

Univerzita J.E.Purkyně v Ústí nad Labem

Fakulta životního prostředí

Technologie ochrany životního prostředí

Část III

Technologie zneškodňování odpadů

Ing. Miroslav Richter, Ph.D., EUR.ING

Ústí nad Labem, 2008

Předmluva

Obsah předkládané publikace vznikl postupně na základě potřeb výuky předmětu „Technologie ochrany životního prostředí“. Tento předmět je zařazen v bakalářských studijních programech oborů studovaných na Fakultě životního prostředí v presenční i kombinované formě studia. Pro studenty této fakulty je učební text určen v první řadě, zejména pro studenty, kteří se dále chtějí specializovat studiem oboru „Odpadové hospodářství“. Řada zde uváděných informací je důležitá i pro ostatní studijní obory zaměřené na ochranu složek životního prostředí před znečišťujícími složkami antropogenního původu. Studijní text je vhodný i pro odborníky pracující ve firmách zabývajících se odpadovým hospodářstvím, v průmyslových podnicích, výzkumných a projekčních ústavech, kontrolních a inspekčních orgánech, vzdělávacích institucích nebo odborech životního prostředí ve státní správě všech stupňů.

Učební text navazuje na předchozí výuku průmyslových technologií na FŽP - technologií využívaných průmyslem chemickým, hutním a strojírenským, průmyslem celulózy a papíru, gumárenstvím, potravinářstvím, průmyslem stavebních hmot, skla a keramiky. Pozornost je také věnována komunální sféře, službám a částečně dopravě, které se rovněž podílejí na znečišťování složek životního prostředí. V předcházejících technologicky orientovaných předmětech získává studující znalosti o fyzikálních a chemických vlastnostech zpracovávaných látek, meziproduktů a výrobků i výrobních postupech, ale také o základních vlastnostech látek odpadních všech skupenství. Tím student získává ucelený přehled jak o ekonomických aktivitách v průmyslově rozvinuté společnosti, tak o rizicích poškozování pracovního a životního prostředí, ale i možnostech předcházení nebo alespoň minimalizace jejich negativních účinků na složky životního prostředí. Soubor publikací si klade za cíl seznámit studujícího s principy a základními technologickými postupy čištění odpadních vod, odpadních plynů a základními metodami zneškodňování odpadů různých skupenství a různého původu. Zneškodněním odpadu jsou zde rozuměny:

- Chemické nebo biochemické přeměny odpadů, které vedou k odstranění jeho nebezpečných vlastností,
- Uložení odpadů do skládek nebo skladovacích prostorů různé konstrukce, aby bylo zabráněno pohybu nebezpečných látek životním prostředím.

Text je doplněn stručným přehledem užívaných metod měření, regulace a automatizace – systémů řízení příslušných technologií, monitoringu vod a ovzduší, konstrukčního a materiálového provedení příslušných technologických zařízení. Částečně je také věnována pozornost prevenci vzniku odpadů všech skupenství ve smyslu uplatňování čistších technologií (CP – Cleaner Technology). Zde autor čerpal jak z dostupné odborné a prospektové literatury, tak dlouholeté praxe a zkušeností získaných v chemickém průmyslu.

Z naznačeného obsahu studijního textu je patrné členění publikací na tři navazující základní skupiny technologických postupů:

- Část I Technologie čištění odpadních vod,
- Část II Technologie ochrany ovzduší,
- Část III Technologie zneškodňování odpadů.

Uvedené tři skupiny technologických postupů zajišťují ochranu všech složek životního prostředí – hydrosféry, atmosféry a litosféry s pedosférou. Komplexní ochranou uvedených složek životního prostředí je rovněž chráněna biosféra včetně člověka.

Doporučená metodika studia

Obsah učebního textu části III „Technologie zneškodňování tuhých odpadů“ je členěn do čtyř kapitol. Důležité partie textu jsou zvýrazněny tučným tiskem nebo umístěním části textu se závěry do rámečku. V každé kapitole je ve stručnosti uvedena část:

- úvodní - seznamující s problémem a možnostmi jeho řešení,
- teoretická - objasňující základné pojmy a principy,
- schéma zařízení,
- praktická - popisující konkrétní technologický postup a použitá zařízení, materiálové provedení, podmínky provozu, aj.
- uplatnění příslušné technologie, omezení a rizika provozu,
- kontrolních otázek.

Student si musí samostatným studiem osvojit každou z uvedených částí textu s důrazem na zvládnutí oborové terminologie, konkrétních technologických postupů a jejich chemismu. Uváděná zjednodušená schémata technologických postupů a zařízení musí být schopen načrtnout, vysvětlit princip funkce a popsat minimálně v rozsahu připojené legendy.

Pro kontrolu úspěšnosti studia jsou připojeny kontrolní otázky. Jejich vypracováním a kontrolou správnosti odpovědí dle předchozího textu má student průběžně zpětnou vazbu o účinnosti studia. Za dobrý výsledek lze považovat min. 2/3 úspěšnost správných odpovědí.

Obsah části III Technologie zneškodňování odpadů

1.0	Úvod	6
1.1	Základní pojmy odpadového hospodářství	7
1.2	Legislativa odpadového hospodářství	9
2.0.	Separovaný sběr, třídění a svoz odpadů	11
2.1	Separovaný sběr a shromažďování odpadů	11
2.2	Sběr tuhých odpadů	12
2.3	Sběr kapalných odpadů	13
2.4	Obalové materiály	14
2.5	Třídění odpadů	15
3.0.	Technologie zneškodňování odpadů	17
3.1.	Kompostování	17
3.1.1	Technologie kompostování	18
3.1.2	Technologická zařízení kompostáren	21
3.2	Termické metody zneškodňování odpadů	24
3.2.1	Spalování odpadů	24
3.2.2	Pyrolýza tuhých odpadů	32
3.2.3	Vícestupňové čištění spalin	35
3.2.4	Emisní limity ze spalování odpadů	43
3.2.5	Propojení odpadového a tepelného hospodářství měst	45
3.2.6	Objemy spalovaných TKO	45
3.3	Skládkování odpadů	47
3.3.1	Výběr lokalit pro stavbu skládek	47
3.3.2	Druhy skládek	49
3.3.3	Technicko-technologické nároky na stavby a provoz skládek	49
3.3.4	Poplatky za skládkování odpadů	55
3.3.5	Skládkový plyn	55
3.3.6	Skládkové vody	56
3.3.7	Příslušenství skládek	58
4.0.	Literatura	60

1.0. Úvod

Problematika nakládání s odpady všech druhů, tj. odpadového hospodářství, prošla ve 20. století bouřlivým vývojem, který se nevyhnul ani České republice. Tento vývoj není ani zdaleka ukončen, naopak lze v této oblasti spatřovat významné vývojové trendy, které se promítají do výrobní i nevýrobní činnosti každé společnosti. Obecně hlavní motivy tohoto vývoje jsou následující:

- absolutní růst množství a sortimentu odpadů způsobený rozvojem nových výrobních postupů,
- růst počtu obyvatel Země s obecnou tendencí vyššího uspokojování jejich životních potřeb a zvyšování životní úrovně spojenou se spotřebním charakterem společnosti i v hospodářsky různě rozvinutých zemích,
- změny v hodnocení nebezpečnosti řady užívaných látek vyvolané novými poznatky o jejich transportu složkami životního prostředí, rychlosti odbourávání či akumulace, jejich přímých účincích na biologické organismy nebo z nich sekundárně vznikajících látek,
- zdokonalování instrumentálně analytických metod stanovení stopových množství nebezpečných - toxických látek a jejich reziduí především v biologických materiálech včetně tělních tekutin a tkáních životně důležitých orgánů člověka (mozku, srdci, játrech, ledvinách aj.),
- rozšiřování poznatků o pohybu, ukládání a době přetrvávání toxických látek ve složkách životního prostředí včetně biosféry,
- omezený počet vhodných lokalit pro shromažďování, zneškodňování a ukládání odpadů s ohledem na nutnost uchování nebo zvyšování kvality životního prostředí, bezpečnosti, hygieny a zdraví člověka v duchu filosofie trvale udržitelného rozvoje,
- ohrožení litosféry a hydrosféry nevhodným ukládáním odpadů spojeným s transportem nebezpečných látek do podzemních a povrchových vod, ohrožení biosféry včetně člověka transportem nebezpečných látek životním prostředím, potravními řetězci,
- potřeba preventivní ochrany a opatrnosti při nakládání s látkami, u nichž není dostatek objektivních a ověřitelných informací o účincích v životním prostředí, zejména biosféře.
- tenčící se zásoby neobnovitelných minerálních surovin, zejména energetických a metalurgických při trvalém růstu jejich spotřeby, potřeba dokonalejšího hospodaření se základními materiály,
- omezené možnosti získávání surovin z obnovitelných zdrojů,
- problémy kontaminace orné půdy určené pro zemědělskou výrobu a výrobu potravin, rizika transportu toxických látek do potravních řetězců vlivem kyselých dešťů apod.

Uvedené skutečnosti se promítají postupně do zákonných norem, vyhlášek a prováděcích předpisů o odpadech ve všech rozvinutých zemích světa. Členstvím České republiky v Evropské unii byly a jsou postupně přejímány českou legislativou normy platné pro EU. Toto je důvodem stanovení a trvalého zpřísnování limitních koncentrací znečišťujících látek ve složkách životního prostředí, národních (ČSN), oborových a hygienických norem a mezinárodních standardů ISO. Jsou součástí doporučených metod nakládání s odpadními materiály různého původu aj. opatření. Problematika odpadů se stala rovněž předmětem řady bilaterálních a multilaterálních mezinárodních smluv.

Konkrétní metody a technologické postupy nakládání a zneškodňování odpadů budou popsány v následujícím textu.

1.1. Základní pojmy odpadového hospodářství

Výrobní a nevýrobní aktivity člověka a společnosti vždy vedou ke vzniku určitého množství omezeně použitelných až zcela nepoužitelných odpadních materiálů. Obvykle se jedná o materiály značně proměnlivé kvality, tj. od materiálů nevykazujících negativní účinky na biologické organismy – **odpadů ostatních - inertních**, až po materiály biosféře nebezpečné, které jsou také klasifikovány jako **odpady nebezpečné**.

Podle základních fyzikálních vlastností jsou rozlišovány odpady:

- plynné,
- kapalné,
- tuhé,
- směsné - kaly (obsahují kapalnou i tuhou fázi, mívají i pastózní konzistenci)¹.

Problematika čištění odpadních plynů od znečišťujících látek je uvedena v části II Technologie ochrany ovzduší. Část I Technologie čištění odpadních vod zahrnuje problematiku čištění kapalných odpadních látek. V části III Technologie zneškodňování odpadů bude věnována pozornost především odpadům tuhým a směsným.

Podle původu a základních oborů hospodářské činnosti jsou členěny na odpady:

- z těžby a úpravy surovin,
- průmyslové,
- zemědělské,
- stavební,
- komunální.

Zásadním problémem současnosti je minimalizovat množství odpadů všech skupenství, zejména odpadů vykazujících nebezpečné vlastnosti - jedná se o materiály toxické, hořlavé, výbušné, žíravé, radioaktivní, infekční, karcinogenní, mutagenní nebo teratogenní.

Prvořadým cílem pro omezení vzniku odpadů zůstává maximální využití všech materiálů, které vstoupily do sféry užití. Přitom je druhořadé, zda pocházejí ze zdrojů obnovitelných nebo neobnovitelných.

¹ Kaly vznikají např. v průmyslových rafinačních procesech, úpravách a čistírnách vod, septicích, žumpách, retenčních jímkách, sedimentačních nádržích, v sedimentech vodních toků a nádržích.

Základními opatřeními k ochraně přírodních zdrojů je:

- **Úspora materiálů a energií** cestou komplexního využití surovin při jejich těžbě, v úpravárenských technologiích a zpracování ve výrobní sféře s recyklací odpadních materiálů po dožití výrobků.
- Zavádění moderních technologických postupů typu maloodpadových, přesněji **čistších technologií** (Cleaner Technology)², které předcházejí vzniku odpadů v konkrétních výrobních procesech.
- **Recyklace, regenerace a opětné využití** odpadních materiálů vznikajících uvnitř i mimo základní výrobní procesy.
- **Šetření** materiály a energiemi **ve sféře společenské a osobní spotřeby**,
- Hledání technických, technologických, organizačních postupů a ekonomických stimulů k maximálnímu zhodnocení odpadních materiálů cestami jejich **třídění v místě vzniku odpadu** a jejich separovaného sběru.
- Za předpokladu důsledného třídění se část odpadů stává **druhotnými surovinami**.

Takto organizované třídění spolu se separovaným sběrem je základním předpokladem jejich minimálního pomíchání s jinými cizorodými látkami a další zpracovatelnosti. Příměsi cizorodých látek vždy omezují až vylučují zpracovatelnost druhotných surovin z pohledu zpracovatelských technologií. Často způsobují nedodržení reglementovaného technologického režimu, spotřebních norem surovin a energií, vedou k nekvalitní produkci, růstu ztrát a tím vedou ke zhoršení ekonomických výsledků příslušných výrob.

Každé dodatečné třídění směsných odpadů s využitím metod mechanického třídění (pevné nebo pohyblivé rošty, bubnové a vibrační třídiče), elektromagnetického, pneumatického nebo hydraulického třídění má vždy omezenou účinnost. Je technologicky komplikované a proto drahé. Většinou se neobejde bez manuálního dotřídňování – ruční přebírky. Pak se jedná o práci v nepříjemném pracovním prostředí s hlukem, zápachem a přítomností nečistot různého původu, s rizikem pracovních úrazů a infekčních onemocnění.

Úkolem odpadového hospodářství je:

- předcházet vzniku odpadů,
- omezovat vznik odpadů z pohledu kvantitativního a kvalitativního³,
- nakládat s odpady:
 - třídit,
 - shromažďovat,
 - přepravovat,
 - skladovat,
 - upravovat,
 - využívat,
 - zneškodňovat odpady.

² Vývoj a využívání maloodpadových technologií započal již v posledních letech 20. století, ale jejich zásadní rozvoj a nástup do výrobní praxe je očekáván začátkem 21. století.

³ Zásadou je uplatnění principu opatrnosti, tj. vyhýbat se používání málo známých látek, nových chemických sloučenin, u nichž není dostatek poznatků o transportu složkami životního prostředí včetně potravních řetězců, jejich akumulaci ve složkách ŽP a negativních účincích na biologické organismy.

Zneškodněním odpadů je rozuměno:

- odstranění nebezpečných vlastností cestou chemických přeměn - např. účinkem tepelné energie zajistit jejich pyrolýzu, účinkem chemických látek zajistit jejich rozklad, oxidaci, redukci nebo neutralizaci, kdy vzniknou látky buď zcela neškodné složkám životního prostředí nebo alespoň významně méně škodlivé.
- bezpečné uložení odpadů do k tomu účelu určených prostor, skládek, tj. takové uložení, kdy je zabráněno pohybu jakýchkoliv složek odpadu vodním prostředím podzemní vodou v litosféře a povrchovou vodou v hydrosféře nebo plynných emisí atmosférou.

Je nutné zdůraznit, že zneškodněním odpadů je rozuměno takové nakládání s odpady, při kterém negativní účinky odpadních materiálů nepřesáhnou přípustné kvalitativní znaky, hodnoty, nebo limity stanovené příslušnými legislativními normami – zákony, vyhláškami, prováděcími předpisy a směrnicemi, vládními nařízeními aj. právně závaznými opatřeními.

1.2. Legislativa odpadového hospodářství

Základním mezinárodním dokumentem v oblasti odpadového hospodářství je **Basilejská úmluva** o kontrole pohybu nebezpečných odpadů přes hranice států a jejich odstraňování. Přijata byla v březnu 1989 více než 100 států, ratifikována byla 20 států včetně ČSFR. Platit začala od května 1992.

První zákon o odpadech byl v tehdejší ČSFR přijat teprve v roce 1991, zatímco samostatné zákony o ochraně vod a ovzduší platily minimálně o desítky let dříve. Problematika nakládání s odpady byla před rokem 1991 nejednotná, byla součástí několika zákonů a řady resortních předpisů. Systémové řešení přinesl teprve Zákon o odpadech č. 238/1991 Sb. a další navazující legislativní normy.

Dle zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. je odpadem 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 zákonu.

Ke zbavování se odpadu dochází vždy, kdy osoba předá movitou věc, příslušející do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu, k využití nebo k odstranění ve smyslu tohoto zákona nebo předá-li ji osobě oprávněné ke sběru nebo výkupu odpadů podle tohoto zákona bez ohledu na to, zda se jedná o bezúplatný nebo úplatný převod. Ke zbavování se odpadu dochází i tehdy, odstraní-li movitou věc příslušející do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu osoba sama.

Úplné znění zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, jak vyplývá ze změn provedených zákonem č. 477/2001 Sb., zákonem č. 76/2002 Sb., zákonem č. 275/2002 Sb., zákonem č. 320/2002 Sb., zákonem č. 167/2004 Sb., zákonem č. 188/2004 Sb., zákonem č. 317/2004 Sb. a zákonem č. 7/2005 Sb. je k dispozici na internetové adrese www.env.cz.

Zákon o odpadech obsahuje základní ustanovení v souladu s právem Evropské unie:

- a) pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany zdraví člověka a trvale udržitelného rozvoje,
- b) práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství,
- c) působnost orgánů veřejné správy.

Zákon se vztahuje na nakládání se všemi odpady, s výjimkou:

- a) odpadních vod,
- b) odpadů z hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem ukládaných v odvalech, výsypkách a odkalištích,
- c) odpadů drahých kovů,
- d) radioaktivních odpadů,
- e) mrtvých lidských těl včetně mrtvě narozených těl a potratů, částí těl včetně amputovaných končetin a orgánů a ostatků,
- f) konfiskátů živočišného původu,
- g) nezachycených emisí znečišťujících ovzduší,
- h) odpadů trhavin, výbušnin a munice,
- i) vytěžených zemin a hlušin, včetně sedimentů z říčních toků a vodních nádrží, vyhovujících limitům znečištění pro jejich využití na zemědělském půdním fondu, k zavážení podzemních prostor a k úpravám povrchu terénu (terénním úpravám), stanovených prováděcím právním předpisem.

Pokud zvláštní právní předpis nestanoví jinak, vztahuje se tento zákon i na ukládání odpadů, které nevznikly při hornické činnosti, do podzemních prostor a na odkaliště a na nakládání s nepoužitelnými návykovými látkami, přípravky a prekurzory a nepoužitelnými léčivy.

Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství stanoví vyhláškou podrobnosti nakládání a limitní hodnoty koncentrací škodlivin ve vytěžených zeminách a vytěžených hlušinách, včetně sedimentů z říčních toků a vodních nádrží, na které se nevztahuje zákon o odpadech.

Kontrolní otázky

1. Uveďte číslo a přesný název zákona o odpadech!
2. Která základní ustanovení zákon obsahuje?
3. Které další legislativní normy regulují oblast odpadového hospodářství?
4. Na které odpadní materiály se zákon o odpadech nevztahuje?
5. Vysvětlete pojem zneškodnění odpadů!

2.0 Separovaný sběr, třídění a svoz odpadů

2.1 Separovaný sběr a shromažďování odpadů

Cílem separovaného - odděleného sběru odpadních látek - je shromáždit na vyhrazených místech odpadní materiály neznečištěné příměsemi. Z tohoto důvodu musí separace odpadních materiálů a jejich sběr začínat u původce odpadů.

V tomto smyslu není rozhodující, zda se jedná o právnickou osobu (např. firmu) nebo fyzickou osobu (např. občana či zaměstnance firmy). Jen tak je zaručeno, že kvantitativní množství a počet druhů cizorodých příměsí bude ve shromážděném odpadním materiálu minimální. Toto je základním předpokladem efektivní zpracovatelnosti odpadních materiálů, které se takto stávají druhotnými surovinami. Každá cizorodá příměs ve shromážděném materiálu – druhotné surovině – způsobuje:

- zhoršenou zpracovatelnost až nezpracovatelnost danou nebo momentálně dostupnou technologií⁴,
- zvýšení měrné spotřeby druhotné suroviny,
- zvýšení měrné spotřeby energií,
- zvýšení produkce odpadů z přepracování a tím růst nákladů na jejich zneškodňování,
- zhoršení kvality finální produkce s rizikem její neprodejnosti,
- růst zpracovatelských nákladů.

Odpady získané separovaným sběrem jsou shromažďovány v principu následujícími způsoby:

- individuální donáška nebo dovoz do sběrových nádob v místě bydliště,
- individuální donáška nebo dovoz do sběrových dvorů obcí nebo firem
- individuální donáška prodejcům příslušných komodit (domácí spotřebiče, osvětlovací technika, ropné produkty, barvy a laky, ředidla aj.),
- svoz specializovanými firmami k recyklaci nebo zneškodnění.

Shromážděné odpady je nutné přechovávat tak, aby dodatečně nedošlo ke zhoršení jejich kvality znečišťujícími příměsemi a ztrátám. V bytové zástavbě obcí, provozovnách služeb, obchodní síti a v průmyslových firmách je zaveden:

⁴ Typickým příkladem jsou příměsi kovů v odpadním skle. Oxidy kovů sklovinu intenzivně barví, přičemž barvy se liší dle chemického složení oxidů kovů. Intenzita zabarvení se mění dle koncentrace příslušného oxidu ve sklovině. Rovněž přítomnost papíru z etiket kvalitu sklovinu zhoršuje - barví během tavby sklovinu sazemi z nedokonale spáleného papíru hnědě, vzniká až tzv. kouřové sklo. Nelze pak vyrobít sklo čiré!

2.2. Sběr tuhých odpadů:

- nádobový s využitím kovových nebo plastových kontejnerů (např. objemu 110 l, 240 l, 1.100 l aj.). Výhodou je trvalé používání nádob na jeden druh odpadů dle popisu a barevného rozlišení (papír – modré, plasty – žluté, sklo – zelené). Kontejnery jsou obvykle uzavřené víkem s otvory pro vhazování odpadních materiálů. Mechanizovaná nakládka a odvoz bývá zajištěn automobily se speciální nástavbou (např. vozy KUKA nebo BOBR). Komunální odpady jsou v nákladovém prostoru přepravních prostředků zhutňovány lineárním nebo rotačním stlačením - lisováním. Tím se jejich objem snižuje minimálně 3x, což je výhodné zejména pro lepší vytížení automobilů. Dále je lisování výhodné pro úsporu skladovacích prostor odpadů – např. bunkrů ve spalovnách nebo prostorů ve skládkách.
- podobně jsou v kovových, papírových nebo plastových kontejnerech či sudech nebo krabicích s plastovou vložkou (např. polyetylénová fólie nebo pytel) shromažďovány nebezpečné odpady. Toto je obvyklé např. pro odpady ze zdravotnictví - léčiva a použitý zdravotnický materiál, sorbety nebo tkaniny nasáklé ropnými látkami pocházejícími z autodílen, strojírenských a opravárenských provozů, technologického čištění nádrží, potrubí, čerpadel nebo havárií dopravních prostředků, pracovních strojů pro zemní práce aj. provozních nehod. **Tyto nádoby nebo kontejnery jsou nevratné!**
- do velkoobjemových ocelových kontejnerů - van o objemu nad 3 m³. Obvykle jsou používány na stavební suť, odpadní dřevo z demoličních prací (dveře, okna, konstrukce střech nebo podlah) nebo průklestu dřevin v parcích či zahradách, odpad ze zahrádkářských kolonií a tzv. velkoobjemový odpad z domácností (nábytek nebo jeho části, čalouněné díly aj.). Odvoz je zajištěn nákladními automobily se zdvihacím zařízením nebo lyžinami pro nakládku jednoho či více kontejnerů na ložnou plochu vozidla.
- beznádobový sběr do pytlů z termoplastů nebo vícevrstevných papírových pytlů, případně kartonových krabic je používán pro komunální odpad výjimečně. Naopak pro odpadní plasty a papír z domácností nebo odpady z obchodů, provozoven služeb a kanceláří je jeho použití časté. Nevýhodou je možnost protržení obalu při ruční manipulaci během nakládky, přepravy i vykládky. Riziko pomíchání a roztroušení shromážděných odpadních materiálů je vysoké. Sběr do kartonových krabic je užíván i u drobných nebezpečných odpadů typu suchých baterií, prázdných nádob od ředidel, rozpouštědel, nátěrových hmot, lepidel, syntetických pryskyřic aj. materiálu.
- do velkých textilních vaků (big back) s nosností do 1 t. Jsou používány zejména pro biologický odpad ze zahrad a parků (tráva, větve, listí, plevely). Vaky jsou nakládány a odváženy automobily s hydraulickým zdvihacím zařízením.
- v některých státech jsou vícepodlažní obytné domy vybaveny šachtami na shoz odpadků přímo do kontejnerů na odpady. Pro obyvatele se manipulace s částí domovních odpadů zjednodušuje, ale odpady musí být dobře zabaleny v silnějších plastových pytlích. Jinak hrozí protržení a potřísnění stěn šachet odpadními materiály, což v letních měsících silně zapáchá.
- ve vývoji jsou i potrubní systémy spojené s drcením odpadů. Zajišťují pneumatickou nebo hydraulickou dopravu domovních odpadů od místa vzniku do mechanických odlučovačů a kontejnerů nebo cisteren na svoz.⁵

⁵ V současnosti jsou v prodeji drtiče komunálních odpadů, u kterých je pak předpokládáno jejich „ztekucení“ naředěním vodou, např. v kuchyňských dřezech, a vypouštění do kanalizace komunálních vod. Provozovatelé kanalizačních sítí a čistíren odpadních vod se ale tomuto způsobu odvádění původně tuhých komunálních odpadů

2.3. Sběr kapalných odpadů⁶

Kapalné odpady lze rozdělit do dvou základních skupin:

- ⇒ vodné roztoky kyselin, hydroxidů a solí nebo jejich vodné suspenze,
- ⇒ roztoky, emulze nebo směsi ropných frakcí a jejich derivátů. Při nižších teplotách mohou mít tyto látky i pastózní konzistenci, případně ztuhnou.

Typickými představiteli kapalných odpadů jsou např. mořící a odmašťovací lázně používané před a pro povrchovou úpravu kovů ve strojírenském průmyslu, použité minerální oleje a maziva, motorová paliva znehodnocená přítomností vody nebo vzájemně smíchaná při odkalování (skladovacích nebo tankovacích nádrží a přepravních automobilových nebo železničních cisteren), nátěrové hmoty a jejich ředidla, fotochemikálie, odpadní roztoky z akumulátorů apod.

Většina kapalných odpadů náleží do skupiny odpadů nebezpečných. Tomu je podřízen celý systém nakládání s nimi od sběru, přes shromažďování až po zneškodnění.

Kapalné odpady jsou shromažďovány v kovových nebo termoplastových sudech s bezpečně těsnícími uzávěry. V průmyslových podmínkách jsou k tomuto účelu také používány stojaté nebo ležaté nádrže umístěné v záchytných jímkách. Materiál sudů a nádrží je volen dle fyzikálních a chemických vlastností odpadních kapalin.

V těchto nádobách jsou shromažďovány např. vyjeté motorové oleje a převodové oleje, odpadní rozpouštědla, zbytky nátěrových hmot, roztoky fotochemikálií, žíraviny obalové materiály znečištěné uvedenými látkami aj. odpadní hmoty.

Menší nádoby musí být umístěny na roštu, pod nímž je obvykle kovová záchytná vana na zpevněné podlaze (beton, dlažba). Velké nádrže v průmyslových závodech jsou umístěny v záchytných bezodtokových kovových nebo betonových vanách s penetračním nátěrem nebo keramickým obkladem. Záchytné vany musí pojmout objem kapalin z instalovaných nádrží. Tím je zabráněno úniku příslušných látek na podlahy objektů a do kanalizací, povrchových a podzemních vod i půdy.

brání. Hlavními důvody jsou zvýšené riziko zanášení až ucpávání kanalizačních sítí a neúměrné zvýšení BSK a CHSK odpadních vod, což snižuje kapacitu ČOV z pohledu zpracovatelného objemu odpadních vod.

⁶ Problematika zneškodňování kapalných odpadů je také řešena v Části I Technologie ochrany vod.

2.4. Obalové materiály⁷

Obalové materiály činí v komunálních ale i průmyslových odpadech celkem z odpadových materiálů až 50 % objemových a cca 25 % hmotnostních. Základními skupinami obalových materiálů jsou:

- Obaly na bázi celulózy⁸ (papír, lepenka, kartoun, lisovaná papírovina aj.).
- Sklo čiré a barevné na výrobu láhví, dóz, zavařovacích sklenic, ampulí aj.
- Kovy – převážně ocelový plech (bez pokovení nebo s pokovením Zn nebo Sn) a hliník v podobě sudů, fólií, plechovek, beden, krabic, příhradových kontejnerů aj.
- Termoplasty (PE, PP, PES, PET, PVC, PS aj.) v podobě fólií, sáčků, láhví, kelímků, dóz, krabic, kontejnerů, sudů aj.
- Dřevo (bedny, kazety, palety).
- Textilní pytle, žoky a vaky z juty, PP a kombinovaných - směsných materiálů,
- vícevrstvé obaly, např. krabice na mléko, ovocné mošty a koncentráty, alkoholické aj. nápoje.

Obvykle je možné obalové materiály roztřídit a uplatnit v separovaném sběru odpadů. Problémy činí směsné vícevrstvé obaly, kde jsou kombinovány dva nebo více zcela různorodých materiálů. Příkladem mohou být krabice na nápoje typu "tetrapak", kde je pro výrobu použit papír s potiskem, polyetylén a hliníková fólie vzájemně pevně spojené nástřikem taveniny PE nebo svářením.

V domácnostech převažují obaly na přepravu a uchovávání potravin. Nezanedbatelný podíl tuhých odpadů z domácností činí obaly od textilního zboží, nábytku, domácích spotřebičů, elektroniky, hraček aj.

Obecně je žádoucí množství odpadních obalů trvale snižovat.

V praxi se tento záměr nedaří plnit. Důvodem je komerční účinek obalů s obrazovými etiketami a předepsaným popisem pro informaci spotřebitele. Dalším důvodem jsou často dlouhé přepravní trasy výrobků od producenta ke spotřebiteli při probíhající globalizaci trhů zejména spotřebního zboží. Zboží je často přepravováno mezi klimaticky výrazně odlišnými pásmy. To je navíc spojeno s rizikem poškození výrobků během přepravy růstem počtu manipulačních operací, změnami teploty a vlhkosti, rizikem kondenzace par a koroze. Na významu a náročnosti technicko-technologického provedení obalu tak dále získává jeho vyšší ochranná funkce.

Podíl vratných skleněných obalů na alkoholické i nealkoholické nápoje a mléčné výrobky dlouhodobě klesá i když např. vratné skleněné láhve vydrží 10 – 50 oběhů! Část nápojů je balena místo do skleněných láhví do plechovek nebo PET láhví, které jsou hmotností lehčí a objemem menší. Např. u PET láhví na nealkoholické nápoje a vodu se vratný systém nepodařilo v ČR aj. zemích vůbec zavést. Je to způsobeno nároky a náklady na skladování, manipulaci, přepravu a hygienu, nutný výplach vratných láhví se zvyšováním spotřeby a změnami charakteru znečištění odpadních vod. Vratný systém skleněných nebo plastových obalů výrazně neovlivnilo ani jejich zálohování.

⁷ Problematiku obalů řeší samostatný tzv. obalový zákon.

⁸ Obaly na bázi celulózy jsou v uživatelské sféře považovány za jedny z nejperspektivnějších, neboť pocházejí z obnovitelných zdrojů surovin a dobře recyklovatelných.

2.5 Třídění odpadů

Třídění odpadních materiálů u jejich původců může být strojní s využitím mechanických, pneumatických, hydraulických nebo elektromagnetických třídičů. Obvykle ale je pro menší množství odpadů manuální, proto vysoce účinné i když pracné. Příkladem necht' je třídění odpadních materiálů v komunální sféře a domácnostech na několik základních kvalitativních skupin⁹, např.:

- Papír novinový, obalový, křídový a kladívkový, dvou a vícevrstvá lepenka, kartoun,
- Textil z přírodních, syntetických a směsných vláken,
- Sklo čiré a barevné,
- Termoplasty (PE, PP, PVC, PET, PS, ABS aj.) s plnivý a bez plniv, barevné a čiré,
- Termosety,
- Gumové výrobky a technická pryž (pneumatiky, hadice, klínové řemeny, výlisky aj.),
- Železo a barevné kovy,
- Biologicky rozložitelný kompostovatelný odpad¹⁰,
- Nebezpečné odpady, např. suché baterie, léčiva, rozpouštědla, fotochemikálie, barvy a laky s obaly, trubice zářivek nebo výbojek, výrobky obsahující asbest (žárovzdorné obklady, trubky na odpadní vodu, střešní krytiny), minerální oleje a maziva s obaly,
- Použité rostlinné oleje a tuky,
- Domácí spotřebiče (chladničky, mrazáky, sporáky, pračky atd.)
- Elektronické přístroje - televizory, radiopřijímače, počítače s příslušenstvím aj.

Vytříděné materiály musí být skladovány odděleně v pytlích, kartounových obalech, sudech, boxech, kontejnerech, nádržích, jímkách aj. dle jejich fyzikálních a chemických vlastností, aby bylo zabráněno jejich smíchání, znečištění nebo úniku do okolí. Všechny nádoby a obaly musí být označeny, aby bylo patrné, co je v daném obalu uloženo, resp. jaké nebezpečné vlastnosti příslušný materiál vykazuje. Z těchto identifikačních znaků jsou také patrná:

- pravidla užití pracovních ochranných pomůcek,
- nakládání s daným materiálem v případě úniku do okolí (např. při dopravní nehodě),
- sanace postiženého místa,
- první pomoc pro zasažené osoby a okolí.

Technologicky komplikovanou operací je **třídění směsných odpadů** pocházejících z domácností, komunální nebo i průmyslové sféry. Je využíváno třídění:

- mechanické na rotačních perforovaných či síťových bubnech nebo vibračních roštích a sítích dle velikosti odlučovaných částic,
- pneumatické v kombinaci se sedimentací nebo filtrací unášených částic lišících se hustotou, hmotností a velikostí,

⁹ V řadě zemí EU je zaveden sběr níže uvedených sort odpadních materiálů prostřednictvím jejich prodejců nebo ve sběrových dvorech provozovaných obcemi.

¹⁰ MŽP ČR byl vyhlášen celostátní program přípravy a zavedení sběru se zpracováním biologicky rozložitelných komunálních odpadů známý pod zkratkou BRKO.

- hydraulické v kombinaci se sedimentací, filtrací nebo odstředováním tuhých částic materiálu,
- elektromagnetické pro feromagnetické kovy nebo některé jejich slitiny,
- manuální pro konečné dotřídění.

Třídíče jsou obvykle doplněny o optické - fotometrické metody identifikace některých odpadních materiálů s využitím rozdílné sorpce IČ nebo UV záření. Uvedené optické metody ve spojení s mechanickým tříděním nebo přepínáním dopravních cest pomocí klapek, stěračů aj. zařízeními umožňují přesnou identifikaci některých plastů a jejich odloučení ze směsí.

Základem funkce třídících zařízení je využití specifických kvalitativních znaků odpadních materiálů, především rozměrů, hustoty, hmotnosti, feromagnetických vlastností¹¹. Pro dotřídění je často jako jediná možnost používáno třídění manuální. Důvodem je fakt, že teprve vizuální vjem člověka je schopen rozlišit některé kvalitativní znaky cizorodých příměsí především podle barvy a jejich tvaru.

Značnou komplikací všech třídících postupů je přítomnost vlhkých nebo mazlavých materiálů ve směsném odpadu. Tyto složky způsobují zvýšenou vzájemnou přilnavost či lepivost odpadních materiálů, se kterou si obvykle strojní, ale ani manuální třídění účinně neporadí – jejich vzájemné oddělení je značně ztíženo nebo zcela vyloučeno.

Přítomnost ostrých předmětů, střepů a nebezpečných látek velmi ohrožuje bezpečnost a hygienu práce v manuálních třídících linkách. Přítomné organické látky – zbytky rostlin, ovoce, zeleniny a potravin podléhají aerobnímu rozkladu a silně zapáchají. Není vyloučena přítomnost a množení patogenních zárodků. Přes četná technicko-technologická a organizační opatření je práce na uváděných manuálních třídících linkách velmi namáhavá a nepříjemná.

Kontrolní otázky

1. Jaké činnosti zahrnuje pojem nakládání s odpady?
2. Co je rozuměno separovaným sběrem odpadů?
3. Uveďte výhody nádobového a beznádobového sběru a svozu odpadů!
4. V čem spočívá důležitost třídění odpadů u jejich původce, jaké jsou hlavní výhody?
5. Kdy se stává odpad druhotnou surovinou?

¹¹ Feromagnetismus vykazují železo, kobalt, nikl, samarium a jejich slitiny, pokud obsah feromagnetického kovu je cca nad 50 % hm.

3.0 Technologie zneškodňování odpadů¹²

V praxi jsou využívány tři základní technologie zneškodňování odpadů:

- kompostováním,
- termickými postupy (nejdražší).
- skládkováním (nejlevnější),

V řadě zemí EU provozuje dlouhodobě všechny uvedené typy technologií jedna firma nebo sdružení firem a obcí. Obvykle se jedná o neziskové organizace – zisk tyto firmy sice formálně vytvářejí, ale ze zákona jsou povinny ho reinvestovat do provozovaných technologií.

Výše uvedené vlastnické vztahy, organizační uspořádání a legislativní podmínky fungování systémů odpadového hospodářství vedou k (ke):

- užití stále modernějších technologií,
- snižování zpracovatelských nákladů, resp. nákladů na zneškodnění odpadů,
- dlouhodobým smluvním vztahům, např. na 10 i více let, kdy je zaručena návratnost investic především do dražších technologií, např. termických postupů zneškodňování odpadů. Skládkování pak bývá za tohoto organizačního uspořádání předraženo a z jeho výnosů je dotováno ztrátové kompostování i spalování.

Všechny firmy působící v oblasti odpadového hospodářství jsou ze zákona povinny evidovat původce – dodavatele odpadu, množství a kvalitu odpadu předaného k přepracování nebo zneškodnění. Stejně tak musí evidovat způsob naložení s převzatým odpadem.

3.1. Kompostování

Dle směrnice EU o skládkování je uloženo členskými zeměmi snížit množství biologicky rozložitelných komunálních odpadů (BRKO) tak, aby podíl této složky činil v roce:

r. 2010	max. 75 %
r. 2013	50 %
r. 2020	35 %

z celkového množství BRKO uložených do skládek v roce 1995. Tato směrnice je podpořena finančními dotacemi z fondů EU. Předpokládá se, že přednostně bude tato složka komunálních odpadů zpracována na průmyslové komposty.

Ke kompostování je použitelný jen biologicky, přesněji biochemicky rozložitelný odpad, zejména následujících skupin organických materiálů:

- tuhé komunální odpady - jedná se obvykle o zbytky rostlin (ovoce, zeleniny, okopanin, obilnin, travin, dřevin, listů, slupky z brambor, ovoce apod.),
- zemědělské odpady různého původu ,
- odpady z těžby a zpracování dřeva – větve, kůra a dřevěné odpady (piliny, hobliny, třísky aj.),
- stabilizované (vyhnilé) čistírenské kaly,
- odpady z potravinářského průmyslu, např. cukrovarů, škrobáren, mražení a lihovarů,

¹² Zákon o odpadech hovoří o likvidaci odpadů – přesnější je termín zneškodňování odpadů, neboť všechny postupy vedou k vyloučení nebo alespoň potlačení nebezpečných vlastností odpadů. Materiál odpadu přitom podléhá pouze větším nebo menším přeměnám v principu fyzikálním, chemickým nebo jejich kombinací.

V kompostovaném materiálu je třeba sledovat obsah složek, které zhoršují, či zcela vylučují kompostování (ropné látky) nebo vnášejí do kompostu cizorodé látky (např. těžké kovy, PCB), jejichž obsah je v kompostech limitován.

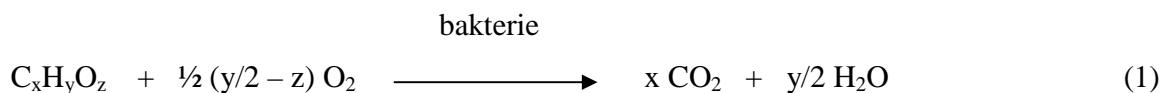
Na průmyslově vyráběné komposty se vztahuje ČSN 465735 „Průmyslové komposty“. Kompost musí být tmavě hnědá až černá homogenní hmota drobné až hrudkovité struktury bez nerozpojitelných částic, nesmí emitovat pachy svědčící o přítomnosti nežádoucích látek. Obsah rizikových prvků musí být v následujících max. koncentracích:

Sledovaná látka	max. koncentrace (mg.kg ⁻¹ vysušeného vzorku)
Arsen	50
Kadmium	13
Chrom	1000
Měď	1200
Rtuť	10
Molybden	25
Nikl	200
Olovo	500
Zinek	3000

3.1.1 Technologie kompostování

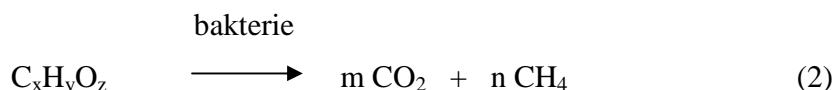
Aerobní kompostování (oxidační proces) – probíhá za přístupu vzdušného kyslíku. Odpad musí být provzdušňován nuceným přívodem vzduchu nebo mechanicky opakovaným převrácením nebo přesypáním vrstev surového kompostu – převážkou, přehrnováním, překopáním apod.. Během mineralizace se z objemu materiálu uvolňuje oxid uhličitý a voda. Důležité je vždy průběžné nebo pravidelné provzdušňování, aby byl trvale v celém objemu kompostovaného materiálu přebytek kyslíku. Teprve kyslík rozpuštěný ve vodě je přístupný mikroorganismům. Přitom rozpustnost kyslíku ve vodě je snížena zvýšenou teplotou kompostu!

Během aerobního rozkladu probíhá biochemická oxidace části organické hmoty kompostovaného materiálu dle následující chemické rovnice:

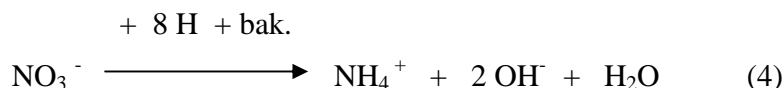
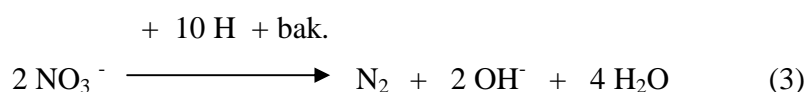


Anaerobní kompostování (redukční proces) – probíhá bez přístupu vzdušného kyslíku. Za anaerobních podmínek probíhá biochemický rozklad části kompostovaných organických látek optimálně při teplotě mezi 35 - 45 °C dle rovnice (2). Kyslík a energii získávají mikroorganismy z organických aj. kyslíkatých sloučenin. Část organických látek s nižší molekulovou hmotností se působením mikroorganismů přeměňuje na plynné produkty – bioplyn – obsahující hlavně oxid uhličitý (obvykle 40 % obj.) a methan (zpravidla 60 % obj.). Bioplyn zároveň obsahuje desetiny % obj. amoniaku a sulfanu. Reakční schéma naznačené sumární rovnicí (2) je značně

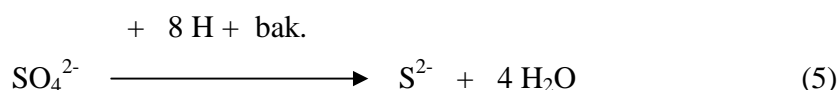
zjednodušené – ve skutečnosti postupně vzniká řada organických sloučenin typu aldehydů, ketonů, alkoholů, thioalkoholů, aminů aj. sloučenin. Za anaerobních podmínek se při probíhající biochemickém rozkladu uplatňují redukční procesy za vzniku methanu a oxidu uhličitého:



V anaerobních podmínkách probíhá za účasti bakterií rovněž denitrifikace, postupná redukce dusičnanů na molekulární N_2 a amoniak NH_3 desorbující z kapalně fáze. Dusík a amonný iont vznikají dle rovnic (3 a 4):



Zároveň za anaerobních podmínek probíhá redukce síranového aniontu za přítomnosti bakterií dle rovnice (5) až na sulfan:



Proto vznikající bioplyn obsahuje vedle oxidu uhličitého a metanu také zlomky procent dusíku, amoniaku a sulfanu i stopová množství vodíku. Rozkladem organických látek vznikají anorganické látky, proto je hovořeno o mineralizaci.

Fáze aerobního kompostování:

- mesofilní - rozvoj bakteriálních kultur a plísní. Probíhá rozklad jednoduchých organických sloučenin typu cukrů, škrobů, bílkovin. Teplota substrátu postupně vzrůstá. Je žádoucí, aby mesofilní fáze započala co nejdříve, aby neproběhly nežádoucí fermentační procesy především bílkovin a lipidů, kdy vznikají páchnoucí látky
- termofilní – pokračující rozvoj bakteriálních kultur a aktinomicet - hub. Nastupuje odbourávání organických látek s vyšší molekulovou hmotností – proteinů, lipidů, celulózy a ligninu. Vznikají tak stabilní organické látky s obsahem humusu – teplota dosahuje hodnot 60 - 70 °C
- dozrávání – stabilizace vlivem autochtónní mikroflory – doběh fáze termofilní s postupným poklesem teploty. Pokles teploty kompostu signalizuje zpomalení - ustávání rozkladných procesů. Hmota kompostu je homogenní a nezapáchá.

Podmínky kompostování:

- materiál je před kompostování drcen, tříděn (mechanicky, pneumaticky, a elektromagneticky, případně i manuálně) s cílem odstranění maxima cizorodých látek, které by zhoršovali kvalitu nebo omezovaly až vylučovaly použitelnost kompostu¹³.
- během drcení je materiál zároveň promícháním homogenizován.
- optimální poměr C : N v substrátu v substrátu je 30 : 1,
- je nutná přítomnost i dalších biogenních prvků včetně stopových. Tím je urychlen růst mikrobiálních kultur a tím i biochemický rozklad kompostovaného materiálu, je zajištěna i vyšší kvalita produkovaného kompostu.
- vlhkost materiálu musí být 50 - 60 % H₂O,
- teplota surového kompostu nesmí klesnout pod 19 °C, kdy se zpomalují až zastavují metabolické procesy mikroorganismů. Při kompostování teplota postupně vzrůstá až na 60 - 70 °C,
- pH výluhu surového kompostu je neutrální, v mezofilní fázi (viz dále) klesá na hodnoty 4 – 5 v důsledku vzniku karboxylových kyselin. Po jejich rozkladu v termofilní fázi pH výluhu stoupá až na 8,5. To je příznivé zejména pro kyselé půdy.

Obecně je výhodné použití přísad do kompostů, které urychlí začátek procesu kompostování a stabilizují biochemický rozklad organických látek žadáním směrem, tj. k tvorbě humusu -humínovým kyselinám a jejich solím. Tyto přísady upravují obsah mikroorganismů, živin, minerálních látek a pH. Vlastnosti surového kompostu lze zlepšit právě přidávkou vybraných kmenů mikroorganismů, které urychlují aerobní i anaerobní procesy, zejména při vysokých teplotách, a přednostně rozkládají obtížně rozložitelné složky surového kompostu. Rozklad kompostovatelných látek probíhá během min. 30 dnů závisle na složení výchozího materiálu a dosažených teplotách rozkladu. Při teplotách nad 55 st. C jsou zneškodněny v kompostovaném materiálu patogenní mikroorganismy, čímž je hygienizován.

Provozování kompostáren a kvalita kompostů bývá vážně ohrožena:

- zbytky plevelů (kořeny, oděvky, semeny), které se špatně rozkládají a mohou dále růst,
- hmyzem a jeho larvami,
- fytopatogenními houbami a plísněmi, jimi produkovanými mikotoxiny,
- přítomností hlodavců a jejich výkalů,
- přítomností cizorodých látek (např. popelovin z uhlí, střeptů, kovů, zbytků fólií termoplastů),
- zvýšeným obsahem sloučenin těžkých kovů, ropných látek nebo jejich derivátů a toxických látek,
- zápachem šířícím se a obtěžujícím okolí pocházejícím z karboxylových kyselin (octové, máselné, valerové) vznikajících v první fázi rozkladu,
- nezájmem potenciálních odběratelů kompostu z titulu jeho kvality a ceny, vysokých dopravních nákladů.

¹³ Je rozlišován kompost: - surový – rozdrcený materiál připravený ke zpracování,
- čerstvý – materiál po termofilní fázi rozkladu,
- vyzrálý – po ukončení zrání,
- speciální – s přidávkou např. minerálních živin, statkových hnojiv aj. materiálů.

Dříve uvedeným negativním vlivům lze předejít:

- kvalitním tříděním u původců biologicky rozložitelného kompostovatelného materiálu,
- uzavřením a odsáváním prostor kompostáren přes biofiltry, kde jsou biochemicky rozkládána i stopová množství páchnoucích organických látek,
- dodržáním teplot během kompostování (viz dále) s plným využitím metabolismu mikroorganismů je dosaženo vysokého stupně rozkladu organické hmoty a tím hygienizace a mineralizace produkovaného kompostu,
- ozařováním kompostovaného materiálu UV lampami jsou ničeny patogenní zárodky, vajíčka a larvy hmyzu,
- pokud se do kompostovaného materiálu dostanou stopová množství sloučenin těžkých kovů, jsou dobře sorbována humínovými kyselinami obsaženými humusu. Tím je potlačeno jejich šíření v půdě působením vody,
- výstavbou průmyslových kompostáren poblíž zdrojů kompostovatelných odpadů (u velkých měst, provozů potravinářského, dřevozpracujícího a celulózo-papírenského průmyslu) a stálých odběratelů kompostu, tj. v zemědělských oblastech, u velkoplošně rekultivovaných a revitalizovaných území¹⁴,
- postupně jsou vyvíjeny enzymatické systémy využívající vybrané kultury mikroorganismů, které jsou schopny biochemicky rozkládat různé organické sloučeniny, které vykazují nebezpečné vlastnosti pro flóru i faunu. Enzymatická detoxikace se jeví velmi perspektivní oblastí mikrobiologického výzkumu a vývoje.

3.1.2. Technologická zařízení kompostáren

a) Aerobní systémy

Průmyslové velkokapacitní kompostárny jsou na straně příjmu materiálu vybaveny třídící a drtící linkou. Surový kompost - rozdrčený materiál je dávkován do rotačního bubnu, kde setrvává několik desítek hodin, minimálně 48 hodin. Buben se sklonem do 5° o průměru kolem 4 m a délce cca 20 m se otáčí 1 – 2 x za minutu. Tím se kompostovaný materiál dále homogenizuje a provzdušňuje. V bubnu se „nastartuje“ mezofilní fáze biochemického rozkladu a rozvíjí se fáze termofilní.

Z rotačního bubnu je čerstvý kompost dopravován pásovými dopravníky na hromady do boxů umístěných v kryté uzavřené nebo polouzavřené hale (Zrání kompostu také může probíhat v těchto bubnech za přístupu vzduchu – viz obr.). Prostor uzavřených hal je obvykle odsáván přes biofiltry, aby zapáchající složky neobtěžovaly okolí. Zdola je pod kompostovaný materiál dmýchán vzduch. Tím je termofilní fáze kompostování dokončena a zrání kompostu urychlováno. Vždy během 5 – 7 dnů je materiál převážen – mechanicky přesypán a provzdušňován pomocí čelních hydraulických otočných nakladačů (typ HON).

Kompost je použitelný k aplikaci do půdy nejdříve po 3 měsících zpracování včetně zrání v popsané kompostování lince.

¹⁴ Kompost je přidáván do půdy v množství 5 – 50 kg . m⁻² . Nejvyšší dávky jsou používány pro výsadbu stromů, pěstování ovoce a zeleniny a na rekultivované půdy.

Malé kompostárny provozované obvykle obcemi nemají třídící linky a rotační bubny. Proto jsou vyšší nároky na kvalitu třídění kompostovatelného bioodpadu u jeho původců. Celý průběh kompostování drčeného surového kompostu probíhá v zastřešených boxech nebo jen na zpevněných otevřených plochách¹⁵ s pravidelnou převážkou zajišťující provzdušnění. Kompostování probíhá optimálně ve vrstvách s výškou 1,5 – 1,8 m.

Doba zrání je až o 4 týdny delší proti průmyslovým kompostárnám. Důvodem je horší provzdušňování a rychlejší vysychání materiálu působením slunečního záření a větru.

b) Anaerobní systémy

Anaerobní kompostování¹⁶ (redukční) – probíhá bez přístupu vzdušného kyslíku v hermeticky uzavřených komorách. Kompostárny na průmyslovou výrobu kompostu anaerobní technologií jsou vybaveny třídící a drtící linkou.

Během mineralizace se z objemu materiálu uvolňuje oxid uhličitý a metan. Vznikající bioplyn je nezbytné jímat v plynojemech. Při zvýšeném obsahu např. HCl je přímo spalován na polních hořácích. Neobsahuje-li korozně působící látky, je vhodný pro pohon kogeneračních jednotek¹⁷ produkujících teplo v podobě horké vody z chlazení motoru, oleje a výfukových plynů. Motor pohání alternátor vyrábějící elektřinu. Primární palivo – bioplyn - je cca z 55 % využit k produkci tepla a ze 30 % pro výrobu elektřiny!

Jelikož technologické zařízení linek pro anaerobní kompostování je složitější a tím dražší, tak pokud jsou v zahraničí stavěny, jedná se výhradně o průmyslové velkokapacitní kompostování linky.

V dynamickém – kontinuálním systému je rozdrčený materiál – surový kompost dávkován horem přes dvojitý zvonový uzávěr do rozkladného reaktoru - sila – stojaté ocelové válcové komory s rovným dnem. Ve dnu komory je propelerový podavač, který vyhrnuje čerstvý kompost na šnekový nebo pásový dopravník.

Prostor komory je zcela uzavřen od okolí, aby do něho nepronikal vzduch a je v něm mírný přetlak do 100 Pa. Vznikající bioplyn je odváděn ze sila do plynojemu a používán k vytápění, přípravě teplé užitkové vody nebo pro pohon kogeneračních jednotek¹⁸. Díky uzavření prostoru rozkladné komory neunikají do okolí zapáchající plynné emise.

Kompostovaný materiál se v silu volně sesypává. V případě tvorby klenby je mechanicky uvolňován zabudovaným zařízením. Setrvává v něm průměrně 5 – 10 dnů. Spodem je ze sila odebírán čerstvý kompost, který dozrává již na vzduchu v zastřešených boxech.

¹⁵ Průsaková a dešťová voda musí být odváděna drenážemi do sběrných jímek a odváděna potrubím nebo odvážena cisternovými vozy do ČOV.

¹⁶ Anaerobní rozklad je často používán k čištění odpadních vod, stabilizaci kalů v městských ČOV spojenou s redukcí jejich objemu a dále ke zpracování exkrementů hospodářských zvířat. Po vyčerpání zásoby kyslíku probíhá rovněž ve skládkovaném komunálním odpadu s obsahem biochemicky rozložitelných látek (viz dále).

¹⁷ KVET – systémy kombinované výroby tepla a elektřiny jsou efektivní, neboť je vedle tepla získávána ušlechtlejší forma energie – elektřina!

S ohledem na nákladnost strojně technologického zařízení jsou anaerobní systémy přípravy kompostu používány výjimečně, v praxi byly uplatněny prakticky jen v USA. V Evropě jsou používány výhradně systémy aerobní přípravy kompostu.

Kontrolní otázky

1. Jaké základní systémy kompostování jsou v praxi používány?
2. Jaké jsou požadavky na kvalitu kompostovaného materiálu?
3. Za jakých podmínek kompostování probíhá?
4. Jaká zařízení tvoří kompostovací linku?
5. Jaké výhody a nevýhody vykazují užívané kompostovací technologie?
6. Popište funkci a využití kogenerační jednotky!

3.2. Termické metody zneškodňování odpadů

Termické metody zneškodňování odpadů zahrnují především jejich spalování, dále pyrolýzu, různé systémy zplyňování nebo zkapalňování odpadů, případně mokrou oxidaci (viz technologie ČOV průmyslových).

Základními cíly a výhodami termických metod jsou:

- energetické využití odpadních materiálů pro přípravu TUV, vytápění, výrobu elektřiny nebo pro technologické účely,
- produkce kapalných nebo plyných paliv,
- snížení objemu odpadů cca na desetinu původního objemu, úspora skládkového prostoru a prodloužení životnosti skládek,
- pokles emisí oxidovatelných plynů do atmosféry,
- nezvýší se absolutní množství CO₂ emitovaného do atmosféry,
- řízené spalování a vícestupňové čištění spalin s kontinuálním monitorováním obsahu znečišťujících látek snižuje počet a celkové množství škodlivin emitovaných do atmosféry,
- inertizace zbytkového nespalitelného podílu,
- odstranění většiny nebezpečných vlastností odpadů,
- vitrifikace sloučenin těžkých kovů do škváry formou ve vodě omezeně rozpustných sloučenin.

Termickými procesy se odstraní většina nebezpečných vlastností odpadů:

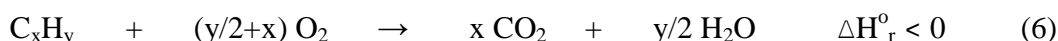
- hořlavost,
- emise těkavých organických sloučenin do ovzduší,
- výbušnost plynů a par ve směsi se vzduchem,
- mikrobiologická závadnost,
- karcinogenní, teratogenní a mutagenní sloučeniny se chemicky přemění v látky méně nebezpečné nebo v látky zcela neškodné - inertní,
- mineralizace s vitrifikací potlačí vyluhovatelnost nebezpečných složek (sloučenin těžkých kovů) ze škváry a popílků,
- hořlavost.

3.2.1 Spalování odpadů

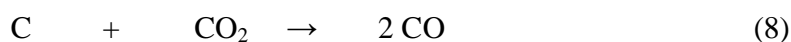
Obecně je spalování odpadů považováno za neoddelitelnou součást odpadového hospodářství. Použití spalování ke zneškodnění odpadů je oprávněné v těch případech, kdy jsou již z odpadů vytríděny:

- recyklovatelné materiály,
- biologicky rozložitelné kompostovatelné odpady,
- nebezpečné látky a materiály (např. výbušniny, munice, tlakové nádoby),
- jiná metoda odstranění nebezpečných vlastností odpadů je neúčinná nebo příliš drahá.

Spalování odpadů je v principu oxidace spalitelných látek – uhlovodíků a jejich derivátů. Přitom musí být zajištěn přebytek vzduchu (kyslíku) obvykle na úrovni 10 – 30 % vůči stechiometrickému poměru. Při spalování komunálních odpadů musí být teplota ve spalovací komoře vždy vyšší než 850 °C. Při spalování průmyslových odpadů musí být za spalovací komorou instalována tzv. dohořivací komora, kde je pomocným hořákem na zemní plyn nebo topný olej zajištěno zvýšení teploty spalin nad 1200 °C po dobu min. 2 sec. Pak spalování zajišťuje chemickou přeměnu organických sloučenin převážně exotermními reakcemi přednostně na vodu a oxid uhličitý, tj. látky přirozeně se nacházející v životním prostředí:



Při nedostatku kyslíku v systému – malém přebytku vzduchu – vzniká přímo oxid uhelnatý nebo vzniká v redukční zóně redukcí oxidu uhličitého:



Během spalování také vznikají ze sloučenin přítomných ve spalovaných odpadech oxidy síry a dusíku. Oxidy dusíku vznikají ve větší míře s teplotou rostoucí nad 1000 °C ve spalovacím prostoru jak z palivového dusíku, tj. dusíku obsaženého v palivu, a dusíku ze vzduchu použitého v přebytku pro spalování:



Pokud jsou v odpadních materiálech přítomny sloučeniny chloru, pak během spalovacího procesu vzniká v menší míře plynný chlor, chlorovodík i fosgen a chlorované deriváty uhlovodíků. Podobně ze sloučenin fluoru vzniká fluorovodík aj. sloučeniny fluoru.

Při podstechiometrickém poměru kyslíku vůči oxidovatelným sloučeninám v palivu – spalitelných odpadech i přebytku kyslíku ve spalovací komoře pod 5 % vůči stechiometrii a dále při krátké době zdržení v pásmu vysokých teplot (pod 2 sec. a teplotách pod 800 °C), mohou vznikat saze, sloučeniny typu polycyklických aromatických uhlovodíků, bifenyly, benzo- a dibenzofuranů a dioxinů¹⁹ a případně jejich polychlorované deriváty.

Výše uvedené látky jsou ze spalin odlučovány s vysokou účinností ve víceúrovňovém systému čištění spalin (viz dále). Tím jsou s rezervou potlačeny jejich emise do atmosféry pod legislativou stanovené emisní limity.

Nespalitelné podíly - škvára a popílek - mohou obsahovat vedle základních složek, tj. křemičitanů a hlinitokřemičitanů alkalických kovů a kovů alkalických zemin, také zbytky nespáleného koksů a saze, sloučeniny těžkých kovů, polycyklické aromatické uhlovodíky a jejich deriváty.

¹⁹ Spalováním všech organických látek včetně dřeva, dřevěných pelet nebo briket, papíru, tabáku, textilu, termoplastů aj. materiálů za nízkého přebytku kyslíku a teploty vždy vznikají uvedené toxické látky!

Pokud má spalování odpadů probíhat bez potřeby pomocného paliva (zemní plyn, lehký nebo těžký topný olej), musí spalovaný materiál obsahovat:

- pod 50 % vody (vlhkosti),
- pod 40 % popelovin a nespalitelných látek v sušině spalovaného materiálu,
- nad 25 % prchavé hořlaviny.

Ve všech ostatních případech je nezbytný trvalý provoz pomocného stabilizačního hořáku ve spalovací komoře, který v první řadě spalovaný materiál dosuší a pak zajišťuje jeho zapálení. Jsou používány stabilizační hořáky na zemní plyn nebo topné oleje (LTO, TTO).

Spalováním jsou zneškodňovány různé odpadní materiály pevného, kapalného i plynného skupenství. Řada spalitelných odpadních materiálů má pastózní konzistenci, jsou lepivé a mazlavé, mají vysokou viskozitu a za nižší teploty tuhnou. Často se jedná o nestandardní paliva s proměnnou výhřevností.

Odpady určené pro spalování často obsahují nehořlavé inertní materiály, hmoty s nízkým bodem tání (termoplasty, hliník), materiály s vysokou vlhkostí apod. Při provozování spalovacích komor je proto vhodné míchat odpady s různou výhřevností, což je výhodné jak pro rovnoměrnější teplotní namáhání konstrukcí spalovacích komor tak produkci tepla a výrobu páry nebo horké vody. Látky s nízkým bodem tání způsobují vznik nálepků na povrchu žáruvzdorných vyzdívek spalovacích komor, zalepují rošty, snižují bod tání popelovin. Tyto negativní jevy zhoršují výkon spalovacího zařízení, jsou příčinou snížené životnosti vyzdívek a poruch spalovacích zařízení.

Odpady vhodné pro spalování lze rozdělit do čtyř základních skupin:

- komunální odpady,
- průmyslové odpady,
- čistírenské kaly,
- nebezpečné odpady.

Tabuka 1: Závislost výhřevnosti odpadů na jejich druhu – chemickém složení

Druh odpadu	Výhřevnost odpadů [MJ.kg ⁻¹]
komunální odpady	4 – 10,0
pryž dle obsahu anorganických plniv	21 – 25,0
kůže	16,0
textilie přírodní, syntetické a směsné	20 – 40,0
papír, lepenka	20 – 25,0
piliny, hobliny, dřevo vzduchosuché	19 - 22,0
polyetylen	46,0
kaly ze zpracování ropy	9,3
kaly ze zpracování dehtu	31,0

Technologická zařízení spaloven odpadů

Spalování plynných odpadů

Nejsnazší je spalování **plynných odpadů**, neboť jejich promíchání se vzduchem v hořácích je rychlé a velmi účinné. Dokonalé prohoření probíhá velmi rychle a v malém prostoru spalovací komory v bezprostřední blízkosti hořáku. Vlastní spalování proběhne řádově v milisekundách i když doba zdržení spalin ve spalovací komoře je i několik sekund. Při přebytku vzduchu 5 – 10 % a teplotě plamene 1500 – 2000 °C je ve spalinách minimální obsah oxidu uhelnatého, sazí, uhlovodíků a jejich derivátů i oxidů dusíku.

Plynné odpady jsou vždy spalovány u místa vzniku:

- a) V jednoduchých tzv. polních hořácích, což je běžně užíváno pro spalování skládkových nebo kalových plynů nevhodných z titulu chemického složení pro pohon kogeneračních jednotek. V krajních případech je takto spalován přebytek přechodně nezpracovatelných bioplynů a odpadních plynů z výrobních technologií. Obdobné hořáky jsou používány v rafinériích a petrochemickém průmyslu pro spalování nezpracovatelných odpadních plynů z výrobních technologií.
- b) Ve spalovacích komorách bez katalyzátorů nebo v katalytických reaktorech²⁰ a to vždy se stabilizačním hořákem pro nájezd spalovacího zařízení a dodržení teplotního režimu za běžného provozu. Oba typy zařízení jsou vybaveny kotlem na využití odpadního tepla. Tímto způsobem jsou spalovány zředěné hořlavé plyny a páry obvykle z chemických výrob nebo par ředidel nátěrových hmot obsažených ve vzduchu odsávaném z lakoven, stříkacích boxů nebo odmašťovacích lázní.

Spalování kapalných odpadů

Kapalné odpady jsou ke spalování dopravovány železničními cisternami, autocisternami nebo potrubím. Skladovány jsou odděleně v ocelových nádržích umístěných v záchytné vaně, aby nebyly v případě poruch nebo netěsností ohroženy povrchové nebo podzemní vody. Pokud mají kapalné odpady vysoké body tuhnutí (obecně nad 0 °C), jsou nádrže vybaveny tepelnou izolací a topnými hady vyhřívanými sytou parou.

Při spalování **kapalných odpadů** je nezbytné zvážit, zda je před spalováním možné jejich zplynění odpařením. Pak lze použít spalovací hořáky a další technologická zařízení shodná jako pro spalování plynů a s využitím všech jeho výhod.

Pokud jsou bod varu a výparné teplo kapalného odpadu vysoké a nelze zplynění jednoduchým a levným způsobem realizovat, neboť je vždy energeticky náročné. Potom základní podmínkou dokonalého spalování kapalných odpadů je jejich rozptýlení formou jemných kapiček do proudu spalovacího vzduchu. Tím je zajištěno rychlejší sdílení tepla v prostoru spalovací komory a zplynění kapalného paliva - odpadu v zóně hoření. Proto je nutné kapalné odpady před nástřikem do spalovací komory přehřívat např. v parních výměnících tepla co nejblíže k bodu varu a tím navíc maximálně snížit jejich viskozitu. To je podmínkou snazšího rozstříkávání na jemné kapky. Doba zdržení hořlavých kapalin ve spalovací komoře je dána právě časem nutným pro zplynění, aktivaci a spálení materiálu. Je zásadně ovlivněna kvalitou rozprašení – rozstříku na

²⁰ Viz „Technologie ochrany životního prostředí“, část 2. „Ochrana ovzduší“.

jemné kapičky, výparným teplem a teplotou samovznícení. V praxi se střední doba zdržení τ stanovuje dle vztahu:

$$\tau = \frac{V}{Q}, \quad (11)$$

kde V je objem spalovací komory a Q je objemové množství plynu produkované vsázkou spalovaného kapalného odpadu za jednotku času, v tomto případě objemu par vzniklých odpařením spalované kapaliny. Vlastní zplynění a spálení kapalného odpadu proběhne v tisícinách až setinách sekundy. Zóna hoření je proti plynům objemnější, délka plamene několikanásobně delší. To má za následek vyšší tvorbu NO_x , než je tomu při spalování plyných paliv a odpadů. Doba zdržení kapalného paliva a spalin ve spalovací komoře je opět několik sekund.

Pro spalování kapalných odpadů, ale obecně všech hořlavín, jsou v principu používány hořáky s rozprašováním:

- mechanickým - rotační hořáky, atomizéry,
- vysokotlakým – rozstříkem paliva z trysek malého průměru pod tlakem až desítek MPa,
- pneumatickým s využitím stlačeného vzduchu,
- kombinovaným.

Spalování kapalných odpadů je prováděno:

- a) v klasických plamencových spalovacích komorách s kotli pro výrobu horké vody nebo páry,
- b) v cementářských rotačních pecích pro výpal slínku (spoluspalování).

Kapalné odpady jsou přehřívány k bodu varu nebo alespoň na teploty významně snižující jeho viskozitu, což umožňuje rozstřík – rozprášení na jemné kapky. Do hořáků plamencových spalovacích komor je odpad dávkován s min. 10-ti % přebytkem vzduchu. To je podmínkou rychlého a dokonalého spálení. Za těchto podmínek je zajištěna oxidace spalitelných organických sloučenin na oxid uhličitý a vodu s minimálními emisemi CO , NO_x , sazí a zbytků uhlovodíků nebo jejich derivátů. Pak také nebývá nutné pro bezpečné plnění zákonných emisních limitů vícestupňové čištění spalin, jako je tomu u tuhých odpadů – viz dále.

Obdobně jsou kapalné odpady dávkovány do cementářských rotačních pecí. Výhodou cementářských pecí je vysoká teplota v prostoru rotační pece, která v zóně hoření při délce plamene i nad 20 m přesahuje 2000 °C. Doba zdržení v tomto pásmu je kolem 5 sec. Vápnenné hmoty navíc zajišťují v chladných zónách technologie spolehlivou chemisorpci oxidů síry ve zpracovávaném materiálu. Rovněž chemisorpce sloučenin chlóru a fluóru je dobrá. V řadě zemí včetně České republiky jsou tak s výhodou využívány cementářské pece ke spalování odpadních ropných látek včetně nestandardních destilátů petrochemicky dále nezpracovatelných bez nadlimitních emisí znečišťujících látek. Kromě toho jsou v těchto pecích spalovány tuhé odpady, např. pneumatiky, ale i odpady ze zdravotnictví a drcené plasty. V zahraničí bývá povolováno v cementářských pecích i spalování kapalných odpadů s limitovaným obsahem halogenů!

Všechny uvedené odpady – nestandardní paliva - snižují výrobní náklady cementáren díky úspoře standardních paliv – uhlí, topných olejů nebo zemního plynu.

Spalování tuhých odpadů

Tuhé odpady jsou svázeny a shromažďovány ve velkoobjemových bunkrech v bezprostřední blízkosti spalovacích zařízení. Často jsou míchány odpady různého původu a složení, významně se lišící výhřevností. Základem pro míchání odpadů jsou jejich vlastnosti deklarované dodavatelem, ale v neposlední řadě také zkušenost pracovníků obsluhy dávkování odpadů do spalovacího zařízení. Pak jsou spalitelné odpady dávkovány do spalovacích komor tak, aby jejich příliš vysoká výhřevnost způsobující enormní vzrůst teploty ve spalovací komoře neohrozila konstrukci spalovacích zařízení a zároveň tepelný výkon kotlů v čase nekolísá.

Rychlé výkyvy teplot ve spalovacích komorách v první řadě vyvolávají teplotní dilatace a tím pnutí v materiálech žáruvzdorných vyzdívek a svárech ocelových dílů. To vede ke vzniku mikrotrhlin až velkých trhlin nebo odlupování svrchních vrstev žáruvzdorných materiálů a zkrácení jejich životnosti.

Spalování **tuhých odpadů** je technicko - technologicky nejsložitější²¹. Tuhé kusovité a velkoobjemové odpady musí být před spalováním rozdrceny, obvykle nožovými nebo trnovými drtiči. Tím je zajištěn rychlejší průběh všech dále uvedených fází spalování tuhých odpadů. Přesto doba zdržení spalovaného materiálu ve spalovací komoře je v krajních případech 2 – 3 hodiny.

Spalování tuhých odpadů má následující fáze:

- | | |
|--|-------------------------------------|
| ■ předsušení | (do 100 °C) |
| ■ odplyňování spojené s pyrolýzou | (200 - 600 °C) |
| ■ zapálení (začíná při odplyňování) - hoření plynů | (500 – 800 °C) |
| | - hoření polokoksu (1000 – 1100 °C) |
| ■ dohořívání polokoksu | (až 1200 °C). |

Vlastní spalování tuhých odpadů je realizováno ve spalovacích komorách:

- roštových (rošty přesuvné, vratisuvné, pásové, válcové),
- rotačních,
- fluidních.

Pro spalování tuhých odpadů bývá užíváno i dvoukomorové uspořádání spalovacího zařízení, např. kombinace spalovací komory s roštem a rotační spalovací komory. V první spalovací komoře, proběhnou první tři fáze spalování, ve druhé rotační spalovací komoře proběhne dohořívání polokoksu.

Spalování odpadů probíhá za posledním příívodem vzduchu při teplotách nad 850 °C a nad 1100 °C za předpokladu, že odpad obsahuje 1 % a více celkového množství chloru ve sloučeninách spalovaného odpadu. Přebytek vzduchu musí být min. 11 % a dosahuje i 30 %. Tím je zajištěna velmi účinná oxidace všech přítomných oxidovatelných organických sloučenin ze spalovaného odpadu.

Pro spalování **komunálních odpadů** je nejčastější použití roštových spalovacích komor. Důvodem je provozní spolehlivost a dostatek zkušeností s jejich provozem a údržbou ze spalování tuhých fosilních paliv.

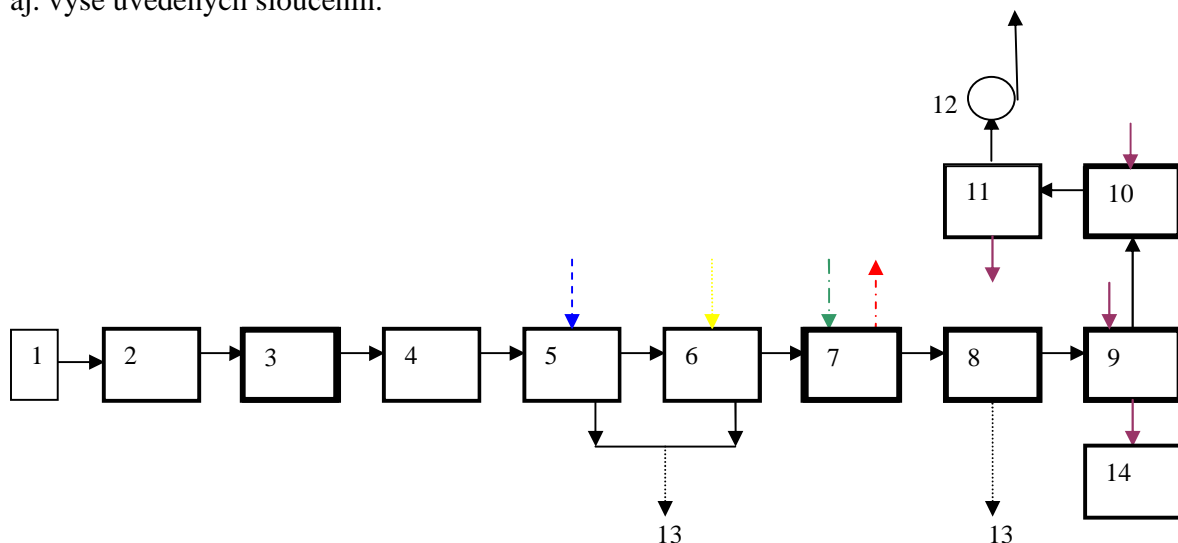
²¹ Spalovací komory pro spálení tuhých odpadů jsou v principu obdobou spalovacích zařízení na tuhá fosilní paliva.

Pro spalování **průmyslových odpadů a nebezpečných odpadů** bývají používány rotační spalovací komory, někdy s předřazenou klasickou roštovou spalovací komorou. V tomto případě je jejich výhodou trvalé promíchávání a převrácení spalovaného materiálu, což je podmínkou rychlého a dokonalého prohoření jak odpadu, tak spalováním vznikajícího polokoksu.

Jak již bylo uvedeno, za spalovací komorou (komorami) je umístěna dohořivací komora. Jedná se o válcovou ocelovou stojatou nádobu s žáruvzdornou vyzdívkou. Vyhřívána je jedním nebo více hořáky na zemní plyn nebo topný olej. Dohořivací komora zajišťuje prodloužení doby zdržení spalin na min. 2 sekundy při teplotě nad 1100 °C. Za těchto podmínek proběhne termický rozklad a oxidace - spálení organických sloučenin se složitou strukturou molekul, s vyšší molekulovou hmotností a pevnými vazbami v molekulách často obsahující chlór a další halogeny. Jedná se např. o sloučeniny:

- freony,
- aromatické uhlovodíky a jejich deriváty,
- polycyklické aromatické uhlovodíky a jejich deriváty,
- bifenyly a jejich deriváty,
- benzo- a dibenzofurany a jejich deriváty,
- dioxiny a jejich deriváty.

Spaliny musí být za výstupem z dohořivací komory prudce ochlazeny v parním kotli, aby rekombinací pyrolýzních produktů, často velmi reaktivních radikálů, opět nevznikly vysokomolekulární látky typu polycyklických aromatických uhlovodíků, dioxinů a benzofuranů aj. výše uvedených sloučenin.



Obr. 1 Blokové schéma spalovacího zařízení

1 – dovoz odpadů, 2 – přejímka odpadů, 3 – zásobní bunkr, 4 – dávkovací zařízení, 5 – spalovací zařízení s přívodem vzduchu, 6 – dohořivací komora s přívodem zemního plynu, 7 – kotel s přívodem napájecí vody a odvodem páry, 8 – odprašování spalin s odvodem popílku, 9 – absorpční čištění spalin s přívodem absorpčního roztoku a jeho odvodem do ČOV, 10 – katalytické čištění spalin s přívodem redukčního činidla, 11 – adsorpční čištění spalin s odběrem sorbentu, 12 – kouřový ventilátor a komín, 13 – odvod škváry a popílku, 14 – ČOV

V parních kotlích spaloven je obvykle vyráběna přehřátá pára užívaná přednostně pro pohon turbogenerátorů. Často jsou v turbogenerátorech užívány protitlaké parní turbíny, což umožňuje dokonalejší využití tepla – admisní pára z turbín je buď přímo vedena do sítí centrálního zásobování teplem nebo do výměníků tepla k ohřevu vody pro systémy centralizovaného zásobování teplem (CZT), tj. vytápění a ohřev teplé užitkové vody (TUV).

Systémy kombinované výroby tepla a elektřiny (KVTE) ve spalovnách zajišťují využití primární energie paliva – odpadů – až na 60 %. Spalovny tak dobropisy - prodejem elektřiny a tepla pro systémy CZT snižují vysoké náklady investiční a provozní spojené se spalováním všech druhů tuhých odpadů.

Tuhé zbytky po spalování – škvára a popílek jsou odváděny ze spalovacích komor a dohořívacích komor spodem přes vodní uzávěry, kde jsou popeloviny ochlazeny. Popeloviny se někdy v topeništi taví a odtékají v podobě taveniny do vodních uzávěrů. Tím také dochází k vytrifikaci tuhých odpadů s minimálním rizikem vyluhovatelnosti sloučenin těžkých kovů aj.

Po ochlazení roztavené strusky nebo škváry ve vodě jímky vodního uzávěru je škvára dopravována redlerovými a dále pásovými dopravníky do kontejneru. Předtím jsou z nich elektromagnetickými třídíči odděleny feromagnetické kovy. Škvára a popílky z odlučovačů prachu jsou potom společně odváženy na skládky nebezpečných odpadů.

Dávkovacím zařízením tuhých odpadů do spalovací komory (turniketové podavače, klapkové uzávěry v násypkách aj.) spolu s vodními uzávěry je celý prostor spalovacího zařízení i s aparátů čištění spalin pracující pod sníženým tlakem oddělen od okolí a není do něho přísáván vzduch. Podtlak v systému zajišťují spalinové ventilátory, které jsou instalovány většinou za vícestupňovými linkami čištění spalin a před komínem.

3.2.2 Pyrolýza tuhých odpadů

Pyrolýza tuhých odpadů je alternativou spalovacích procesů. Je používána především pro termické zneškodnění odpadů s naprostou převahou organických látek a s nízkým obsahem popelovin.

Pyrolýzou je rozuměn termický rozklad makromolekul organických látek za vzniku směsi jednoduchých převážně alifatických nasycených i nenasycených uhlovodíků a koksu. Průběh pyrolýzy odpadních materiálů je zásadně ovlivněn reakční teplotou, výchozím chemickým složením odpadů, obsahem organických látek a vlhkostí.

- a) Pyrolýza je využívána pro zneškodnění odpadů např. z textilního a kožedělného průmyslu, nemocničních a zdravotnických odpadů. Tato zařízení jsou běžně umístěna přímo ve jmenovaných podnicích nebo zdravotnických zařízeních, je-li spalitelných odpadů dostatečné množství.
- b) Pyrolýzou odpadů na bázi dřeva, např. pilin, třísek, hoblin, štěpky, drcené dřevotřísky nebo laťovky, lze vyrobit dřevoplyn. Pyrolýza probíhá v reaktoru za mírně zvýšeného tlaku při teplotě kolem 800 °C. Vyrobený plyn je vhodný zejména pro pohon kogeneračních jednotek

s pístovými spalovacími motory. Pro větší výkony budou vhodné plynové turbíny. Kombinovanou výrobou tepla a elektřiny (KJET) tak lze odpad velmi efektivně využít.

- c) Řízenou katalyzovanou pyrolýzou lze z polymerních látek vyrobit kapalné uhlovodíky včetně frakcí vhodných pro výrobu motorových paliv. V tomto smyslu je technologicky zvládnuto přepracování technické pryže a pneumatik nebo termosetů a termoplastů včetně PET láhví.

Dle teplot, při kterých probíhá pyrolýza, jsou rozlišovány pyrolýzní procesy:

- nízkoteplotní – při reakční teplotě do 500 °C,
- středoteplotní – při teplotě 500 – 800 °C,
- vysokoteplotní – při teplotě nad 800 °C

Do skupiny pyrolýzních procesů je také řazen termický rozklad odpadů s využitím tzv. plazmového hořáku. V tomto případě rozkladné teploty přesahují i hodnotu 20.000 °C. Za těchto podmínek dochází k totálnímu rozkladu a zplynění všech organických látek a odpaření látek anorganických. Následně proběhne jejich úplná oxidace na oxid uhličitý, vodu, oxidy kovů a nekovů v nejvyšším oxidačním stupni.

Tabulka 2: Srovnání parametrů - podmínek a produktů při pyrolýze a spalování

	Pyrolýza²²	Spalování
Princip procesu	tepelný rozklad	oxidace, reakce s kyslíkem
Podmínky	redukční	oxidační
Teplota (°C)	500 – 1000	800 – 1500
Převládající reakce	endotermní	exotermní
Produkty - odpady	pyrolýzní koks H ₂ S, NH ₃ , CO, CO ₂ CH ₄ a další lehké uhlovodíky	škvára, popílek H ₂ O, CO ₂ , SO ₂ , SO ₃ , NO _x

Spalné teplo plyných produktů pyrolýzy je využíváno k vlastní pyrolýze – ohřevu odpadů spalováním pyrolýzních plynů na rozkladnou teplotu. Přebytečné teplo spalin je ve výměnících tepla využíváno k výrobě páry nebo ohřevu vody. Spaliny jsou pak vícestupňově čištěny - viz dále.

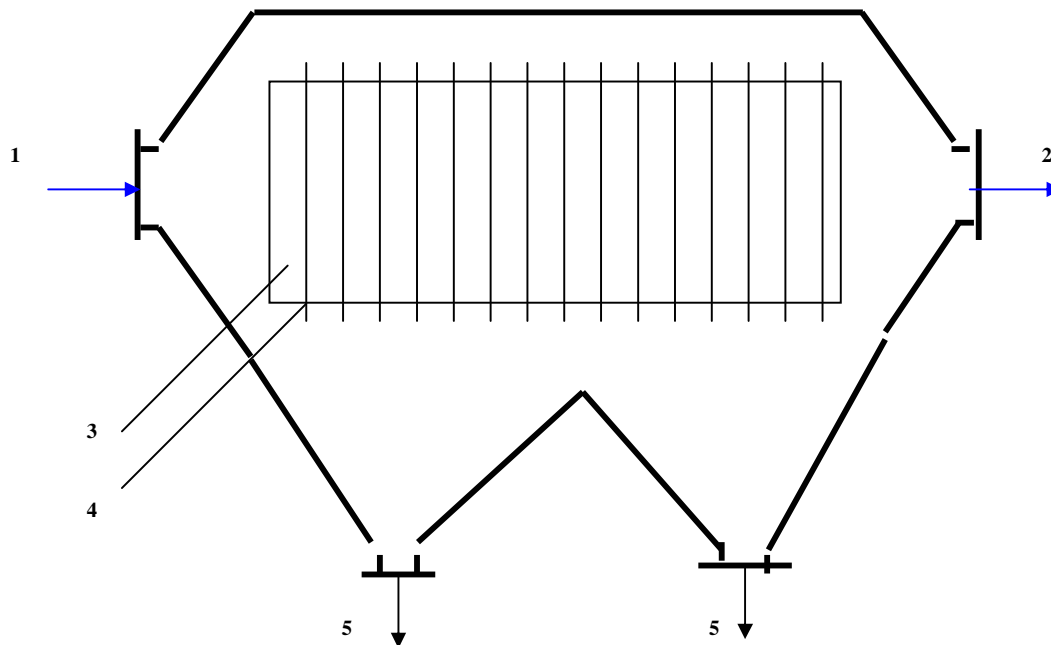
3.2.3 Vícestupňové čištění spalin

²² Plynné produkty pyrolýzy jsou za pyrolýzní komorou spalovány v přebytku vzduchu za vzniku příslušných oxidačních produktů - s převahou oxidu uhličitého a vody.

Technologická zařízení na termické zneškodňování odpadů (spalováním nebo pyrolýzou) jsou vždy vybavena vícestupňovým čištěním spalin. Tato zařízení zajišťují spolehlivé plnění zákonem stanovených emisních limitů. Vícestupňové čištění spalin zahrnuje:

o **odprašování spalin – používány jsou:** - **elektrostatické odlučovače**

Horizontální komorové elektrostatické odlučovače jsou nejčastěji používány pro odlučování prachu z horkých průmyslových plynů o teplotě 300 – 400 °C. Proto jsou také vhodné pro odprašování spalin z kotlů spaloven komunálních nebo průmyslových odpadů. Účinnost odloučení prachových částic i submikronové velikosti přesahuje 99,5 %.



Obr. č. 9. Horizontální komorový elektrostatický odlučovač

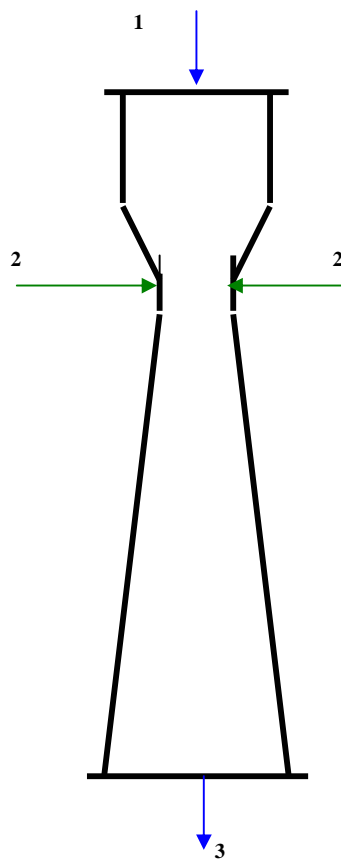
1 – vstup plynu, 2 – výstup plynu, 3 – deskové usazovací elektrody (anody), 4 – drátové nabíjecí elektrody (katody), 5 – výsypy odloučeného prachu

- **venturiho proudové odlučovače**

Proudové odlučovače pracují na principu nástřiku vypírací kapaliny do proudu čištěného plynu. V něm se vypírací kapalina v důsledku intenzivní turbulence rozptýluje na jemné kapičky. Tím je dosaženo vysoké pravděpodobnosti kontaktu kapek se smáčitelnými prachovými částicemi, což jsou základní podmínky jejich odloučení. Velký mezifázový povrch je podmínkou jak pro odlučování prachu, tak pro intenzivní sdílení tepla a případně i absorpci plynů během odlučování prachu.

Proudové odlučovače jsou s úspěchem využívány ve spalovnách komunálních, průmyslových i nebezpečných odpadů. Často je zde kumulována funkce odprašovacího zařízení spolu s chlazením odsávaných plynů a absorpcí. Jako vypíracích kapalin je užíváno vodných alkalických roztoků (např. NaOH, Na₂CO₃). Použití vápenného mléka není vhodné pro riziko zanášení až ucpání rozprašovacích trysek. Z uvedených důvodů bývají proudové odlučovače předřazeny dalším stupňům čištění spalin – absorpčním kolonám s výplní, které chrání před zanášením kaly nerozpustných látek.

Odlučivost prachu v proudových odlučovačích přesahuje 98 – 99 % i pro částice velikosti kolem 1 μm. Tyto parametry je řadí k vůbec nejúčinnějším mokrým odlučovačům prachu.



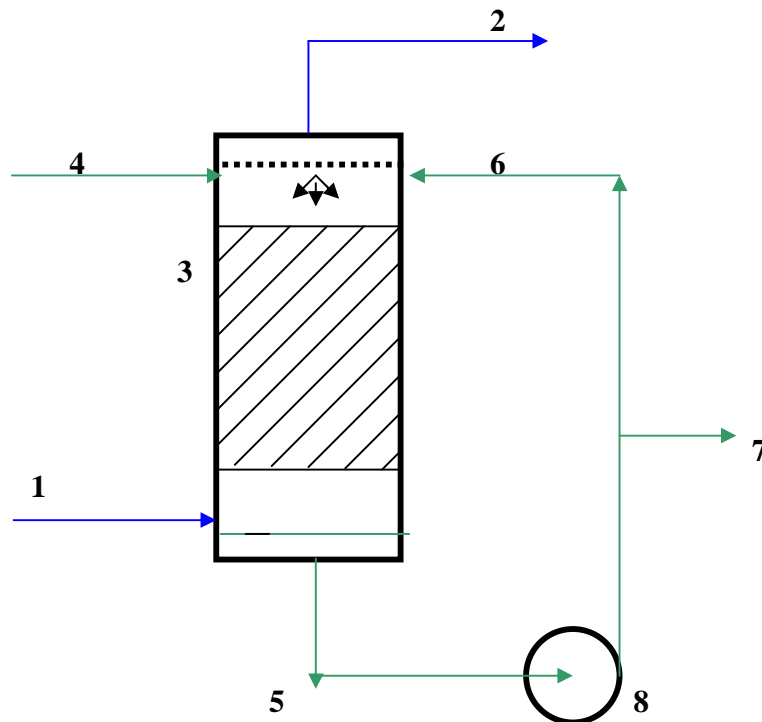
Obr. č. 7. Proudový odlučovač Venturi 1 – vstup znečištěného plynu, 2 – trysky pro nástřik vypírací kapaliny, 3 – výstup plynu s vypírací kapalinou

○ **absorpce plyných kyselých reaktivních zplodin v alkalických roztocích:**

Absorpce s chemickou reakcí náleží k nejúčinnějším a z pohledu kinetiky také nejrychlejším metodám čištění odpadních plynů. Proto je velmi vhodná i pro čištění spalin ze spaloven odpadů komunálních, průmyslových a nebezpečných.

Chemická reakce závisle na rychlosti průběhu probíhá v kapalně fází při fázovém rozhraní, je-li velmi rychlá nebo v určité vzdálenosti od fázového rozhraní, je-li pomalá. Účinnost absorpce v alkalických absorpčních roztocích se blíží 100 %, pokud není koncentrace absorbované složky v čištěném plynu příliš nízká, tj. pod $1 - 2 \text{ g.m}^{-3}$.

Absorpce probíhá zpravidla ve válcových kolonách s protiproudým prouděním spalin a absorpčních roztoků. Do prostoru absorbérů je zhora nastříkována absorpční kapalina, zdola proudí čištěné spaliny. Pod víkem absorbérů nad rozstřikovači jsou umístěny žaluziové odlučovače kapek bránící jejich úletu z absorbérů s čištěnými spaliny. Absorpční kapalina je dopravována odstředivými čerpadly z předložkové nádrže do rozstřikovače v horní části absorbérů. Z prostoru absorbérů je odváděna samospádem zpět do předložkové nádrže. Jako předložková nádrž může fungovat spodní část absorbérů – viz Obr. č. 14. Čerstvá alkalická absorpční kapalina je dávkována do absorbérů. Při poklesu pH pod 8 je vyčerpaná absorpční kapalina odváděna do neutralizační stanice čistírny odpadních vod (ČOV). Ta je běžně součástí technologických zařízení spaloven odpadů. V ČOV jsou ze zneutralizovaných absorpčních kapalin filtrací odděleny kaly - nerozpustné sloučeniny. Odfiltrovaný a odvodněný kal je odvážen závisle na chemickém složení na skládku průmyslového nebo nebezpečného odpadu.

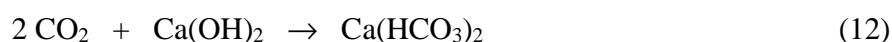


Obr. č. 14. Absorbér s výplní

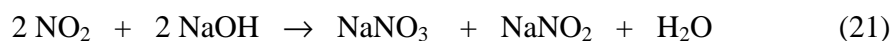
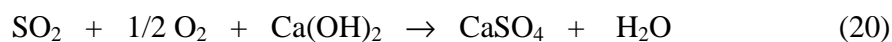
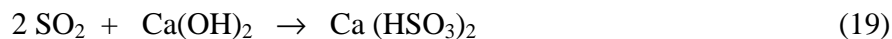
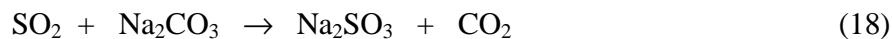
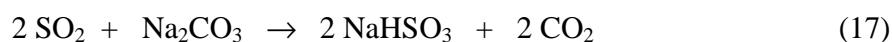
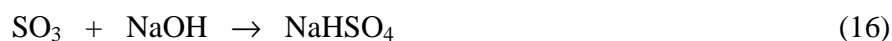
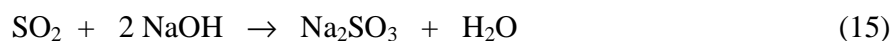
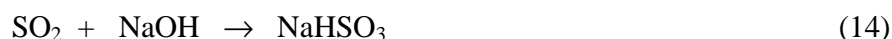
1 – vstup spalin, 2 – výstup vyčištěných spalin přes odlučovač kapek, 3 – výplň absorbérů, 4 – vstup čerstvé absorpční kapaliny do rozstřikovače, 5 - výstup absorpční kapaliny, 6 – přívod cirkulující absorpční kapaliny, 7 – odpouštění vyčerpané absorpční kapaliny do ČOV, 8 – cirkulační čerpadlo

Absorpční čištění spalin vodnými roztoky **hydroxidu sodného a uhličitanu vápenatého** je realizováno v absorpčních kolonách s výplní např. raschigových kroužků. **Suspenze vápeného mléka** je mechanicko – pneumaticky rozstříkována do proudu spalin v prostoru absorberů bez výplně. Důvodem je vznik omezeně rozpustných siřičitanů a nerozpustných síranů vápenatých, které by jakoukoliv absorpční kolonu s výplní zanášely.

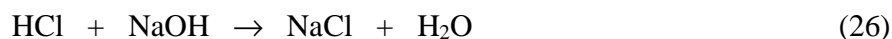
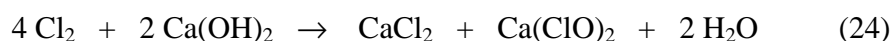
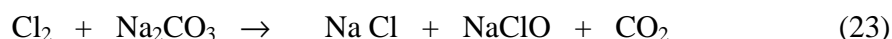
Chemické reakce probíhající při čištění spalin ze spalovacích zařízení pomocí alkalických absorpčních roztoků vystihují následující stechiometrické rovnice:

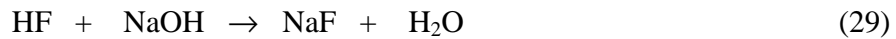
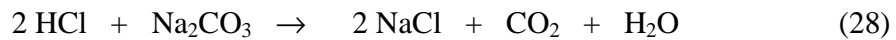


Reakce (11-13) nemají pro čištění spalin význam, pouze zvyšují spotřebu absorpčního roztoku.



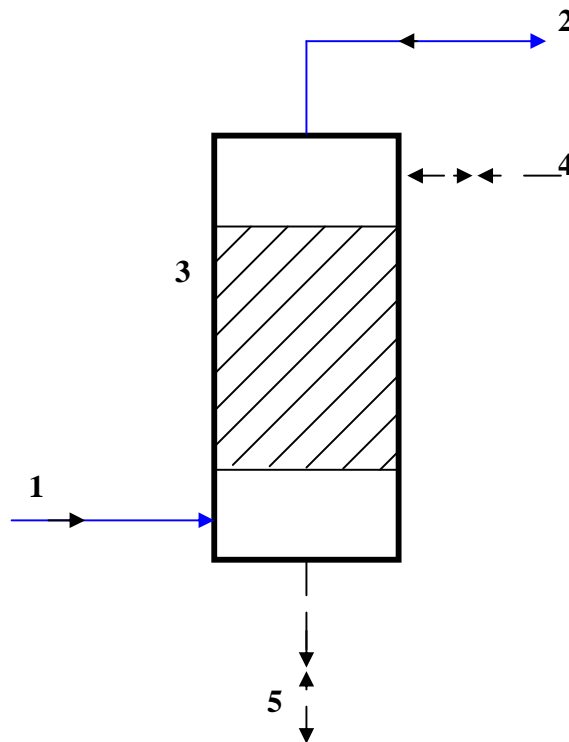
Ve spalinách se v omezeném množství také mohou vyskytovat chlór a chlorovodík, výjimečně i fluorovodík. Jejich absorpce probíhá dle následujících stechiometrických rovnic:





Vyčerpané absorpční roztoky jsou odváděny do čistíren odpadních vod. Jelikož vykazují alkalickou reakci, jsou neutralizovány zředěnými odpadními kyselinami. Používána je HCl nebo s výhodou H₂SO₄, která tvoří více omezeně rozpustných sloučenin, především s těžkými kovy. Nerozpustné látky jsou odfiltrovány, obvykle na kalolisech. Odloučené kaly jsou spolu s popelovinami odváženy v kontejnerech na skládky nebezpečných odpadů. Filtrát vyčištěné odpadní vody je vypouštěn do recipientu, případně je sváděn kanalizací do čistíren komunálních odpadních vod.

○ adsorpce dioxinů, benzo- a dibenzofuranů na aktivním uhlí nebo aktivním koku



Obr. č. 15. Adsorbér s pevným ložem

- 1 – vstup směsi čištěných plynů s uzavírací armaturou, 2 – výstup čištěných plynů,
 3 – pevné lože adsorbentu, 4 – vstup regeneračního média s uzavírací armaturou, 5
 - výstup regeneračního média

Do adsorbérů vstupují spaliny odpadů komunálních, průmyslových a nebezpečných předčištěné odprášením a absorpcí. Tím je zaručeno, že póry adsorbentů nebudou zanášeny prachem, což by je znehodnotilo. Adsorbéry s pevným ložem – viz Obr. č. 15. jsou stojaté

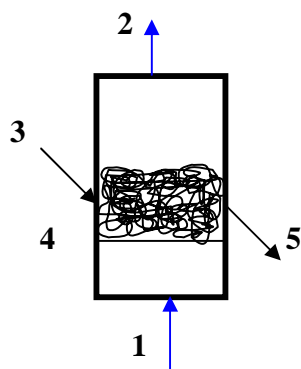
válcové nádoby s vrstvou granulovaného, tabletovaného nebo kusového sorbetu. Jako adsorpční hmoty – adsorbenty - jsou s ohledem na účinnost a ceny používány **aktivní uhlí** nebo **aktivní koks**. Jsou vhodné pro čištění spalin od PAU, dioxinů, benzofuranů, dibenzofuranů a jejich derivátů. Obecně platí, čím je vyšší bod varu znečišťující složky, tím rychleji a s vyšší účinností je adsorbována.

Vyčerpané **adsorbenty nejsou** v těchto případech regenerovány. Jsou zneškodňovány za chladu zalitím do betonu cementací, aby nedošlo k desorpci adsorbovaných škodlivin. Pak jsou ukládány do skládek nebezpečného odpadu, což nemusí být ve všech případech zcela bezpečné. Proto také bývají použité adsorbenty spalovány za přesně definovaných podmínek - teplota hoření a doba zdržení spalin v zóně teplot nad 1200 °C po dobu min. 2 sec., vysoký přebytek kyslíku, prudké podchlazení spalin a opět jejich víceetapové čištění. Spalováním je zajištěn termický rozklad a oxidace většiny původně adsorbovaných škodlivin.

Adsorbéry s pohyblivým ložem

V principu jsou možná dvě základní uspořádání – buď jsou používány adsorbéry s fluidním ložem adsorbentu nebo je adsorbent dávkován do proudu plynu, pak se jedná o proudové adsorbéry. Jako adsorpční hmota je prakticky výhradně používáno **aktivní uhlí**. Zneškodnění adsorbentů je shodné, jako bylo uvedeno dříve.

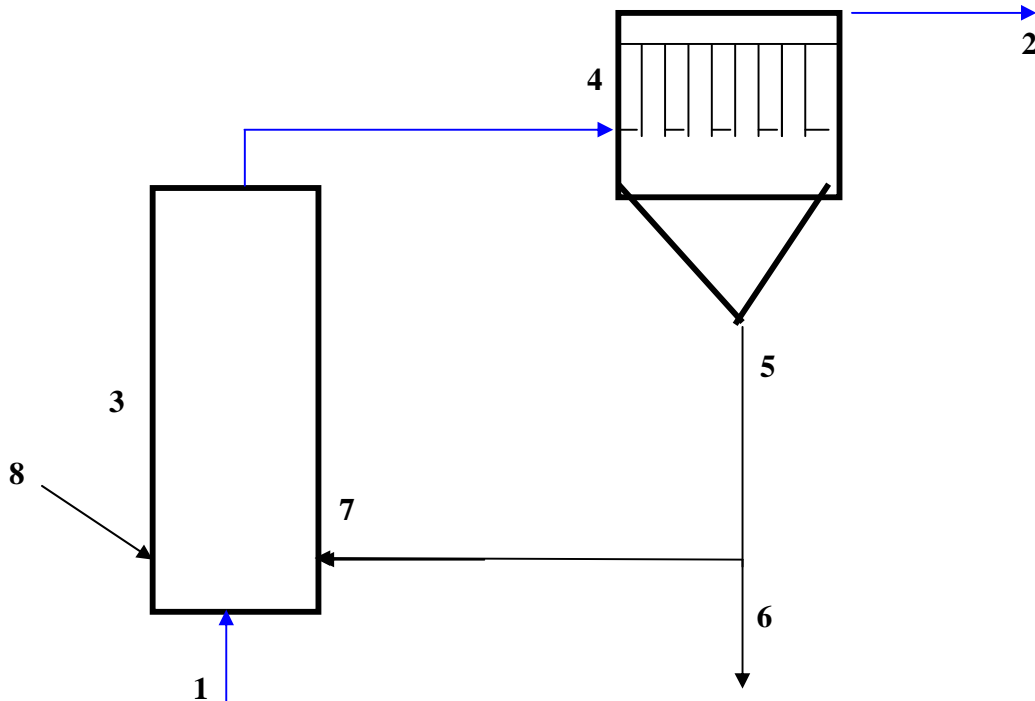
- a) **Ve fluidních adsorbérech** zdola proudící plyn vytváří fluidní lože – vířící vrstvu adsorbentu. Jsou vyžadovány adsorbenty s pevnými, dostatečně tvrdými a pokud možno monodisperzními částicemi. To umožňuje spolehlivé vytvoření fluidního lože a zajišťuje malý otěr částic. Přesto musí být vystupující plyn odprašován, aby úlet prachu čištěnou směsí plynů neznečišťoval. Zásadní výhodou tohoto typu adsorbérů je dokonalý kontakt směsi plynů s adsorbentem, což je zárukou vysokého měrného výkonu na jednotku adsorpčního prostoru. Pokud fluidní adsorpce pracuje za např. atmosférického tlaku je adsorbent z fluidního lože kontinuálně pneumaticky odváděn k zneškodnění. Nový adsorbent je dávkován přímo do fluidního lože.



Obr. č. 16. Adsorbér s fluidním ložem

1 – vstup spalin, 2 – výstup čištěných spalin, 3 – dávkování adsorbentu, 4 – rošt s fluidním ložem, 5 - výstup adsorbentu

- b) **Proudové adsorbéry**, viz Obr. č. 17., jsou nenáročné na disperzitu a pevnost částic adsorbentu – aktivního uhlí²³. Adsorbent je z proudu spalin odlučován v textilním filtru. Jelikož sorpční kapacita adsorbentu nebývá jedním průchodem aparaturou vyčerpána, je možné ho část vracet jako recykl zpět do proudového adsorbéru. Adsorpce znečišťujících látek ze spalin probíhá jak v proudu plynů, tak i ve filtračním koláči filtru.

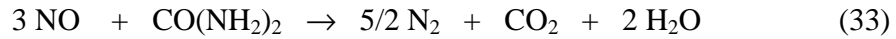
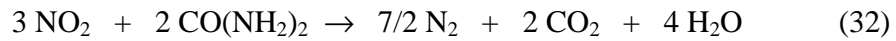
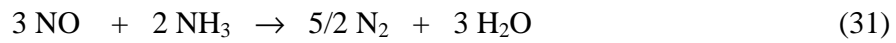
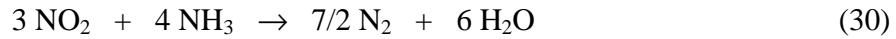


Obr. č. 17. Proudový adsorbér s pohyblivým ložem

1 – vstup spalin, 2 – výstup čištěných spalin, 3 – proudový adsorbér, 4 – textilní filtr, 5 – výstup adsorbentu, 6 – odvod vyčerpaného adsorbentu, 7 – recykl adsorbentu, 8 - přívod nového adsorbentu

- **katalytická oxidace dioxinů, benzo- a dibenzofuranů peroxidem vodíku**
Katalytická oxidace dioxinů, benzo- a dibenzofuranů peroxidem vodíku může nahradit kterýkoliv z dříve uvedených adsorpčních systémů. Katalytická oxidace vede k jejich rozkladu až na oxid uhličitý a vodu. Reakce je katalyzována platinovými kovy na keramickém nosiči při teplotách kolem 500 °C.
- **redukce NO_x**
Selektivní nekatalytická redukce oxidů dusíku je prováděna roztokem čpavku nebo močoviny dávkovaným do proudu horkých spalin před kotlem při teplotách kolem 500 – 600 °C. Zajišťuje snížení obsahu NO_x cca na 50 %. Průběh redukce vystihují následující stechiometrické rovnice:

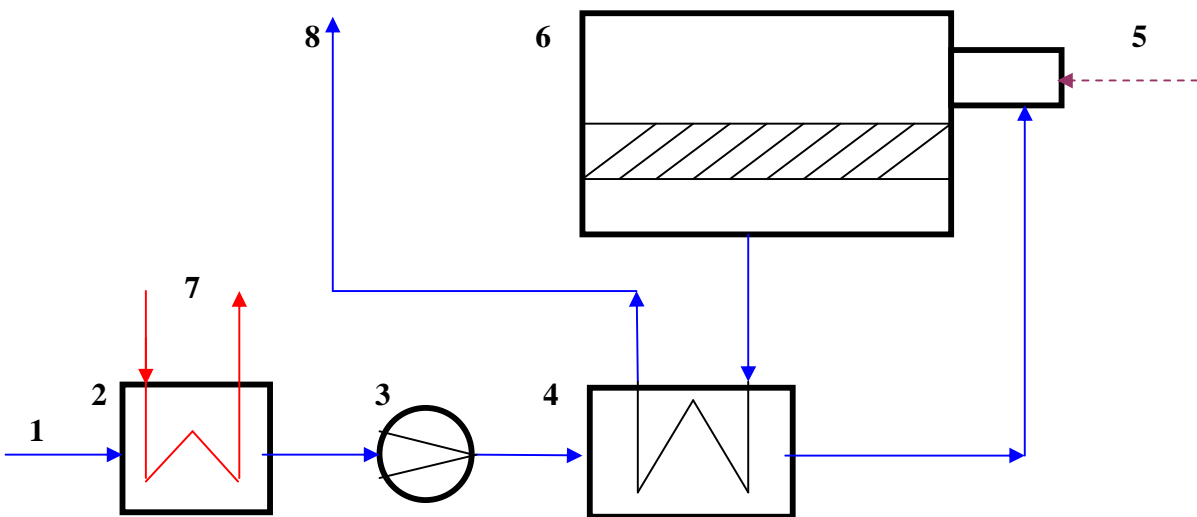
²³ Některé konstrukce proudových adsorbérů využívají směsi vápna s 5 – 10 % aktivního uhlí. Tím v systému proudového adsorbéru probíhá jak fyzikální adsorpce na aktivním uhlí, tak i chemisorpce kyselé reagujících plyných složek v páleném vápnu nebo vápenném hydrátu.



Uvedená metoda je používána i přes omezenou účinnost především proto, že je strojně-technologicky jednoduchá, provozně spolehlivá i levná a často postačuje pro splnění platných emisních limitů NO_x v ČR i zemích EU.

Selektivní katalytická redukce oxidů dusíku čpavkem probíhá na heterogenním katalyzátoru, jehož aktivní složkou je V_2O_5 na silikátovém nosiči. Redukce je prováděna za atmosférického tlaku a teploty 250 – 350 °C. Konverze NO_x na dusík přesahuje 98 %, výstupní koncentrace NO_x jsou pod 100 ppm, v některých případech i pod 30 ppm. Tím jsou s rezervou plněny emisní limity. Průběh exotermních reakcí během selektivní katalytické redukce vystihují stechiometrické rovnice (30 a 31).

Čištěný odpadní plyn je přiváděn ventilátorem do rekuperačního výměníku, kde je předehříván na reakční teplotu, odkud je veden dále do katalytického reaktoru – viz Obr. č. 18. Plyn musí obsahovat nadstechiometrické množství čpavku nutné pro redukční reakci. Přebytek čpavku se pohybuje kolem 5 %. Přebytek tepla je využíván v koncovém výměníku tepla k přípravě horké vody, což zlepšuje ekonomiku provozu čistící aparatury.



Obr. č. 18. Schéma katalytické selektivní redukce oxidů dusíku

1 – vstup čištěných spalin, 2 - předehřívací výměník, 3 – ventilátor, 4 – rekuperační výměník tepla, 5 – přívod plynného čpavku do směšovací komory, 6 – katalytický reaktor s pevným ložem, 6 – koncový výměník tepla, 7 – vstup páry a výstup parního kondenzátu, 8 – výstup čištěných spalin

3.2.4. Emisní limity ze spalování odpadů

Emisní limity a další podmínky pro spalování tuhých komunálních odpadů (TKO) jsou stanoveny Nařízením vlády č. 354/2002 Sb. se změnami stanovenými vyhláškou 206/2006 Sb. Příslušná momentálně platná legislativa je uložena na webových stránkách MŽP pod adresou www.env.cz ve složce Legislativa. Uvedené nařízení se vztahuje rovněž na spalování odpadů např. v cementářských rotačních pecích, jak bylo uvedeno v předcházejících kapitolách. Příloha č. 5 uvedeného Nařízení stanovuje **Specifické emisní limity pro spalovny odpadu** jako:

(a) Průměrné denní hodnoty - složka	max. koncentrace
1. Tuhé znečišťující látky celkem (TZL)	10 mg/m ³
2. Organické látky v plynné fázi vyjádřené celkovým obsahem organického uhlíku (TOC)	10 mg/m ³
3. Plynné anorganické sloučeniny chloru vyjádřené jako HCl	10 mg/m ³
4. Plynné anorganické sloučeniny fluoru vyjádřené jako HF	1 mg/m ³
5. Oxid siřičitý (SO ₂)	50 mg/m ³
6a. Oxid dusnatý a dusičitý vyjádřené jako NO ₂ pro stávající spalovny o jmenovité kapacitě nad 6 t/h a nové spalovny	200 mg/m ³ (*)
6b. Oxid dusnatý a dusičitý vyjádřené jako NO ₂ pro stávající spalovny o jmenovité kapacitě do 6 t/h	400 mg/m ³ (*)

Poznámka: Pro stávající spalovny mohou být schváleny následující výjimky (*):

1. Do 1. ledna 2008 je pro zařízení s jmenovitou provozní kapacitou ≤ 6 t/h přípustná průměrná denní hodnota pro NO_x 500 mg/m³.
2. Do 1. ledna 2010 je pro zařízení s jmenovitou provozní kapacitou > 6 t/h ale ≤ 16 t/h přípustná průměrná denní hodnota pro NO_x 400 mg/m³.
3. Do 1. ledna 2008 je pro zařízení s jmenovitou provozní kapacitou > 16 t/h ale < 25 t/h neprodukující odpadní vody přípustná průměrná denní hodnota pro NO_x 400 mg/m³.
4. Do 1. ledna 2008 je přípustná průměrná denní hodnota pro tuhé znečišťující látky 20 mg/m³.

(b) Složka - průměrné půlhodinové hodnoty	A (100 %)	B (97 %)
1. Tuhé znečišťující látky celkem (TZL)	30 mg/m ³	10 mg/m ³
2. Organické látky v plynné fázi vyjádřené obsahem celkového organického uhlíku (TOC)	20 mg/m ³	10 mg/m ³
3. Plynné anorganické sloučeniny chloru vyjádřené jako HCl	60 mg/m ³	10 mg/m ³
4. Plynné anorganické sloučeniny fluoru vyjádřené jako HF	4 mg/m ³	2 mg/m ³
5. Oxid siřičitý (SO ₂)	200 mg/m ³	50 mg/m ³
6. Oxid dusnatý a dusičitý vyjádřené jako NO ₂ pro stávající spalovny o jmenovité kapacitě nad 6 t/h a nové spalovny	400 mg/m ³	200 mg/m ³

Poznámka: S platností nejdéle do 1. ledna 2008 byly schváleny výjimky pro NO_x u stávajících spaloven o jmenovité provozní kapacitě mezi 6 a 16 tunami za hodinu, a to tak, že povolená průměrná půlhodinová hodnota ve sloupci **A je nejvýše 600 mg/m³** a ve sloupci **B 400 mg/m³**. U vybraných prvků a jejich sloučenin jsou stanoveny hodnoty nižší – viz tabulka:

(c) Průměrné hodnoty během období odběru vzorků nejméně 30 minut a nejvýše 8 hodin			
Složka	koncentrace	A celkem	B celkem
1. Kadmium a jeho sloučeniny (vyjádřené obsahem Cd)			
2. Thalium a jeho sloučeniny (vyjádřené obsahem Tl)		0,05 mg/m ³	0,1 mg/m ³ (*)
3. Rtuť a její sloučeniny (vyjádřené obsahem Hg)		0,05 mg/m ³	0,1 mg/m ³ (*)
4. Antimon a jeho sloučeniny (vyjádřené obsahem Sb)			
5. Arzén a jeho sloučeniny (vyjádřené obsahem As)			
6. Olovo a jeho sloučeniny (vyjádřené obsahem Pb)			
7. Chrom a jeho sloučeniny (vyjádřené obsahem Cr)			
8. Kobalt a jeho sloučeniny (vyjádřené obsahem Co)		0,5 mg/m ³	1 mg/m ³ (*)
9. Měď a její sloučeniny (vyjádřené obsahem Cu)			
10. Mangan jeho sloučeniny (vyjádřené obsahem Mn)			
11. Nikl a jeho sloučeniny (vyjádřené obsahem Ni)			
12. Vanad a jeho sloučeniny (vyjádřené obsahem V)			

Průměrné hodnoty zahrnují i emise příslušných těžkých kovů a jejich sloučenin v plynné fázi.
 (*) Průměrné hodnoty přípustné do 1. ledna 2007 u stávajících zařízení, která byla uvedena do provozu před 31. prosincem 1996 a která spalují pouze nebezpečné odpady.

(d) Emisní limit z průměrných hodnot součtového obsahu polychlorovaných **dibenzodioxinů a dibenzofuranů** naměřených ve vzorku odebraném během období nejméně 6 hodin a nejvýše 8 hodin, v němž jsou jednotlivé složky přepočteny pomocí koeficientů ekvivalentu toxicity podle přílohy č. 1 k tomuto nařízení

Dioxiny a furany	0,1 ng TE/m ³
------------------	--------------------------

(e) **Emisní limity oxidu uhelnatého (CO)** ve spalinách během provozu spalovny (mimo dobu spouštění a odstavování)

- | | |
|----|---|
| 1. | 50 mg/m ³ při stanovení průměrné denní hodnoty, |
| 2. | 150 mg/m ³ u minimálně 95 % všech stanovení průměrné desetiminutové hodnoty nebo 100 mg/m ³ u všech stanovení průměrné půlhodinové střední hodnoty provedených během každého období 24 hodin. |
| 3. | U schválené technologie fluidního spalování je přípustná průměrná hodinová hodnota nejvýše 100 mg/m ³ . |

3.2.5 Propojení odpadového a tepelného hospodářství měst

V řadě měst Evropy, USA, Japonska i jinde jsou systémy výroby tepla ve výtopnách, teplárnách a spalovnách komunálních nebo průmyslových a nebezpečných odpadů vzájemně technologicky propojeny. Společně zajišťují dodávky tepla pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody, případně páry pro technologické účely.

Z hlediska majetkoprávních poměrů mají v těchto společnostech zastoupení obce, firmy působící v oboru odpadového hospodářství, firmy tepelného hospodářství, výrobci příslušných technologických zařízení spaloven aj. Zároveň tyto firmy provozují kompostárny a skládky. Např. v SRN, Dánsku a Nizozemsku to bývají neziskové organizace, které jsou ze zákona povinny finanční přebytky ihned reinvestovat. Tím je zajištěna plynulá obnova a modernizace technologických zařízení.

Výhody vzájemného propojení tepelných a odpadových hospodářství měst lze shrnout do následujících bodů:

- nezvýší se absolutní množství emitovaného CO₂ do atmosféry,
- společné využití tepla pro přípravu TUV, vytápění, výrobu elektřiny nebo pro technologické účely,
- úspora fosilních paliv,
- společné napojení na inženýrské sítě,
- zjednodušené zálohování energetických bloků v případě poruch,
- společný rozvod tepla s nižšími ztrátami,
- společná trafostanice a napojení na rozvodnou síť elektřiny,
- společná ČOV a kanalizační síť včetně připojení na sítě měst,
- společná administrativní a sociální zařízení,
- společné servisní provozy:
 - úpravna napájecí vody pro kotle,
 - sklady náhradních dílů, chemikálií a maziv,
 - dílny inspekční údržby,
 - skládka popílků a škváry.

3.2.6 Objemy spalovaných TKO ve světě

Podíl spalovaných komunálních odpadů v Evropě, především EU, a ve světě trvale roste. Je předpokládáno, že po roce 2015 bude ukládání spalitelných látek do skládek zakázáno. Hlavním důvodem je všeobecný požadavek na snížení celkového množství odpadů ukládaných do skládek při současném využití jejich výhřevnosti. Rovněž problémy s vyhledáváním lokalit vhodných pro výstavbu skládek narůstají.

Ve vybraných evropských zemích podíl spalovaných komunálních odpadů v současnosti dosahuje v (ve):

■ SRN	35 %
■ Dánsku	40 %
■ Nizozemsku	80 %
■ Švýcarsku	90 %

Kontrolní otázky:

1. Vyjmenujte základní metody termického zneškodňování odpadů a za jakých fyzikálně chemických podmínek jsou realizovány?
2. Jaké výhody mají termické metody zneškodňování odpadů?
3. Které odpady z pohledu nebezpečných vlastností jsou přednostně spalovány?
4. Jaké systémy jsou používány pro čištění spalin a proč?
5. Jaké absorpční roztoky jsou používány pro čištění spalin a jak jsou čištěny odpadní vody?
6. Kam jsou ukládány tuhé odpady z procesů termického zneškodňování odpadů?
7. Jak je hospodařeno se získaným teplem, k čemu je využíváno?
8. Co je rozuměno zkratkou KVET?
9. Lze propojit odpadová a tepelná hospodářství sídel?
10. Kde jsou definovány legislativní podmínky provozování spaloven?

3.3. Skládání odpadů

Dle platné legislativy EU lze od roku 2020 ukládat do skládek jen odpadní materiály, které nejsou recyklovatelné, nejsou vhodné ke kompostování a jsou nespalitelné. Do skládek mohou být ukládány výhradně látky tuhé, nikoliv látky tekuté nebo pastózní. Legislativní podmínky vztahující se k nakládání s odpady a jejich skládání vymezuje v první řadě zákon o odpadech, návazné vyhlášky a prováděcí předpisy dostupné na internetové adrese www.env.cz.

Podrobnosti nakládání s odpady vymezuje Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 383/2001 Sb. Pozornost je věnována především skládání odpadů, což je nejrozšířenější forma zneškodňování odpadů. Vyhláška upravuje:

- hodnocení vhodnosti odpadů ke skládání testem vyluhovatelnosti vodou,
- zavádí členění skládek odpadů podle vlastností sládkovaného materiálu,
- zavádí pojem jednodruhé skládky určené k ukládání specifických odpadů.

Vyhláška č. 383/2001 Sb. byla novelizována vyhláškou č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu. Tato vyhláška upravuje:

- technické požadavky na skládky odpadů a podmínky jejich provozování,
- seznam odpadů, které je zakázáno ukládat na skládku, popřípadě, které lze ukládat na skládku za určitých podmínek,
- hodnocení odpadů podle vyluhovatelnosti a mísitelnosti,
- způsob prokazování přijatelnosti - vhodnosti odpadu do zařízení k využívání a odstraňování odpadů,
- požadavky pro nakládání s odpady vzniklými při spalování nebezpečných odpadů,
- požadavky na ukládání asbestových odpadů,
- požadavky na ukládání odpadů jako technologického materiálu na zajištění skládky,
- způsob tvorby a čerpání finanční rezervy,
- obsah plánu úprav skládky po ukončení využití,
- technické požadavky a podmínky pro využívání odpadů na povrchu terénu, např. při zemních pracích - dopravní stavby aj.

Vyhláška č. 294/2005 Sb., rovněž definuje vybrané základní pojmy:

Inertní odpad

- nemá nebezpečné vlastnosti,
- za normálních klimatických podmínek něm nedochází k žádným významným fyzikálním, chemickým nebo biologickým přeměnám,
- nehoří, ani jinak fyzikálně či chemicky nereaguje,
- ve vodě se snadno nerozpouští,
- nepodléhá biologickému ani chemickému rozkladu,
- nezpůsobuje rozklad jiných látek, s nimiž přichází do styku, způsobem, který by mohl vést k poškození životního prostředí či ohrožení lidského zdraví,
- koncentrace škodlivin ve výluhu a v sušině tohoto odpadu nesmí překročit žádný z ukazatelů stanovených pro skládky skupiny S – inertní odpad.

Směsný odpad – obsahuje dvě a více chemicky různorodých složek a není považován za odpad inertní!

Biologicky rozložitelný odpad - je jakýkoliv odpad aerobně nebo anaerobně rozložitelný biochemickými procesy.

Vodní výluh - je roztok, který byl připraven za normou stanovených podmínek ze vzorku odpadu.

Výluhovou třídou je množina nejvýše přípustných hodnot koncentrací ukazatelů vybraných škodlivin v prvním vodném výluhu odpadů.

Stabilizace odpadu - je technologický postup úpravy odpadu, který spočívá ve využití fyzikálních, chemických nebo biologických postupů vedoucích k rozkladu organické hmoty a trvale omezenému uvolňování škodlivin z odpadu do složek životního prostředí v souladu s požadavky tohoto i zvláštních právních předpisů.

Úprava směsného komunálního odpadu před jeho uložením na skládku - spočívá ve vytrídění nebezpečných složek komunálního odpadu, komodit určených ke zpětnému odběru a vytrídění dalších složek vhodných k recyklaci, tj. využití jako druhotných surovin.

Skládkový plyn - je plyn, který se vyvíjí z biologického - organického odpadu uloženého ve skládce anaerobními biochemickými procesy.

Řízená skládka - je technické zařízení, které v maximální míře omezuje riziko úniku znečištěných dešťových vod a průsakových vod z prostoru skládky do půdy a horninového prostředí, vod povrchových nebo podzemních. Zároveň musí být zajištěno jímání a využití či zneškodnění v prostoru skládky tvořícího se skládkového plynu. Tuhé odpady uložené v prostoru skládky musí být od okolního prostředí bezpečně a dlouhodobě odděleny těsníci vrstvami. K tomu, aby byly tyto základní funkce řízených skládek splněny, musí být vybaveny:

- těsnícím systémem skládkového prostoru,
- drenážním systémem pro odvod dešťových a průsakových vod do ČOV,
- zařízením pro zhutňování odpadů,
- systémem jímání s potrubím pro odvádění skládkového plynu k jeho spálení nebo využití.

V systému odpadového hospodářství a skládkování se uplatňují:

Organizační bariéry ochrany složek životního prostředí spočívající v:

- třídění a separovaném sběru odpadů dle nebezpečnosti a základních fyzikálně chemických vlastností,
- evidenci původců odpadů,
- evidenci množství a kvality odpadů od jednotlivých původců,
- systematická analytická kontrola odpadů dodávaných na skládky,
- monitoringu skládkového plynu a průsakových vod.

Technické bariéry skládky k ochraně složek životního prostředí zahrnující:

- konstrukci tělesa skládkové vany s izolačními vrstvami s max. omezenou propustností pro vodu,
- drenážní vrstvy na odvod podzemní vody z podloží skládky, dešťové a průsakové vody ze skládkové vany do jímek a dále do ČOV.
- jámky (svislé šachty) s perforovanými stěnami a odplyňovací potrubí na odvod skládkového plynu pro pohon kogeneračních jednotek. Pokud skládkový plyn obsahuje nadlimitní množství chlorovodíku, je spalován v polním hořáku.
- uzavírací (záklopnou) vrstvu, která brání průsaku vody do tělesa skládky po jejím uzavření. Na této vrstvě je obvykle provedena zemědělská rekultivace.²⁴

3.3.1 Výběr lokalit pro stavbu skládek

Lokalizace stavby skládek je vázána na podmínky přírodní, technicko-technologické, ekonomické a společenské. Přitom jsou během přípravy a výstavbě skládek posuzována zejména následující hlediska:

- ochrana složek životního prostředí,
- technická realizovatelnost,
- ekonomičnost výstavby a provozování,
- potřeby regionu – obyvatelstva a lokálních ekonomických aktivit.

Vlastní výstavba skládek podléhá v první řadě **zákonu o odpadech č. 185/2001 Sb.**, z něho vycházejících prováděcích vyhlášek a předpisů, dále **zákonu EIA č. 100/2002 Sb.** o posuzování vlivu staveb na životní prostředí a schváleného **územního plánu**. Zároveň musí být respektovány související zákony, hlavně:

- vodní zákon,
- zákon o ochraně ovzduší,
- zákon o ochraně přírody,
- zákon o ochraně lesa,
- stavební zákon,
- horní zákon,
- zákon o životním prostředí,
- zákon o ochraně zemědělského půdního fondu,
- zákon o péči o zdraví lidu.

Při posuzování konkrétní lokality pro stavbu skládky jsou nejdůležitější následující aspekty:

- ochrana přírody a krajiny,
- geologické a hydrogeologické podmínky dané strukturou horninového podloží,
- vodohospodářské podmínky z pohledu povrchových a podzemních vod,
- ochrana zemědělské a lesní půdy,
- vzdálenost sídel,

²⁴ Vysazování hluboce kořenících keřů nebo stromů na uzavírací zrekultivované vrstvě skládky není vhodné, neboť kořeny mohou poškodit těsnící vrstvu a zvýšit průnik dešťové vody do nitra již uzavřené skládky.

- umístění inženýrských sítí – silnic a dálnic, železnic, linek vysokého napětí, vodovodů, plynovodů, ropovodů, produktovodů i s jejich ochrannými pásmy,
- předpokládaná kapacita a doba provozování skládky
- kategorie ukládaných odpadů určující kategorii skládky.

3.3.2. Druhy skládek

S ohledem na úroveň okolního terénu jsou rozlišovány následující druhy skládek:

- **nadúrovňové** – základ skládek je založen fakticky v úrovni terénu a vlastní těleso skládky je nad úrovní okolního terénu,
- **podúrovňové** – dno skládek je založeno v přírodních nebo uměle vytvořených prohlubních, např. vytěžených uhelných nebo kaolinových lomech, hlinišťích cihelen,
- **kombinované** – dno skládek je založeno pod úrovní terénu, horní okraj tělesa skládek je nad úrovní terénu,
- **podzemní (hlubinné)** – celá skládka je ve vytěženém hlubinném dole, zejména v solných nebo rudných dolech, tj. v kompaktních, soudržných a nepropustných horninách bránících úniku škodlivin do okolí.

Podzemní skládky jsou využívány téměř výhradně pro ukládání radioaktivních materiálů – radioisotopů pocházejících ze zdravotnictví (např. radioterapie), radiorentgenologické kontroly materiálů v průmyslu, průmyslových radiometrických čidel (např. hustoměrů, hladinoměrů, stavoznaků, měřičů koncentrace, indikátorů dýmu) a odpadů z jaderné energetiky (palivových článků, radioaktivních popelovin aj.). Další z uvedených skládek jsou využívány pro ukládání všech ostatních odpadů, např.:

- komunálních odpadů,
- škváry a popílků z energetických výroben,
- hlušiny z těžby a kalů z úpravy nerostných surovin,
- odvodněných kalů z ČOV komunálních a průmyslových,
- nebezpečných odpadů z průmyslu,
- vysokopecních a ocelářských strusek,
- stavebních a demoličních odpadů.

3.3.3 Technicko-technologické nároky na stavby a provoz skládek

Požadavky na provedení stavby skládek odpadů (skládkových van), podmínek pro jejich umístění, technicko-organizační zabezpečení provozu, jejich těsnění, monitoring, podmínky uzavření a rekultivace musí odpovídat následujícím Českým státním 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

ČSN 83 8036 Skládání odpadů – Monitorování skládek

ČSN 83 8039 Skládání odpadů – Provozní řád skládky

Podle způsobu technického zabezpečení se skládky dělí do následujících skupin:

- a) Skupina S – IO – pro inertní odpady.
- b) Skupina S – OO – pro kategorii ostatních odpadů. Tato skupina je členěna na podskupiny:
 - S – OO1 - skládky pro ukládání ostatních odpadů s nízkým obsahem organických biologicky rozložitelných látek a nízkým obsahem azbestových odpadů.
 - S – OO2 - skládky určené pro ukládání ostatních odpadů s nízkými obsahy organických biologicky rozložitelných látek, nereaktivních nebezpečných odpadů a azbestových odpadů.
 - S – OO3 - skládky pro ukládání ostatních odpadů včetně odpadů s podstatným obsahem organických biologicky rozložitelných látek, odpadů nehodnotitelných dle jejich vodného výluhu, a odpadů z asbestu za stanovených podmínek. Na tyto skládky nebo sektory se nesmějí ukládat odpady na bázi sádry.
- c) Skupina S – NO - pro nebezpečné odpady.

Skládky skupiny S - IO nevyžadují žádnou těsnicí vrstvu - technickou bariéru. Skládkovaný materiál je ukládán na podloží, kde byla provedena jen skrývka půdní vrstvy. Odpady podle výluhové třídy č. I/II mohou být ukládány i do skládek s přístupem podzemní vody.

Skládky skupiny S – OO 1 a 2 musí mít jednu těsnicí vrstvu - přirozenou nebo technickou bariéru. Za přirozenou geologickou bariéru je považováno podloží o síle nejméně 1 m z hornin se součinitelem filtrace $k \leq 1.10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$ nebo 10 m z hornin se součinitelem filtrace $k \leq 1.10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$. Jako technická bariéra může být použito jednovrstvé minerální těsnění, které je na celé ploše styku tělesa skládky s terénem.

Skládky skupiny S – OO 3 musí mít dvě těsnicí vrstvy jen v případě, že podloží skládky nemá přirozenou geologickou bariéru. Jednovrstvé těsnění postačí, pokud je podloží skládky tvořeno přirozenou geologickou bariérou o mocnosti nejméně 3 m, při propustnosti charakterizované součinitelem filtrace $k \leq 1.10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$, nebo o mocnosti nejméně 30 m při propustnosti charakterizované součinitelem filtrace $k \leq 1.10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$.

Skládky skupiny S - NO jsou navrhovány individuálně. Vždy rozhoduje charakter a případné vzájemné chemické působení ukládaných odpadů a z něho vyplývající nebezpečnost pro složky životního prostředí. Uvedené skládky lze budovat v lokalitách, jejichž podloží je charakterizováno součinitelem filtrace $k \leq 1.10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$ ve vrstvě o mocnosti min. 5 m. Na celé ploše styku skládky s terénem musí být zřízeno kombinované těsnění tvořené horninou s hodnotou součinitele filtrace $k \leq 1.10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$. Její síla po zhutnění musí být min. 1 m.

Pro každou skládku skupiny S-NO musí být kromě minerálního těsnění individuálně posouzena potřeba dalších ochranných bariér nebo použití jiných těsnících prvků, než byly uvedeny.

Kromě těsnění skládek zeminami jsou užívána těsnění na bázi syntetických polymerů. Jedná se o vzájemně svařené pásy fólií o síle 2,0 i více mm pokládané na dno a svahy skládkové vany. Zde je ceněna zejména jejich chemická stálost a mechanická pevnost. Přednostně jsou k uvedenému účelu používány **termoplasty** typu polvinylchloridu (PVC), polyvinylchloridu

odolného vůči uhlovodíkům (PVC-OR), termoplastický nitril PVC (TN-PVC) a etylén-interpolymer (EIA). Dále jsou užívána syntetická těsnění na bázi **krystalických termoplastů**, např. nízkohustotní polyetylén (PELD, PEVLD), vysokohustotní polyetylén (HDPE), směsný HDPE-A, středně hustotní polyetylén (MDPE), lineární nízkohustotní polyetylén (PELD-L) a polypropylén (PP). Případně jsou užívány i **eleastomery** typu izopropen-izobutylén kaučuku (IIR), butylkaučuku (BR), terpolymerkaučuku polychorprénu (CR) s obchodním názvem neopren a **termoplastické elastoméry**, např. chlorovaný polyetylén (PEC) a termoplastický etylén (T-EPDM).

Zásadní význam pro těsnost skládkové vany má minerální těsnění. Termoplastové fólie se cca během 50-ti let rozloží. Do této doby musí být minerální těsnící vrstva natolik zhutněna a stabilizována tlakem nadložních vrstev, aby zajistila požadovanou těsnost – minimální propustnost pro vodu a skládkový plyn.

Vnitřním drenážním systémem musí být vybaveny skládky skupiny S – OO1, S – OO2, S – OO3 a S – NO. Tento systém je určen k odvodu průsakové vody z prostoru skládky. Za provozu skládky odvádí i dešťové vody. Je tvořen spádovanou drenážní vrstvou šterku nebo kačírku s potrubím. Celý vnitřní drenážní systém je položen nad těsníci a ochrannými vrstvami skládky, tj. nad jejím dnem. Bývá také doplněn drenážními rohožemi z plastů, které také částečně tuto vrstvu zpevňují.

Vnější drenážní systém je umístěn pod těsníci vrstvami – dnem skládky. Jeho základním úkolem je udržování hladiny podzemních vod na konstantní úrovni, aby v případě netěsností podzemní vody nepronikaly do prostoru skládkové vany. To je důležité zejména v době, kdy dosud není prostor skládkové vany zaplněn odpady! Při vzestupu hladiny podzemních vod by došlo působením vztlaku k nadzdvížení celého dna skládky i s těsníci vrstvami, jejich protržení až průvalu podzemních vod do skládkové vany. Vnější drenážním systémem je této havarijní situaci předcházeno.

Systém drenáží musí být navržen tak, aby byl funkční za provozu skládky i po jejím uzavření. Oba drenážní systémy musí být konstruovány z materiálů s vyhovujícími fyzikálně mechanickými vlastnostmi tak, aby odolaly tlaku sládkovaného materiálu, záklopní vrstvy i deformacím podloží. Vnitřní drenážní systém musí být zároveň odolný chemickým účinkům průsakových vod z odpadů uložených ve skládce.

Odpady musí být do skládek ukládány důsledně podle druhů a kategorií tak, aby nemohlo dojít k nežádoucím chemickým reakcím spojených se vznikem škodlivých látek a rizikem jejich úniku do složek životního prostředí. Uložení odpadů nesmí dojít k narušení stability, těsnosti nebo konstrukce skládky.

Z hlediska technicko – technologického provedení jsou kladeny mimořádné požadavky hlavně na **skládky nebezpečného odpadu**. Odpady s nebezpečnými vlastnostmi, např. toxické, mohou být obsaženy v tuhých komunálních odpadech, ale především v odpadech průmyslových a zemědělských, ale i např. v odpadech ze zdravotnických zařízení, autoservisů, lakoven, fotochemických laboratoří aj. provozoven.

Do kategorie skládek také náleží **odkaliště pro ukládání elektrárenských popílků**. V plné míře se na ně vztahuje zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a vyhlášky MŽP č.383/2001 Sb.o podrobnostech nakládání s odpady a vyhláška 294/2005 Sb. včetně povinnosti platit poplatky za uložené popílky. Odkaliště jsou navíc považována za vodohospodářská díla a vztahuje se na ně vodní zákon.

Zvláštním případem jsou skládky odpadů vznikající při těžbě a úpravě nerostných surovin. V tomto případě jsou označovány jako **odvaly - výsypky**. Opět se jedná o řízené skládky. Během úpravy minerálních surovin navíc vznikají **kaly**, které jsou ukládány na odkaliště. Problematiku výsypek a odkališť řeší Horní zákon č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství. Nejsou proto posuzovány dle zákona o odpadech č. 185/2001 Sb.!

3.3.4 Poplatky za ukládání odpadů

Poplatky za ukládání odpadů mají dvě složky:

- **základní poplatek** - za komunální a ostatní odpad je placen základní poplatek. Příjemcem základních poplatků je obec, na jejímž katastrálním území se skládka nachází.

- **rizikový poplatek** - za odpad nebezpečný je k poplatku základnímu placen navíc poplatek rizikový. Rizikové poplatky jsou odváděny do Státního fondu životního prostředí²⁵.

Všechny poplatky je ze zákona povinen odvádět provozovatel skládky. Kromě uvedených poplatků má provozovatel skládky povinnost zřídit vázaný účet k vytvoření finanční rezervy na rekultivaci, zajištění péče o skládku a asanaci po ukončení jejího provozu. Výše finanční rezervy se odvíjí od množství a kategorie uloženého odpadu. Tuto finanční rezervu lze čerpat jen se souhlasem příslušného krajského úřadu a to jen na činnosti související s rekultivací, zajištěním péče o skládku po skončení jejího provozu a asanací. Dobu trvání a podmínky péče o skládku po uzavření jejího provozu, rekultivaci a asanaci stanoví individuálně pro každou skládku příslušný krajský úřad jako součást provozního řádu. Lhůta nesmí být kratší než 30 let. Vytváření finanční rezervy se vztahuje i na skládky, které byly provozovány již před nabytím účinnosti zákona 125/1997 Sb. Jeho tendence je vzhledem k jednotlivým letům progresivní.

3.3.5 Skládkový plyn

Skládkový plyn vzniká biochemickým rozkladem organických látek přítomných v prostoru skládky působením anaerobních bakterií. V principu se jedná o redukční proces.

Rozklad biochemicky rozložitelných látek účinkem bakterií běžně začíná při teplotách kolem 15 °C již během několika hodin v odpadkových koších a kontejnerech na shromažďování odpadu.

²⁵ Ve Státním fondu životního prostředí jsou shromažďovány poplatky a pokuty za znečišťování vod a ovzduší, rizikové poplatky za ukládání nebezpečných odpadů. Fond je využíván k nevratným dotacím a úvěrování obvykle sanačních nebo investičních akcí vázaných na ochranu životního prostředí.

Rychlost rozkladu vzrůstá s teplotou. V principu jsou rozlišovány následující fáze rozkladu organických látek:

- Aerobní fáze s převahou oxidačních procesů – probíhá jen v počátku, kdy je v odpadu přítomen vzdušný kyslík. Aerobní acidofilní bakterie přeměňují jednoduché organické sloučeniny typu cukrů, škrobů a bílkovin na karboxylové kyseliny převážně s 1 – 5 uhlíky v molekule. Teplota materiálu postupně vzrůstá nad 40 °C.
- Mezofilní fáze nastupuje s postupným vyčerpáním kyslíku v objemu odpadních materiálů. Vyznačuje se přechodem od aerobních oxidačních procesů na anaerobní redukční procesy, což je podmíněno rozvojem příslušných kultur anaerobních bakterií.
- Metanogenní fáze je spojena s rozkladem organických látek s vyšší molekulovou hmotností (např. celulóza, lignin) účinkem anaerobních metanogenních bakterií. Je provázena s tvorbou skládkového plynu při teplotách kolem 60 °C. Tato fáze dle obsahu organické hmoty přetrvává ve skládkovaném materiálu až 50 let. Produkce plynu bývá ekonomicky využitelná až 15 let po uzavření skládky!

Složení a výhřevnost suchého skládkového plynu²⁶

- 55 - 70 obj. % CH₄
- 30 - 40 obj. % CO₂
- < 3,0 obj. % N₂
- < 1,0 obj. % H₂S
- < 1,0 obj. % NH₃
- < 1,0 obj. % O₂
- < 0,05 obj. % H₂
- stopy HCl,
- stopy organických sloučenin
- výhřevnost do 25,0 MJ.Nm⁻³

Možnosti využití skládkového plynu

S ohledem na chemické složení a z něho vyplývající výhřevnost skládkového plynu je velmi vhodné jeho energetické využití pro kombinovanou výrobu tepla a elektřiny (KVET). Je proto používán pro pohon kogeneračních jednotek skládajících se z následujících konstrukčních dílů:

- pístového zážehového motoru, jehož palivem je skládkový plyn,
- alternátoru pro výrobu elektřiny poháněného pístovým zážehovým motorem,
- výměníků tepla pro ohřev vody výfukovými plyny, chladící vodou z motoru a motorovým olejem,
- elektroinstalace,
- systému měření a regulace provozu kogenerační jednotky.

²⁶ **Plyn** = bioplyn, skládkový plyn, kalový plyn. Chemické složení všech uvedených plynů se vzájemně příliš neliší. Obsah sloučenin síry, dusíku, chlóru a případně dalších sloučenin obsažených ve skládkovém plynu ve stopových množstvích - vyšších uhlovodíků a jejich derivátů (např. alkoholů, aldehydů, ketonů), je vždy závislý na chemickém složení výchozího skládkovaného materiálu.

Energetická účinnost kogeneračních jednotek:

Celková účinnost využití primárního paliva dosahuje až 85 %.

Z toho činí výroba energie:

- tepelné	~ 55 %
- elektrické	~ 30 %

3.3.6 Skládkové vody

Prostor skládky – skládkové vany s těsníci vrstvami tvoří uzavřený systém do něhož se běžně za provozu dostávají srážkové vody. Část vod v prostoru skládky pochází ze skládkovaného materiálu. Jednak je vytlačována tlakem nadložních vrstev z pórů, jednak vzniká během aerobní fáze biochemického rozkladu organických látek. Skládkové vody tedy zahrnují vody výluhové - průsakové a srážkové. Průniku povrchových a podzemních vod do prostoru skládky musí být konstrukčním provedením skládky zabráněno. Povrchové a dešťové vody jsou z obvodu skládky odváděny příkopem dimenzovaným na 100-letý průtok vody z příslušného povodí skládky.

Objem skládkových vod shromažďujících se v prostoru skládky nebývá závisle na atmosférických srážkách velký, ale tyto vody bývají silně znečištěné. Koncentrace znečišťujících látek bývá vyšší při nižším úhrnu srážek. Chemické složení průsakových vod přirozeně souvisí s chemickým složením ukládaných odpadů, ale také s chemickými a mikrobiálními procesy probíhajícími ve skládce. Zejména první fáze rozkladu biologického materiálu, kdy vzniká roztok karboxylových kyselin, zapříčiňuje velmi nízké pH průsakových vod, které umožňuje a urychluje vyluhování těžkých kovů.

Skládkové vody běžně obsahují:

- **těžké kovy** - Zn, Ni, Pb, Cu a Cd. Přítomnost těchto kovů značně ovlivňuje metanogenní procesy ve skládce,
- **sloučeniny síry** – sulfáty, sulfidy (z prostorů skládky, kde probíhají anaerobní procesy), thioalkoholy a sирné heterocyklické sloučeniny a jejich deriváty,
- **sloučeniny dusíku** – dusičnany, amoniak, dusíkaté heterocyklické sloučeniny a jejich deriváty,
- **organické sloučeniny** - chlorované alifatické sloučeniny, aromatické uhlovodíky ropného původu, chlorované aromatické látky, dusíkaté aromatické a heterocyklické sloučeniny.

Skládkové vody jsou drenážním systémem sváděny do záchytných jímek umístěných vně skládkového prostoru. Záchytné jímky jsou konstruovány jako otevřené nebo uzavřené nádrže. Materiálovým provedením musí jímky zaručovat dlouhodobě dokonalou těsnost a chemickou odolnost vůči průsakovým vodám.

Záchytné jímky jsou vyrobeny z:

- betonu s impregnačním nátěrem nebo výstelkou z termoplastů (PVC, HDPE),
- termoplastů,
- oceli opatřené pogumováním nebo vícevrstevným vnitřním chlórkaučukovým nátěrem nebo povlakem z termoplastů nebo kyselinovzdornou vyzdívkou.

Technologie čištění odpadních vod ze skládek je podmíněna typem skládek – chemickým složením odpadů a objemem vznikajících průsakových vod.

Na skládkách s nízkou kapacitou, malou plochou a relativně krátkou dobou provozování (např. do 10 let) jsou zachycené vody shromažďovány v jedné nebo několika jímkách. Odtud jsou periodicky odváženy cisternami do čistíren odpadních (ČOV)²⁷.

Velké skládky s vysokou kapacitou a dlouhou dobou provozování jsou obvykle vybaveny čerpací stanicí, která trvale zajišťuje čerpání průsakových vod na ČOV, jsou-li kanalizační sítě v dosahu řádově několika set metrů nebo jen několika kilometrů. V posledních letech bývají velké skládky vybavovány samostatnými čistírnami odpadních vod.

Technologické procesy čištění průsakových vod se v principu příliš neliší od technologií používaných v průmyslových čistírnách odpadních vod. ČOV ze skládek mívají závisle na chemickém složení vod následující technologické stupně:

- Pokud je trvale v průsakových vodách přítomen sulfan, **sráží se** z průsakových vod přímo s téměř 100%-ní účinností **sulfidy kationů těžkých kovů**.
- Není-li v průsakových vodách obsažen sulfan, je prováděna jejich **alkalizace** dávkováním vápenného mléka na pH = 10. Cílem je **srážení hydroxidů těžkých kovů**. Míchání vody zajišťuje její turbulentní proudění v otevřeném kanálu nebo mechanické míchadlo v alkalizační nádrži. Tímto způsobem jsou s účinností blížící se 100 % sráženy kationty těžkých kovů.
- **Mechanický stupeň s česly a usazováký** k zachycení tuhých nečistot splavovaných do průsakových vod (zejména při přívalových deštích) a dříve vznikajících sraženin. Pokud hrozí průnik ropných látek do průsakových vod, musí být v tomto stupni zařazen i lapol (lapač olejů). Sedimentací odloučené kaly omezeně rozpustných látek jsou odvodněny na kalolisu a následně uloženy na skládce nebezpečných odpadů. Ropné látky zachycené v lapolu jsou zneškodňovány spalováním.
- **Neutralizace** čištěné vody na pH = 5,5 – 6,0. Tato hodnota pH je nutná pro spolehlivou funkci následujícího stupně ČOV. Neutralizace je s výhodou prováděna odpadní kyselinou sírovou. Většina síranů je omezeně rozpustná, proto se sráží zbytek přítomných kationů těžkých kovů.
- **Biologický stupeň** zajišťuje v aktivační nádrži biochemický rozklad přítomných organických látek za aerobních podmínek na CO₂ a H₂O nebo za anaerobních podmínek na CH₄ a CO₂. Zároveň v kombinovaném provedení zajišťuje nitrifikaci NH₄⁺ a denitrifikaci NO₃⁻ postupnou přeměnu uvedených sloučenin až na dusík. V koncovém dosazování jsou odloučeny sedimentací všechny nerozpustné látky v podobě kalu. Asi ¼ kalu je vracena zpět do aktivače. Většina kalu je obvykle odčerpávána k anaerobní stabilizaci do metanizačních reaktorů. Touto cestou se sníží množství kalu cca na 1/5 a zároveň je produkován tzv. kalový plyn. Stabilizovaný kal je po odvodnění skládkován, spalován nebo používán k rekultivaci či výrobě kompostů.

²⁷ Zneškodňování průsakových vod dříve užívaným rozstříkáním na povrch skládky spojeným s odparem části vody, je nevhodné. Ve zbytkových průsakových vodách se vždy koncentrují znečišťující látky. To znesnadňuje čištění odpadních vod a vzrůstá jejich hygienická závadnost.

3.3.7 Příslušenství skládek

Závisle na množství a složení ukládaného odpadu a celkové kapacitě skládky je individuálně projektem navrhováno další vybavení skládky. K dalšímu vybavení areálu skládek náleží:

- zpevněné příjezdové komunikace,
- plochy pro mechanické čištění nebo oplach podvozku vozidel před zpětným odjezdem na veřejné komunikace,
- manipulační plochy pro přejímku odpadů s možností odběru vzorků a vizuální kontroly,
- silniční mostová váha,
- provozní objekt s kanceláři, laboratoří a jejím příslušenstvím, skladem archivovaných vzorků odpadů, šatnami, sociálním zařízením aj.,
- kompaktační stroje na zhutnění vrstev sládkovaného materiálu,
- odplyňovací jímky a potrubí skládkového plynu s kogenerační jednotkou a polním hořákem,
- hospodářství pro nakládání s odpadními - průsakovými vodami a dešťovými vodami,
- analyzátory pro monitoring skládkového plynu a průsakových vod,
- oplocení a ostraha skládky.

Veškeré činnosti spojené s ukládáním odpadu do skládek, způsoby využívání jejich příslušenství, ochranou pracovního a životního prostředí jsou deklarovány v „**Provozním řádu**“. Provozní řády, jsou zpracovávány před kolaudací skládky. Obsahují předpisy a technickou dokumentaci nezbytnou pro trvale bezpečné provozování skládek. Jsou rovněž zpracovány pro již uzavřené skládky. Provozní řády vždy obsahují následující údaje:

- technické údaje o skládce s výkresovou dokumentací a popisem skládky,
- stanovení charakteru, určení a účelu skládky,
- popis technologie skládkování s obsluhou zařízení skládky,
- způsob monitorování skládky,
- organizační pokyny k provozu skládky,
- opatření k omezení negativních vlivů skládky na okolí a řešení havarijních situací,
- vedení evidence sládkovaných odpadů,
- povinnosti, pravomoci a odpovědnost zaměstnanců,
- metodiku kontroly odpadů při přejímce,
- technologii ukládání odpadů do skládky včetně situačního zakreslení,
- postupy provozování vyhrazených technických zařízení (plynových, elektrických, zdvihacích a tlakových),
- postupy provozování vodohospodářských zařízení,
- bezpečnostní předpisy,
- metody kontroly provozu skládky,
- zvláštní a doplňková ustanovení.

Kontrolní otázky

1. Co je rozuměno pod pojmem skládkování?
2. Které materiály lze ukládat do skládek, dle čeho jsou členěny?
3. Jaké jsou rozlišovány druhy skládek?
4. Jak je řešeno oddělení prostoru skládky od okolí, co je rozuměno ochrannými bariérami?
5. Z jakých materiálů jsou těsnicí vrstvy a drenážní vrstvy?
6. Co je rozuměno uzavírací – záklopnou vrstvou skládky, jak je řešena?
7. Jak je řešeno nakládání s dešťovými, povrchovými a podzemními vodami v prostoru skládky a v jejím nejbližším okolí?
8. Jak je nakládáno s průsakovými vodami?
9. Jak je nakládáno se skládkovým plynem, pokud se ve skládce tvoří?
10. Co je „Provozní řád“, kdy a proč se zpracovává?

4. LITERATURA

- 5.1 Bernauer B. a kol.: Způsoby odstraňování oxidu dusného z odpadních plynů průmyslových a spalovacích procesů, Chemické listy 95, 392-399, Praha, 2001
- 5.2 Dřevíkovský: Vybrané problémy odpadů a jejich recyklací v evropských zemích, evropském společenství a v ČSFR, VÚ pro vědecký rozvoj, Praha, 1991
- 5.3 Engler B.H.: Katalysatorteknik – auf Leistung getrimmt, Chemische Industrie, Hessen (SRN), 1993
- 5.4 Friess K., Vodáková Z.: Odsiřovací a denitrifikační technologie se značkou ABB v energetice, Energetika, 7-8/97, 232-235, Brno, 1997
- 5.5 Horký J.: Tvorba a ochrana životního prostředí, ČVUT Praha, 1991
- 5.6 Kepák F., Svoboda J.: Energetika a ŽP, skripta FŽP UJEP, Ústí n.L., 2001
- 5.7 Kolektiv: Čištění průmyslových odpadních vod, sborník přednášek, ISBN 80-86020-24-X, Brno, 2000
- 5.8 Koller J.: Ochrana prostředí v průmyslu I, SNTL Praha, 1984
- 5.9 Kossacký, Surový: Chemické inženýrstvo, díl I a II, Alfa, Bratislava, 1985
- 5.10 Kreníková V.: Odpadového hospodářství, skripta FŽP UJEP, Ústí n.L., 2001
- 5.11 Kuraš, M. et al.: Technologie zpracování odpadů, VŠCHT Praha, 1993
- 5.12 Kuraš, M.: Odpady, jejich využití a zneškodňování, Praha, 1994
- 5.13 Malý J., Malá J.: Chemie a technologie vody, ISBN 80-86020-13-4, Brno, 1996
- 5.14 Metodická pomůcka o technologiích pro zneškodňování odpadů a hrubý přehled zařízení, která jsou k dispozici v ČR, příloha č. 3, Praha, 1992
- 5.15 Mocek K.: Současné trendy v čištění odpadních plynů, Chemické listy, 89, 564-569, 1995
- 5.16 Nacházel Z., Kotíšek J. a kol.: Odsíření malých a středních tepelných zdrojů, MP ČR Praha, 1991
- 5.17 Návrh koncepce hospodaření s odpady z vybraných průmyslových odvětví. Studie, Kutná Hora, ÚNS, leden 1991
- 5.18 Nekvasil, F.: Příručka pro nakládání s odpady, Kutná Hora, 1996
- 5.19 Nesměrák I.: Projekt Labe - Výsledky a přínosy, VÚV T.G.Masaryka, ISBN 8085900-06-8, Praha, 1995
- 5.20 Nesvadba, J.- Velek, K.: Tuhé odpady, Praha SNTL, 1983
- 5.21 Palatý a kol.: Základy ochrany prostředí, skripta, VŠCHT Praha, 1991
- 5.22 Palatý J., Paleček J.: Základy ekologie, VŠCHT Praha, ISBN 80-7080-144-1, 1992
- 5.23 Pěňčík K.: Přehled zařízení pro čištění a úpravu vod, I. a II. díl, MŽP Praha, 1990
- 5.24 Pour V., Sobalík Z.: Katalytický rozklad oxidu dusnatého, Chemické listy 87, 92-97, Praha, 1993
- 5.25 Program odpadového hospodářství České republiky, MZP ČR, Praha, 1994
- 5.26 Průmyslové komposty, ČSN 46 5735, duben 1991
- 5.27 Řešátková, J.: Technologická příručka pro řízené skládkování TKO, VÚMH Praha, 1987
- 5.28 Sbírka zákonů
- 5.29 Sojka J.: Malé čistírny odpadních vod, Vydavatelství ERA, ISBN 80-86517-11-X, Brno, 1997
- 5.30 Spalování odpadů u nás i v zahraničí, Studie VTEI, Praha, 1990
- 5.31 Štorch: Čištění průmyslových plynů a exhalací odlučovači, SNTL Praha
- 5.32 Štýs, S.: Odpady z těžby uhlí, rudných a nerudných surovin, ECOCONSULT Most, 1993
- 5.33 Váňa j.: Finančně podporované hnojení registrovanými průmyslovými komposty, Agrospoj č.7, 2000

- 5.34 Velek K., : Souvislost tuhých odpadů a životního prostředí, Aktuální problémy při zacházení s tuhými odpady , ČSVTS Praha,1987
5.35 Vlček J., Drkal F.: Technika a životní prostředí, ČVUT Praha, 1994

4.2 Odborné časopisy

- 4.2.1 Abfalwirtschaft
- 4.2.2 Odpady
- 4.2.3 Odpady a my
- 4.2.4 Planeta
- 4.2.5 Wasser – Luft – Boden
- 4.2.6 Waste Management

4.3 Prospektová aj. literatura

- 4.3.1 AVG – Abfall-Verwertung-Gesellschaft mbH, Hamburg, SRN,
- 4.3.2 CONSORZIO per lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani, Scio, Itali
- 4.3.3 ČSN 465735 „Průmyslové komposty“
- 4.3.4 DCE LIMITED, Flue-gas cleaning, Leicester (UK), 1993
- 4.3.5 Degussa AG, DeDIOX-Verfahren, Frankfurt a.M. (SRN), 2000
- 4.3.6 Degussa AG, Chemical Catalysts, Frankfurt a.M. (SRN), 2001
- 4.3.7 ENETEX GmbH., Katalytische Verbrenungsanlage, Linsengericht (SRN)
- 4.3.8 GROTH & Co, Abt. Biotechnologie, Itzehoe, SRN
- 4.3.9 GWB, Bern, Switzerland
- 4.3.10 Haldor Topsoe A/S, Catalytic Combustion Technology for Air Purification, Lyngby (Dánsko), 1998
- 4.3.11 Haldor Topsoe A/S, SNOX Anlage, Lyngby (Dánsko), 2000
- 4.3.12 Haldor Topsoe A/S, Umweltverfahren, Lyngby (Dánsko), 2000
- 4.3.13 Chetra GmbH., Vysokovýkonné filtry, Mnichov (SRN), 1987
- 4.3.14 I/S Amagerforbraending, Kobenhaven, Denmark
- 4.3.15 KEU-CITEX Energie- und Umwelttechnik GmbH, Abgas-/Abluftreinigung, Krefeld (SRN), 1993
- 4.3.16 Lurgi Energie- und Umwelttechnik GmbH., ZWS-Kraftwerke, Frankfurt a.M. (SRN), 1991
- 4.3.17 Meclenburgische SERO-Recykling GmbH, Swerin, SRN
- 4.3.18 Mitop, a.s. Mimoň, Filtrační netkané textilie řady FINET a Teofit, Mimoň (ČR), 1999
- 4.3.19 NV VYNCKE, Harelbeke, Belgiím
- 4.3.20 ÖSKO GmbH, Pasching Wagram, Austria
- 4.3.21 Scheuch GmbH., Ried (Rakousko), 1998
- 4.3.22 SCHIESTL GmbH, Siz, Austria
- 4.3.23 SPG/Wagner-Biro, Rauchgas-entschwefelung, Graz (Rakousko), 1994
- 4.3.24 SWM, München, SRN
- 4.3.25 TTS SCHIRA AG: Absorption Technik, Uster, Switzerland
- 4.3.26 ZVVZ, a.s. Milevsko, Katalog výrobků, Milevsko (ČR), 2001

4.4 Internet – vyhledávače

Klíčová slova (např.):

- odpad,
- průmyslový odpad,
- komunální odpad,
- spalovna,
- pyrolýza,
- spalování odpadů,
- kompost,
- kompostování odpadů,
- skládka,
- skládkování odpadů,
- emise odpadních plynů,
- čištění odpadních plynů,
- emise odpadních vod,
- čištění odpadních vod,