Dále musí být určen rozsah plochy pro denní ukládání odpadů, tak aby bylo možno tyto odpady v co nejkratší době zhutnit a překrýt vhodným materiálem. Rovněž musí být předepsána opatření proti nežádoucímu přemnožení obtížných živočichů a plevelů.

#### **3.2.4.3 Stroje na skládkách**

Nejčastěji používaným strojem pro hutnění skládky je čelní kolový nakladač, tzv. kompaktor. Díky své velké hmotnosti (cca 30 t) a vyvinutému velkému tlaku na jednotku plochy dokáže stlačit směsný komunální odpad z objemové hmotnosti 500-700 kg.m<sup>-3</sup> na 1000-1200 kg.m<sup>-3</sup>. Smyslem této úpravy je maximální využití kapacity skládkového tělesa, vytvoření optimálních anaerobních podmínek, zvýšení kapilarity a tím zvýšení schopnosti odpadů vázat vodu a snížení úletu lehkých frakcí odpadů za větrného počasí (KURAŠ et al., 2008).

VÁŇA et al. (2009) dodávají, že komprimované vrstvy o mocnosti cca 2 m se pokryjí podle provozního řádu vrstvou zabezpečujícího materiálu a větru vystavené skládky je nutné opatřit sítěmi o výšce cca 6 m proti úletu lehkých materiálů.

#### **3.2.4.4 Uzavírání a rekultivace skládek, finanční rezerva**

Po ukončení skládkování musí bezprostředně následovat úprava tvaru tělesa skládky, uzavření a rekultivace povrchu. Technologická zařízení vybudovaná pro provoz skládky (čerpací a kontrolní jímky, monitorovací vrty, čistící zařízení průsakových vod, jímání nebo odvětrávání skládkových plynů apod.) musí zůstat i po uzavření skládky v činnosti po dobu určenou v provozním řádu, který musí být pro provozování uzavřených skládek nově zpracován. Nakládání s průsakovými vodami pokračuje až do doby, kdy výsledky monitorování prokáží, že okolní prostředí nemůže být skládkovými vodami a skládkovým plynem znečišťováno (BENEŠ, 1999).

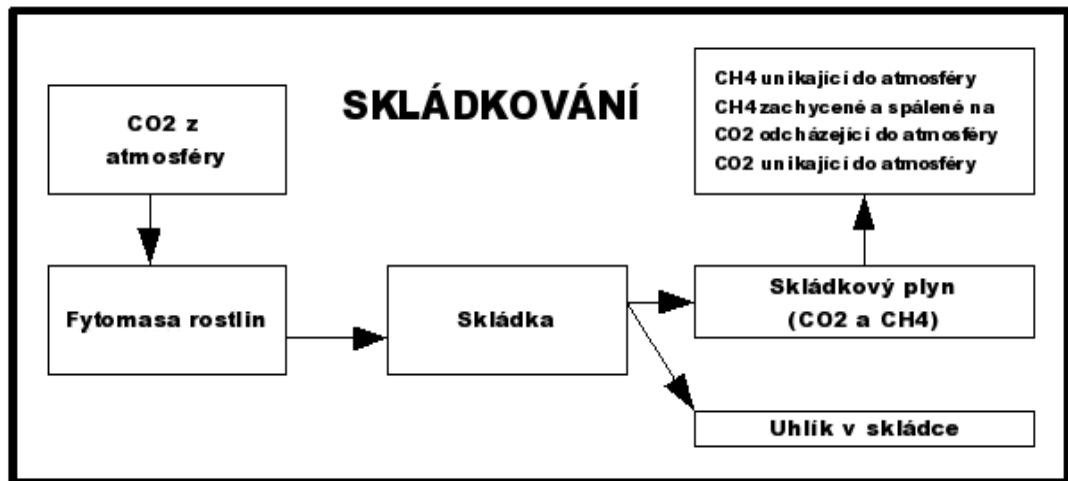
KURASŠ et al. (2008) dodávají, že jak je skládka vybavena technickou bariérou ve dně, tak se musí stejným způsobem zabezpečit shora. Koeficient filtrace technické bariéry musí být menší než  $1 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Na takto provedenou technickou bariéru se pokládají další technické vrstvy, z nich poslední by měla být ornice.

Finanční rezerva je ekonomický nástroj sloužící pro rekultivaci a asanaci skládek. Podle zákona o odpadech je provozovatel skládek povinen vytvářet finanční rezervu ve výši  $100 \text{ Kč} \cdot \text{t}^{-1}$  ukládaného nebezpečného nebo komunálního odpadu s výjimkou azbestu a  $35 \text{ Kč} \cdot \text{t}^{-1}$  za uložení ostatního odpadu, odpadu ukládaného jako technologický materiál na zajištění skládky a odpadu azbestu. Tvorba finanční rezervy se zahrnuje do nákladů provozovatele skládek a tvorba této rezervy je výdajem vynaloženým na dosažení, zajištění a udržení příjmů. Peněžní prostředky této rezervy nesmějí být zahrnuty do konkurzní podstaty provozovatele skládky. Pro každou skládku, na kterou je vydáno samostatné stavební povolení, musí být zřízen samostatný zvláštní vázaný účet. Dispozice s účtem ode dne jeho zřízení je možná pouze se souhlasem správního orgánu příslušného podle umístění skládky. Zanikne-li provozovatel skládky před ukončením péče o skládku a jeho právní nástupce není znám nebo neexistuje, odvede se nevyčerpaná část finanční rezervy do státního rozpočtu (VÁŇA et al., 2009).

### 3.2.5 Využití skládkových plynů

Dá se předpokládat, že u skládek komunálního odpadu s celkovým ročním příjmem odpadů kolem 100 000 t se bude aktivně jímat skládkový plyn a na kogeneračních jednotkách vyrábět elektrická energie a teplo. Návratnost investičních nákladů pro instalaci kogeneračních jednotek je 8 – 15 let. Elektrická energie je vykupována do rozvodných sítí za dotovanou cenu jako obnovitelná energie. Kogenerační jednotka je zpravidla agregát pístního plynového motoru s generátorem elektrického proudu a se zařízením na čerpání skládkového plynu. Teplo se získává chlazením vodou a rekuperací výfukových plynů. Z energie skládkového plynu se získá přibližně jedna třetina elektrické energie a dvě třetiny tepla. Některé kogenerační jednotky využívají místo pístového motoru turbínu, případně mikroturbínu. Skládkový plyn pro kogenerační využití by měl obsahovat minimálně 50 % obj. metanu, tlak pro spalování v rozsahu 1,5 – 10 kPa a jeho kvalita by měla být stálá. Při použití turbín může být obvykle kvalita nižší (VÁŇA et al., 2009).

Dále VÁŇA et al. (2009) popisují, že produkce skládkového plynu vyžaduje trvalou spolupráci acidogenních a metanogenních mikroorganismů. Při rozkladu proteinů obsahujících síru se do skládkového plynu uvolňuje sulfan ( $H_2S$ ), který vytváří problémy při využívání skládkového plynu. Organicky vázaný dusík v proteinech se při rozkladu proteinu přeměňuje na amonné soli. Větší koncentrace amonných solí, případně nedisociovaný amoniak brání procesu přeměny. Pro využití skládkového plynu v kogeneračních jednotkách je nepříjemná možnost přítomnosti plynných sloučenin křemíku – siloxanů, které snižují životnost plynových motorů. Zdrojem těchto těkavých siloxanů jsou polymerové siloxany vnášené do skládky různými odpady (avivážní přípravky, silikonové kaučuky, silikonová maziva). Lignin se ve skládkových odpadech téměř nepřeměňuje a není zdrojem skládkového plynu. Předpokladem vzniku skládkového plynu je přítomnost biodegradabilních odpadů, nepřítomnost kyslíku, dostatečná vlhkost (ideální je absolutní nasycení odpadů vodou) a nepřítomnost baktericidních látek v odpadech. SLEJŠKA (2005), (podle Smith et al., 2001) na obrázku č. 1, uvádí schéma toku uhlíku při skládkování.



Obrázek č. 1: Tok uhlíku při skládkování (Zdroj: SLEJŠKA, 2005).

### 3.2.6 Procesy probíhající na skládkách

KURAŠ et al. (2008), (podle Straka a kol., 2003) takto uvádí procesy, kterými prochází postupný rozklad biologicky rozložitelného podílu odpadu na skládkách.

**Aerobní procesy**, které započaly již při sběru a svozu odpadů, jsou po založení a zhutnění vrstvy rychle omezovány nedostatkem kyslíku. V těchto procesech se rozloží jen nejméně stabilní organické složky odpadu. Vyčerpáním kyslíku dochází k postupnému přechodu k další fázi (během několika dnů až týdnů). VÁŇA et al. (2009) dodávají, že první fáze přeměny je hydrolyza polysacharidů, proteinů a tuků obsažených v odpadech a poskytuje zejména jednoduché cukry, vyšší mastné kyseliny, aminokyseliny a alkoholy.

**Kyselinotvorné (acidogenní) procesy** začínají po počátečním hydrolyzním rozkladu přítomných vysokomolekulárních látek (proteiny, sacharidy, lipidy) na nížemolekulární látky s rozvojem acidogenních společenstev mikroorganismů. Kyselinotvorné bakterie jsou fakultativní anaeroby, což znamená, že se mohou rozvíjet i v přítomnosti kyslíku, hlavní populace se však aktivuje později a produkuje převážně oxid uhličitý a alifatické kyseliny. V této fázi procesu ještě nevzniká methan a fáze trvá týdny až měsíce, pokud jsou ve skládce podmínky pro rozvoj následné fáze methanogenní. To znamená, že skládka musí být dostatečně hluboká a hutněná, aby byl vždy zamezen přístup vzduchu, který jinak methanogenní činnost silně narušuje. U divokých, nehutněných a mělkých skládek (pod 3-4 m hloubky) se

může celý proces zastavit ve fázi kyselinotvorné a k rozvoji methanogenů vůbec nedojde. Průsakové vody z fáze kyselinotvorné jsou silně znečištěny a mají nízké pH (pod 6,5) a vysoký obsah alifatických kyselin. Pokud je skládka hluboká a hutněná, takže při změnách barometrického tlaku nemůže do tělesa vnikat nadměrné množství vzduchu, rozvinuje se dále proces methanogení, postupně přes stabilizační fázi až do ustáleného stavu methanogeneze. VÁŇA et al. (2009) dodávají, že nejdůležitější substráty vyprodukované acidogenními a acetogenními mikroorganismy je kyselina octová, zpracovávána v tzv. fázi methanogení acetotrofními methanogeny a směs vodíku a oxidu uhličitého zpracovávána na methan hydrogentrofními methanogeny.

**Methanogení procesy** zpracovávají produkty anaerobních acidogenů na konečné plynné produkty  $\text{CO}_2$  a  $\text{CH}_4$ . Ve stabilizovaném stavu pak působí v rovnovážném společenství jak kyselinotvorné anaeroby, tak i methanogení bakterie (tzv. striktní anaeroby), které se pomnoží do té míry, že právě stačí konzumovat veškeré produkty acidogenů. V této fázi stoupá pH až do zásadité oblasti (7,5 i více) a tím se výrazně mění i kvalita průsakových vod. Obsah alifatických kyselin klesá o několik řádů a hlavně klesá obsah těžkých kovů v důsledku jejich vazby na nerozpustné sulfidy a jako následek vymizení agresivních kyselin, rozpouštějících např. kovové podíly odpadu. Složení plynu je úměrné obsahu methanogenů a dosahuje maximální úrovně kolem 75 % obj.  $\text{CH}_4$  a 25 % obj.  $\text{CO}_2$ .

### **3.2.7 Vyluhovatelnost odpadů**

Přijímání odpadů na skládky jednotlivých skupin se posuzuje podle třídy vyluhovatelnosti odpadů vodou a dále na základě druhu a kategorie odpadů (podle *Katalogu odpadů*), (BENEŠ, 1999).

KOLÁŘ a KUŽEL (2000) uvádí zásady přípravy vodného výluhu následujícím způsobem:

- poměr tuhá fáze: voda je 1:10
- používá se láhev z interního materiálu
- třepání se provádí otáčením láhve o  $180^\circ$  5 – 10 krát za minutu po dobu 24 hodin
- pro oddělení kapalně a tuhé fáze po odstředění se použijí:

- filtry ze skelných vláken s velikostí pórů 0,7 – 1,3 µm pro stanovení organických látek a anorganických makrosložek
- ultrafiltry z interního materiálu s velikostí pórů 0,45 µm pro stanovení stopových prvků
- papírové filtry s velikostí pórů 0,5 µm pro ekotoxikologické testy

Vodný výluh pro biologické testy se připravuje obdobným způsobem. K oddělení fází je možné použít i papírové filtry střední porozity.

Tabulka č. 1 uvádí nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů pro jednotlivé třídy vyluhovatelnosti podle vyhlášky č. 294/2005 Sb.

Provozovatel skládky provede před přijetím odpadu kontrolu dokumentace o odpadu, kontrolu hmotnosti odpadu a vizuální kontrolu každé dodávky odpadu a namátkovou kontrolu odpadu k ověření shody odpadu s popisem uvedeným v dokladech předložených dodavatelem odpadu. Tato kontrola spočívá v odběru vzorku odpadu a v ověření, zda dodávaný odpad odpovídá podmínkám, za nichž je zařízení provozováno a charakteristikám, které jsou uvedeny v dokumentech popisujících odpad (BENEŠ, 1999).

### **3.2.8 Vliv skládek na okolí**

VÁŇA et al. (2009) uvádí, že účinek bioodpadů na složky životního prostředí může být v řadě případů výrazně negativní. Jde zejména o tvorbu skleníkových plynů, tvorbu kyselých výluhů při hydrolytických procesech při skládkování. Dále o možný výskyt patogenních a podmíněně patogenních mikroorganismů, virů a prionů ohrožujících zdraví lidí i zvířat. Úniky skleníkového plynu metanu z organizovaných i neorganizovaných skládek biologicky rozložitelného komunálního odpadu a biologicky rozložitelného odpadu výrazně navyšuje antropogenní skleníkový efekt a klimatickou změnu. Relativní účinnost metanu je cca dvacetkrát vyšší ve srovnání s oxidem uhličitým. Emise skleníkových plynů z odpadového hospodářství představují téměř 5 % celkového množství produkovaných skleníkových plynů všech resortů v České republice. ZIMOVÁ (2005) dodává, že největší riziko, které při nakládání s biodegradabilními odpady vzniká, je nutno považovat riziko u neupravených odpadů a obsah toxických látek. Z důvodu svozu bioodpadu je nutné zajistit vhodné přepravní obaly, jejich čištění a

dezinfekci a stanovit vhodné časové intervaly svozu tak, aby se zabránilo hnití odpadu a vzniku rizikových faktorů.

Posuzování vlivů CO<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub> na skleníkový efekt atmosféry nemůžeme oddělit od jejich vlivů v přízemních vrstvách ovzduší, neboť i zde jsou tyto látky příčinou dalších negativních efektů. Metan je sice mezi uhlovodíky hodnocen jako nejméně nebezpečný pro reakce ve smogových prostředích, ovšem musíme brát v úvahu, že lokálně mohou být jeho emise o několik řádů vyšší, než je jeho průměrný obsah v přízemní atmosféře (například emise z volně ventilovaných skládek odpadů). V takových prostředích pak i reakce metanu mohou být považovány za důležité, a to především jeho parciální oxidace na formaldehyd (MALAŤÁK a VACULÍK, 2008).

Další vliv skládek odpadů na okolí je riziko požáru. ALTMANN et al. (2010) uvádí, že dopady potenciálního požáru na skládce jsou vnitřní a vnější. Vnitřní dopady možného požáru především ohrožují personál skládky, ale také přítomné uživatele nejen popálením, ale také udušením respektive intoxikací z nedokonale spálených materiálů. Požár způsobuje podráždění citlivých tkání osob a zanedbatelné nejsou ani škody na zařízení a strojích. Zpravidla ještě dlouho po uhašení, zůstávají ve skládce skrytá ohniska požáru, která hrozí opětovným obnovením a rozšířením. Vnější působení skládkových požárů je nejnebezpečnější možností rozšíření ohně mimo území skládky, např. na pole či lesy. Požár skládky může i mimo těleso působit intoxikace jedovatými zplodinami nedokonalého hoření.

Skládky ovlivňují okolí i svým umístěním do krajiny, kterým narušují vzhled a krajina tím ztrácí svou enviromentální funkci.

### **3.3 Možnosti a způsoby využití odpadu vzhledem ke skládkování**

Přes vynaložení maximální snahy o předcházení vzniku odpadů při většině činností odpad vznikne. Nejlepší způsob, jak předejít nepříznivým účinkům odpadů na životní prostředí nebo je omezit, navíc způsob, který má nepopíratelné ekonomické i sociální přínosy, je využívání odpadů jako zdrojů druhotných surovin a energií (BENEŠ, 1999).

### **3.3.1 Materiálové využití odpadů**

VÁŇA et al. (2009) uvádí, že materiálové využití odpadů patří mezi prioritní způsob nakládání s odpady. Materiálové využití je definováno jako náhrada prvotních surovin látkami získanými z odpadů, které lze považovat za druhotné suroviny, nebo využití látkových vlastností odpadů k původnímu účelu, s výjimkou bezprostředního získání energie. Materiálové využití odpadů popisují VÁŇA et al. (2009) těmito způsoby:

- Regeneraci označujeme např. čištění rozpouštědel. Upotřebená rozpouštědla obsahují nečistoty (např. kovové třísky, textilní vlákna, oleje, barviva). Regenerace upotřebených rozpouštědel se provádí destilací (především parní a vakuovou). Získaný destilát má charakter původního rozpouštědla.
- Repasování je oprava vyřazených elektrozařízení, autodílů apod. tak, aby mohly být opětovně použity.
- Recyklaci rozlišujeme z několika hledisek (viz bod 3.3.1.1).

#### **3.3.1.1 Recyklace odpadů**

Recyklace znamená znovuvyužití, znovuuvedení do cyklu. V původním slova smyslu se recyklací odpadů rozumělo vrácení do procesu, ve kterém odpad vzniká (interní recyklace). Takové opětné využití odpadů v rámci jednoho systému (procesu, podniku) však nelze vždy technicky ani ekonomicky realizovat, mj. i proto, že izolace od zdrojů vnějšího prostředí by neumožňovala rozvoj a nárůst výroby. Odpady, které vznikají v průběhu výroby, nemusejí však být použitelné pouze v místě vzniku ke stejnému účelu. Naopak – často se uplatní v podniku či odvětví jiném i v jiném výrobním procesu, než ve kterém vznikly (externí recyklace). Mnohdy jde o celý řetěz procesů, v nichž se odpady zpracovávají na jiné výrobky a materiály, tedy o další využití odpadů (KURAŠ et al., 2008). Stejným způsobem popisují recyklaci i VÁŇA et al. (2009), pouze interní recyklaci uvádí jako primární a externí recyklaci jako sekundární.

Nezbytnost recyklace odpadů pro další život člověka na této planetě má své teoretické zdůvodnění, vycházející z termodynamických zákonů a zákona o zachování hmoty. Materiál nelze využívat, aniž by docházelo k určitým ztrátám. Je však potřeba tyto ztráty minimalizovat (VÁŇA et al., 2009).



### **3.3.1.2 Recyklace hlavních druhů odpadů**

#### Recyklace skla

Sklo získané separovaným sběrem je pro sklářský průmysl významnou druhotnou surovinou. Z technologického hlediska je podíl střepů omezen tak, že náhrada prvotní suroviny v sklářském kmeni je možná u bílé skloviny do 70 % střepů, u hnědé skloviny do 80 % střepů a u zelené skloviny do 98 % střepů (BENEŠ, 1999).

VÁŇA et al. (2009) uvádí, že svezené střepey se třídí zpravidla ve sklárně na magnetickém třídíči, poté se drtí na odrazném drtiči, třídí se na sítu a na vzduchovém třídíči se odstraňují nečistoty, zejména etikety a staniol. Dnes je nutno z důvodu častého použití nemagnetických kovů, aby v lince byl i separátor s detektorem těchto kovů. Některé linky mají optické třídící zařízení na jednotlivé barvy skla (obvykle se třídí bílé a barevné). Recyklované střepey se používají především k výrobě obalového skla, méně při výrobě skelných vláken. Malá množství střepů se používají k výrobě zápalkových škrtaček.

#### Recyklace papíru a lepenky

Při recyklaci jsou preferovány lepenky a kartonáž, pytle ze sulfátového papíru, papír z výpočetní techniky a novinový papír. Leštěné papíry z barevných časopisů a letáků jsou pro recyklaci papíru nejméně vhodné. Teoreticky jsou všechny druhy papíru recyklovatelné po odstranění tiskařských barev a výmětu (cizorodé hmoty, zejména plasty) a po přidání nových celulósových vláken. Recyklovaná papírovina s většinou krátkých celulósových vláken se zpracovává zpravidla na hygienický papír. Papír se rovněž zpracovává na stavební izolační hmoty, topné brikety, je vyvinuta i česká technologie zpracování papíru na líh (VÁŇA et al., 2009).

#### Recyklace plastů

BENEŠ (1999) uvádí, že obecně existují dva způsoby přímého materiálového využití plastových odpadů z TKO:

- Separace a roztřídění podle druhů, čištění a drcení. Výsledným produktem je regenerulát, schopný dalšího tváření.
- Zpracování heterogenní směsi plastových odpadů bez náročného čištění a separace podle druhů. Výsledkem jsou objemné díly deskového nebo

tyčového tvaru, nenáročné na povrchovou úpravu s relativně malými nároky na pevnost.

VÁŇA et al. (2009) uvádí, že plasty tříděné jsou zaměřeny na:

- PET – polyethyltereftalát
- PE-LD – polyethylen nízkohustotní
- PE-HD – polyethylen vysokohustotní
- PS-E – polystyren lehčený
- PP – polypropylen

Dále VÁŇA et al. (2009) doplňují, že menší zájem recyklačních závodů je o:

- PE-LLD – polyethylen lineární nízkohustotní
- BOPS – orientovaná polystyren
- PVC – polyvinylchlorid (je postupně vyřazován z oběhu)

#### Recyklace stavebních odpadů

VÁŇA et al. (2009) uvádí, že recyklace stavebních odpadů je dynamicky se rozvíjející obor. Recyklační linky představují rotační drtiče a tříděče a při jejich činnosti je nutno minimalizovat hluk a prach. Stále častěji se objevují mobilní linky, které je možné nasadit přímo v objektu demolice stavby.

Kmenovými produkty jak popisují VÁŇA et al. (2009) jsou tzv. recykláty:

- živičný recyklát
- betonový recyklát
- cihelný recyklát
- směs živce, betonu a kameniva
- jemné násypné směsi tříděné a netříděné (z betonu a cihel)
- jemné směsi pro antuková a travnatá hřiště

#### Recyklace kovových odpadů

BENEŠ (1999) uvádí, že separovaný sběr železného šrotu z komunálního odpadu je provozován odlišným způsobem než sběr papíru a skla. Jsou to jednak sběrné dvory, kde je šrot soustředěn, nebo je sběr organizován obcemi nárazovými akcemi. Problémovými druhy zejména z hlediska sběru jsou autovraky a elektrické spotřebiče.

Recyklace těchto odpadů šetří neobnovitelné zdroje (kovové rudy) a energii. Při recyklaci kovových odpadů se používá třídění, stříhání, lisování, briketování, kryogenní drcení a další postupy vedoucí k homogenizaci a mechanické úpravě kovového odpadu. V případě, že je potřeba od kovů železných oddělit kovy neželezné, používá se páření, opalování, odtavování, granulování nebo se používá hydrometalurgických způsobů (loužení), (VÁŇA et al., 2009).

Kovový odpad VÁŇA et al. (2009) rozdělují na:

- kovový odpad ocelový
- kovový odpad litinový
- kovový odpad neželezných kovů (zejména mědi, hliníku, olova, zinku a slitiny)
- kovový odpad s obsahem rtuti
- kovový odpad vzácných kovů (zejména s podílem zlata, stříbra, platiny a rhodia). Jde zejména o elektrické konstrukční prvky, pokovení vzácnými kovy, tištěné spoje a řadíme sem i fotochemikálie (filmy, ustalovače, fotografický papír).

### **3.3.2 Využití biodegradabilní složky z komunálního odpadu v zemědělství a energetice**

Biologicky rozložitelný komunální odpad je obsažený v komunálním odpadu a v odpadu podobném komunálnímu, který je z činností podnikajících osob. Omezení odstranění biologicky rozložitelných odpadů na skládkách je důležitým cílem Plánu odpadového hospodářství ČR. Mezi biologicky rozložitelný komunální odpad patří kromě bioodpadu z domácnosti též odpady z údržby zeleně a to z veřejných i soukromých prostranství a odpady ze stravování (gastroodpady). Biologicky rozložitelný komunální odpad je nutné separovaně sbírat, látkově nebo energeticky využívat a omezovat jejich ukládání na skládky, kde je zdrojem skleníkového plynu metanu a škodlivých výluhů. Způsob sběru a jeho organizace podstatně ovlivňují kvalitu a množství získaného materiálu a požadavky na technické vybavení při úpravě sebraného bioodpadu pro následné zpracování (VÁŇA et al., 2009).

GÖSCHL (2006) uvádí, že biologické zpracování odpadů může být realizováno v podstatě dvěma známými způsoby:

- a) Aerobní přeměnou uhlíku na kysličník uhličitý: Kompostováním
- b) Anaerobní přeměnou uhlíku na metan a posléze na kysličník uhličitý: Vyhňíváním

### **3.3.2.1 Kompostování**

Kompostování je biologický proces, který lze zjednodušeně nazvat a definovat aerobním, samozáhřevným, termofilním rozkladem biologicky rozložitelného materiálu. Vlastní výroba kompostu spočívá v kontrole a regulaci jednotlivých fází procesu, kterými musí projít každá kompostovatelná látka, aby došlo k transformaci její organické hmoty na humus, resp. na tmavé látky nazývané huminovými kyselinami, které jsou podstatnou složkou humusu (MALAŤÁK a VACULÍK, 2008).

Přeměnu organické hmoty odpadů na humusové látky při kompostování zabezpečují převážně mikroorganismy. Jde o analogické procesy jako při přeměně organické hmoty v půdním prostředí. Vytvářením optimálních podmínek pro rozvoj aerobních mikroorganismů je možno získat v kompostu až desetinásobný počet mikroorganismů ve srovnání s půdou a tak získat humusové látky rychleji a produktivněji. Při přeměně organické hmoty se dále uplatňují houby a drobní živočichové, zejména roztoči, chvostokoci a žížaly (VÁŇA et al., 2009).

Aby komposty byly vysoce kvalitním organickým hnojivem a splňovaly všechny agrotechnické požadavky, jak uvádí KOLÁŘ a KUŽEL (2000), je nutno při výrobě zajistit:

- optimální rozvoj mikroflóry úpravou pH prostředí a jeho živinného režimu, zvláště však rovnováhu mezi vzduchem a vodou v kompostové směsi,
- minimální ztráty tepla z fermentující směsi vedením, sáláním a prouděním tepla,
- dokonalou homogenizaci složek,
- omezenou aerobiózu a dostatek mobilního fosforu k zajištění energetiky humifikace (přenosu energie z exothermní mineralizace do endothermní humifikace energetickými organofosfáty),
- optimalizaci poměru C : N složek a snadnou mikrobiální rozložitelnost organické složky kompostované směsi,

- dostatek koloidní minerální půdní frakce (jílu) v homogenizované formě,
- zaočkování kompostované směsi nikoli střevními (močůvka, hnůj), ale půdními mikroorganismy. To znamená, že k očkování lze použít jediné mikrobiálně živou, středně těžkou, neutrální ornici,
- nepřítomnost organických polutantů, zdrojů minerálních škodlivin a mikrobiálních jedů, těžkých kovů, insekticidů, obecně všech pesticidů, tenzidů, tuků a olejů.

#### Fáze přeměny organických látek (VÁŇA et al., 2009)

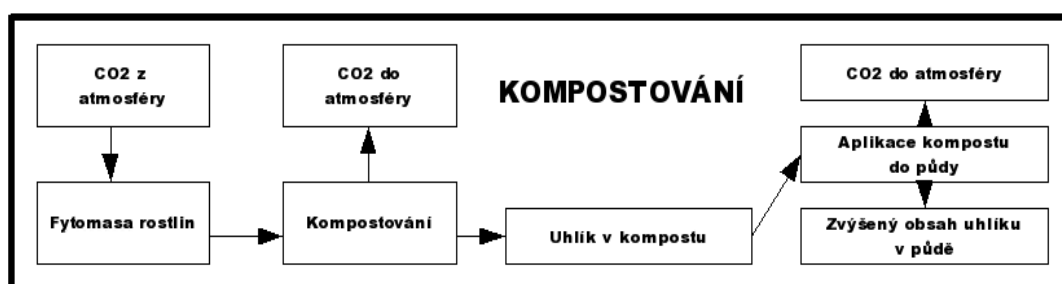
Přeměna organických látek při kompostování probíhá v různých fázích ( fáze rozkladu, přeměny, dozrávání). Fáze rozkladu je provázena uvolňováním tepla a zahříváním substrátu na teplotu 50 - 60 °C. Aerobní mikroorganismy rozkládají celulózu, škrob, hemicelulózu, bílkoviny a tuky na nižší látky a k svému metabolismu využívají uvolněné živiny. Termofilní houby se uplatňují při rozkladu lignocelulózových pletiv. Vlivem intenzivní tvorby organických kyselin se snižuje hodnota pH. Při tomto procesu se dýcháním aerobních mikroorganismů vytváří oxid uhličitý. Při nadbytku dusíku se v kompostu uvolňuje čpavek. Probíhá též velká objemová redukce substrátu. Vytváří se základní kameny ke stavbě humusových látek. Tato fáze rozkladu bývá též nazývána hydrolyzní, mineralizační nebo též horká fáze. Pak následuje fáze přeměny s poklesem teploty na 40 – 45 °C a se změnou zastoupení jednotlivých mikroorganismů. Kompost mění svůj vzhled, nelze již poznat původní hmotu odpadů. Nástupem činnosti žížal a jiných drobných živočichů vzniká drobtovitá struktura. Kompost získává stejnoměrnou hnědou barvu a slabou vůni po lesní zemině. Ve fázi přeměny je třeba udržovat aerobní podmínky, aby kompost nezkysl, aerace však nemusí být tak intenzivní jako na počátku zrání. Ve fázi dozrávání se zvyšuje stabilita kompostu, tvoří se nové humusové látky (především huminové kyseliny) a molekulová hmotnost humusových látek se zvyšuje, živiny se pevněji zabudovávají do organických vazeb a hodnota pH stoupá. V této fázi by se již neměl vyskytovat v substrátu čpavek a fytotoxické látky. Struktura má být drobtovitá a materiál má být charakteristický výrazným zápachem po zahradní nebo lesní zemině. Teplota kompostu ve fázi dozrávání klesá na teplotu okolí.

### Surovinová skladba kompostu - poměr C : N

Optimální surovinovou skladbu ovlivňuje celá řada faktorů, přičemž největší význam mají správný poměr uhlíku a dusíku (poměr C : N) a počáteční vlhkost v rozmezí 50 – 60 %. Poměr C : N by se měl, u čerstvě založeného kompostu, pohybovat v rozmezí 20 – 40 : 1, v lepším případě 30 – 35 : 1. Mikroflóra potřebuje pro svůj život vedle zdroje uhlíku i zdroj dusíku, který je nutný pro syntézu bílkovin. Tyto bílkoviny tvoří přímo součást buněk mikroorganismů, přímo se zúčastňují metabolismu mikroorganismů jako enzymy. Pro optimální proces musí být tedy obsah dusíku v rovnováze s obsahem uhlíku ve vhodném poměru C : N. Při poměru menším než 15 : 1, bude rozklad rychlý, ale dusík se může ztrácet jako amoniak, protože množství dusíku převažuje metabolickou potřebu mikroorganismů. Hmoty s poměrem C : N nad 50 : 1 se rozkládají pomalu, prodlužuje se zrání kompostu (ALTMANN et al., 2010). MALAŤÁK a VACULÍK (2008) dodávají, že mikroorganismy využívají uhlík nejen jako zásobárnu energie, ale také ke svému růstu, zatímco dusík je nezbytný k jejich rozmnožování. Tabulka č. 2 uvádí poměr C : N v kompostovatelných bioodpadech.

KOLÁŘ a KUŽEL (2000) uvádí, že celou surovinovou skladbu budoucího kompostu je nutno počítat na základě obsahu uhlíku organických látek v sedimentu. Protože však organická hmota sedimentů je velmi různorodá a může být více či méně (nebo vůbec) ovlivněna soli hydratovaných oxidů železa a hliníku, které její mikrobiální rozložitelnost velmi silně snižují, je vhodné si udělat jednoduchou orientační zkoušku rozložitelnosti organického podílu sedimentu. V sedimentu stanovíme organický uhlík  $C_{ox}$  oxidimetrickou dichromanovou metodou, která je běžně užívána při stanovení organických látek v půdách; druhou část sedimentu obohatíme 1 % peptonu, zaočkujeme 1 % vodné suspenze zdravé, úrodné ornice (poměr půda : voda = 1 : 10) a uložíme do termostatu při 28 °C na dobu 30 dnů. Pak opět stanovíme ve vzorku  $C_{ox}$ . Je-li rozdíl  $C_{ox}$  prvního a druhého stanovení menší než 2,5 %  $C_{ox}$  původního vzorku, je organický materiál sedimentu špatně rozložitelný. Rozdíl nad 12,5 %  $C_{ox}$  původního vzorku prozrazuje velmi dobře rozložitelný organický materiál. Jestliže není možnost stanovit organický uhlík  $C_{ox}$  laboratorně dichromanovou metodou, je možno z nouze použít méně přesného údaje o spalitelných látkách v sedimentu. Spalitelné látky bohužel mají různý obsah uhlíku a analytický údaj navíc zkresluje případně přítomné  $CO_3^{2-}$ , které uvolňují při

spalování CO<sub>2</sub>. Přesto chyba není velká. Údaj o spalitelných organických látkách je nutno násobit faktorem 0,9 proto, že průměrný obsah organických látek ve spalitelném podílu je asi 90 %. Organické látky sedimentu je však ještě nutno přepočítat na C<sub>ox</sub>. Protože sediment obsahuje rozložené a polorozložené rostlinné zbytky a protože obsah uhlíku v sušině organické hmoty rostlin kolísá v intervalu 40 – 48 % (je tvořena převážně celulózu), je vhodný přepočtový koeficient 0,42, který bere v úvahu i zvýšení obsahu uhlíku v částečně zhumifikovaném podílu organické hmoty sedimentu. Celkově tedy násobíme údaj o množství spalitelných látek v sušině sedimentu faktorem 0,9 x 0,42 = 0,38 a tak získáme údaj o obsahu C<sub>ox</sub> v sušině sedimentu. Výsledný kompost by podle ČSN 46 5735 měl mít spalitelných látek minimálně 25 % v sušině. Musíme ovšem počítat s tím, že u sedimentů s dobře rozložitelnými organickými látkami během kompostování až 50 % spotřebují jako zdroj energie mikroorganismy v kompostu a oxidují tak tuto organickou hmotu na CO<sub>2</sub>. Proto u některých sedimentů je nutno organickou hmotu doplnit. SLEJŠKA (2005), (podle Smith et al., 2001) uvádí na obrázku č. 2, schéma toku uhlíku při kompostování.



Obrázek č. 2: Tok uhlíku při kompostování (Zdroj: SLEJŠKA, 2005).

### 3.3.2.2 Anaerobní digesce

Anaerobní fermentace je proces, kdy za nepřístupu vzduchu dochází při určité teplotě pomocí specifických bakterií k rozkladu organické hmoty za současného vývinu energeticky bohatého bioplynu, který lze velmi efektivně využít. Hygienizovaný zbytek po fermentaci je možné použít jako hnojivo (GÖSCHL, 2006). ZÁBRANSKÁ (2005) doplňuje, že cílem anaerobního zpracování separovaného organického odpadu je produkce kvalitního stabilizovaného materiálu vhodného do kompostu a současně produkce alternativní energie.

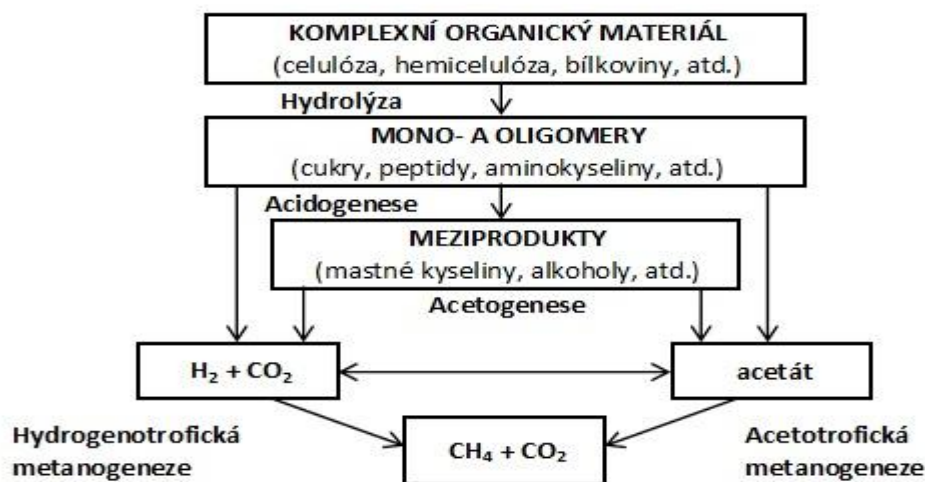
VÁŇA et al. (2009) uvádí, že anaerobní digescí je možno zpracovat biodegradabilní odpady rostlinného a živočišného původu i cíleně pěstovanou fytomasu energetických rostlin. V bioplynových stanicích je možné zpracovat nejen zvířecí fekálie, ale i fytoodpad z rostlinné výroby, z produkce a zpracování ovoce a zeleniny, jateční, mlékárenské, tukové, koželužské a farmaceutické odpady, odpady z výroby bionafty a bioethanolu, odpady z údržby zeleně a bioodpadu ze separovaného sběru tuhých komunálních odpadů. Pro anaerobní digesci komunálních bioodpadů se využívá vysokosušinnové systémy kontinuální, kde odpady kontinuálně prochází soustavou fermentorů, nebo technologie semikontinuální, kdy se k již částečně zbioplynovaným substrátům přimíchávají substráty čerstvé. Tabulka č. 3 uvádí potenciály pro produkci bioplynu.

Technologie anaerobní fermentace, jak uvádí ALTMANN et al. (2010), je s ohledem na stavební a technické vybavení, považována za jednu z nejnáročnějších metod zpracování biologicky rozložitelných odpadů neboť náklady na výstavbu nové bioplynové stanice jsou cca dvakrát až třikrát vyšší oproti nákladům na výstavbu kompostárny.

VÁŇA et al. (2009) uvádí, že mikrobiální tvorba metanu probíhá ve čtyřech stupních a je způsobena čtyřmi hlavními skupinami mikroorganismů:

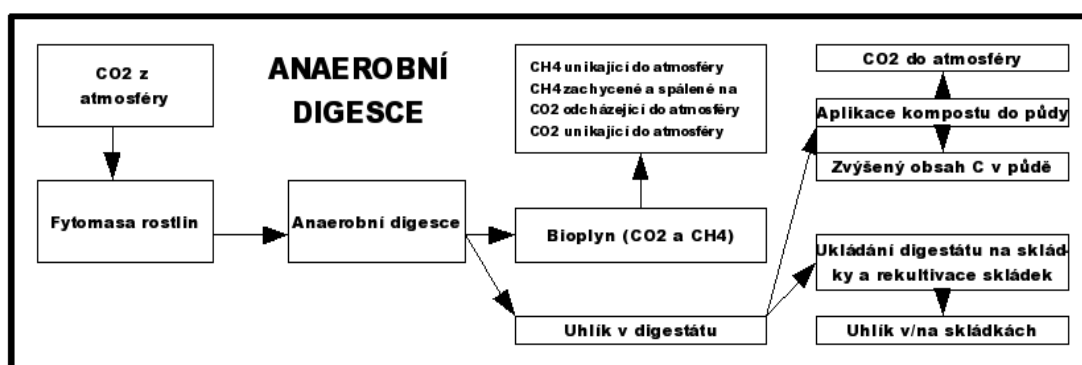
- a) hydrolitické bakterie, které rozkládají makromolekulární organické polymery (polysacharidy, lipidy, proteiny) na nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě. Proces probíhá vně buňky za využití tzv. extracelulárních hydrolytických enzymů;
- b) acidogenní mikroorganismy, které rozkládají produkty hydrolýzy uvnitř buňky dále na jednodušší organické látky (především kyseliny, dále vznikají alkoholy,  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2$ );
- c) syntrofní acetogenní mikroorganismy produkující vodík, jež mohou fermentovat organické kyseliny vyšší než kyselina octová a alkoholy vyšší než metanol na kyselinu octovou,  $\text{H}_2$  a  $\text{CO}_2$ , jsou velice důležitými zástupci organismů podílejících se na procesu acetogenese;
- d) metanogeny, které mohou z acetátu,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$  a některých dalších jednoduhlíkatých organických látek vytvářet metan.





Obrázek č. 3: Čtyřfázový model anaerobní konverze (Zdroj: VÁŇA et al., 2009).

Při anaerobní fermentaci biodegradabilního odpadu (substrátu) je produkce bioplynu závislá na chemickém složení sušiny odpadu. Produkci bioplynu zejména ovlivňuje puřovitost substrátu (odolnost vůči změnám pH), poměr C : N, obsah proteinů, polysacharidů a ligninu. Anaerobní fermentace vybraných průmyslových odpadů a biologicky rozložitelných složek komunálních odpadů je z hlediska používaných technologických linek poněkud náročnější než „klasická“ anaerobní fermentace např. exkrementů hospodářských zvířat, neboť se obdobné linky doplňují o některé kroky, jako je např. třídění, drcení, homogenizace a lisování (ALTMANN et al., 2010). ZÁBRANSKÁ (2005) dodává, že v komunálních odpadech je právě organický podíl nejnepříjemnější součástí tohoto materiálu, protože zahnívá, zapáchá, pouští vodu a ztěžuje manipulaci. SLEJŠKA (2005), (podle Smith et al., 2001) na obrázku č. 4, uvádí schéma toku uhlíku při anaerobní digesci.



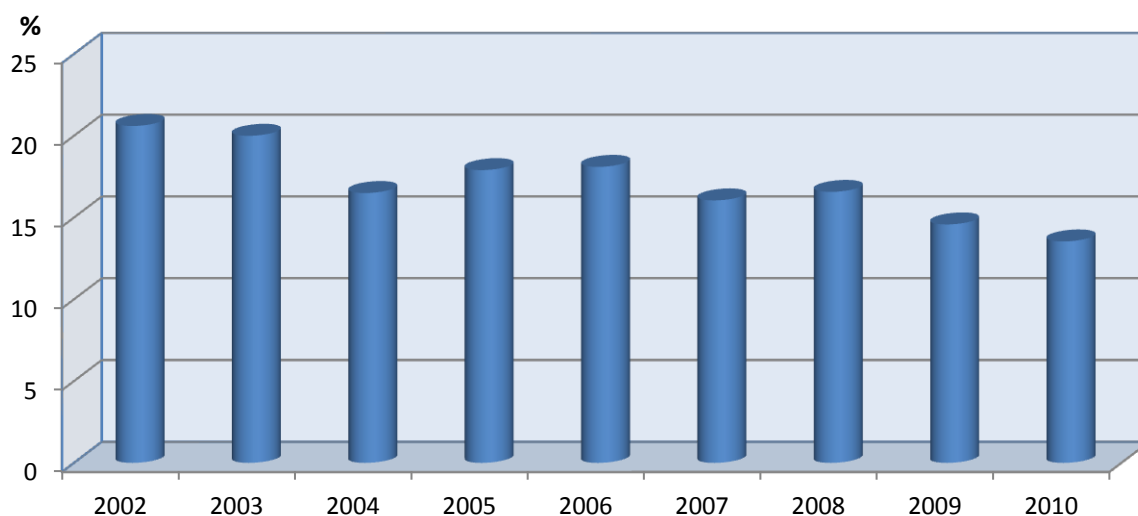
Obrázek č. 4: Tok uhlíku při anaerobní digesci (Zdroj: SLEJŠKA, 2005).

## 4. DISKUSE

### 4.1 *Posouzení stavu skládkování a perspektivy v ČR*

Skládkování patří mezi nejstarší způsoby odstraňování odpadů. Důvodem proč se odpad v České republice ukládá na skládky, je jistě cena za likvidaci odpadu. Tato technologie je také méně náročná na technické zařízení a pořizovací cenu v porovnání např. se spalováním odpadů ve spalovnách či cementárnách. Neopomenutelné u skládkování je jistě dodržování legislativy. Normy a legislativa jsou pevně stanoveny a nadále se předpokládá, že budou mít přísnější charakter, z důvodu minimalizace skládkování odpadů či úplného odstranění tohoto způsobu likvidace odpadů v České republice. Nicméně skládkování bude i nadále z mého pohledu stále jedním ze způsobů likvidace odpadů velmi využívána v ČR. Důležitou roli v minimalizaci skládkování bude jistě hrát EU, jejímž jsme členem a tím pádem budeme nuceni se přizpůsobit snížení odpadů ukládaných na skládky. Pro posouzení stavu jsou uvedeny následující data produkce odpadů a jejich uložení na skládky od roku 2000 v příloze. Následná perspektiva skládkování a likvidace odpadů jako celku je jistě ve využívání odpadů jako druhotné suroviny ve výrobě.

V roce 2000 bylo uloženo na skládky celkem 25,6 % odpadů z celkové produkce, tj. 10 394 tis. tun. V roce 2010 bylo uloženo na skládky celkem 13,6 % z celkové produkce, tj. 4 308 tis. tun. Pokles hmotnosti množství odpadů uložených na skládky mezi léty 2000 – 2010 činí téměř 6,1 mil. tun, tj. 58,6 %. V roce 2006, kdy byla nejnižší celková produkce odpadů za sledované období 2004 – 2010, bylo uloženo procentuálně největší množství odpadů na skládky. V poměrném vyjádření klesl podíl skládkovaných odpadů ve stejném období o 12 %. Celkovou produkci odpadů uvádí tabulka č. 4 a podíl odpadů je graficky vyjádřen v grafu č. 1, jak udává Ministerstvo životního prostředí ve své šesté hodnotící zprávě.



Graf č. 1: Podíl odpadů odstraněných skládkováním z celkové produkce odpadů v ČR v letech 2002 – 2010 (Zdroj: MŽP, 2012).

V roce 2008 bylo provozováno 226 skládek, z nichž 179 splňovalo požadavky na provozování dle platných předpisů a 47 skládek nesplňovalo. Ze skládek, které nesplňovaly požadavky platných předpisů, bylo do konce roku 2009 uzavřeno 46 skládek odpadů, z toho 29 skládek interních odpadů, 15 skládek ostatních odpadů a 2 skládky nebezpečných odpadů. Na konci roku 2009 bylo provozováno celkem 179 skládek. V roce 2010 bylo na skládkách uloženo celkem 4 307 873 t, tj. 13,54 % produkce všech odpadů. Množství odpadů uloženého na skládky meziročně pokleslo o 397 tis. tun, tedy o 8,4 %. Situace v oblasti komunálních odpadů zůstává nadále problematická. Nárůst hmotnostního množství komunálních odpadů uložených na skládky mezi léty 2000 – 2010 činí 621 tis. tun, tj. 24,2 %. Produkce komunálního odpadu v ČR v letech 2000 – 2010 je patrna z tabulky č. 5. V roce 2008 bylo skládkováno 329 kg komunálního odpadu na obyvatele a rok, o rok později to bylo 325 kg a v roce 2010 dokonce jen 303,2 kg/obyvatel. Snižování absolutního množství odpadů ukládaných na skládky je pozitivním jevem, je však úzce spjato s produkcí směšného komunálního odpadu, který je, vzhledem k omezeným kapacitám zařízení na jeho energetické využití, z drtivé většiny odstraňován skládkováním (MŽP, 2012).

Jednotlivý podíl odpadů uložených na skládky v roce 2010 popisuje tabulka č. 6, kde jsou patrný jednotlivé rozdíly v krajích ČR.

Jedním z problémů spojeným se skládkováním je následná sanace skládky. Příkladem může být skládka v Pozdřátkách, jak popisuje časopis Odpady.

Na Třebíčsku skončila dvouletá sanace skládky v Pozdřátkách, kde bylo uloženo na deset tisíc tun zelené skalice i dalšího nebezpečného odpadu. Ze skládky léta unikala voda znečištěná kyselinou sírovou a těžkými kovy. Odstranění skládky zajišťoval státní podnik Diamo. Práce zhruba za půl miliardy korun začaly na jaře 2010. Ze skládky odborné firmy postupně odvezly kolem 70 000 tun materiálu – odpadu a kontaminované zeminy. Vyčerpáno a vyčištěno muselo být 15 700 m<sup>3</sup> podzemních vod. Sanační práce provádělo sdružení podniků SMP CZ a Geosan Group. Dotace pokryjí 90 %, z 485 milionů korun způsobilých výdajů. Celkové náklady spojené s projektem převýšily 594 milionů Kč (ŠŤASTNÁ, 2012).

Ceny za skládkování jsou jedním z důvodů, proč se u nás ukládá odpad na skládky. Jako příklad je ceník skládkování, který uvádí společnost Ekologie s.r.o. v tabulce č. 7.

Podle Plánu odpadového hospodářství ČR měl být do roku 2010 tento podíl snížen na 75 % porovnávacího roku tj. na 112 kg biologicky rozložitelného komunálního odpadu na obyvatele. V roce 2010 bylo skládkováno 131 kg na osobu, tedy o 19 kg více než je požadováno. Místo požadovaných 75 % tak bylo uloženo 90 % množství roku 1995. Z uvedených hodnot vyplývá, že je zatím ukládáno na skládky větší množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu, než je požadováno v cílovém roce a množství ukládaných biologicky rozložitelného komunálního odpadu na skládky. Z hodnot v tabulce č. 8 vyplývá, že v posledních třech letech je produkce i skládkování biologicky rozložitelného odpadu stabilizováno. Vysoký podíl (60 %) biologicky rozložitelného odpadu v poměru k roku 2000 je skládkováno, což je způsobeno tím, že největší podíl těchto odpadů je tvořen biologicky rozložitelnou složkou směsného komunálního odpadu (MŽP, 2012).

SLEJŠKA (2005) uvádí, že snižování ukládání biologicky rozložitelných odpadů na skládky má zejména důvody jako je snížení emisí skleníkových plynů, vracení

organické hmoty a živin do půdy, snížení záboru půdy skládkami a zisk energie (v případě využívání BRO anaerobní digescí, spalováním, apod.).

#### Důvody, řešení a perspektivy

V šestá hodnotící zpráva o plnění Plánu odpadového hospodářství v ČR uvádí, že důležitým důvodem vysokého podílu komunálních odpadů odstraňovaných skládkováním je skutečnost, že sazby poplatku za ukládání odpadů na skládky byly nízké (a nadále jsou) a nemotivují k hledání a využívání alternativních metod nakládání s komunálními odpady, bez ohledu na jejich aktuální investiční podporu. Většina obcí obecního systému odpadového hospodářství dotuje z veřejných prostředků a občané nenesou skutečné náklady na nakládání s odpady v plné výši (MŽP, 2012).

Řešení a perspektiva ukládání odpadů na skládky spočívá v odpovědné separaci a třídění odpadů s následným využíváním odpadů, a tudíž v minimalizaci skládkování či její úplné eliminace. Nedílnou součástí je úprava legislativy, která bude řešit nedostatky již zmiňované. Pochopitelně bude tyto změny v praxi nutno kontrolovat a následně při nedodržování nekompromisně postihovat, např. zvýšením finančních sankcí. A naopak zvýhodnit ty, kteří budou investovat do jiných možností zpracování odpadů, jako jsou např. bioplynové stanice, kompostárny, a další technologicky nákladnější projekty, které povedou k následnému omezení skládkování.

## **4.2 Výhody a nevýhody využití odpadů**

Vývoj podílu využívání odpadů na celkové produkci odpadů v ČR v letech 2003 – 2010 znázorňuje tabulka č. 9. Z hlediska míry recyklace je stále nejúspěšnější komoditou papír, kde míra materiálového využití dosahuje 94 %, dále sklo s mírou recyklace 73 %, kovy 50 % a plasty 59 %. Důležitou komoditou z pohledu využití jsou stavební a demoliční odpady. Energetické využívání odpadů se podílí na celkovém využívání zcela nevýznamně. Svého maxima dosáhlo v roce 2005 a to 2,5 %. V následujících letech kolísalo mezi 2,1 a 2,3 %. V roce 2010 mírně vzrostlo na 2,9 % (MŽP, 2012). VÁŇA et al. (2009) podle US EPA uvádí, v tabulce č. 10, jak je možno šetřit surovinou a tím uspořit vstupní energii.

Podíl využívání komunálních odpadů od roku 2002 postupně roste. Využívání se zvýšilo především díky zvýšení využití komunálních odpadů a započtením obalových odpadů vytříděných obcemi z komunálních odpadů. Zvyšování podílu využívání komunálních odpadů je patrné z tabulky č. 11, jak udává šestá hodnotící zpráva Ministerstva životního prostředí.

Mezi tradičně separované komodity patří papír, plasty a směsné sklo. Ze sociologických průzkumů vyplývá, že přibližně 70 % obyvatel ČR se soustavně věnuje třídění odpadů. Dosažená míra recyklace a využití odpadů z obalů v roce 2010, v % k celkovému množství daných obalů uvedených na trh, byla následující: papír 95 %, sklo 75 %, plasty 61 %, kovy 64 %, ostatní obaly (nápojové kartony, dřevěné obaly, a obaly z jiných materiálů) 29 %. Celkem bylo materiálově využito 73 % odpadů z obalů. VÁŇA et al. (2009) dodávají, že recyklační postupy je třeba navrhovat tak, aby některé složky odpadů záporně neovlivňovaly vlastnosti nových výrobků. A dále na příkladu recyklace papíru je možno ozřejmit, že bez přídavku prvotní suroviny nelze vyrobit recyklovaný papír stejných parametrů, jaké by měl papír vyrobený z prvotní suroviny. To platí pro většinu recyklace.

#### Využití skla

Skleněné střepy jsou důležitou složkou sklářského kmene, protože usnadňují tavení skla. Do vsázky se jich u nás přidává zpravidla 30 – 40 %, lze však použít i podstatně větší množství, naráží to ale na technologické problémy. Jejich využíváním se ušetří nejenom suroviny, zejména soda, ale i energie (KURAŠ et al., 2008).

VÁŇA et al. (2009) uvádí, že požadavky na kvalitu upravených střepů jsou vysoké:

- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| - kovy                  | max. 0,002 – 0,05 % |
| - anorganické nečistoty | max. 0,01 – 0,05 %  |
| - organické nečistoty   | max. 0,05 – 0,1 %   |

#### Využití papíru

KURAŠ et al. (2008) uvádí, že z hlediska zpracování odpadního papíru je třeba rozlišovat snadno a obtížně zpracovatelný papír. Snadno zpracovatelným materiálem jsou běžné typy papíru, které obsahují vedle buničiny jen plnidla a pojiva. Nejčastějším typem papírového odpadu jsou noviny a časopisy, kde zejména novinový papír obsahuje mimo buničinu i dřevinu. Obtížně zpracovatelný papír

obsahuje značné množství zušlechťujících přísad, někdy i plastové a kovové fólie. K současným potížím při zpracování sběrného papíru přispívá i přechod tisku na ofsetovou techniku, což komplikuje využití odpadního papíru v papírenském průmyslu. Z těchto důvodů byl vypracován a zaveden postup na odstranění tiskařských barev (de-inking proces), spočívající v rozemletí odpadního papíru za přítomnosti speciálních tenzidů a v následném odstranění barviv.

#### Využití kovových odpadů

VÁŇA et al. (2009) uvádí, že některé výrobní odpady mají nebezpečné vlastnosti (zaolejované okraje a zaolejované kovové třísky a špony). U plechovek a konzerv je nutno provést odcínování nebo zpracovat neodcínované kovové obaly na betonářskou ocel. Výrobou 1 t železa z železného šrotu se ušetří 2 t černého uhlí, 4 t železné rudy a 70 hodin lidské práce.

Spotřebu a energii pro výrobu 1 t kovu z rudy a z odpadu uvádí tabulka č. 12, jak uvádí KURAŠ et al. (2008).

#### Využití plastu

Téměř polovinu všech odpadních plastů tvoří polyethyltereftalát (správně chemicky polyethylenglykoltereftalát) – PET, a to především v podobě lahví a různých obalových fólií, včetně filmových pásů. Ročně se u nás sebere více než 25 kt potravinářského PET a recykluje se 8 – 12 kt. Zbytek se vyváží převážně na asijský trh. Současná recyklace spočívá v parciální glykolýze a v následné sekundární produkci technického rouna (textilie, speciální vlákna, izolační materiál apod.). Kvalita těchto vláken je však nižší než z panenského esteru, a proto se pro zpracování vlákna na textilie mísí recyklovaný PET s panenským polyesterem. Z odpadních polyvinylchloridových lahví se vyrábějí kanalizační trubky, vytlačované profily a desky. Odpady z PVC koženek se využívají jako modifikátory PVC směsí určených ke zpracování válcováním, vstřikováním, vytlačováním a lisováním. Smíšené odpady PVC a polyolefinů se zpracovávají na palety a dílce pro podlahy průmyslových zařízení. Hlavní podíl odpadní pryže představují opotřebované pneumatiky, kterých se ročně v celosvětovém měřítku vyřazuje kolem 10 mil. tun. Přitom tyto pneumatiky jsou významným zdrojem druhotných surovin. Při jejich zpracování drcením se získá ocel (10 %), polyamidové kordy (34 %), pryžová drť (56 %), (KURAŠ et al., 2008).

VÁŇA et al. (2009) dodávají, že směsný plast je výhodné využít též jako redukční činidlo ve vysokých pecích, kdy 140 kg plastu na 1 t kovu nahradí 250 kg uhlí. Plasty a to i značně znečištěné je možno využít technologií rychlé pyrolýzy k výrobě uhlovodíkových paliv.

#### Využití bioodpadu

Anaerobní digescí se z 1 t separovaných domovních bioodpadů je možno získat 100 m<sup>3</sup> bioplynu se 65 % obsahem metanu a s energetickým obsahem 6 kWh/m<sup>3</sup>. Pokud použijeme komprimovaný bioplyn jako palivo pro osobní automobil, vystačí nám na 1 km jízdy tímto automobilem bioplyn získaný z 1 kg bioodpadu. Obvyklé je zpracování bioplynu na kogeneračních jednotkách, zabezpečující současnou výrobu elektrické energie a tepla. Zpracováním 100 m<sup>3</sup> bioplynu (z 1 t bioodpadů) je možno získat orientačně 198 kWh elektrické energie a 348 kWh tepla. Ztráty činí cca 9 %. Vnitřní energetická spotřeba zařízení na elektrické agregáty (mechanická úprava odpadů, míchání, čerpání aj.) představuje na 1 t zpracovaných bioodpadů cca 48 kWh elektrické energie a 41 kWh tepelné energie (dohřívání biofermentorů a provoz hygienizační). Předpokladem energetické efektivity anaerobní digesce je i využití tepla. Mezi nové způsoby využití bioplynu patří trigenerace – společná výroba tepla, chladu a elektrické energie (VÁŇA et al., 2009).

Další způsob využití bioodpadů, jak uvádí VÁŇA et al. (2009), je kompostování, které lze provozovat na různých úrovních jako je kompostování domácí, komunitní, v malých kompostárnách, na farmách a centrální kompostování. U kompostáren je nutno mít na paměti vzdálenost od místa produkce odpadu z důvodu svozu odpadů a také vzdálenost od bytové zástavby z důvodu zápachu.

#### Ekonomické aspekty využívání odpadů

Ekonomické aspekty mají při rozhodování o recyklaci důležitý význam. Velkoobchodní ceny druhotných surovin jsou obvykle stanoveny na základě srovnání užitečných vlastností prvotní a druhotné suroviny. Výrobní náklady recyklované suroviny jsou podstatně vyšší než suroviny prvotní a výrobcům se vyplácí v řadě případů využívat suroviny prvotní. Často jsou brzdou rozvoje recyklace technické normy, v nichž jsou zbytečně přísné nároky na kontrolu vstupních surovin. Je věcí státu, aby podporoval dalšími úlevami pro recyklované výrobky (nižší DPH) a



zároveň zatěžoval využívání neobnovitelných surovinových zdrojů ekologickými daněmi (VÁŇA et al., 2009).

#### Odhad národohospodářských úspor

Domnívám se, že základ úspor spočívá v šetření nerostného bohatství a energií, které jsou zapotřebí při prvovýrobě plastů, skla, papíru a kovů. Např. spotřeba energie při výrobě tuny materiálu z druhotné suroviny je nižší u papíru o 26 %, oceli o 61 %, skla o 43 % a plastů dokonce o 94 %. S tím souvisí daleko nižší produkce CO<sub>2</sub> při výrobě těchto surovin, např. na výrobu 1 kg polyethylenu (PET lahve) spotřebujeme 2 kg ropy, a při spálení a ne recyklaci 1 PET lahve, vznikne 240 g CO<sub>2</sub>. Při těžbě nerostného bohatství a skládkování odpadů dochází ke snížení enviromentální funkce krajiny. Skládkováním trvale přijdeme o možnost dalšího využití potencionálně vhodných materiálů pro následnou výrobu (využití biologicky rozložitelného odpadu je možné využívat např. ke kompostování a anaerobní digesci, recyklace skla, plastů, papíru, kovových odpadů, stavebních odpadů apod.).

Z mého pohledu by bylo velice výhodné, pro národohospodářské úspory, zavedení zálohovaných vratných obalů. Úspora by vedla ke snížení energie na výrobu nových obalů a tím omezení spotřeby materiálů a nerostných zdrojů.

## 5. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce popisuje současný způsob likvidace odpadů, způsobem již zastaralým, a to skládkováním. Ze zprávy Ministerstva životního prostředí vyplývá, že se na skládky uložilo v roce 2010 13,6 % celkového odpadu a, že tento trend ukládání odpadu má tendenci klesající oproti rokům předchozím. Nicméně, skládkování komunálního odpadu má stále velký podíl na likvidaci tohoto odpadu a to, 59,5 % z celkového komunálního odpadu, za rok 2010. Česká republika se řadí mezi státy s největším podílem skládkování. Na základě tohoto stavu vznikl Plán odpadového hospodářství v roce 2003, který v některých bodech ČR splňuje, nicméně některé jeho body jsou stále nad stanovenými limity.

Vzhledem k stále velkému podílu ukládání odpadů na skládky bude nutná změna legislativy. Současně bude žádoucí vzestup nových technologií, které budou využívat potenciál odpadů k získávání energie, tepla či využití materiálové jako jsou recyklační technologie. V návaznosti na tyto technologie bude též nutné, aby byl každý nový způsob likvidace odpadů patřičně podporován a do jisté míry zvýhodněn oproti zastaralým a méně efektivním způsobům likvidace odpadů, které mají negativní vliv na životní prostředí. Myslím si, že jedním takovým způsobem, výše uvedeným, je výstavba bioplynových stanic využívající anaerobní digesci. Tento způsob likvidace odpadů, tedy konkrétněji její biodegradabilní části, je velmi účinný, ale výstavba těchto stanic je velmi finančně nákladná. K minimalizaci ukládání biologicky rozložitelného odpadu na skládky by též přispělo důsledné třídění domovního odpadu. Nutná separace a třídění odpadů je již v prvopočátku vzniku odpadu velmi žádoucí. Domnívám se, že například kompostování biologicky rozložitelné složky odpadů by mělo být nedílnou součástí každého domu, nebo tento odpad by měl být ukládán do zvláštních přepravních kontejnerů a následně využit ve velkých kompostárnách. Z toho vyplývá, že biologicky rozložitelný odpad je nutno využívat v maximální míře a neukládat tento odpad na skládky. Využívání odpadů jako jsou plasty, papír, sklo, kovový odpad či odpad stavební má v průběhu let tendenci vzestupnou, to je patrné ze statistického hodnocení Ministerstva životního prostředí (tabulka č. 9).

KURAŠ et al. (2008) uvádí, že předcházení vzniku odpadů znamená přijmout změny, které mohou být rozloženy do celého životního cyklu výrobku a všech

technologií, s nimiž se výrobek a jeho odpad setká. Předcházení vzniku odpadů má dopad nejen na životní prostředí, ale také na ekonomiku podniku, resp. zařízení nevýrobního charakteru, jakou jsou služby, školy, nemocnice, úřady, armáda apod.

VÁŇA et al. (2009) doplňují, že poplatky za odvoz odpadů by neměl být paušální, ale na základě produkovaného směšného odpadu. Občané separující odpady budou těmito poplatky výhledově méně zatíženi. Zodpovědnost za odpad je třeba urychleně převést z daňových poplatníků a obcí na výrobce. K podpoře recyklace je třeba rozšířit zálohové systémy. Ekologickými daněmi je třeba zatížit těžbu a využívání neobnovitelných surovin tak, aby opětovné využití a recyklace odpadů se staly efektivními. Je třeba omezit, aby výrobci kalkulovali neúměrně své náklady na odpadové hospodářství do výrobků a tak navyšovali produkcí odpadů své zisky.

## 6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

1. ALEXA J. (1993): Solidifikace odpadů. In: ČÍŽEK Z. (ed.): Fyzikálně-chemická úprava odpadů. Praha, BIJO s.r.o., s 7 – 26.
2. ALTMANN V., VACULÍK P., MIMRA M. (2010): Technika pro zpracování komunálního odpadu. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 120 s., ISBN 978-80-213-2022-2.
3. BENEŠ B. (1999): Praktická příručka odpadového hospodářství. Dashöfer Verlag, Praha, svazek 2, část 6 – 16.
4. GÖSCHL R. (2006): Ados proces – anaerobní digesce organického substrátu. In: FIALA J. (ed.): Biologicky rozložitelné odpady, jejich zpracování a využití v zemědělské a komunální praxi. Náměšť nad Oslavou, ZERA Zemědělská a ekologická regionální agentura, s. 107 – 110.
5. KIZLINK J. (2007): Nakládání s odpady. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 284 s., ISBN 978-80-214-3348-9.
6. KOLÁŘ L., KUŽEL S. (2000): Odpadové hospodářství. Jihočeská univerzita, České Budějovice, 193 s., ISBN 80-7040-449-3.
7. KURAS M., DIRNER V., SLIVKA V., BŘEZINA M. (2008): Odpadové hospodářství. Chrudim, 143 s., ISBN 978-80-86832-34-0.
8. MALAŤÁK J., VACULÍK P. (2008): Technologická zařízení staveb odpadového hospodářství, Zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 168 s., ISBN 978-80-213-1747-5.
9. SLEJŠKA A. (2005): Možnosti využití komunálních biologicky rozložitelných odpadů. In: PECINOVÁ A., HALOUSKOVÁ O. (eds.): Současný stav zpracování bioodpadů v legislativě a praxi. Seč – Ústupky, Ekomonitor, s. 49 – 58.
10. ŠŤASTNÁ J. (2012): Rekultivace skládky Pozďátky byla dokončena. Odpady, odborný časopis pro nakládání s odpady a životní prostředí, 22 : 5.
11. ŠVÁCHA J. (1993): Vitřifikace – způsob likvidace odpadů zatavením do skla. In: ČÍŽEK Z. (ed.): Fyzikálně-chemická úprava odpadů. Praha, BIJO s.r.o., s 89 – 95.
12. VACEK Z. (1993): Solidifikace. In: ČÍŽEK Z. (ed.): Fyzikálně-chemická úprava odpadů. Praha, BIJO s.r.o., s 41 – 48.

13. VÁŇA J., HANČ A., HABART J., (2009): Pevné odpady 2009. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 190 s., ISBN 978-80-213-1992-9.
14. ZÁBRANSKÁ J. (2005): Anaerobní technologie zpracování kalů a organických odpadů. In: PECINOVÁ A., HALOUSKOVÁ O. (eds.): Současný stav zpracování bioodpadů v legislativě a praxi. Seč – Ústupky, Ekomonitor, s. 38 – 48.
15. ZIMOVÁ M. (2005): Zdravotní a ekologická rizika při nakládání s bioodpady. In: PECINOVÁ A., HALOUSKOVÁ O. (eds.): Současný stav zpracování bioodpadů v legislativě a praxi. Seč – Ústupky, Ekomonitor, s. 3 – 8.

#### **SEZNAM INTERNETOVÝCH ZDROJŮ**

16. ANONYM (2012): Černá skládka [online]. Dostupné na WWW: [http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cern%C3%A1\\_skl%C3%A1dka](http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cern%C3%A1_skl%C3%A1dka). Staženo dne 10. 9. 2012.
17. EKOLOGIE S.R.O. (2011): Ceník skládkování [online]. Dostupné na WWW: <http://www.skladka-ekologie.cz/?page=cenik-skladkovani>. Staženo dne 10. 9. 2012.
18. JUNGA P. (2009): Sklárky a skládkování, Přednáška do předmětu „Technika pro zpracování odpadů [online]. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno, 42 s. Dostupné na WWW: <http://studijni-materialy.pavelmach.cz/download/07.pdf>. Staženo dne 12. 9. 2012.

#### **SEZNAM LEGISLATIVY**

19. Nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky.
20. MŽP (2012): Šestá hodnotící zpráva o plnění nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky, za rok 2010. Praha, Ministerstvo životního prostředí leden 2012.
21. Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na sklárky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.
22. Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých zákonů.
23. Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů.

## 7. PŘÍLOHY - TABULKY

Tabulka č. 1: Nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů pro jednotlivé třídy vyluhovatelnosti (Zdroj: Vyhláška č. 294/2005 Sb.).

ukazatel	Třídy vyluhovatelnosti			
	I	IIa	IIb	III
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
DOC (rozpuštěný organický uhlík)	50	80	80	100
Fenolový index	0,1			
Chloridy	80	1500	1500	2500
Fluoridy	1	30	15	50
Sírany	100	3000	2000	5000
As	0,05	2,5	0,2	2,5
Ba	2	30	10	30
Cd	0,004	0,5	0,1	0,5
Cr celkový	0,05	7	1	7
Cu	0,2	10	5	10
Hg	0,001	0,2	0,02	0,2
Ni	0,04	4	1	4
Pb	0,05	5	1	5
Sb	0,006	0,5	0,07	0,5
Se	0,01	0,7	0,05	0,7
Zn	0,4	20	5	20
Mo	0,05	3	1	3
RL (rozpuštěné látky) <sup>1)</sup>	400	8000	6000	10000
pH		≥ 6	≥ 6	

Poznámka k tabulce:

- <sup>1)</sup> Pokud je stanovena hodnota ukazatele RL (rozpuštěné látky), není nutné stanovit hodnoty koncentrací síranů a chloridů.

Tabulka č. 2: Poměr C : N v kompostovatelných bioodpadech (Zdroj: VÁŇA et al., 2009).

Odpady	Poměr C : N
tráva mladá (krátká seč)	20 – 25 : 1
tráva z extenzivních ploch	30 – 40 : 1
stařina	40 – 60 : 1
listí	40 – 60 : 1
zelená štěpka	70 – 90 : 1
štěpka z průřezů	90 – 120 : 1
štěpka z kmenů	100 – 200 : 1
kůra jehličnatých stromů	100 – 120 : 1
kuchyňské odpady	15 – 30 : 1
papír	150 – 200 : 1
piliny, hobliny	120 – 200 : 1
králíčí trus	15 : 1
zvířecí fekálie, drůbeží trus	6 – 10 : 1
koňský hnůj	15 – 25 : 1
sláma	100 – 120 : 1
čistírenské kaly	5 – 8 : 1
obsah kuchyňských lapolů	180 – 200 : 1

Tabulka č. 3: Potenciály pro produkci bioplynu (Zdroj: VÁŇA et al., 2009).

Substrát	litry bioplynu / kg sušiny	m <sup>3</sup> bioplynu / t čerstvého odpadu
hovězí kejda	250	25
prasečí kejda	420	36
drůbeží trus	470	141
hnůj hovězí slamnatý	300	75
hnůj koňský	260	73
sláma obilní	250	200
tráva mladá	710	95
tráva v květu	410	105
kukuřičná sláma	310	260
lihovarnické výpalky	420	44
chrást cukrovky	450	112
sušený čistírenský kal	540	55
komunální bioodpad	700	210
odpad z čištění tuků	1200	750
tuk z lapolů	1330	800
zeleninový odpad	600	90
domovní bioodpad	330	100
kuchyňský bioodpad	450	138

Tabulka č. 4: Celková produkce odpadů v ČR v letech 2002 – 2010 (Zdroj: MŽP, 2012).

	Celkem									
	jednotka	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Celková produkce odpadů	1000 t/rok	37969	36087	38705	29802	28066	31295	30698	32267	31811
Produkce na obyvatele	kg/os./rok	3718	3552	3787	2907	2728	3002	2943	3076	3025



Tabulka č. 5: Produkce komunálního odpadu v ČR v letech 2000 – 2010 (Zdroj: MŽP, 2012).

	Komunální odpad										
	jednotka	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Celková produkce odpadů	1 000 t/rok	4258	4615	4603	4652	4439	3979	3846	3812	5324	5362
Podíl odstraněných skládkováním (D1, D5, D12)	% z celkové produkce komunálních odpadů	60,3	63,3	63,3	64,4	69,3	81,0	86,2	89,9	64,0	59,5
Podíl odstraněných spalováním (D10)	% z celkové produkce komunálních odpadů	7,96	6,80	4,80	0,05	0,04	0,05	0,07	0,05	0,04	0,04

Tabulka č. 6: Podíl odpadů odstraněných skládkováním (D1, D5, D12) na celkové produkci odpadů v jednotlivých krajích v roce 2010 (% hm. z celkové produkce skupin odpadů), (Zdroj: MŽP, 2012).

	Podíl 2010 (%)			
	Nebezpečné o.	Ostatní o.	Komunální o.	Celkové o.
Hl. město Praha	0,000	1,586	12,581	1,537
Středočeský kraj	2,381	26,756	95,819	24,885
Jihočeský kraj	5,598	15,475	76,001	15,040
Plzeňský kraj	1,960	13,253	65,065	12,921
Karlovarský kraj	4,985	18,535	85,832	18,175
Ústecký kraj	7,569	20,080	76,571	19,053
Liberecký kraj	0,473	15,481	42,989	14,357
Královéhradecký kraj	14,138	14,695	38,556	14,672
Pardubický kraj	3,262	30,605	81,952	27,844
Vysočina	0,893	26,061	59,415	23,248
Jihomoravský kraj	1,061	14,448	46,319	13,756
Olomoucký kraj	5,662	17,803	78,134	17,351
Zlínský kraj	0,458	18,392	56,639	17,060
Moravskoslezský kraj	1,109	10,919	62,055	10,284
<b>CELKEM</b>	<b>2,743</b>	<b>14,184</b>	<b>59,470</b>	<b>13,542</b>

Tabulka č. 7: Ceník skládkování (Zdroj: EKOLOGIE S.R.O., 2011).

Kód odpadu	Název odpadu	Cena vč. rekultivace Kč/t	Poplatek Zákon č. 185/2001 Sb. Kč/t	Celkem bez DPH Kč/t	Celkem vč. DPH Kč/t
15 01 06	Směsné obaly	570	500	1070	1184,00
16 01 03	Pneumatiky (os.aut.)	535	0	535	642,00
16 01 19	Plasty (pouze z aut)	570	500	1070	1184,00
17 01 01	Beton	470	0	470	564,00
17 01 02	Cihly	200	0	200	240,00
17 02 01	Dřevo (stavební)	570	500	1070	1184,00
17 05 04	Zemina, kameny	120	0	120	144,00
17 06 01	Izolační mat. obsahující azbest	800	500	1300	1460,00
17 06 04	Izolační mat.	570	500	1070	1184,00
17 06 05	Stavební mat. obsahující azbest	800	500	1300	1460,00
17 09 04	Směsné stavební a dem. odpady	570	500	1070	1184,00
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad	250	500	750	800,00
20 03 01	Směsný komunální odpad	670	500	1170	1304,00
20 03 07	Objemný odpad	670	500	1170	1304,00

Tabulka č. 8: Přehled evidované produkce a skládkování biologicky rozložitelných odpadů v ČR v letech 2000 – 2010 (Zdroj: MŽP, 2012).

Rok	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Produkce (tis.t)	13051,5	11584,2	12555,7	10856,3	9688,3	7939,4	6615,1	4011,9	4300,3	4313,8	4193,0
Skládkováno (tis.t)	2463,2	2450,8	2693,2	2870,7	3060,6	3103,7	3269,8	1609,1	1662,1	1602,4	1483,1
% skládkování z produkce	19,1	21,2	21,4	26,4	31,6	39,1	49,4	40,1	38,7	37,1	35,4
Index skládkování (rok 2000=100%)	1	0,98	1,08	1,15	1,22	1,26	1,33	0,65	0,67	0,65	0,60

Tabulka č. 9: Podíl využívání odpadů k celkové produkci odpadů v ČR v letech 2003 – 2010 (Zdroj: MŽP, 2012).

	Jednotka	Celkem								
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Celková produkce odpadů	1000 t/rok	36087	38705	29802	28066	31295	30698	32267	31811	
Podíl využitých odpadů (R1-R12, N1,N2,N8,N10,N11, N12,N13,N15)	% z celkové produkce skupiny odpadů	58,3	63,3	68,7	84,7	80,8	85,5	74,7	73,5	
Podíl materiálově využitých odpadů (R2R12,N1,N2,N8, N10,N11,N12,N13, N15)	% z celkové produkce skupiny odpadů	56,8	61,0	66,2	82,3	78,7	83,1	72,5	70,7	
Podíl energeticky využitých odpadů (R1)	% z celkové produkce skupiny odpadů	1,5	2,2	2,5	2,3	2,1	2,3	2,2	2,9	

Tabulka č. 10: Úspory energie při využívání druhotných surovin (Zdroj: VÁŇA et al., 2009, podle US EPA).

Materiál	Potřeba elektrické energie při výrobě v kWh/t		Úspora %
	Z prvotních surovin	Z druhotných surovin	
Ocel	4 270	1 666	61
Hliník	65 000	2 000	97
Zinek	10 000	500	95
Papír	5 700	4 200	26
Sklo	5 000	2 860	43
Pryž	13 310	2 770	79
Pasty	11 900	700	94

Tabulka č. 11: Podíl využívání komunálních odpadů na celkové produkci komunálních odpadů v ČR v letech 2002 – 2010 (Zdroj: MŽP, 2012).

	Jednotka	Komunální odpady								
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Celková produkce komunálních odpadů	1000 t/rok	4165	4603	4652	4439	3979	3846	3812	5324	5362
Podíl na celkové produkci odpadů	%	12,1	12,7	12	14	14,2	12,3	12,4	16,5	16,9
Produkce na obyvatele	kg/obyv./rok	452	451	455	433	387	369	366	507	510
Celková produkce směsných KO	1000 t/rok	3018	2880	2851	2744	2758	2812	2506	3284	3143
Podíl SKO na celkové produkci odpadů	%	7,9	8,0	7,3	9,2	9,8	9,0	8,2	10,2	9,9
Produkce SKO na obyvatele	kg/obyv./rok	296	282	279	268	268	274	240	313	299
Podíl využitých KO (R1-R12,N1,N2,N8,N10,N11,N12,N13,N15)	% z celkové produkce skupiny odpadů	13,9	15,7	20,5	24,9	29,6	30,7	33,7	28,7	33,2
Podíl materiálově využitých KO (R1-R12,N1,N2,N8,N10,N11,N12,N13,N15)	% z celkové produkce skupiny odpadů	11,9	10,9	11,8	15,5	20,0	21,0	24,1	22,7	24,3
Podíl energeticky využitých KO (R1)	% z celkové produkce skupiny odpadů	2,0	4,8	8,7	9,4	9,5	9,7	9,6	6,0	8,9

Tabulka č. 12: Spotřeba energie pro výrobu 1 t kovu z rudy a z odpadu (Zdroj: KURAS et al., 2008).

vyráběný kov	Spotřeba energie pro výrobu 1 t (kWh.t <sup>-1</sup> )		
	z rudy	z odpadu	% úspory energie
Al	65 000	2 000	97 %
Cu	13 500	1 700	87 %
Pb	9 500	500	95 %
Zn	10 000	500	95 %