



Výukový program:
Environmentální vzdělávání

Modul 6: Odpadové hospodářství

autor:

prof. Ing. Mečislav Kuraš, CSc.
prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.

recenzent:

prof. Ing. František Kaštánek, DrSc.

redakce:

Mgr. Milada Rolčíková

6 Odpadové hospodářství

Otázka omezení vzniku odpadů a způsobů jejich bezpečného, environmentálně přijatelného a ekonomicky výhodného využití či odstranění patří dnes k nejpálčivějším hospodářským i politickým problémům na celém světě. Přestože ve výrobní i spotřební (společenské) sféře množství produkovaných odpadů stále narůstá, teprve v posledních 20-30 letech se začaly průmyslově vyspělé země intenzivně zabývat jejich zpracováním i možnostmi omezit jejich vznik. U nás byl teprve v r. 1991 přijat zákon o odpadech (č. 238/1991 Sb.), který dal této závažné a u nás dříve opomíjené problematice závazný právní podklad. V průběhu následujících let byly přijaty další zákony o odpadech, z nichž zákon č. 185/2001 Sb., v platném znění, se zvláštním důrazem na předcházení vzniku odpadů, je již plně kompatibilní s odpovídající právní úpravou Evropské unie. Bude však ještě trvat určitou dobu, než se stane obecně přijatou normou pro moderní hospodaření s odpady.

Ekonomicky výhodné a současně environmentálně přijatelné hospodaření s odpady vyžaduje totiž nové přístupy u všech producentů odpadů, tj. nejenom průmyslových výrobců, ale i široké veřejnosti. K tomu je nutná rozsáhle založená osvěta směřující k tomu, aby všichni občané pochopili nebezpečí, které vyplývá z hromadění odpadů, ale také nezbytnost správného nakládání s nimi. Vhodná opatření, která mají předcházet hromadění odpadů, se musí stát součástí obecného ekologického povědomí všech občanů.

Tato kapitola bezprostředně navazuje na dřívější knižní publikace v tomto oboru [1, 2] a je výrazně rozšířena a doplněna o aktuální poznatky z různých oblastí odpadového hospodářství, zejména prezentované našimi předními odborníky na kurzu celoživotního vzdělávání Odpadové hospodářství, pořádaném na VŠCHT v Praze v roce 2006, a rovněž nejnovější informace publikované v časopise Odpadové fórum.

6.1 Příčiny vzniku odpadů

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

Podle **druhé věty termodynamické** je každý samovolně probíhající proces spojen s růstem **entropie**. Prakticky to znamená, že nelze nikdy materiály ani energii stoprocentně využít bez vzniku vedlejších odpadních produktů. Entropie je zde mírou samovolnosti systému přecházet z uspořádanějších (a člověkem využitelných) stavů do pravděpodobnějších stavů méně uspořádaných (a pro člověka nevyužitelných).

Prakticky však všechny systémy hospodářství se ve své podstatě zabývají přeměnou surovin na odpad. Materiály, ve svých nalezištích vysoce uspořádané, se v průběhu jejich využívání navzájem směšují a posléze rozptýlí na haldy odpadů a do emisí zplodin, což znemožňuje jejich recyklaci. Přitom proces rozptylování nelze v uzavřeném systému zastavit. Rozptýlenou hmotu lze znovu zkoncentrovat jen s pomocí energie dodané z venku, za cenu růstu entropie jinde.

Růst výroby (obecně hrubého národního produktu) doprovází růst entropie, a tedy poškozování životního prostředí. Zvyšování entropie poškozují celou planetu. Zatímco se cenné suroviny mění na odpady, nevíme kam s dosud neúčinným a jedovatým odpadem.

Jelikož se většina nedostatkových surovin mění v odpady, je nezbytně nutné omezit neúčelnou spotřebu surovin a nedostatkových materiálů. Podle názoru mnoha odborníků bude řešení těchto otázek nejdůležitějším úkolem péče o životní prostředí v příštích letech. Výhledově je nutno počítat s tím, že není daleko společnost, kdy materiálová situace musí být doslova obrácená. Všechny odpady, který představuje potenciální druhotné suroviny, se stane hlavním zdrojem surovin a přírodní nenačaté zdroje budou rezervou spotřeby pro budoucnost.

6.2 Struktura systému hospodaření s odpady

6.2.1 Odpadové hospodářství jako nový obor

Odpadové hospodářství (anglicky *waste management*, německy *Abfallwirtschaft*) je relativně novým technologickým odvětvím, které se bezprostředně dotýká všech stupňů výrobního a spotřebního cyklu - od těžby surovin, přes výrobu, dopravu a spotřebu produktů, až po jejich odstranění, kdy po uplynutí doby jejich životnosti se z nich stávají odpady (*odpady ze spotřeby*). Významný podíl odpadů tvoří vedlejší materiály vznikající při výrobě těchto produktů (*odpady z výroby*). Odpadové hospodářství tak ovlivňuje všechny složky národního hospodářství.

Odpadové hospodářství se vyvinulo rovněž v samostatný výzkumný a studijní obor, dnes již hojně pěstovaný na zahraničních i na našich vysokých školách [3,4]. Jako typický multidisciplinární obor s významným postavením chemie a chemické technologie v oblasti využití, odstranění i prevence odpadů je velkou výzvou pro výzkumné pracovníky z nejrůznějších hospodářských odvětví.

Hlavní cíle odpadového hospodářství, i když mohou být různě formulovány, jsou tyto:

- **předcházet** vzniku odpadů nebo je omezovat;
- pokud již odpady vzniknou, nakládat s nimi tak, aby mohly být maximálně využity jako **druhotné suroviny** v původní, nebo upravené formě a aby minimálně narušovaly životní prostředí.

Pojem *odpadové hospodářství* zahrnuje tedy nejen **nakládání** s odpady již vzniklými (**využití, odstranění**), ale rovněž **předcházení jejich vzniku a následnou péči** o odpady uložené, v souladu s normou Charakterizace odpadů-názvosloví (ČSN EN 13965, část 1 a 2), která nahradila původní názvoslovnou normu ČSN 838001. Jednotlivé pojmy, zařazené jako součásti termínu nakládání s odpady, tvoří logickou posloupnost činností, přitom však jednotlivé činnosti se mohou navzájem překrývat, doplňovat a ovlivňovat. Např. při některých způsobech odstranění odpadů mohou být odpady současně využity jako druhotné suroviny (z fyzikálně-chemické úpravy nebezpečných odpadů, pevné zbytky ze spalování odpadů ve stavebnictví) či jako zdroje energie (ze skládek odpadů lze při vhodných podmínkách získávat skládkový plyn).

6.2.2 Odpadové hospodářství jako systém

Struktura odpadů i jejich původ, včetně různých způsobů manipulace s nimi, je velmi pestrá. K zařazování odpadů podle skupin a druhů, hlavně v souvislosti s evidenčními

povinnostmi, se používá **Katalog odpadů**, který je součástí jedné z prováděcích vyhlášek k zákonu o odpadech (viz níže). Používá se však ještě mnoho dalších členění odpadů podle různého účelu. I když nejde o oficiální druhy podle Katalogu, často se uvádějí hlavně v různých analytických a návrhových materiálech (např. odpady ze zemědělství, průmyslu, dolování a těžby, energetiky, stavebnictví, komunální odpady). V provozních dokumentacích, při evidenci a pochopitelně při obchodování s odpady musí se však vždy uvést návaznost na katalogové skupiny či druhy.

Další významnou charakteristikou odpadů je jejich množství, které se sleduje různými způsoby, což má mimo jiné za následek různou míru objektivitu a často spornou vypovídací hodnotu. Na základě evidence vycházející ze zákona o odpadech se údaje shromažďují v Informačním systému odpadového hospodářství (ISOH – CeHO). Vedle toho státní statistika (Český statistický úřad) provádí svá šetření publikovaná každoročně ve Statistické ročence.

Pro své specifické vlastnosti a způsoby nakládání jsou zákonem specifikovány povinnosti při **nakládání s vybranými výrobky, odpady a zařízeními**, jako jsou PCB, odpadní oleje, baterie a akumulátory, kaly z čistíren odpadních vod, odpady z výroby oxidu titaničitého, odpady azbestu, autovraky a elektrická a elektronická zařízení (elektrošrot).

Zpětný odběr některých výrobků se vztahuje na oleje, elektrické akumulátory, galvanické články a baterie, výbojky a zářivky, pneumatiky a elektrozařízení pocházející z domácností.

6.2.3 Strategie odpadového hospodářství

Začátkem devadesátých let minulého století byl přístup k jakémukoliv koncipování strategií, ale hlavně plánování, velmi negativní a odtažitý. První zákon o odpadech z roku 1991 sice předepisoval zpracování tzv. **Programů odpadového hospodářství**, ale jejich plné využití bylo silně podceněno a někdy i ignorováno. Nicméně tam, kde byly Programy solidně zpracovány nejen jako povinnost, splnily především ten účel, že se původci začali o odpady cíleně zajímat z ekonomického i environmentálního hlediska [5].

Druhý zákon o odpadech z roku 1997 Programy zcela vypustil. Posléze byly sice snahy o zařazení plánování činností souvisejících s odpady do právních předpisů, ale teprve nový zákon č.185/2001 Sb. předepisuje zpracování **plánů odpadového hospodářství** postupně na úrovni republiky, krajů a původců.

Současně s tím se však začínají v jiných oborech zpracovávat různé **strategické koncepce a plány**, jejich součástí však odpadové hospodářství bývalo a je jen výjimečně. V souvislosti s implementací směrnic Evropské unie do právního řádu České republiky se začínaly se zpracováním státní politiky životního prostředí a dalších dokumentů mezinárodního a národního charakteru připravovat též koncepční materiály odpadového hospodářství.

V roce 2005 byl ve vládě projednán **Program odpadového hospodářství ČR** a v roce 2001 byla připravena **Koncepce OH ČR** a v období 2000 až 2002 byly zpracovány krajské koncepce hospodaření s odpady. V roce 2002 byly zahájeny práce na zatím posledním koncepčním materiálu. Tím je **Plán OH ČR**, jehož závazná část byla vydána jako nařízení vlády v červenci 2003. Na tento plán navazuje postupné zpracovávání a projednávání **Realizačních programů ČR**, na jejichž základě se formulují opatření jako podklad pro usnesení vlády.

Do konce roku 2005 bylo vypracováno 22 Realizačních programů týkajících se odpadového hospodářství. Současně se dokončilo projednávání jednotlivých **krajských plánů odpadového hospodářství**. V návaznosti na krajské plány se začínají zpracovávat **plány odpadového hospodářství původců** - zatím poslední koncepční činnosti uložené zákonem o odpadech. V současné době jsou plány OH zpracovány, vedle národní úrovně, ve všech krajích ČR a probíhá proces přípravy POH původců. Podle odhadů bude POH zpracován zhruba ve 450 obcích a 4500 firmách, které naplní zákonný limit pro zpracování plánu. Koncepce a plány odpadového hospodářství kraje jsou připraveny s výhledem nejméně na 10 roků (POH krajů a POH ČR), původci plánují s minimálním výhledem 5 let.

Schéma základních mezníků odpadového hospodářství [6]

1991 - zákon o odpadech č. 238/1991 Sb.,
 1995 - Program odpadového hospodářství ČR,
 1997 - 2. zákon o odpadech č. 125/1997 Sb.,
 1999 - Koncepce odpadového hospodářství ČR,
 2001 - 3. zákon o odpadech č. 185/2001 Sb.,
 1. zákon o obalech č. 477/2001 Sb.,
 2003 - Nařízení vlády č. 197/2003 Sb. o POH ČR,
 2005 - Usnesení vlády č. 18/2005,
 Usnesení vlády č. 1621/2005

1. 1995	Program odpadového hospodářství ČR,
2. 1999 – 2001	Koncepce odpadového hospodářství ČR,
3. 2000 – 2002	Koncepce odpadového hospodářství krajů,
4. 2002 – 2003	Plán OH ČR,
5. 2003 – 2005	Plány odpadového hospodářství krajů,
6. 2004 – 2006	Plány odpadového hospodářství původců

Všechny tyto dokumenty již v různé míře podrobností respektují **základní hierarchie odpadového hospodářství**, která je rovněž stanovena zákonem o odpadech, a tím je

- prioritní **předcházení** vzniku odpadů;
- přednostní **využívání** odpadů;
- teprve jako poslední **odstraňování** odpadů.

6.2.3.1 Nástroje na podporu a prosazování strategie OH

Nástroje na podporu OH lze rozdělit na administrativní, ekonomické a ostatní [5].

Administrativní (normativní) nástroje jsou takové, které formou příkazů a zákazů, tedy donucovacím přístupem, prosazují stanovenou politiku životního prostředí, tím i odpadového hospodářství, a vycházejí z právních a technických předpisů různé váhy.

Jsou to:

- **Politické nástroje** (vedle mezinárodních aktů jsou to např. Státní politika ŽP ČR, Energetická koncepce ČR, Státní program environmentálního vzdělávání a osvěty).
- **Zákonné a technické normy , koncepční materiály** (zákon o odpadech, zákon o obalech a řada dalších zákonů, které přímo či nepřímo souvisí s odpadovým hospodářstvím včetně prováděcích předpisů – vyhlášek, mezinárodní smlouvy a dohody, evropské směrnice, plány odpadového hospodářství ČR, krajů a původců, metodické pokyny, sdělení MŽP, koncepce OH, technické normy, obecně závazné vyhlášky obcí a pod.) a z **nich vycházejících institutů** (evidence a ohlašování odpadů, integrované povolení a integrovaný registr znečištění, v rámci integrované prevence a omezování znečištění - IPPC, posuzování vlivů na životní prostředí – EIA a posuzování vlivů některých plánů a koncepcí na životní prostředí – SEA).

Ekonomické nástroje vycházejí z tržně orientovaného přístupu a svým způsobem simulují působení trhu. Některé tyto nástroje jsou předepsány zákonnými normami a předpisy, některé jsou doporučené a dobrovolné, některé již fungují, jiné se připravují.

V oblasti životního prostředí jsou to hlavně **poplatky** za znečišťování životního prostředí, za využívání přírodních zdrojů, za ukládání odpadů na skládky, recyklační, místní a pod). Dále jsou to **podpory** především z veřejných zdrojů ve formě dotací, zvýhodněných půjček či převzetí závazku a dotace z fondů EU.

Dalšími ekonomickými nástroji mohou být: daňová zvýhodnění (daně z příjmů, z nemovitostí, silniční, z přidané hodnoty), cla, ceny, rozšířená odpovědnost výrobce, povinné finanční rezervy, pojištění, náhrady škod, obchodovatelná povolení, ekologické daně).

Ostatní nástroje jsou charakteristické svým dobrovolným přístupem a zahrnují celý soubor nástrojů, které ovlivňují odpadové hospodářství nepřímo, někdy však i dosti významně přímo. Patří sem nástroje organizační, institucionální, informační, dobrovolné nástroje a výzkum a vývoj.

Organizační nástroje jsou založeny na změně vztahů a vazeb mezi subjekty nebo činnostmi – Environmentální manažerský systém(EMS), Zavádění systému řízení podniku a auditu z hlediska ŽP (Program EMAS), Národní program čistší produkce, Zelený bod, Označování ekologicky šetrných výrobků).

Institucionální nástroje se vztahují k institucím, které vykonávají veřejnou správu, a k institucím, které poskytují podporu výkonu veřejné správy – Centrum pro hospodaření s odpady (CeHO), Státní fond životního prostředí, EKO-KOM, a.s. autorizovaná obalová společnost).

Informační nástroje, výchova a vzdělávání představují oblast získávání, zpracování a předávání informací – Český statistický úřad, Informační systém odpadového hospodářství (ISOH), Státní program environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty (EVVO), odborná periodika vydávaná pro odpadové hospodářství **Odpadové fórum** a **Odpady**, odborné příručky, sborníky ze seminářů a konferencí. Dále všechny formy vzdělávání na podnikatelském základě jako školení, kurzy, semináře, konference, výstavy a veletrhy, kterých se v zahraničí i u nás ročně uskuteční desítky, mají ovšem různé zaměření a různou kvalitou.

Dobrovolné nástroje jsou aktivity subjektů, které nejsou normativně uloženy jako povinnost, ale jsou motivovány snahou zlepšit postavení na trhu nebo zlepšit flexibilitu regulace ze strany státní správy, např.:

- Dobrovolné dohody se subjekty odpadového hospodářství, producenty, nakládání s odpady.
- Dobrovolná certifikace podniků působících v OH, kterou zajišťuje Česká asociace odpadového hospodářství (ČAOH), Sdružení veřejně prospěšných služeb (SVPS), Svaz průmyslu druhotných surovin (APOREKO).
- Společnosti (svazy) zajišťující v souladu s právními předpisy dobrovolně některé aspekty nakládání s odpady, především zpětný odběr vybraných výrobků – ECOBAT s.r.o. (zpětný odběr baterií), RECYKLACE EKO-VUK a.s. (požitě světlené zdroje), PRAKTIK LIBEREC s.r.o. (chladicí zařízení z domácností).
- Asociace a sdružení sdružující profesně zaměřené podnikatelské subjekty - ČAOH, České sdružení pro recyklaci pneumatik, První české sdružení pro průmyslovou recyklaci autovraků, České sdružení pro biomasu CZ BIOM, Svaz průmyslu druhotných surovin - APOREKO apod.
- Z mezinárodních sdružení nelze opomenout Mezinárodní asociaci pro odpady – ISWA (International Solid Waste Association), jejímž zakládajícím členem bylo Československo v roce 1971, bohužel v současné době nikdo z ČR zde nevyvíjí žádnou činnost.

Výzkum a vývoj podporovaný z veřejných prostředků formou vypisování grantů a projektů jednotlivých resortů, především ministerstev životního prostředí, průmyslu a obchodu, zemědělství, školství, mládeže a tělovýchovy, a rovněž Grantovou agenturou ČR a Grantovou agenturou AVČR. Tyto projekty jsou evidovány v Centrální evidenci projektů. Sem je možno zařadit i diplomové, disertační a výzkumné práce vysokých škol [7].

6.2.3.2 Odpadové hospodářství ČR – současný stav a vývoj

Odpadové hospodářství ČR je vymezeno zejména zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění, zákonem č. 477/2001 Sb., o obalech, v platném znění, a jejich prováděcími předpisy.

Zákon o odpadech byl v roce 2004 novelizován zákonem č. 188/2004 Sb., zaměřeným na vozidla s ukončenou činností (autovraky), v roce 2005 pak novelizován zákonem č. 7/2005 Sb., týkajícím se odpadních elektrických a elektronických zařízení. S ohledem na počet novelizací zákona o odpadech bylo jeho úplné znění vyhlášeno pod č. 106/2005 Sb. Přehled hlavních platných právních úprav o odpadech je uveden níže:

Zákony:

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, novelizovaný zákonem č. 188/2004 Sb., č. 7/2005 Sb. Úplné znění zákona o odpadech bylo vydáno zákonem č. 106/2005 Sb., Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech, novelizovaný zákonem č. 94/2004 Sb., Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezení znečištění, o integrovaném registru znečišťování Nařízení vlády č. 368/2003 Sb., o integrovaném registru znečišťování.

Nařízení Rady (EHS) č. 259/93 o dozoru nad přepravou odpadů v rámci Evropského společenství, do něj a z něj a o jejich kontrole, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhlášky:

Vyhláška č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), novelizovaná vyhláškou č. 503/2004 Sb. Vyhláška č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, novelizovaná vyhláškou č. 504/2004 Sb., Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, novelizovaná vyhláškou č. 41/2005 Sb.

Vyhláška č. 384/2001 Sb., o nakládání s polychlorovanými bifenyly, polychlorovanými terfenyly, monometyltetrachlordifenylmetanem, monometyldichlordifenylmetanem, monometyldibromdifenylmetanem a veškerými směsmi obsahujícími jednu nebo více z uvedených látek v celkové koncentraci těchto látek vyšší než 50mg/kg (o nakládání s PCB).

Vyhláška č. 237/2002 Sb., o podrobnostech způsobu provedení zpětného odběru některých výrobků, novelizovaná vyhláškou č. 505/2004 Sb. Vyhláška Ministerstva životního prostředí ČR č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, Vyhláška Ministerstva životního prostředí ČR č. 352/2005 Sb., o podrobnostech nakládání s elektrozařízeními a elektroodpady a o bližších podmínkách financování nakládání s nimi (vyhláška o nakládání s elektrozařízeními a elektroodpady), Vyhláška č. 115/2002 Sb., o podrobnostech nakládání s obaly.

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

Podrobný přehled všech předpisů v oblasti odpadového hospodářství je uveden v [8] a rovněž v Plánu odpadového hospodářství, který je vystaven na stránkách MŽP www.env.cz.

V souvislosti se změnami zákonů o odpadech byly novelizovány i prováděcí předpisy, včetně vyhlášky č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, podle kterého se provádí zařazování jednotlivých druhů odpadů a vede evidence o produkci a nakládání s odpady. Tento Katalog rozlišuje pouze **dvě kategorie odpadů - nebezpečné odpady a ostatní odpady**.

Nebezpečné odpady jsou takové, které jsou uvedeny v seznamu nebezpečných odpadů nebo mají některou z nebezpečných vlastností, specifikovaných v uvedené vyhlášce. Odpady jsou dále členěny do **skupin odpadů** (celkem 20 skupin) a **druhů odpadů** (více než 700).

Vzhledem k legislativním změnám v krátkém desetiletém období je obtížné porovnávat vývoj produkce a nakládání s odpady v jednotlivých letech a časových řadách. Produkce odpadů v ČR v posledních letech se pohybuje mezi 36 a 39 mil. t. V roce 1995 bylo vyprodukováno 66,3 mil. t veškerých odpadů, v roce 2002 37,9 mil. t, v roce 2003 36,1 mil. t a v roce 2004 38,8 mil. t. V tomto množství největší podíl tvoří stavební odpady, odpady z průmyslu a energetiky.

V roce 2004 bylo recyklováno a využito jako druhotná surovina celkem 23,1 mil. t všech odpadů. Zařízení na odstraňování odpadů mají dostatečnou kapacitu, zejména zařízení pro skládkování odpadů, které je stále nejběžnějším způsobem odstraňování odpadů.

Stále malý podíl odpadů je spalován a energeticky využíván. V roce 2004 bylo energeticky využito celkem 863,3 tis. t odpadů. V ČR jsou provozovány 3 spalovny komunálních odpadů v Praze, Brně a Liberci. Počet spaloven nebezpečných odpadů je vyšší, většinou s malou kapacitou, ale řada z nich je postupně uzavírána, zejména v souvislosti s přísnými požadavky na čistotu vypouštěných spalin. Trvale se zvyšuje množství odděleně sebraných využitelných komunálních odpadů, a rovněž nebezpečných složek komunálních odpadů [9]. V souladu se zákonem č. 123/1998 o právu na informace o životním prostředí

zpřístupňuje VÚV T.G.Masaryka- Centrum pro hospodaření s odpady informace o odpadech, které má k dispozici. Agregovaná data za léta 1994-2004 jsou přístupná na internetu na adrese <http://www.vuv.cz>.

Produkce odpadů v jednotlivých kategoriích

Původci odpadů a osoby oprávněné k podnikání s odpady mají povinnost podle Zákona o odpadech zasílat hlášení o roční produkci a nakládání s odpady příslušnému obecnímu úřadu obce s rozšířenou povinností. Tyto údaje jsou vloženy do celostátní databáze ISOH (Informační systém odpadového hospodářství a budou pak zasílány Evropské komisi (za rok 2004 do 30.6.2006).

Evidovanou produkci nebezpečných odpadů nelze do roku 2001 včetně jednoznačně porovnat vzhledem k velkým rozdílům v počtu druhů odpadů, které byly podle platné legislativy v jednotlivých letech považovány za nebezpečné. Od roku 2002, kdy vstoupila v platnost nová legislativa a v ČR byl přijat Katalog odpadů EU, lze produkci nebezpečných odpadů srovnávat nejen meziročně, ale i v rámci EU se státy, které rovněž uplatňují Katalog EU. Snížení produkce nebezpečných odpadů mezi roky 2001 a 2002 je tedy především ovlivněno novým Katalogem odpadů. Z porovnání je však zřejmé, že od roku 2002 dochází trvale k mírnému snižování produkce nebezpečných odpadů.

Největšími producenty odpadů je průmysl, stavebnictví a energetika. V roce 2003 a 2004 je produkce průmyslových odpadů na stejné úrovni a činí cca 7,9 mil. t. Meziročně došlo ke zvýšení produkce odpadů ze stavebnictví z cca 6,6 mil. t na cca 9,0 mil. t, naopak došlo ke snížení produkce odpadů z energetiky z 6,6 mil. t na 5,2 mil. t. Zde se projevílo zvýšení využívání těchto odpadů ve formě aglomerátů.

Zvyšuje se množství využívaných odpadů a naopak dochází ke snižování množství odpadů ukládaných na skládku, energeticky je stále využíváno jen malé procento. Celkem bylo v roce 2004 recyklováno a využito 23,1 mil. t všech odpadů, t.j. 65,3 %. Zvýšil se zejména objem separovaného sběru využitelných složek komunálních odpadů, z toho především odpadů z obalů a stavebních odpadů. Využívají se především kovové odpady, železné i neželezné a stavební odpady, v menší míře některé kovonosné odpady, dále odpady z plastů, skla a papíru.

Počet skládek má stále klesající tendenci. Nyní provozované skládky vznikly převážně po roce 1996 a do roku 2009 by měl být zajištěn jejich plný soulad se současnou právní úpravou. Předpokládá se, že od roku 2009 nebude odpovídat normám EU téměř 60% skládek, které tak budou muset být uzavřeny. V současné době je v provozu 298 skládek, z toho 33 skládek má projektovanou kapacitu pro ukládání nebezpečného odpadu cca 10 mil. m³.

Celková kapacita provozovaných skládek jak pro komunální odpady, tak i pro ostatní druhy odpadů, včetně nebezpečných, je dostatečná i s výhledy na příští roky.

Spalování je v porovnání se skládkováním zatím výrazně dražší, proto bylo v roce 2004 energeticky využito jen 2,6% z celkové produkce odpadů. V současné době je v provozu 24 spaloven nebezpečných odpadů a 3 spalovny komunálních odpadů (v Praze s kapacitou 310 tis.t/rok, v Brně s kapacitou 240 tis.t/rok a v Liberci s kapacitou 96 tis. t/rok). Kromě spaloven se odpady energeticky využívaly i v cementárnách. Ve spalovnách nebezpečných odpadů se spalují především průmyslové nebezpečné odpady a odpady ze zdravotnictví.

V roce 2004 bylo vyprodukováno celkem 1447 tis. t nebezpečných odpadů, což je o 223 tis. t více než v roce 2003 (z toho z komunálního odpadu pochází 23 tis.t.). Komunálních odpadů se vyprodukovalo v roce 2004 celkem 4,4 mil. t, stejné množství jako v roce 2003.

Na skládky bylo v roce 2004 uloženo 67 % komunálních odpadů, podíl spalovaných komunálních odpadů byl 9 %. Zvyšuje se množství odděleně sbíraných složek komunálního odpadu, v roce 2004 jich bylo materiálově využito celkem 12,7 % [9].

6.3 Druhy odpadů z různých oblastí lidské činnosti

Odpady vznikají ve všech oblastech lidské činnosti:

- **odpady z těžby** vznikající při těžbě surovin (důlní odvaly, odpady z těžby ropy a pod.);
- **odpady z výroby** vznikající při zpracování surovin na výrobky (v průmyslu, zemědělství, stavebnictví, energetice);
- **odpady ze spotřeby** vznikající při spotřebě či ukončení životnosti výrobku (odpady komunální, zdravotnické odpady, odpady z dopravy apod.);
- **odpady vznikající při zpracování odpadů** (využití, odstranění - popílek a škvára ze spalování odpadů, neutralizační kaly či filtrační koláče z fyzikálně-chemické úpravy nebezpečných odpadů).

Množství emisí všeho druhu (plynné, kapalné, tuhé) produkovaných výrobní sférou v průmyslově vyspělých zemích převyšuje řádově množství odpadů z komunální či spotřební sféry. V České republice i v dalších zemích s tranzitní ekonomikou k tomu přispívají i další faktory, jako jsou v mnoha odvětvích dosud zastaralé výrobní technologie s velkými odpadními toky a často málo účinné technologie pro jejich další využití či odstranění umožňující jejich další využití v témže nebo jiném výrobním odvětví.

Hrozbu pro životní prostředí a zdraví populace představuje nejenom množství odpadních průmyslových toků, ale i skutečnost, že mnohé z nich, zejména chemického charakteru, nutno řadit mezi odpady nebezpečné, u nás specifikované v Zákoně o odpadech č. 185/2001 Sb., v platném znění, a navazujících právních předpisech.

Vznik emisí a odpadních toků výrazným způsobem nepříznivě ovlivňuje rovněž ekonomiku průmyslových podniků, protože veškeré odpadní proudy, bez ohledu na jejich složení a skupenství, nutno považovat za **výrobní ztráty**. Z hlediska dalšího zpracování či nakládání s nimi je často účelné tyto odpadní toky rozlišit na **plynné emise, odpadní vody** a vlastní **odpady** (tedy odpady koncentrované- tuhé, kapalné, pastovité, kaly).

Přesto, že většina průmyslových procesů produkuje všechny tyto typy odpadních toků současně, technologie pro jejich zpracování se výrazně liší. Tyto technologie se samozřejmě neustále vyvíjejí a zdokonalují a v mnohých průmyslových odvětvích již umožňují do značné míry efektivní **využití vzniklých odpadů** jako **druhotných surovin** či alespoň jejich **odstranění** tak, aby neohrožovaly životní prostředí. Současná situace v druhotných surovinách je uvedena v [10].

Současný trend v ochraně životního prostředí v průmyslu však zdůrazňuje především **prevenci**, tedy předcházení vzniku průmyslových znečištění. Pokud se vzniku znečištění zabránilo, odpadají tím problémy s jeho dalším zpracováním. Tento trend již reflektují i naše právní úpravy, kde např. Zákon o odpadech či Zákon o ochraně ovzduší klade jako prioritu právě předcházení vzniku odpadů a znečištění životního prostředí.

Některé z těchto prevenčních přístupů se již úspěšně uplatňují i u nás, zejména právě v průmyslové sféře. Příkladem mohou být tzv. **ekologicky šetrné výroby**, jejichž hlavním znakem je **dvojitý zisk**:

- **zlepšování chování výrobce vůči životním prostředí;**

- *současné zvyšování jeho konkurenceschopnosti.*

Postupy, kterými se dosahuje předcházení či omezování vzniku odpadů, jsou podrobněji popsány v kapitole 4.

6.3.1 Odpady z těžby a zpracování nerostných surovin

Tato odvětví produkují největší množství odpadů, které většinou však nepatří mezi odpady nebezpečné. S klesající těžbou uhlí a rud u nás (těžba rud byla ukončena v r. 1994) se množství těchto odpadů postupně snižuje [11, 12]. Nakládání s odpady z hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem ukládaných v odvalech, výsypkách a odkalištích se řídí podle Zákona o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) č. 44/1988 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Na tyto odpadní materiály (opuštěné odvaly, výsypky a odkaliště, které vznikly báňskou činností) lze pohlížet jako na *odpady*, ale rovněž jako na *ložiska nerostů*. K těmto substrátům je třeba přednostně přistupovat jako ke zdrojům nerostných surovin, a teprve potom je posuzovat jako odpady určené k odstranění.

Výkopová zemina (skrývka) představuje různé sedimentární horniny (jíly, písky, břidlice) z povrchových dolů nebo též vyvřelé a metamorfované horniny u výsypek a odvalů z hlubinných dolů.

Hlušina a kamenivo jsou produkty úpravy nerostných surovin. Tento odpad z flotační úpravy nebo rozduřování pomocí těžkých kapalin bývá znečištěn zbytky flotačních činidel (fenolů, kyselin apod.) nebo těžkých kapalin (organické sloučeniny bromu), případně kyanidů.

Uhelný kal obsahuje jemné částice uhlí, hlušiny, sloučeniny síry, zbytky flotačních činidel aj. Ekologická závadnost výkopové zeminy spočívá ve velkém množství obtížně odstranitelného odpadu, který v důsledku zvětrávání a kyselých srážek může uvolňovat některé těžké kovy (ohrožení podzemních vod a půd). Hlušina, kamenivo a uhelný kal uvolňují sírany, těžké kovy a toxická úpravnická činidla. Výsypkové a odvalové zeminy z těžby uhlí nejsou odstraňovány jako odpad, ale využívány jako součást území rekultivací k tvorbě zemědělských pozemků, lesních kultur, rekreačních území, případně jako staveniště.

Uhelné prachy a kaly se u nás dosud převážně ukládají jako odpad, který navíc zabírá značnou část území a v některých případech negativně ovlivňuje životní prostředí. Kaly a prachy z těžby černého uhlí jsou v malé míře využívány jako palivo, avšak jejich spalování v malých zastaralých topeništích je ekologicky nevyhovující.

Velmi aktuální je využití doprovodných surovin z povrchové těžby uhlí a nerudních surovin. Z doprovodných surovin jsou v malém a zcela nedostatečném rozsahu využívány jíly, písky a štěrkopísky, kamenivo, oxihumolity (kapucíny). V současné době se u nás vedou rozsáhlé výzkumné práce o možnosti využívání oxihumolitů jako sorpčních materiálů v reaktivních bariérách pro čištění kontaminovaných podzemních vod [13, 14].

6.3.2 Odpady z průmyslu

Množství průmyslových odpadů vzniklé u nás v r. 2004 bylo cca 8 mil. t, tedy zhruba dvojnásobné než komunálních odpadů. Odpady vznikající v průmyslu lze rozdělit na odpady mechanické a odpady chemického charakteru. Zatímco *mechanické odpady* v podstatě pouze znamenají nežádoucí množství materiálů na skládkách či ve skladovacích prostorech, *odpady*

chemické představují skutečnou hrozbu životnímu prostředí, protože převážná většina z nich jsou odpady nebezpečnými (podle Zákona č. 185/2001 Sb., v platném znění). Nakládání s těmito odpady spočívá především v jejich vhodné **úpravě** tak, aby se odstranily či omezily jejich nebezpečné vlastnosti. Některé odpady lze zpracovat přímo u výrobce, nebezpečné chemické odpady, zejména složité směsi, je výhodné přepracovat či upravovat ve zpracovatelských střediscích, což se v zahraničí již řadu let provádí. U nás dosud žádné komplexní středisko na zpracování nebezpečných odpadů není, přestože již začátkem 90. let minulého století se začalo uvažovat s jejich vybudováním, a některé z nich se již začaly připravovat (Ostrava-Hrušov, Oslavany). Vzhledem k závažnosti problému bude však nutno urychleně zřídit alespoň jedno celostátní středisko na zpracování nebezpečných odpadů, zejména po vstupu České republiky do Evropské unie.

Z čistě technologického hlediska lze většinu chemických látek z nebezpečných odpadů vhodnou úpravou získat zpět. Náklady na jejich získávání jsou však mnohdy vyšší než na výrobu těchto látek z primárních surovin.

Z pohledu zpracování lze nebezpečné průmyslové odpady rozdělit do několika základních skupin na:

- regenerovatelné odpady;
- spalitelné odpady;
- nebezpečné odpady, které lze netoxikovat;
- odpady obsahující těžké kovy a současně kyseliny nebo zásady;
- odpady vyžadující zvláštní sledování nebo třídění před zpracováním;
- odpady, které nelze zpracovat jednoduchým spalováním nebo detoxikací;
- odpady, které lze pouze skládkovat (zpravidla po vhodné úpravě).

Cílem zpracování nebezpečných neseparovaných odpadů je vhodnými postupy oddělit nebo přeměnit (nejlépe fyzikálními a chemickými způsoby) nebezpečné složky v nich tak, aby takto upravené odpady bylo možno využít jako druhotné suroviny.

Nebezpečné průmyslové odpady se mohou vyskytovat jako pevné, kapalné nebo plynné materiály nebo jejich směsi. Příkladem takových směsí jsou suspenze pevných látek, rozpuštěné plyny v kapalinách, případně kapaliny zadržované v pevných látkách. Prvořadým předpokladem volby vhodného způsobu zpracování nebezpečných odpadů je **bezpečnost práce**. To znamená vyloučit jakákoliv rizika, která by mohla vyplynout z jejich použití a podniknout vhodná preventivní opatření. Jedním z prvních kroků, o kterých je nutno uvažovat při zpracování odpadů, je jejich **separace**, která může představovat značnou úsporu času i nákladů a výrazně omezit jejich nebezpečnost. Výsledkem separace je pak často **druhotná surovina**, která může představovat **materiál se značnou tržní hodnotou**.

Tuhé i kapalné chemické odpady lze za určitých podmínek, zejména v malých množstvích, **detoxikovat chemickými reakcemi**. Chemické zpracování poskytuje významnou možnost vzájemného odstraňování odpadů jinými typy odpadů, což se s výhodou provádí zejména v komplexních střediscích zpracování průmyslových odpadů (např. vzájemná neutralizace odpadních kyselin a odpadních zásad).

Většinu odpadů z průmyslu lze zařadit mezi nebezpečné odpady. Přitom nejvýznamnější podíl nebezpečných odpadů z průmyslu tvoří odpady chemického charakteru. Tyto odpady vznikají ovšem nejenom v chemickém průmyslu, ale v celé řadě dalších průmyslových

odvětví, ve kterých se používají toxické či jinak nebezpečné chemikálie. Průmyslové odpady chemického charakteru tvoří zejména:

- nezreagované suroviny;
- nečistoty v surovinách;
- vedlejší produkty chemických reakcí;
- pomocné látky pro fyzikální a chemické procesy.

Z hlediska množství vzniku a nepříznivého vlivu odpadů na životní prostředí lze jednotlivá průmyslová odvětví rozdělit do tří skupin:

- **silně zátěžová** (těžební, energetický průmysl, výroba paliv, chemický průmysl, papírenský průmysl, metalurgický a strojírenský průmysl);
- **středně zátěžová** (výroba stavebních hmot, textilní a kožedělný průmysl, sklářský a keramický průmysl, potravinářský průmysl);
- **mírně zátěžová** (dřevozpracující, polygrafický a textilní průmysl).

6.3.2.1 Odpady z chemického průmyslu

Odpady z chemických anorganických výrob

Anorganické chemikálie představují, co do množství, nejpodstatnější část výrobků chemického průmyslu. K **velkotonážním** anorganickým chemikáliím patří kyselina sírová, amoniak, hydroxid sodný, chlor, kyselina fosforečná a kyselina dusičná. Tyto výrobky a další z nich odvozené chemikálie mohou znamenat nebezpečí pro zdraví člověka i prostředí. K nebezpečným látkám patří i některé anorganické pigmenty, např. chromová žluť a její modifikace, zinková běloba aj. Některé anorganické chemikálie jsou hořlavé, jiné jsou oxidačními činidly.

Kromě navrhovaných a někde již i zaváděných **bezodpadových** či **máloodpadových** technologií je jednou z nejvhodnějších cest zneškodňování odpadů jejich **recyklace**, tedy způsob zpracování, kdy odpad je vlastně surovinou pro jiný následný výrobní proces. Recyklace tuhých odpadů se v anorganické technologii již široce používá v celé řadě procesů. Příkladem může být výroba kyseliny fosforečné, oxidu hlinitého, sody a titanové běloby.

Odpady z chemického průmyslu představují z hlediska ochrany životního prostředí závažný problém. Množstvím tuhých odpadů se řadí chemický průmysl sice až za doly a hutě, na druhé straně však anorganické látky tvoří širokou paletu různých zplodin, odpovídajících charakteru výroby. Přitom více než polovinu z celkového množství anorganických odpadů tvoří jen **několik druhů** odpadů. Jsou to především odpadní sádrovec, zelená skalice, síran sodný, vápencové nedopalky, kyselé systémy odpadající při zpracování rozkladné kyseliny z výroby titanové běloby, odpady z výroby sody, karbidové vápno, různé hlinky, kaly z čištění odpadních vod a z čištění solanky, často obsahující významné množství nebezpečných těžkých kovů a další odpady z **malotonážních** anorganických výrob.

Jen část odpadů z chemického anorganického průmyslu se však využívá jako druhotná surovina. Zbývající část se odstraňuje především řízeným skládkováním. Druhým způsobem odstraňování je jejich spalování společně s organickou hmotou. Nebezpečné neseparované odpady lze jen obtížně regenerovat či detoxikovat. Jednou z možných cest odstranění jejich škodlivého působení je i jejich solidifikace.

Při výrobě **kyseliny sírové** jsou nejzávažnější plynné odpady. Plyn opouštějící koncový absorpér obsahuje kapičky a mlhu kyseliny sírové, oxid siřičitý a oxid sírový. Obsah těchto látek je závislý na technologickém režimu a může kolísat v poměrně širokém rozmezí.

Pokud se pro výrobu vodíku nepoužívá generátorový nebo vodní plyn, nepředstavuje výroba **amoniaku** závažné nebezpečí pro životní prostředí. Oxid uhelnatý, sulfan a organické sloučeniny síry se odstraňují ze surového syntézního plynu pro výrobu amoniaku absorpčními a adsorpčními metodami a recyklují se do jiných výrob.

Při výrobě **kyseliny dusičné** vzniká jen malé množství tuhých odpadů. Podstatnou část kapalných odpadů tvoří chemicky znečištěné chladicí vody obsahující jen malé množství kyseliny dusičné. Tyto vody se v uzavřeném okruhu upravují hlavně neutralizací vápenným mlékem nebo dolomitem. Životní prostředí je při výrobě kyseliny dusičné znečišťováno především emisemi toxických oxidů dusíku v odplynech.

Tuhé odpady z výroby extrakční **kyseliny fosforečné** tvoří především odpadní fosfosádrovec, který obsahuje síran vápenatý s příměsí fosforečnanu vápenatého, fluoridu vápenatého, fluoridu křemičitého a dalších nečistot. V této formě nemá fosfosádrovec přímé použití a skládkuje se. Pro jeho další zpracování je navrženo několik postupů, ty se ale vzhledem k malé efektivnosti využívají jen ojediněle. V menší míře se fosfosádrovec po úpravě rozkládá v rotační peci na cementový slínek a oxid siřičitý pro výrobu kyseliny sírové. Odpadních vod vzniká při tomto procesu jen poměrně malé množství. Extrakční způsob výroby kyseliny fosforečné produkuje rovněž značné množství plynných fluorových sloučenin, které představují důležitý zdroj pro výrobu celé řady fluorových sloučenin.

Rovněž výroba **průmyslových hnojiv** nese s sebou riziko negativního vlivu na životní prostředí. Výroba superfosfátů a fosforečných hnojiv je největším zdrojem exhalací sloučenin fluoru. Odpady z výroby průmyslových hnojiv lze ve většině případů recyklovat nebo využít pro výrobu jiných hnojiv. Závažnější je problém při výrobě superfosfátů a kombinovaných hnojiv, kde v hnojivu zůstávají vedle celkem neškodného balastního síranu vápenatého i malá množství fluorových sloučenin. Vedle těchto látek se ze surovin (apatitů a fosforitů) dostávají do půdy další složky, např. kadmium a uran.

Při výrobě **hydroxidu sodného** amalgamovým způsobem je hlavním problémem znečištění všech odpadů rtuť. Pro čištění odpadních vod obsahujících rtuť bylo vypracováno několik postupů - srážení ve formě sulfidu rtuťnatého, redukce s následnou adsorpcí na aktivním uhlí a iontová výměna. Zbytky rtuti lze zachytit extrakcí organickým rozpouštědlem s následnou recyklací.

Nevýhodou výroby **sody** Solvayovým způsobem je značné množství odpadních solí ve vodách. Nejdůležitějším odpadem je chlorid vápenatý, pro který se hledá vhodné využití. Omezená množství slouží k výrobě rozmrazovacích prostředků, chladicích solanek, posypových materiálů, které však způsobují zasolení půd a vod.

Sulfátový postup výroby **oxidu titaničitého** (titanové běloby) je obtížným celosvětovým problémem z hlediska produkce odpadů, především heptahydrátu železnatého (zelené skalice), pro který se hledá masovější využití. Používá se jako čiřící prostředek a k výrobě železitých pigmentů. Kyselé odpadní vody se neutralizují vápenným mlékem a odpadní síran se používá ve stavebnictví jako regulátor tuhnutí cementu. Téměř bezodpadovou technologii pro výrobu oxidu titaničitého zavedla Precheza a.s., Přerov. Vznikající odpadní hmoty se převádějí na prodejné vedlejší výrobky v komplexu návazných výrob. I když hodnota vedlejších výrobků je malá ve srovnání s hodnotou titanové běloby, předchází se tak vzniku odpadů s nepříznivými environmentálními i finančními důsledky. Do komplexu výrob vstupuje kolem 200 tis. t/rok surovin a dnešní množství odpadů je pouhých 1,5% tohoto

množství. Díky značné dokonalosti současného zařízení se podařilo prodat know-how výroby titanové běloby do zahraničí (dva závody v Číně) [15].

Mimořádně závažné jsou odpady obsahující *kyanidy*, které podle Basilejské úmluvy patří do skupiny zvláště nebezpečných odpadů. Kyanidové odpady vznikají především ve strojírenství a kovozpracujícím průmyslu ve formě odpadních lázní. Tyto odpady jsou značně koncentrované, s vysokým obsahem vodorozpustného podílu. Pro svůj toxický charakter se nesmějí trvale skladovat na otevřených skládkách. Existuje celá řada způsobů odstraňování kyanidových odpadů (oxidací, převedením na karbonáty, reakcí s aldehydy a ketony, termické zpracování), celkový vývoj však směřuje k jejich komplexnímu využití.

Značné množství odpadních kyanidů vzniká při použití moderních procesů extrakce kovů (zejména zlata) kyanidovým loužením. Použití této technologie se v zahraničí postupně rozšiřuje. Rovněž u nás se uvažovalo o zavedení tohoto postupu v jižních Čechách v Kašperských Horách. Pro odpor veřejnosti i některých odborných kruhů se však v souvislosti s možnými závažnými riziky nikdy nerealizoval.

Odpady z chemických organických výrob

I když celkový objem vyráběných organických chemikálií je menší než anorganických, tvoří organické chemikálie mnohem bohatší škálu výrobků, z nichž mnohé jsou toxické či jinak nebezpečné. Organické technologie se vyznačují značným množstvím polotovarů a meziproductů, přičemž odpadá řada látek (nevyužitelné balasty anebo látky, které vznikly ze surovin při jejich zpracování jako vedlejší produkty).

Většina chemických reakcí v organické chemii probíhá do rovnovážného stavu a je provázena vedlejšími a následnými reakcemi. Tyto skutečnosti spolu s nutností pečlivého a složitějšího čištění meziproductů a produktů jsou zdrojem kapalných a pastovitých odpadů a kalů, často komplikovaného složení, v některých případech i toxických. Další kapalné odpady vznikají oplachem aparatur.

Největší a nejsložitější problém při výrobě organických látek představují kapalné odpady, plynné a tuhé odpady jsou zpravidla méně závažné. Plynné odpady však v některých případech mohou být toxické nebo organoleptické.

Odpadní vody je často nutno složitě čistit (mechanicky, chemicky, biologicky). Některé organické látky v odpadních vodách jsou biologicky téměř nerozložitelné, v některých případech pro mikroorganismy toxické. Množství odpadních vod z organických výrob lze snížit prováděním chemických reakcí v nevodném prostředí. Použitá rozpouštědla jsou snáze recyklovatelná než voda, mnohdy však jsou toxická či jinak nebezpečná. Většina chemických reakcí však vyžaduje vodné prostředí a voda často vzniká jako vedlejší produkt.

Další cestou k omezení množství odpadů, zejména kapalných, jsou reakce v plynné fázi za použití katalyzátorů. Množství kapalných a pastovitých odpadů je do značné míry závislé na složitosti struktury vyráběné látky, tj. na počtu syntézních stupňů a na technické úrovni technologického procesu.

Organický průmysl zahrnuje jednak *základní výroby* (zpracování ropy, petrochemie, chemické využití uhlí), jednak výroby *finálních speciálních látek* (včetně meziproductů) jako jsou tenzidy a detergenty, organická barviva a pigmenty, léčiva, pesticidy, aditiva do polymerů apod. Vedle toho tvoří samostatnou výrobní i spotřebitelskou oblast výroba celulózy a papíru. Odpady z průmyslu zpracování ropy a uhlí představují ve vyspělých průmyslových zemích významný podíl množství všech průmyslových odpadů.

Sortiment výrobků organického průmyslu je neobyčejně široký a odpady z jednotlivých výrobních se značně liší ve svém vlivu na životní prostředí. Proto je obtížné navrhnout univerzální způsob jejich zneškodnění

Petrochemický průmysl je svým charakterem součástí velkotonážního organického průmyslu vyrábějícího suroviny a poloproducty pro další organické výroby. Tomu odpovídá i charakter vznikajících odpadů a jejich další využití.

Některé specifické odpady vznikají v průmyslu základního **zpracování ropy** (rafineriích). Jsou to především rafinerské kaly, různé kapalné zbytky a polotuhé nebo tuhé odpady, z nichž část vzniká ve vlastním technologickém procesu a část při úpravě kalů. Technologickým proudem, který při rafinaci ropných frakcí snad nejvíce zatěžuje rafinerskou výrobu, jsou odpady z kyselinové rafinace zejména proto, že v minulosti byly skládkovány a problém jejich zpracování přetrvává ve stále naléhavější podobě dodnes (Ostrava Ostrava).

Rovněž **výroba papíru** a zpracování dřeva vyžaduje četné nebezpečné chemikálie, např. fenol a formaldehyd pro výrobu pojivových pryskyřic či NaOH a Na₂S při zpracování buničiny.

Speciální (finální) organické výrobky. Při výrobě **barev a laků** se používá celá řada nebezpečných látek, jako jsou hořlavé monomery pro výrobu polymerních pryskyřic, těkavá rozpouštědla, toxické pigmenty a další materiály. Rovněž při výrobě mýdel a **detergentů** se používají některé nebezpečné chemikálie, např. korozivní NaOH pro zmýdelnění tuků a H₂SO₄ pro sulfonaci. Při výrobě adhezivních materiálů se používají některá hořlavá a toxická rozpouštědla, ve kterých jsou tyto adhezivní látky rozpuštěny a nanášeny na povrch materiálů. Sem patří např. fenol a formaldehyd, sloužící ve fenol-formaldehydových pryskyřicích nebo fenol-močovinnových pryskyřicích jako pojivo.

Dlouhodobým trendem organického průmyslu je snaha co nejvíce snižovat potenciální nebezpečí organických výrobků pro okolí - to znamená vyrábět produkty s nižší toxicitou, snadněji rozložitelné v prostředí a pod.

U **barviv a pigmentů** se proto:

- omezuje počet barviv nevhodných pro potravinářství;
- omezuje vznik meziproductů podezřelých z kancerogenity (benzidin, naftylaminy) a tím i výroba určitých typů barviv;
- upravují barviva a pigmenty tak, aby se v barvírenství snížila rizika prašnosti a podíl nevyužitelných barviv v barvířských lázních.

Tenzidy a detergenty se při použití nedegradují, a proto odcházejí do odpadních vod, kde je jedinou možností snížení jejich množství rozklad pomocí mikroorganismů (samočištění). Proto se dává přednost látkám s takovou strukturou, které lze snadno rozložit.

U **pesticidních přípravků** jde o tak malé koncentrace (kilogramy, někdy i gramy na hektar), že není reálné uvažovat o jiných metodách jejich odstranění v terénu než přirozeným působením prostředí. Podrobný přehled odpadů z chemického průmyslu, se zaměřením na situaci v ČR, je uveden v [16].

6.3.2.2 Odpady z farmaceutického průmyslu

Farmaceutický průmysl se vyznačuje nízkým poměrem konečného produktu k surovinám, zejména u léčiv vyráběných extrakcí přírodních produktů a fermentací. Proto ve farmaceutických výrobních závodech vzniká velké množství odpadů obsahujících nebezpečné složky. Tyto odpady lze využít regenerací části odpadního toku.

Recyklovat lze zejména *odpadní rozpouštědla* používaná jako reakční či extrakční media nebo z čistících operací. Takto regenerovaná rozpouštědla nejsou však zpravidla opětně použitelná ve farmaceutickém průmyslu (přísné požadavky na čistotu a stabilitu), ale nacházejí vhodné použití v jiných odvětvích (výroba barev, laků apod.). K regeneraci těchto rozpouštědel slouží celá řada běžných technologických postupů, jako je destilace, odpařování, extrakce, dekantace, filtrace. Takto se z odpadních toků získávají mnohá rozpouštědla, např. aceton, cyklohexan, ethylacetát, butylacetát, methanol, ethanol a další.

Recyklovatelnost rozpouštědel zvyšuje jejich předběžná separace: chlorovaných od nechlorovaných, alifatických od aromatických, vodní odpady od hořlavých.

6.3.2.3 Odpady z výroby a zpracování polymerů

Výrobu a zpracování polymerů lze v určitém přiblížení rovněž považovat za specifické odvětví chemického průmyslu. Nebezpečné chemikálie, používané při výrobě a zpracování plastů, jsou zejména monomery pro výrobu polymerů (ethylen, fenol, formaldehyd, propylen, styren, vinylchlorid) a rovněž ftaláty sloužící jako plastifikátory. Rovněž výroba a zpracování pryže zahrnuje četné hořlavé monomery (styren, butadien a isopren), sloužící k polymeraci, a dále různá plniva, antioxidanty a pigmenty. Mnohé z těchto látek mohou tvořit součást nebezpečných odpadů z výroby polymerů.

Obrovský rozvoj výroby a použití polymerů má za následek stále se zvětšující množství odpadů polymerních materiálů. Tyto odpady mohou vznikat již při výrobě (zmetky, přetoky, odřezky, obrusy apod.) jako tzv. *vratný či technologický odpad* (známého složení, pocházející z určité technologické operace, pouze jeden polymerní materiál) a *průmyslový odpad* (rovněž známého složení, pocházející však z více technologických operací, obsahující jeden nebo více polymerních materiálů) nebo až po upotřebení výrobku - tzv. *uživatelský odpad*. Vratný odpad se převážně zpracovává ve výrobních nebo zpracovatelských závodech.

Předností syntetických polymerů je mimo jiné to, že spotřeba energie pro jejich výrobu je podstatně menší než u jiných materiálů (např. u dnes nejrozšířenějších polyolefinů sedmkrát menší než u hliníku). Rovněž polyethylenové nákupní tašky se ukázaly, z hlediska emisí do vody a ovzduší, spotřeby energie při výrobě i objemu na skládkách, výhodnější než papírové.

Podíl polymerů v komunálních odpadech činí několik procent. Při skládkování jsou však polymery, podobně jako sklo a porcelán, mnohem odolnější vůči chemickým a biochemickým změnám než jiné materiály, včetně kovových, a proto narušují proces přirozené homogenizace skládkového tělesa. Proto je nezbytné omezit na minimum množství polymerních odpadů v komunálních odpadech.

Polymerní odpady se rozdělují na:

- odpady ze zpracování *plastů*;

- odpady ze zpracování **pryže a kaučuku**.

Způsoby využití polymerních odpadů jsou následující:

a) tepelná degradace a spalování:

- pyrolýza - zdroj doplňkového paliva (topný olej);
- hydrolýza - druhotné suroviny pro průmysl plastů;
- spalování - zdroj tepla (s výjimkou chlorovaných nebo fluorovaných plastů);

b) recyklace a regenerace pryže a kaučuku:

- vznikají druhotné suroviny se zhoršenými technickými vlastnostmi;

c) recyklace odpadních plastů

- na bázi polyolefinů - vznikají druhotné suroviny pro široký sortiment spotřebního zboží;
- na bázi PVC - přísady do plastových směsí.

Hydrolytickou degradací některých odpadních polymerních hmot (polykondenzáty) lze získat celou řadu cenných produktů. Hydrolýzou či alkoholýzou lze např. z polyamidů získat znovu polymerizovatelný monomer, z polykarbonátů bisfenol, z polyethyltereftalátů (PET) kyselinu tereftalovou a ethylenglykol, z polyaminů diaminy a odpovídající kyselinu apod.

Zpracování vratného odpadu je většinou záležitostí výrobních nebo zpracovatelských závodů. Je třeba jen zamezit nežádoucími smíchání různých druhů polymerních hmot a jejich nadměrnému znečištění.

Z odpadních polyvinylchloridových lahví se vyrábějí kanalizační trubky, vytlačované profily a desky. Odpady z PVC koženek se využívají jako modifikátory PVC směsí určených ke zpracování válcováním, vstřikováním, vytlačováním a lisováním. Zvyšují rozměrovou stálost výrobků a jejich odolnost vůči otěru. Podobně se zpracovává polyurethanový odpad jako přísada do směsí z termoplastických polyurethanů. Smíšené odpady PVC a polyolefinů se zpracovávají na palety a dílce pro podlahy průmyslových zařízení.

Netříděné plastové odpady ve směsích s dalšími materiály (prach, dřevo, hliník, papír, lepenka) se zpracovávají na přepážky, cívky, laťky na ploty, meliorační trubky apod.

Hlavní podíl **odpadní pryže** představují opotřebované **pneumatiky**, kterých se ročně v celosvětovém měřítku vyřazuje kolem 10 mil. tun. Přitom tyto pneumatiky jsou významným zdrojem druhotných surovin. Při jejich zneškodnění drcením se získá ocel (10 %), polyamidové kordy (34 %), pryžová dřev (56 %). Označení odpadní pryže jako **regenerát** není vlastně správné, protože žádnou z regeneračních metod, včetně nejnovějších, se nezíská zpět z odpadní pryže původní kaučuk. Po regeneraci se pouze stará pryž stává znovu zpracovatelnou a vulkanizovatelnou. Mechanické vlastnosti vulkanizátu a regenerátu jsou ovšem horší než původního kaučuku, proto se mohou do kaučukových směsí přidávat v množství jen kolem 10 %, počítáno na nový kaučuk.

V poslední době se jenně rozemletá odpadní pryž začíná používat jako plnivo do běžných kaučukových směsí, nebo do směsí termoplastů a reaktoplastů, zejména termoplastických kaučuků.

6.3.2.4 Odpady z hutnictví a strojírenství

Při výrobě a zpracování železa a oceli se používá celá řada chemikálií a vzniká při ní velké množství vedlejších nebezpečných produktů [17]. Povlaky oxidů železa z povrchů se odstraňují mořením kyselinami (sírovou, dusičnou, chlorovodíkovou). Do mořících roztoků se přidávají inhibitory zabráňující poškození kovů kyselinami a organická smáčedla usnadňující styk kyseliny s povrchem kovu.

Galvanické lázně, sloužící k elektrolytickému pokovování, při kterém je na kov nanášena tenká vrstva jiného kovu, obsahují toxické chemikálie jako jsou kyanidy a chelatizační činidla. Galvanické procesy představují závažný zdroj nebezpečných odpadů.

Výroba železa a neželezných kovů i strojírenský průmysl jsou proto zdrojem výskytu značného množství odpadů. Tento odpad může být čistě **kovový** (nevyužitý materiál a šrot železných i neželezných kovů), který je co do množství hlavním odpadním tokem nebo **kovonosný**, obsahující kovy ve formě sloučenin a dále další anorganické i organické látky účelově přidávané při jednotlivých procesech metalurgické výroby nebo těmito procesy produkované, který je nejzávažnějším odpadním tokem z hlediska jeho nebezpečnosti..

Většina kovonosných odpadů je vzhledem ke svým vlastnostem, zejména toxicitě a kancerogenitě, zařazena mezi nebezpečné odpady. Z ekonomického hlediska jsou tyto odpady, obsahující různé neželezné kovy, hodnotnou **druhotnou surovinou**. Umožňují získání čistých kovů s podstatně menšími energetickými nároky než jejich výrobou ze stále chudších primárních surovin, současně při výrazně menších negativních dopadech na životní prostředí.

Význam kovových odpadů je patrný z úrovně jejich recyklace ve vyspělých státech, kde se např. 25 – 35 % hliníku, 35 – 45 % mědi, 40 – 50 % olova, 10 – 25 % zinku a kadmia a 50 – 60 % oceli získává přepracováním odpadu. V tabulce 6.1 je u několika důležitých kovů porovnána spotřeba energie na výrobu 1 tuny kovu z rudné vsázky a z odpadu

Tab. 6.1 Spotřeba energie pro výrobu 1 t kovu z rudy a z odpadu

vyráběný kov	spotřeba energie pro výrobu 1 t (kWh. t ⁻¹)		% úspory energie
	z rudy	z odpadu	
Al	65 000	2 000	97 %
Cu	13 500	1 700	87 %
Pb	9 500	500	95 %
Zn	10 000	500	95 %

Podle původu se jednotlivé typy odpadů rozdělují do několika skupin:

- **Výrobní odpad** vznikající při výrobě kovů obsahuje kovy převážně chemicky vázané, někdy i ve formě toxických sloučenin, doprovázené dalšími složkami, které znesnadňují jejich využití. Jsou to strusky, stěry, odpadní kaly, úletové prachy a odpadní vody. Tyto odpady jsou z ekologického hlediska nejškodlivější a omezení jejich vzniku by mnohdy vyžadovalo změnu výrobního technologického postupu.

- **Odpady ze zpracování kovů** mají často kovový charakter s vyšší koncentrací kovové složky, někdy se bez obtíží vrací do výrobního procesu. Jsou to např. obrusy, výseky, rafinační stěry, soli, vyčerpané mořicí a pokovovací lázně, oplachové vody i zmetkové polotovary a výrobky.
- **Amortizační odpady** se jednak vyskytují samostatně, jednak jako součást komunálního odpadu. Patří sem použité kabely, plechovky, elektrošrot, výbojky, baterie i komplexní odpady (ledničky, telefonní automaty, počítače, akumulátory, autovraky i použité filmy, ustalovače, apod.). Podrobnější údaje o charakteru a zpracování těchto odpadů jsou v kapitolách 1.4.2 a 1.4.3.

Z amortizačních odpadů je v ČR nejvýznamnější odpad olovených akumulátorů, jehož se u nás vyskytuje asi 10 – 15 000 t ročně. Jediným zpracovatelem jsou Kovohutě Příbram, kde se kovový odpad po vylití kyseliny a oddělení ebonitových či polypropylenových krabic taví v šachtové peci na olovo.

Z hlediska obsahu kovů je možné všechny tři skupiny rozdělit na **monometalické**, případně bimetalické (pocínované a pozinkované plechy, čisté mosazné, případně bronzové odpady apod.) a na **polykomponentní**, vznikající při třídění komunálního odpadu i při drcení elektro a radiošrotu, autovraků apod.

Pro účinné využití kovonosných odpadů je nezbytné jejich důkladné roztřídění a oddělené skladování. Pro jejich další zpracování přichází v úvahu:

- úprava v místě vzniku (mytí, odmaštění, srážení, filtrace);
- aglomerace jemnozrnných podílů před další manipulací.

Způsoby zpracování a využití:

- strusky lze použít jako náhrady kameniva, pokud nejsou vyluhovatelné či nezvětrávají;
- kaly vznikají při odstranění mořicích a pokovovacích roztoků a oplachových vod a srážením vápnem nebo louhy;
- vyčerpané mořicí chloridové lázně lze pyrolytickým štěpením přeměnit na oxidy kovů a regenerovanou kyselinu chlorovodíkovou;
- kovové stěry (zejména prachové hliníkové) vznikají při vymílání a oddělení kovových zbytků - zatím jsou jen obtížně využitelné;
- odpady ze zpracování olovených akumulátorů se po ručním oddělení ebonitových a polypropylenových krabic taví v šachtové peci na olovo, přitom však vznikají nežádoucí sloučeniny olova);
- suché elektrochemické články, zářivky, sodíkové a rtuťové výbojky.

Pro zpracování většiny kovonosných odpadů jsou v zahraničí i u nás vypracovány vhodné technologie.

Oleje a další organické odpady, a rovněž kalírenské soli (dusitany, dusičnany, kyanidy, sloučeniny barya) lze dále přepracovat, u galvanických procesů je třeba především zavádět nové progresivní technologie podstatně snižující produkci odpadů.

Perspektivní jsou postupy, které zamezují vzniku kalů přímo u výrobců např. intenzifikovanými postupy elektrolýzy kovů z oplachů či vyčerpaných lázní nebo speciálními odpařovacími procesy.

Novým typem kovonosných odpadů jsou druhotné produkty vznikající při některých postupech odstranění tepelnou úpravou - spalováním či vitrifikací. Např. při spalování zbytků barev vznikají popele s obsahem až 10 % Zn a menšího množství dalších kovů.

Metalurgické a strojírenské výroby jsou vedle energetiky a těžby a úpravy nerostných surovin největším zdrojem tuhých odpadů z průmyslu.

6.3.2.5 Odpady z potravinářského průmyslu

V potravinářském průmyslu prakticky nevznikají nebezpečné odpady. Téměř všechny dnešní odpady lze přepracovat s větší či menší účinností na zemědělsky či jinak využitelné druhotné suroviny, např. krmiva, hnojiva apod. Významná část odpadů je splachována do odpadních vod, proto je nutné u potravinářských závodů zřizovat čistírny odpadních vod.

V potravinářském průmyslu jsou problematické zejména následující látky a odpady:

- a) **potravinářské suroviny** (živočišné tuky, mléko a mléčné výrobky) obsahující v nepřípustných koncentracích těžké kovy a PCB - pro jejich zneškodnění je třeba zvláštních zařízení;
- b) **odpadní vody** se zvýšenými obsahy NaCl , NO_3^- a NO_2^- ;
- c) **odpady z biotechnologických výrob** obsahující zbytky antibiotik, nevhodné pro využití v zemědělství.

V současné době se tuhé odpady z potravinářského průmyslu využívají hlavně jako **krmivo** (např. mláto, pivovarské kvasnice) a **hnojivo**. Recyklace tuhých odpadů v potravinářském průmyslu je zatím na poměrně nízké úrovni.

V budoucnu se počítá s využitím tuhých odpadů pro:

- spalování namokro v provozních kotelnách k získání energie;
- biologickou přeměnu na:
 1. bioplyny (anaerobní kvašení - methanizace);
 2. kompost (aerobní/anaerobní kvašení, případně přeměna na nízkomolekulární organický materiál);
 3. hodnotné látky (např. získávání proteinových frakcí, fermentace sacharidických frakcí na organické kyseliny) a zpracování zbytků na bioplyn a kompost.

Hlavním problémem v oblasti odpadů potravinářského průmyslu u nás jsou melasové výpalky z lihovarů. Jejich využití je však převážně technickým problémem, protože způsoby jejich zpracování jsou známy (např. na potaš).

Další závažné tuhé odpady z potravinářského průmyslu jsou následující:

- tzv. **jateční odpady** z jatek a masného průmyslu, které obsahují mikrobiologicky a oxidačně reagující tuhé látky, které se nemohou dostatečně stabilizovat ke zhodnocení jako krmivo;
- **křemelina**, používaná jako pomocný filtrační prostředek ve sladovnách, pivovarech, ve vinařství a při zpracování ovoce a zeleniny, se musí sládkovat;
- **pivovarské mláto**, používané jako krmivo, má nyní stále obtížnější odbytu na trhu;
- v mlékárnách a sýrárnách se nezužítkovává asi 20 % laktózy ze **syrovátky**;

- výhody zhodnocení **řepných řízků** z cukrovarnického průmyslu jako krmiva nejsou jednoznačné (poměr náklady/výnosy). Navrhuje se např. jejich methanizace s doprovodným nesterilním získáváním enzymů.

6.3.2.6 Odpady ze sklářského a keramického průmyslu

Většinu **sklářských výrob** možno považovat z hlediska výrobního cyklu za **bezodpadovou technologii**. Veškerý technologický a manipulační odpad se opět vrací do výrobního cyklu a zpracovává se. Skleněné střepy jsou důležitou složkou sklářského kmene, protože usnadňují tavení skla. Do vsázky se jich u nás přidává zpravidla 30 – 40 %, lze však použít i podstatně větší množství, vznikají ale technologické problémy. Využíváním skleněných střepů se ušetří nejenom suroviny, zejména soda, ale i energie.

Za nebezpečné odpady ze sklářských výrob možno považovat:

- střepy obsahující kovové příměsi, zejména z olovnatého a granátového skla (obsahující Pb, Se, Sb, Cd);
- strusky a vyzdívky pecí s vysokým obsahem těžkých kovů (Pb, As, Se, Cd);
- brusné odpady se zbytky brusiva;
- chemické odpady z povrchových úprav skla (leptání).

Odpadní suroviny. Sklárna podle velikosti spotřebuje denně desítky až stovky tun surovin, z nichž určitý podíl se rozpráší. Část prachu se zachytí na filtrech, většinou jej nelze ukládat na skládkách, protože obsahuje nadměrné množství rozpustných látek. Bylo by ho možno přidávat do vsázky, tomu však brání nestabilní složení.

Skleněný odpad z brusíren je drobná drť skla znečištěného brusnými prostředky. U běžného sodno-draselného skla by se jednalo o materiál srovnatelný asi s jílem, tedy bez nebezpečí. Většinou se však brousí olovnatá skla a výluhy z toho jemného prachu obsahují nadměrné množství olova. Proto se hledá možnost jeho hutnického zpracování nebo fixace do betonu.

Odpadní kaly z neutralizace leptárenských kyselin: Značná část užitkového skla se leptá směsí kyseliny fluorovodíkové a kyseliny sírové, odpady a zbytky se neutralizují za vzniku sádry, znečištěné malým množstvím fluoridů a olova. Tak jako pro jiné druhy odpadní sádry, i pro tuto se jen obtížně hledá vhodné použití.

V Evropě se regeneruje přibližně 2,75 mil. tun za rok odpadního skla. Úspěšná regenerace skleněného odpadu však vyžaduje zařízení a procesy schopné vyrábět produkt, který by obsahoval jen minimální množství kontaminantů. Např. ve Spolkové republice Německo jsou povoleny tyto maximální obsahy kontaminantů v 1 tuně skla: nemagnetické kovy 15 g, železné kovy 5 g, porcelán, terakota a struska 100 g, organické kontaminanty 500 g.

V poslední době byla vyvinuta a v zahraničí jsou již provozována i zařízení na regeneraci skleněných vláken.

Hlavním problémem recyklovaných skleněných střepů je jejich čistota, kterou je proto třeba pro další zpracování upravovat zejména oddělením železa a neželezných kovů i organických nečistot. Potíže mohou být rovněž s dělením střepů podle barev, zpravidla je přebytek střepů směsných a barevných a nedostatek bílých.

Závažným odpadem sklářského průmyslu je dále odpadní materiál z bourání pecí, který může obsahovat nebezpečné sloučeniny chromu, olova, antimonu, případně arzenu, a odpadní kaly z neutralizace kyselin používaných k leptání skla (směs HF a H₂SO₄).

Na rozdíl od sklářského průmyslu, kde skleněný odpad lze přidávat do sklářského kmene, vzniká významné množství tuhého odpadu v **keramickém průmyslu**. Keramický průmysl je charakterizován značnou rozmanitostí výrobků s rozdílnou surovinovou základnou a energetickou náročností. Většinou se jedná o inertní neškodné materiály a pro některé z nich se již nachází použití. Např. cihlová drť může sloužit jako surovina při výrobě lehčených betonů.

Prioritní problémy keramického průmyslu jsou zejména v těchto směrech:

- těžba a úprava jílu s možností přípravy a nabídky jílových směsí pro keramiku s konstantními a reprodukovatelnými vlastnostmi;
- využití nahromaděných odpadů (hlušiny) po těžbě uranu k výrobě sloučenin zirkonia a hliníku;
- nové technologické vybavení pro rozdruzování, mletí a separaci surovin, zejména taviv a ostřiv;
- náhrada toxických surovin využívaných při skladbě keramických směsí, glazur a barev surovinami méně nebezpečnými.

6.3.2.7 Odpady z dřevařského a papírenského průmyslu

Dřevní hmota je jednou z mála našich domácích surovin, která se navíc stále obnovuje. Při její těžbě a zpracování na vlákninu, papír a vedlejší produkty při výrobě buničiny vzniká značné množství odpadů. Spotřeba dřevní hmoty pro výrobu papíru činí zhruba 35 % z celkové těžby dřeva. Hlavní výskyt odpadů, kromě zbytků dřeva (kůra, piliny), je při **chemickém zpracování**, především ve vyluzích z výroby vláknin, dále ve formě odpadních vod, kalů a exhalátů. Tím se snižuje využití dřevní hmoty, zhoršuje životní prostředí a snižuje i hospodárnost výroby [18].

Některé z těchto odpadů se využívají a budou využívat pro výrobu desek a podobných produktů. Z odpadů, pro něž zatím není využití, je možno sice získávat energii spalováním, jejich energetický přínos zatím ale není významný. Hledá se proto vhodnější řešení. Jelikož v našem zemědělství mají půdy nedostatek organické složky (některé půdy nemají více než 1 % organické hmoty), bylo by jistě výhodnější dřevěné odpady kompostovat. Tyto biotechnologické postupy se již, zejména v zahraničí, hojně využívají. Z kůry lze rovněž extrahovat chemické látky (např. terpeny). Takto upravená kůra je potom vhodnější pro biotechnologické zpracování na komposty, které je prakticky bezodpadovou technologií.

Výluhy a exhaláty z výroby papíru. Papírenský průmysl je po potravinářském průmyslu druhý největší spotřebitel **obnovitelných zdrojů**. Na rozdíl od potravinářského průmyslu se dají vznikající odpady v daleko větší míře recyklovat. Při výrobě buničiny se dřevní hmota vaří v roztocích obsahujících chemikálie, přičemž do varného roztoku přechází cca 50 % hmotnosti dřeva, zejména necelulózových složek (hemicelulózy, lignin). Výluhy lze po zahuštění ve speciálních kotlích spálit, a tím významně zvýšit hospodárnost využití dřevní hmoty. Sníží se sice množství tekutých odpadů, avšak zvětší se množství exhalátů v takové míře, že je lze považovat za jedno z nejzávažnějších a limitujících kritérií současného rozvoje výroby buničiny z hlediska ohrožení životního prostředí.

Výhledově budou výluhy z výroby buničiny využívány i jako zdroj chemikálií, např. vanilinu, dimethylsulfidu, dimethylsulfoxidu a dalších. Z environmentálního hlediska je zatěžujícím procesem rovněž bělení buničiny. Počítá se proto se zaváděním bezchlorových chemických postupů bělení, tj. takových, které nebudou používat volný chlor. Důvodem je odstranit z bělirenských vod chlorované uhlovodíky, které mají toxický, mutagenní a kancerogenní vlastnosti.

Odpadní papír (sběrový) je cennou druhotnou surovinou. Zpracovatelské kapacity jsou u nás nedostatečné. To souvisí s tím, že se nedaří sběrový papír třídit tak, aby stupeň jeho zhodnocení byl kvalitativně vyšší (tj. na nově použitelný papír). Zatím se většinou připravovává na technické lepenky, případně toaletní papír.

Z hlediska zpracování odpadního papíru je třeba rozlišovat snadno a obtížně zpracovatelný papír. Snadno zpracovatelným materiálem jsou běžné typy papíru, které obsahují vedle buničiny jen plnidla a pojiva. Nejčastějším typem papírového odpadu jsou noviny a časopisy, kde zejména novinový papír obsahuje mimo buničinu i dřevinu. Obtížně zpracovatelný papír obsahuje značné množství zúšlechťujících přísad, někdy i plastové a kovové folie.

K současným potížím při zpracování sběrového papíru přispívá i přechod tisku na ofsetovou techniku, což komplikuje využití odpadního papíru v papírenském průmyslu. Z těchto důvodů byl vypracován a zaveden postup na odstranění tiskařských barev (**de-inking proces**), spočívající v rozemletí odpadního papíru za přídavku speciálních tenzidů a následném odstranění tiskařských barviv.

6.3.2.8 Odpady z kožedělného a textilního průmyslu

Kožedělný průmysl představuje soubor operací vedoucí k přeměně zvířecích kůží na **usně**. Chemické materiály se používají k rozpouštění srsti, k přeměně kůže na useň pomocí taninu a solí různých kovů i pro další účely. K odstranění srsti rozpouštěním jsou vhodné koncentrované roztoky vápna a hydrátu síranu sodného. Chromočiněním se rozumí zpracování srsti chromitými solemi, zpravidla síranem, současně s aditivou, jako je mravenčan sodný. Možnosti vzniku nebezpečných odpadů v kožedělném průmyslu jsou poměrně značné.

V kožedělném průmyslu vzniká celá řada nejrozmanitějších odpadů. Počítá se, že asi 30 – 40 % primární suroviny přechází na odpad. Odpady z kožedělných výrob (odpadový tuk, odpadová srst, keratinové odpady) obsahují pestrou směs látek chemického a biologického charakteru. Mohou být inertní, biologicky rozložitelné i nebezpečné. Převážnou část jich lze výhodně využít např. pro krmné účely, pro výrobu plastů, vláken a povrchově aktivních látek. Dalším významným odpadním materiálem, vznikajícím u operací, kde se upravuje tvar nebo tloušťka kůže, je bílkovina (**kolagen**). Pro zpracování jsou z chemického hlediska nejdůležitější ty vlastnosti, které mají vztah k chemické transformaci kolagenu na želatinu.

Textilní průmysl využívá četné nebezpečné chemikálie pro výrobu syntetických polymerních vláken. V některých případech se textilní polymery, zejména při zvláknování, rozpouštějí v potenciálně nebezpečných rozpouštědlech. Mnohé další chemikálie se využívají v různých textilních výrobcích, jako je bělení, odtučňování vlny, barvení a jako maziva a antistatická činidla. Mnohé z těchto barviv jsou škodliviny či toxické látky, např. nitroso sloučeniny, nitrofenoly, azosloučeniny, aromatické aminy a sírné sloučeniny.

Odpady z textilního průmyslu mají charakter:

- vláken (textilní vlákna vznikající jako odpad při výrobě, v čistírnách, mykárnách a doprřadacích strojích);
- nití (vznikající zejména v průběhu výroby přízí);
- plošných textilních útvarů (odstřižky tkanin, pletenin, netkaných textilií);
- nesortimentních odpadů (prach apod.).

Při použití syntetických materiálů je množství odpadů několikanásobně vyšší než při použití přírodních materiálů. Přitom odpady z přírodních materiálů lze, na rozdíl od syntetických, znovu použít. V důsledku chemizace surovinové základny textilního průmyslu se neustále zvyšuje podíl **syntetických materiálů** a narůstá tok množství nevyužívaného tuhého odpadu. Nedostatečné využívání textilního odpadu u nás představuje každoročně mnohamilionové ztráty.

Z netříděných textilních odpadů lze vyrábět plošné útvary vhodné pro zvukovou a tepelnou izolaci. Odpadní textilní materiály lze výhodně využít i pro výrobu tzv. **geotextilií**, které jsou významné zejména ve stavebnictví.

6.3.2.9 Odpady z energetiky

Odpady z energetického průmyslu (nejaderného i jaderného) mají jiný charakter než z většiny ostatních průmyslových odvětví. Pod pojem odpady z nejaderné energetiky se zahrnují ty tuhé odpady, které přímo souvisí s procesem spalování nebo čištění kouřových plynů:

- **popílek** z elektrostatických odlučovačů;
- **škvára a struska** ze spalování uhlí;
- **energósúdrovec** – jako produkt mokré vápencové vypírky kouřových plynů (směs popela, síranu, chloridu a fluoridu vápenatého);
- produkt spalování uhlí ve **fluidních kotlích** s odsířením.

Energetický průmysl (tepelné elektrárny, teplárny, kotelny) je jedním z největších producentů odpadů, které však zatím mají jen omezené použití. V minulosti byla téměř veškerá produkce popílku a strusky v ČR (dále jen popel) ukládána ve formě hydrosměsi na **odkalištích**. Malá část produkce popela byla ukládána suchým způsobem. Produkty odsíření ani produkty spalování ve fluidních kotlích se v ČR nevyskytovaly. V současné době prakticky všechny velké elektrárny u nás připravují přechod od ukládání popela plavením do odkališť na využívání a ukládání popela v suché nebo zvlhčené formě (buď samostatně nebo s produkty odsíření) jako **aglomeráty** (popel s přísávkem 20 % vody) nebo **stabilizáty** (20 % vody + 2 – 5 % hydroxidu vápenatého + 5 – 10 % síranu vápenatého). U stabilizátu tím vzniknou podmínky pro **pucolánové reakce** (tj. schopnosti popílku hydraulicky tuhnout a tvrdnout - obdoba tzv. římského cementu), a tím pro změnu mechanických a chemických vlastností vzniklého produktu. Společným znakem obou postupů je **solidifikace** – zablokování těžkých kovů v pevné fázi tak, že se výrazně sníží jejich vyluhovatelnost.

Přesto, že plavení popílku do odkališť není v rozporu se současnými předpisy, má tento způsob odstraňování značné nevýhody, zejména z hlediska ochrany životního prostředí:

- po dobu plavení nelze rekultivovat ani část povrchu odkaliště, tzn. že zůstávají obnaženy velké plochy bez užitku, popílkové pláže jsou zdrojem prachu, odkaliště představují velký zásah do krajiny;

- pro cyklus výstavby zvyšovacích hrází a plavení je třeba mít dvě plochy;
- čerpání velkého množství vody je neekonomické;
- některé druhy odpadů z energetiky (stabilizáty, popel z fluidních kotlů a z produktů polosuché metody odsíření) nelze takto dopravovat vůbec, neboť v dopravních cestách tuhnou a ucpávají je;
- plavení velmi omezuje možnosti pro využití popela.

Škodlivý vliv popílku na zdraví a prostředí

Nepříznivé vlivy popílku jsou **chemické** (sklon popílku k cementování) a zejména **mechanické** (vysoká brusnost zrn popílku, které vyvolávají často oční záněty). Částice o velikosti pod 1 µm pronikají do plic a při vyšším obsahu oxidu křemičitého způsobují zaprášení plic (silikózu).

Možnosti využití odpadů z energetiky

Suché odběry popílku a strusky jsou ve většině případů základní podmínkou pro další využívání této suroviny. Vzhledem k požadavkům Zákona o odpadech na původce odpadů se nyní využívají odpadů z energetiky dynamicky rozvíjí.

a) popílek a škvára má využití:

- ve **stavebnictví** při přípravě betonů, přičemž popílek může působit jako aktivní i neaktivní složka;
- při výrobě **stavebních hmot**, zejména cementu, přidáváním do suroviny nebo přidáváním do mlýna se slínkem (využití pucolánových vlastností popílku a strusky);
- při výrobě **umělého kameniva**;
- při odstraňování nebezpečných odpadů **solidifikací**. Směs popílku, cementu a vody (případně dalších přísad) po přidání např. ke kalu z ČOV vytvoří pevnou hmotu s nízkou vyluhovatelností, která může být bez rizika ukládána. Směs je u nás prodávána pod názvem Rhenipal.

b) energosádrovec má využití:

- v **cementárnách** jako přísada pro regulaci tuhnutí cementu;
- pro **výrobu sádry** a sádrokartonových desek (energosađrovec je po odvodnění kalcinován při teplotách kolem 100 °C za vzniku sádry). Sádrokartonové desky již vyrábí v ČR např. závod Knauf Počerady;
- pro stavební účely pro nenáročné stavby s využitím schopnosti těchto materiálů nabývat alespoň minimálních pevností;
- pro těsnicí vrstvy skládek, zahlazování důlní činnosti, rekultivace, krajiny tvorbu (vyplňování prostor po povrchové těžbě a znovuobnovení původního nebo vytváření nového reliéfu krajiny). Vrstva stabilizátu a aglomerátu může být s výhodou použita jako technická rekultivační vrstva skládek, složišť apod.

Specifickým druhem odpadů jsou odpady z **jaderné energetiky (radioaktivní odpady)**. Radioaktivním odpadem se rozumí látky, předměty nebo zařízení obsahujících **radionuklidy** nebo jimi (radionuklidy) kontaminované, pro něž se nepředpokládá další využití. Jsou to:

- odpady z těžby a zpracování uranových rud;
- odpady z výroby jaderného paliva;
- odpady z provozu a vyřazování jaderných reaktorů;
- odpady ze zpracování vyhořelého paliva;
- institucionální odpady.

Tyto odpady nejsou ovšem evidovány a zpracovávány podle Zákona o odpadech, ale podle Zákona o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření č. 18/1997 Sb., ve znění zákona č. 13/2002 Sb.

6.3.3 Odpady ze stavební činnosti

Stavební odpad představuje významný podíl z celkového množství odpadů. Stavebnictví zatěžuje životní prostředí při **výrobě stavebních hmot** (energetická náročnost výroby, těžby přírodních surovin), **dopravní náročností** (značná hmotnost staveb, a tím i dopravovaných materiálů), lokálně a **krátkodobě vlastním staveništěm** (hluknost, prašnost, stavební odpady) a **dlouhodobě užíváním budov** (energetická náročnost vytápění). Současně však je stavebnictví schopno i částečně odlehčovat životní prostředí především schopností spotřebovávat průmyslové a stavební odpady jako náhradu přírodních surovin. Výhodou je, že stavební odpad (na jednoho obyvatele u nás připadá ročně 600 - 1000 kg) je z velké části recyklovatelný. V ČR pracuje současně několik desítek **recyklačních linek**, jejichž sjednocujícím prvkem je mobilita – buď ve formě čistě mobilní – umístěné na kolových podvozcích, případně semimobilní zařízení umístěné nejčastěji v kontejnerových rámech. Odhaduje se, že se v ČR recykluje kolem 10 - 12 % stavebních odpadů, což je nízká hodnota. Ve velkých městech je tato situace podstatně lepší (např. v Praze a Brně 25 – 30 %). Přitom však ve velkých evropských aglomeracích se recykluje více než 60 % (v Drážďanech až 90 %).

Kvalita recyklátů a efektivnost celého procesu je přímo úměrná kvalitě demoličních prací, hlavně třídění materiálu z demolice přímo v místě jejich vzniku. Z hlediska recyklace je výhodné zvolit takový postup demoličních prací, který by také umožňoval využití celých stavebních prvků a dílců. To je relativně nový trend, zejména v zemích EU (zatím možný jen ve výjimečných případech) – recyklací se tak rozumí nejenom zdobňování, třídění a separace stavebních sutí a odpadů, ale také postupy vedoucí k přímému znovuvyužití celých stavebních prvků a dílců.

V současné době se využívají zejména tyto druhy recyklátu:

- **cihelný recyklát** používaný (případně jako směsný) jako zásypový materiál, např. pro rozvody energií či pro stabilizaci podkladů nestmelených vrstev vozovek. Kvalitní tříděné recykláty lze však přitom využít na daleko vyšší úrovni. Např. k výrobě cihlobetonu pro výplňové zdivo u monolitických konstrukcí, pro výrobu prefabrikovaných prvků k přípravě speciálních tvárnic, pro výrobu stavebních směsí jako plniva malt;

- **betonový recyklát** jako náhrada přírodního kameniva pro výrobu konstrukčních betonů nebo jako přídavek do živičných směsí pro výstavbu a opravu živičných vozovek;
- **asfaltový recyklát** – u nás se zatím provádějí zkoušky znovuvyužití starých živičných směsí z vozovek, které ukázaly, že většinu asfaltových recyklátů nelze zpracovat vhodnými horkými způsoby, případně je toto zpracování neekonomické. Naopak se prokázalo, že jsou velmi vhodné technologie za studena použitím emulzí, případně v kombinaci s cementem., kdy dochází k obalení ekologicky závadných částí, a tím ke snížení ohrožení okolního prostředí [19,20].

6.3.4 Odpady ze zemědělství

V poslední době odborná i laická veřejnost diskutuje o znečišťování životního prostředí ze zemědělství. Je zcela jasné, že moderní zemědělské postupy jsou zdrojem určitých ekologických rizik, jejichž důsledkem je narušování životního prostředí [21].

Zemědělská výroba byla v minulosti organizována jako bezodpadové hospodářství a zvířecí fekálie a rostlinné zbytky využitelné jako hnojivo nebo krmivo nebyly považovány za odpad. Bez těchto hmot je totiž nemyslitelné udržovat a případně zlepšovat půdní úrodnost.

Za odpad v zemědělství by proto měly být považovány pouze bilanční přebytky, které původce nebude využívat. Z hlediska organizačně - ekonomického je možno hnůj, slámu a řadu jiných zemědělských odpadů považovat za meziprodukty nebo vedlejší produkty. Většina zemědělských podniků je i v současnosti převážně **bezodpadovým hospodářstvím** s uzavřeným koloběhem látek podle schématu:

půda-krmivo-zvíře-exkrementy-půda.

S ohledem na nutnost zabezpečovat pozitivní bilanci organických látek a humusu v půdě (v současné době se u nás nedostává 25 % těchto hmot) je nezbytné veškeré organické zbytky vracet do půdy přímo, nebo zpracované na slamnatý hnůj či kompost. Vzhledem k nedostatku těchto hmot je zemědělství schopno využít nezávadné organické odpady dalších resortů (bioodpad ze separovaného sběru komunálních odpadů, stromovou kůru, papírenské odpady, čistírenské kaly).

Za ekologicky i agronomicky efektivní způsob je možno považovat **kompostování** zemědělských odpadů. Do kompostových zakládek je možno uvádět i hnojivé odpady komunální a průmyslové. Kompostováním je možno připravovat pro půdu hotové humusové látky.

Perspektivní možností ekologického zpracování a využití exkrementů zvířat a dalších organických odpadů je jejich anaerobní **methanogenní fermentace** za vzniku **bioplynu**, obsahujícího 55 – 70 % methanu. Z 1 kg biologicky rozložitelných organických látek lze získat 0,8 – 1 m³ bioplynu o výhřevnosti 20 - 25 MJ.m⁻³.

6.4 Odpady ze spotřeby

Za odpady ze spotřeby je možno vedle komunálního odpadu považovat rovněž takové druhy odpadů, jako je elektrický a elektronický odpad (elektrošrot), vozidla s ukončenou životností (autovraky), odpady ze zdravotnických zařízení, odpady z dopravy (pneumatiky, odpadní oleje).

6.4.1 Komunální odpady

Za komunální odpad je v souladu se zákonem o odpadech č. 185/2001 v platném znění považován veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.

Za **původce** komunálních odpadů vznikajících na území obce se považuje **obec**. Jedná se tedy o odpady, které mají původ v nepodnikatelské činnosti fyzických osob. Obec se stává původcem komunálních odpadů v okamžiku, kdy fyzická osoba odpady odloží na místě k tomu určeném a obec se současně stane vlastníkem těchto odpadů.

Na území obce je také produkován odpad podobný komunálnímu odpadu. Rozumí se jím odpad podobného složení, jako má komunální odpad, případně ta jeho část, která se nazývá domovním odpadem, vznikající při nevýrobní činnosti právnických nebo fyzických osob oprávněných k podnikání (především v kancelářích a v živnostech nevýrobní povahy). Původcem tohoto odpadu není obec, ale právnické a fyzické osoby, při jejichž činnosti odpady vznikají. Tito původci mají při odstraňování odpadu podobného komunálnímu možnost využít systému zavedeného v obcích [22].

Jednou z povinností původců je odpady zařazovat podle druhů a kategorií v souladu s Katalogem odpadů (vyhlášky MŽP č. 381/2001 Sb., v platném znění), kde komunální odpad je začleněn do skupiny 20. V Katalogu jsou rozlišovány **dvě kategorie** odpadů: **nebezpečný** odpad a **ostatní** odpad. Ve vztahu ke komunálnímu odpadu jsou za nebezpečný odpad považovány některé druhy získané odděleným sběrem – rozpouštědla, kyseliny, zásady, fotochemikálie, pesticidy, zářivky, vyřazená zařízení obsahující chlorfluoruhlodíky (freony), oleje a tuky (nikoli jedlé), barvy, lepidla a pryskyřice, nepoužitá cytostatika, baterie a akumulátory, některá elektrická a elektronická zařízení a další druhy odpadů, pokud obsahují nebezpečné látky.

6.4.1.1 Nakládání s komunálním odpadem

Nakládání s komunálním odpadem prošlo mnoha vývojovými stádii, z nichž nejstarší je skládkování. Z hlediska využití surovinového a energetického potenciálu těchto odpadů pak jejich spalování a kompostování. Uvedenými metodami se dosáhlo snížení množství odpadů, postupně však přestaly vyhovovat přísnějším požadavkům na ochranu životního prostředí a racionálním požadavkům trvale udržitelného rozvoje.

Obecně platné zásady odpadového hospodářství ve spojení s komunálním odpadem představují:

- předcházení vzniku odpadu a jeho nebezpečnosti (opatření v oblasti výroby a spotřeby obalových prostředků a ekologicky nepříznivých výrobků, péče o výrobek po celou dobu jeho životního cyklu);
- oddělené shromažďování a využívání složek odpadů u zdroje jeho vzniku (domácí kompostování biologicky rozložitelných odpadů, zkrmování odpadu);
- oddělené shromažďování a sběr využitelných a nebezpečných složek, jejich následná úprava a zpracování a oddělené odstraňování nevyužitelných zbytků především nebezpečných odpadů;
- racionální využití zbytkových odpadů (energetické využití spalitelných odpadů, recyklace stavební sutě apod.);
- skládkování prokazatelně nevyužitelného zbytku.

Oddělený (separovaný) sběr komunálního odpadu lze sledovat ve dvou směrech:

- **separace využitelných složek** – sklo, papír/lepenka, plasty, kovy, textil, bioodpad - s uplatněním různých nádobových, případně pytlových systémů a odpovídající svozové techniky;
- **separace nebezpečných složek** – zbytky barev, laků, rozpouštědel, použité minerální oleje, léky, zářivky, výbojky, baterie a akumulátory, chladničky - s uplatněním stacionárního nebo mobilního sběru speciálně vybavenými sběrnými automobily.

Nedílnou součástí systému jsou **sběrné (recyklační) dvory**, vybavené jako stacionární sběrna a mezisklad, ale také dotřídňovací, vybavené úpravárenskou a manipulační technikou. Zřízení sběrných dvorů jako centrálních míst pro zachycování nebezpečných a využitelných odpadů je reálné pro větší sběrné oblasti (optimálně od 2000 obyvatel). Dojezdová vzdálenost pro občany by neměla přesáhnout 5 km.

Při separovaném sběru využitelných složek komunálního odpadu je obecně uplatňován:

- **odvozový způsob sběru**, kdy je sběr prováděn do nádob menších objemů (80 - 360 dm³, 1100 dm³ v panelové sídlištní zástavbě), případně pytlů. Výhodou je poměrně vysoká výtěžnost sbíraných složek i jejich čistota, nevýhodou pak finanční náročnost tohoto sběru. Za účelem výhledově stanovených kvót recyklace a využití obalového odpadu se tento způsob u vybraných komodit stane jedinec použitelný;
- **donáškový způsob sběru** spočívající ve vytvoření optimální sítě úložných kontejnerů (o objemu 500 - 3500 dm³) na území města. Nádoby se umísťují v místech zvýšeného výskytu (nákupní střediska, restaurace apod.), na křižovatkách ulic a ve směrech přirozeného pohybu obyvatel. Způsob sběru má nižší účinnost a provozní náklady jsou několikanásobně nižší než u odvozového. Způsob se uplatňuje v současnosti ve většině měst a obcí.

Oddělený sběr nebezpečných složek komunálního odpadu se v ČR výrazně rozšiřuje od roku 1998 v souvislosti s povinností obcí určit místa pro odkládání nebezpečných odpadů. Měrné množství tzv. drobného nebezpečného odpadu v komunálním odpadu představuje 0,5 - 1,5 kg na obyvatele a rok. Při započtení některých dalších upotřebených výrobků obsahujících nebezpečné látky (olověné akumulátory, nedemontované chladničky) se množství zvyšuje přibližně o 2 kg na obyvatele a rok. Celkově lze tedy předpokládat výskyt cca 3,5 kg na obyvatele a rok nebezpečných složek komunálních odpadů.

Při sběru nebezpečného komunálního odpadu se uplatňují způsoby mobilního sběru, ale i stacionárního sběru (sběrné dvory, zpětný odběr obchodem).

Nakládání s komunálním bioodpadem by mělo být orientováno především na:

- podporu domácího a místního kompostování;
- zavedení systémů odděleného sběru a zpracování bioodpadů aerobním i anaerobním způsobem a využitím energie se zaměřením na odpad ze zeleně, odpad potravin z restaurací a jídelen, biologicky rozložitelný odpad z obchodů a živností a bioodpad z domácností.

6.4.2 Elektrický a elektronický odpad (elektrošrot)

V průmyslově vyspělých státech začala prudce růst spotřeba elektrických a elektronických zařízení v domácnosti již v 70. letech minulého století. Týkala se zejména techniky pro volný čas (televizory, magnetofony, rádia), počítačů, telefonů a malých domácích spotřebičů. Rychlý technický vývoj zkracoval dobu životnosti, klesala jejich pořizovací cena. Opravy a renovace spotřebičů přestaly být zajímavé, díly z vyřazených výrobků byly nepoužitelné pro nová zařízení. Spotřebiče končily v komunálním odpadu, na skládkách nebo ve spalovnách, pokud neobsahovaly komerčně zajímavé množství kovů, především drahých a neželezných kovů a ocelového šrotu, tj. pokud se nevyplatila demontáž výrobků a vytrídění jednotlivých materiálových frakcí k novému využití [23,24].

Ztrácely se tak nejen využitelné suroviny, a navíc nebezpečné látky obsažené ve výrobcích na skládkách představovaly nebezpečí pro zdraví člověka i ohrožení životního prostředí. Největší podíl na výskytu odpadů elektrických a elektronických zařízení v zemích EU mají velké domácí spotřebiče, kancelářská zařízení a počítače. Významný je podíl spotřební elektroniky. Rychle roste podíl malých domácích spotřebičů, které stále často končí v komunálním odpadu. Od poloviny 90. let minulého století se podobná situace začala projevovat i v ČR.

V roce 2002 přijal Parlament a Rada ES směrnice 2002/95(ES a 2002/96/ES k odpadním elektrickým a elektronickým (OEZZ – elektrošrot) zařízením a k omezení obsahu nebezpečných látek v nich. Tyto směrnice byly zapracovány do novely č. 7/2005 zákona o odpadech.

Elektrickým a elektronickým zařízením (EEZ) je podle směrnice míněno zařízení, které pro svou činnost potřebuje elektrický proud nebo magnetické pole nebo je generuje, vede či měří a je určeno pro aplikace s napětím nepřesahujícím 1000 V pro střídavý proud a 1500 V pro stejnosměrný proud. Podle této směrnice se EEZ rozdělují do 10 skupin:

- velké domácí spotřebiče (např. chladničky, mrazničky, pračky, sporáky);
- malé domácí spotřebiče (např. vysavače, žehličky, kávovary, mlýnky, hodiny);
- zařízení informačních technologií a telekomunikačních zařízení (např. telefony, faxy počítače, tiskárny);
- spotřebitelská zařízení (např. radia, televizory, videokamery, hudební nástroje);
- osvětlovací zařízení (např. zářivky, svítidla, výbojky);
- elektrické a elektronické nástroje (např. vrtačky, pily, šicí stroje, sekačky);
- hračky, vybavení pro volný čas (např. vláčky, autíčka, videohry, výherní automaty);
- lékařské přístroje;
- přístroje pro monitorování a kontrolu (např. regulační ventily, termostaty);
- výdejní automaty (např. na horké nápoje, na peníze, na tuhé výrobky).

Účelem směrnice bylo vytvořit zákonný rámec systémů pro sběr a využití odpadních elektrických a elektrotechnických zřízení (OEEZ) a pro nahrazování nebezpečných látek ve výrobcích tím, že se:

- prodlouží dobu jejich používání;
- při návrhu nových zařízení se bude brát v úvahu, jak se budou vyřazená zařízení co nejjednodušším způsobem demontovat a upravovat pro recyklaci;

- zakáže používání některých látek ve výrobě , zatím se jedná o rtuť, olovo, kadmium, sloučeniny šestimocného chromu, polybromované bifenyly a polybromovaný difenylether.

6.4.2.1 Nakládání s OEEZ

Separovaný sběr jednotlivých skupin OEEZ má smysl, jestliže následuje demontáž zařízení nebo jiný specifický postup daný materiálovým složením nebo konstrukcí zařízení [20]. Je však nutno si uvědomit, že změny designu zařízení budou vyžadovat rychlé změny zavedených postupů. Např. jestliže nahradíme freony v chladničkách jiným médiem, který nepoškozuje ozonovou vrstvu, nebude nutno drtit chladničku v uzavřeném prostoru a bude možno upustit od separovaného zpracování chladniček. Jestliže naopak elektrický sporák vybavíme keramickou deskou, přejdeme na indukční ohřev a přidáme integrovanou jednotku řízení a kontroly, bude vyžadovat demontáž.

Materiálově lze OEEZ definovat jako směs kovů, jejich slitin a sloučenin, různých druhů plastů, keramiky a skla, u starších výrobků také dřeva, dřevotřísek a papíru. Směs může být také znečištěna prachem, otěry a obrusy. Jeho složení závisí na mnoha faktorech, zejména na stáří a druhu výrobku, zemi původu, velikosti zařízení apod.

Postup při nakládání s OEEZ lze zjednodušeně popsat takto:

- **sběr a skladování** vyřazených výrobků a jejich částí na vhodném místě;
- **vytřídění** nevyužitelných výrobků bez obsahu nebezpečných látek a jejich odstranění;
- **úprava** výrobků určených ke zhodnocení, a to především demontáž výrobků, drcení, třídění, úprava a homogenizace;
- **zhodnocení** využitelných složek;
- **odstranění** nevyužitelných složek.

V současné míře jsou z OEEZ v různé míře získávány:

- ocel a litina;
- měď, hliník, někdy i cín, olovo, nikl, molybden;
- zlato, stříbro, platina, palladium , rhodium;
- homogenní plasty;
- sklo.

Nevyužitelné frakce se skládají zpravidla z plastů (směs polystyrenu, polyuretanové pěny), skla, izolačních materiálů a zbytků kovů.

Technologie využití a odstranění těchto odpadů do značné míry závisí na složení odpadu, přičemž ekonomika těchto procesů je dána náklady na sběr, třídění, demontáž a je závislá na množství odpadu, obsahu získávaných složek a použité technologii.

Složení elektrotechnických a elektronických odpadů je velmi rozmanité nejen jako celku, ale zaznamenává značné rozdíly i u týchž výrobků, a to v závislosti na výrobci, technické koncepci, designu aj.

Významnou složkou elektronického šrotu, zejména z hlediska jeho zpracování a recyklace, jsou různé škodliviny. Elektronický šrot sám o sobě není škodlivý. Jeho nebezpečí

spočívá v možnosti vyluhování škodlivin při uložení na skládkách (působením bakterií, kyselých srážek) nebo v tvorbě toxických emisí při spalování komunálního odpadu.

V současné době jsou recyklovány z elektrotechnického a elektronického šrotu:

- železné kovy (železo, litina, oceli);
- neželezné kovy (Cu, Al, Pb, Sn, Ni, Zn);
- vzácné kovy (Au, Ag, Pt, Pd, Se, Te, Ga, In);
- čisté homogenní plasty, pryž a sklo.

6.4.3 Odpady z dopravy

6.4.3.1 Vozidla s ukončenou činností (autovraky)

Automobil, zvláště osobní automobil, patří k tradičně k jednomu z nejvýznamnějších ukazatelů ekonomické úrovně moderní konzumní společnosti. Počet obyvatel připadajících na jeden automobil je celosvětově používaný ukazatel, který poměrně přesně charakterizuje ekonomickou úroveň jednotlivých států a jejich obyvatel. V České republice je v současné době registrováno cca 3,6 mil. osobních vozidel s průměrným stářím 13,4 let. Tento počet vozidel není konečný a v posledních letech narůstá přibližně o 10 % ročně. Je to následek skutečnosti, že tzv. stupeň motorizace je v ČR dosud nižší (2,9 obyvatel/1 automobil) než v hospodářsky vyspělých státech Evropské unie, kde činí cca 2,3) a náš trh tedy není zatím nasycen. Negativním úkazem je skutečnost, že při růstu počtu vozidel dochází v důsledku vysokého dovozu ojetých automobilů ze zahraničí, ke zvyšování průměrného stáří provozovaných automobilů [25,26].

Největší podíl (téměř 50 %) na počtu registrovaných i nově zaváděných automobilů u nás má značka Škoda. Z uvedeného počtu registrovaných automobilů je ročně vyřazováno a k odstranění určeno 130 až 150 tis. automobilů - autovraků. Systém jejich skutečného fyzického odstranění je však nedostatečně podchycen a dokumentován. Do roku 2010 se předpokládá zvýšení stupně motorizace u nás na 2,4, tím i zřejmě dosažení stupně nasycenosti pro dalších 10 let. To znamená mimo jiné i nárůst počtu registrovaných automobilů cca na 4,4 mil. a zvýšení počtu odstraňovaných automobilů na zhruba 250 až 280 tis. ročně. Výrazně se tedy zvýší požadavky na zajištění odstraňování a recyklace autovraků., to bude vyžadovat vytvoření sítě, řádově desítky pracovišť, které tyto práce budou provádět. Z této sítě budou pocházet materiálové toky recyklovatelných i nepoužitelných složek odpadů. Z obchodně zajímavých materiálů jde především o kovy (60 až 70% hmotnostních autovraků), plasty (cca 8 %), pryže a skla (cca po 3 - 4 %).

Nakládání a autovraky

Většina autovraků dosud bohužel končí na tzv. autovrakovištích. V současné době je u nás cca 280 těchto autovrakovišť různé velikosti (s kapacitami 5 až 3000 vraků/rok). Průměrná velikost je kolem 200 ks ročně. Zpracovávají zhruba 60-80 tis. autovraků ročně. Přímým šrotováním se zpracuje přibližně 20-30 tis. autovraků ročně, u nás především v Kovošrotu Kladno a v závodě v Tlumačově. Drtící linka v Kovošrotu Kladno může environmentálně přijatelným a ekonomicky výhodným způsobem zpracovat až 40 autovraků za hodinu. Při plném využití kapacit může závod zpracovávat přes 1000 tun ocelového šrotu denně. Zbývajících přibližně 50-80 tis. autovraků za rok není evidencně podchyceno, což je závažný problém, který bude vyžadovat urychlené řešení. Přispěje k tomu zejména novela zákona o odpadech č. 188/2004 Sb.

Jeden z hlavních problémů vyplývá z dosud nejasných technicko-ekonomických výsledků recyklace autovraků, zda recyklace autovraků je ekonomická, a tím i podnikatelsky, výnosná či problémová. Základ sporu je v tom, že v zahraničí jsou recyklována vozidla s výhodnější materiálovou strukturou. Jde totiž o vozidla novějších generací s vyšším podílem hliníku a jeho slitin. Odhaduje se, že dosažení těchto zahraničních parametrů je u nás otázka 3-5 let.

6.4.3.2 Upotřebené mazací oleje

Upotřebené mazací oleje (UMO), někdy označované jako upotřebené ropné oleje (URO), představují dnes druhotnou surovinu se specifickou vazbu na recyklaci z užití zpět do rafinerie a s mimořádně významným environmentálním dopadem. Jedná se jak o oleje ropného původu, tak i oleje polosyntetické či syntetické. Tyto materiály nejsou toxické, mohou však obsahovat produkty tepelného namáhání (karcinogenní polyaromaty). Závažným environmentálním problémem jsou odpadní oleje obsahující PCB (transformátorové oleje, ale i oleje motorové, znečištěné těmito produkty) [27].

Zpětný odběr odpadních olejů představoval koncem 80.let minulého století 35-40% z jejich výroby, v r. 1990 byla však povinnost zpětného odběru zrušena. Obnovena byla teprve nařízením vlády č. 31/1999 Sb. Strategickým cílem recyklace UMO (v souvislosti s požadavky EU) je dosáhnout do konce roku 2008 stupně recyklace 50 --60%.

Výroba mazacích olejů a dalších typů maziv se podílí již řadu desetiletí pouze 1% na spotřebě těžené ropy. V současné době je spotřeba olejů v České republice cca 150 tis. t ročně. Charakteristickým rysem této skupiny výrobků z ropy je však šíře jejich sortimentu a národohospodářský význam spočívající v možnostech snížení výrobních ztrát způsobených třením, opotřebením zařízení a korozi, které se v průmyslově vyspělých zemích projevují až 4,5% na vytvořeném hrubém národním produktu. Vedle toho jde o výrobky, které se většinou při svém užití spotřebovávají jen zčásti.

Hlavní prvky systematického využití UMO :

- a) **organizovaný sběr** UMO s potřebnou soustředovací a dopravní infrastrukturou;
- b) technologie **regenerace** UMO se přizpůsobila míře jejich kontaminace, která je stále rozmanitější a vzniká v podstatě dvojím způsobem:
 - **genetickým vznikem** a hromaděním nečistot původně nepřítomných v čerstvém oleji, na základě fyzikálně-chemických podmínek procesu jeho užití;
 - **druhotným znečištěním** v průběhu užití oleje, ale hlavně jeho shromažďováním a dopravou.

U nás se regenerace UMO prováděla po mnoho let **kyselinovou rafinací** v závodě Ostramo v Ostravě, až do uzavření závodu v r. 1997. Důsledkem této environmentálně velmi nepříznivé technologie jsou rozsáhlé laguny obsahující kyselé pryskyřice v této lokalitě. Jejich odstranění představuje jeden z největších problémů z hlediska ochrany prostředí v České republice a teprve nyní se začíná řešit. V současné době je regenerace UMO prakticky omezena jen na **mechanické postupy** (sedimentace), prováděné závodem firmy B+S Reclaim a.s. Děčín v České Lípě (s kapacitou 30 tis. t /rok). Možnost regenerace UMO je prozatím u nás limitována jen maximálním obsahem chloru do 0,3% hm. S oleji s vyšším

obsahem chloru je třeba nakládat jinými způsoby, např. v energetických zařízeních zabezpečujících požadavky na čistotu ovzduší, jako technologické palivo v cementárnách apod.

Moderní koncepce nové **hydrogenační** jednotky regenerace UMO, s jejichž realizací u nás se počítalo v Kolíně (závod Koramo), je založena na následujícím sledu technologických operací:

- odvodnění, někdy spojené s demetalizací;
- oddestilování lehkých podílů;
- vakuová destilace na filmových odparkách zajišťující šetrnou destilaci olejových složek;
- hydrogenační rafinace, která je považována za nejbezpečnější rafinační stupeň, zajišťující rozklad všech neuhlovodíkových složek včetně PCB.

Její nevýhodou je potřeba tlakového zařízení a dostupnosti vodíku, tedy velmi nákladných prvků, což je asi jedna z hlavních příčin, proč u nás dosud k realizaci tohoto nadmíru potřebného zařízení nedošlo.

6.4.3.3 Opotřebované pneumatiky.

Množství vyřazovaných pneumatik v ČR ze všech typů vozidel se pohybuje kolem 40 tis. t/rok, do roku 2010 se odhaduje zvýšení až na 50 tis. t/rok. Vyřazované pneumatiky jsou jednou z komodit, na které se podle zákona č. 185/2001 Sb., v platném znění, vztahuje povinnost zpětného odběru a jsou vyloučeny z odstraňování skládkováním (s výjimkou technického zabezpečení skládky). Tuto povinnost zatím bohužel respektuje pouze mizivé procento dominantních subjektů na trhu pneumatik. Možností využití ojetých pneumatik je celá řada:

- **protectorování** je ekologicky přijatelná technologie, posouvá však problém v čase a je použitelná jen pro pneumatiky v prvních sedmi letech životnosti (samovolné biodegradační procesy);
- **výroba regenerátu**. Zde je třeba znovu zdůraznit, že žádným z regeneračních postupů nelze získat zpět původní kaučuk (výraz regenerát proto není zcela správný, používá se však). Regenerace umožňuje novou vulkanizaci (destrukcí vzniklých nových dvojných vazeb). Regenerát získaný mechanickým či tepelným a chemickým zpracováním má však jen omezené použití;
- **využití jako palivo**, které má vysokou výhřevnost - 21-31 MJ. kg⁻¹ (pro srovnání hnědé uhlí 8-12 kJ.kg⁻¹). V cementárnách lze spalovat pneumatiky přímo bez předběžné úpravy, a tento způsob se využívá u nás jen v několika cementárnách;
- **chemické zpracování** pyrolýzou na směs uhlovodíků a saze, zkapalňováním na olej;
- **mechanické a fyzikální zpracování** - kryogenním zpracováním, ochlazením na - 80 °C pneumatika zkřehne a lze ji snáze rozsekat strojem nebo vícenásobným mletím za normální teploty. Vzniklá pryžová drť má dobré adsorpční vlastnosti, lze ji použít např. pro odstraňování ropných látek a výsledný produkt snadno spalovat [28, 29].

6.4.4 Odpady ze zdravotnických zařízení

Odpady ze zdravotnických zařízení lze rozdělit na odpady *neinfekční* (pláště, prádlo a pod.), se kterými lze nakládat stejně jako s komunálními odpady a odpady *infekční* (nemocniční), pro které existují speciální způsoby nakládání. Infekční odpady pocházejí z infekčních oddělení nemocnic, operačních sálů, laboratoří, dialyzačních pracovišť a dalších zdravotnických zařízení. Jedná se zejména o odpad, který přišel nebo mohl přijít do styku s krví, tělními tekutinami a sekrety. Nepatří sem mrtvá těla nebo jeho části (se kterými se nakládá podle zákona o pohřbnictví), farmaceutika a jiné toxické látky, které se odstraňují ve speciálních detoxikačních zařízeních a spalovnách, a rovněž ostré předměty. Infekční odpady lze detoxikovat různými postupy:

- *nízkoteplotní procesy* (100-170°C) – působení páry nebo suchého tepla (autoklávy), mikrovlnná desinfekce, infračervené zářiče;
- *středně teplotní procesy* (177-300°C) – chemické štěpení organického materiálu;
- *vysokoteplotní procesy* (540- 800°C) – spalování, pyrolýza, zplyňování;
- *chemické procesy* – použití desinfekčních činidel (chlorovaných i nechlorovaných) při drcení a promíchávání odpadů;
- *iradiační procesy* - působení elektronů, UV záření – zahubení mikroorganismů v odpadech chemickým štěpením a narušením buněčných stěn;
- *biologické procesy* s použitím enzymů, rozkládajících organickou hmotu (málo používané).

6.5 Technologie zpracování (využití, odstranění) odpadů

Pro zpracování odpadů existuje řada technologií. Z hlediska zákona o odpadech č. 185/2001 jsou způsoby využití i odstranění odpadů uvedeny v přílohách tohoto zákona. Některé z těchto technologií jsou použitelné pro *využití* i *odstranění* odpadů, a to podle povahy odpadů a cílů jejich zpracování. Pro přehlednější výklad považujeme za výhodnější rozdělit tyto způsoby nakládání do pěti základních skupin:

- *recyklace*;
- *skládkování*;
- *tepelné způsoby*;
- *biologické způsoby*;
- *fyzikálně chemické způsoby*.

Zatímco první čtyři způsoby jsou použitelné prakticky pro libovolné typy odpadů, fyzikálně- chemické způsoby jsou vhodné pro průmyslové odpady chemického charakteru.

6.5.1 Recyklace odpadů

Princip recyklace odpadů není žádnou převratnou novinkou. Již v devatenáctém století se používal starý papír a zbytky textilií pro výrobu papíru. Podobně např. celuloid byl předmětem recyklace v mezinárodním měřítku, která v době největšího rozkvětu jeho výroby pokrývala až 50 % spotřeby [30, 31].

Zájem o využívání odpadů, které ve srovnání s výrobou z primárních surovin vyžadují zpravidla menší náklady na energii (např. sklo, ocel, hliník, papír), se prudce zvýšil v 70. letech minulého století jako důsledek značného růstu cen ropy. Tento trend nadále přetrvává, a proto je z hlediska ekonomického i environmentálního nezbytné, aby se v budoucnosti podíl recyklovaných materiálů výrazně zvyšoval.

6.5.1.1 Systémové pojetí recyklace odpadů

Na rozdíl od přírodního ekologického systému s uzavřeným a vyváženým koloběhem látek a energií mezi producenty a konzumenty je **hospodářský systém** dosud založen na **jednosměrném toku látek a energií**. Suroviny odnímané přírodním složkám životního prostředí jsou za přispění lidské práce upravovány a zpracovávány na výrobky určené k využití nebo spotřebě. K přeměně dochází v řadě transformačních procesů – od využití zdrojů přes dopravu a úpravu, zušlechťování a konverzi látek a energií, které lze souhrnně označit jako **výrobní proces**.

Stupeň účinnosti výrobních procesů je vždy menší než 1, proto vedle požadovaných výrobků vznikají odpady - látkové i energetické. I při plném látkovém využití materiálů dochází k energetickým ztrátám způsobeným využitím určitých vlastností výrobků. Odpady se v lineárním neuzavřeném systému vracejí do prostředí, které zatěžují a znehodnocují. V hospodářském systému však hraje hlavní roli nikoliv hledisko co největšího napodobení přírodního koloběhu, ale především hledisko **dvojnásobného zmírnění zatížení prostředí**. V tomto smyslu je proto třeba pod pojmem recyklace chápat takovou formu opětovného zhodnocení odpadů, při které se jednak **zmenšuje spotřeba surovin a energie** a jednak **omezuje zatížení životního prostředí**.

Podle těchto kritérií je tedy recyklace charakterizována:

- **účinky na straně vstupů** do analyzovaného systému (šetření zdrojů sníženou potřebou prvotních surovin s nižší hodnotou entropie);
- **účinky na straně výstupů** z analyzovaného systému (např. snížení ekologické zátěže prostředí odpady z výrobních a spotřebních procesů).

Odpady vznikající v průběhu výroby nemusí být použitelné ve vlastním podniku a ke stejnému účelu, ale i v podniku či odvětví jiném i v jiném výrobním procesu, než ve kterém vznikly (např. výroba podlahovin z opotřebených pneumatik, tepelné zpracování komunálních odpadů, uplatnění mletých ocelářských strusek pro snižování kyselosti půd).

Toto tzv. **další využití** odpadů přináší však pro každý výrobní proces jen jednostranné zatížení prostředí, protože se jeho účinky omezují buď na stranu vstupů, nebo na stranu výstupů. Jsou-li odpady používány jako vstup v jiném procesu, než ve kterém vznikají, nezmenšují požadavky na vstupní suroviny procesu, v němž vznikají, omezují pouze požadavky na odstraňování odpadů z tohoto procesu. Naopak v procesu následném je účinek na straně vstupů, protože jsou sníženy nároky na prvotní suroviny, zatížení prostředí škodlivinami zůstává.

Dalším využitím odpadů ve výrobních procesech vznikají nové druhy odpadů, a to jak při zpracování odpadů na jiné výrobky, tak i po užití nebo spotřebě těchto výrobků. Dochází k časovému a prostorovému posunu opatření k odstraňování odpadů (včetně vyloučení z prostředí) až po ten výrobní proces, z něhož už odpady nelze dál využít.

Další využití odpadů nemusí být ovšem omezeno na dva výrobní procesy. Často jde o celý **řetěz procesů**, v nichž se mění odpady na jiné výrobky a materiály. Sběrový papír lze

využít k výrobě lepenek, které splní účel jako obal spotřebního zboží, a po jejich spálení lze využít získané teplo k výrobě tepelné a elektrické energie. Dalším využitím se odpady postupně přeměňují na látky či energie hospodářsky nevyužitelné – škodliviny. Prodloužení tohoto řetězce neboli hledání nových možností dalšího využívání odpadů je jedním ze stálých důležitých úkolů výzkumu a vývoje.

Při využívání odpadů jako zdroje druhotných surovin a energií lze v mnoha případech dosáhnout významných *ekonomických efektů*. Potřeba elektrické energie při využití druhotných surovin klesá na 5-70 % potřeby při výrobě srovnatelných produktů z prvotních surovin. Investiční náročnost na zpracování kovů ze šrotu je 4-10 krát menší než při zpracování kovů z rud. Klesají náklady na dopravu i potřebu lidské práce.

Využití druhotných surovin je často spojeno s *environmentálními efekty* – např. s podstatně menším množstvím exhalací a menším objemem znečištěných vod, vzniká i menší množství tuhých odpadů. Například emise do ovzduší při výrobě papíru se snižují o 60-70%, při výrobě skla o 6-20 %, při výrobě oceli o 80-85 %.

6.5.1.2 Recyklační technologie

Recyklační technologie je souborem na sebe navazujících procesů, postupů, technologických operací, jehož cílem je přeměna odpadů na druhotnou surovinu. Typickým znakem recyklační technologie je její relativní samostatnost v technologickém schématu

výroba - odpady – výroba.

Za specifický příklad recyklace lze považovat máloodpadové technologie, kdy nedochází ani k časovému ani prostorovému posunu mezi vznikem odpadu a jeho využitím.

Zatímco u *máloodpadových technologií* musí být příslušné postupy zpracování odpadů *součástí výrobní technologie*, jsou *recyklační technologie* zpravidla realizovány *samostatně*, často ve formě dodatkových investic, jež mají zvýšit ekonomickou a environmentální účinnost existujících výrobních postupů. Dalším znakem recyklačních technologií je jejich dočasnost, protože dříve nebo později by měly být nahrazeny máloodpadovými technologiemi, u nichž bude environmentální aspekt výrobní činnosti vzat plně v úvahu.

Podle postavení, jež recyklační technologie zaujímá vůči recyklačnímu procesu, v němž odpad vznikl, a výrobnímu procesu, kde bude zpracovávána druhotná surovina, z něho připravená, mohou nastat tři případy:

- recyklační technologie se uskutečňuje v závodě, v němž odpad vzniká;
- recyklační technologie se uskutečňuje v závodě, ve které sice odpad nevznikl, ale využívá se zde z něho vyrobená druhotná surovina;
- recyklační technologie je samostatným výrobním procesem a vyrobená druhotná surovina se stává zbožím.

6.5.2 Biologické způsoby nakládání s odpady

Řadu odpadů možno upravovat biologickými metodami tak, aby ztratily svoji nebezpečnost, nebo dokonce aby se staly znovu využitelnými materiály. Tyto metody, pracující s mikroorganismy, zahrnují celou škálu biochemických reakcí, které jsou řízeny *biologickými katalyzátory – enzymy*. Aby tyto biologické pochody byly použitelné pro

zpracování odpadů, je nezbytné, aby mikroorganismy, které se na těchto pochodech podílejí, obsahovaly určité enzymy nebo jejich komplexy [32].

Další nezbytnou podmínkou je složení odpadu, kde nemohou být přítomny látky, které jsou toxické pro mikroorganismy nebo inhibují enzymatickou aktivitu. Pokud by se takové látky v odpadech nacházely v koncentracích, které budou negativně působit na biologické pochody, nelze biologické pochody použít. To bývá jedno z nejčastějších omezení pro využívání biologických metod. Konečně pro použití biologických metod je třeba zajistit takové podmínky v prostředí upravovaného odpadu, které mikrobiální činnost umožňují (vhodné pH, obsah vlhkosti, teplota a koncentrace makrobiotických prvků v rozmezích vhodných pro činnost mikroorganismů).

Pro biologickou úpravu odpadů neexistuje mikroorganismus nebo skupina mikroorganismů, které by byly univerzálně použitelné pro všechny odpady. Proto při použití biologické úpravy odpadů je třeba zvolit vhodné mikroorganismy, které jsou schopny dosáhnout požadovaných cílů. Pro biologickou úpravu odpadů lze využít řadu mikroorganismů (bakterie, kvasinky, plísně a nižší houby).

Přesto, že laboratorně byla vyvinuta celá řada biologických procesů pro různé druhy odpadů, v praxi se biologická úprava odpadů používá jen pro mezené množství odpadů. Hlavním důvodem jsou ekonomické parametry procesů a proveditelnost ve velkém měřítku, citlivost procesů na změny ve složení vstupních látek a nízká účinnost, která má za následek neúměrné zvyšování investičních nákladů (velikost nádrží a dalších zařízení). Biologické úpravy odpadů však i přes uvedené nedostatky a obtíže mají mnoho příznivých technologických vlastností a někdy jsou schopny řešit problémy, které jsou jinými technickými prostředky neřešitelné. Velkou výhodou některých biologických technologií je to, že rozkládají nežádoucí a nebezpečné organické látky na neškodné produkty nebo přeměňují toxické sloučeniny nebo ionty na netoxické. Tím vlastně pracují bezodpově, protože není třeba dalších úprav či jiných zákroků pro odstranění vzniklých produktů.

Prakticky se biologické způsoby používají zejména pro kompostování odpadů, úpravu odpadů obsahujících ropné uhlovodíky, při anaerobní digesci odpadů s cílem získávání bioplynu a při mechanicko- biologické před-úpravě odpadů.

6.5.2.1 Kompostování odpadů

Kompostování je způsob využití biologicky rozložitelných odpadů k výrobě organického hnojiva - kompostu. Přeměnu organické hmoty odpadů na nehumusové složky při kompostování zabezpečují převážně aerobní organismy. Jde o analogické procesy jako při přeměně organické hmoty v přírodním prostředí. Úvodní fáze rozkladu polysacharidů, bílkovin a tuků obsažených v odpadech je provázána uvolňováním tepla a zahříváním zrajícího kompostu na teplotu 50-65°C. V této fázi se uplatňují též termofilní houby, rozkládající lignocelulózové hmoty. Při těchto **hydrolýzních** procesech se výrazně zvyšuje kyselost substrátu vznikem organických kyselin. Tato fáze trvá 2-3 týdny, ale u kompostů s velkým podílem dřevní štěpky až 2 měsíce [33, 34, 35].

V následující fázi přeměny klesá teplota na 40-45°C, mění se složení mikroorganismů, vznikají **humusové látky** a ve zrajícím kompostu nelze již poznat původní odpady. Kompost získává hnědou barvu, molekulová hmotnost humusových látek se zvyšuje a kyselost substrátu klesá. Kompost dosahuje zralosti a přestává být fytotoxický.

Proces kompostování probíhá intenzivně v podmínkách **provzdušňování**, které se provádí nejčastěji překopáváním kompostu. Se stoupající intenzitou provzdušňování dochází

k rychlejšímu uzrání kompostu. Při nedostatečném provzdušňování zrajícího kompostu nastupují anaerobní procesy (hnití). Největší potřeba provzdušňování zrajícího kompostu je v hydrolyzní fázi zrání.

Pro vytvoření optimálních podmínek pro rozvoj mikroorganismů je třeba zabezpečit zejména správný poměr uhlíku a dusíku (C:N) vhodnou surovinovou skladbou čerstvého kompostu. Poměr C:N by měl být v čerstvém kompostu v rozmezí 30-35:1 a ve zralém kompostu 25-30. Vlhkost čerstvého kompostu se optimalizuje na hodnotu, při níž cca 70% objemu pórovitosti kompostu je zaplněno vodou. Komposty zemité vyžadují optimální vlhkost 50-55% a komposty s převahou dřevní štěpky nebo stromové kůry vlhkost 65-70%. Požadavek na minimální přítomnost fosforu v kompostu je 0,2% P_2O_5 .

Tradice kompostování v ČR

Kompostování na území České republiky má téměř nejstarší tradici v Evropě, neboť první kompostárna s řízenou technologií byla u nás zavedena v r. 1912. Od té doby byl nepřetržitý rozvoj kompostování až do r. 1987, kdy se na území ČR vyrobilo téměř 2,5 mil. t kompostu, převážně z komunálních a průmyslových bioodpadů a čistírenských kalů. Po roce 1989 kompostování ztrácí dotační podporu a výroba kompostu se minimalizuje na 200-400 tis. t za rok. Komposty vyráběné z komunálních odpadů obsahují nadlimitní množství škodlivin, vyšší než je jejich nejvyšší přípustné množství podle ČSN 465735, a nelze je tudíž použít v zemědělství při pěstování potravinářských plodin. Využívají se především při rekultivacích a při zakládání a údržbě zeleně.

V minulosti bylo kompostování považováno za důležité z hlediska udržení úrodnosti zemědělské půdy s cílem dosažení soběstačnosti státu ve výrobě potravin. V podmínkách restrukturalizace zemědělství a současné agrární politiky není zájem zemědělského resortu o podporu kompostování. Kompostování však zůstává významným nástrojem v odpadovém hospodářství a při uplatňování nové legislativy odpadů bude jeho význam stoupat.

Komposty a pěstební substráty se uvádějí do oběhu prodejem podle zákona o hnojivech č. 308/2000 Sb.

Kompostování odpadů ze zeleně a dalších bioodpadů se z organizačního hlediska může provádět na následujících úrovních:

- domácí kompostování (v rodinných zahradách);
- komunitní kompostování (na sídlištích, v zahrádkářských koloniích);
- centrální kompostování (průmyslové kompostování).

Základním vybavením pro kompostování jsou drtiče a štěpkovače pro úpravu rostlinné odpadu, překopávače a prosévače kompostu (nejčastěji síta). Kompostovací biofermentory zajišťují zrání čerstvého kompostu v řízených podmínkách intenzivní aerace při dodržování spolehlivých hygienizačních teplot 65-75 °C

6.5.2.2 Mechanicko-biologická úprava odpadů

Za nejlepší dostupnou technologii nakládání s komunálním odpadem bylo považováno spalování. Nevýhodou spalování je ovšem potřeba vysoké koncentrace odpadů v relativně malé oblasti a vysoké investiční náklady. Tyto skutečnosti vedly k vyvinutí mechanicko-biologické úpravy (MBÚ) odpadů, především pro venkovské oblasti s menší produkcí odpadů. Výhodou proti spalování je větší flexibilita procesu, která je v podstatě neomezená. MBÚ lze snadno přizpůsobit změnám v množství odpadu i změnám v jeho složení.

Environmentální a ekonomické výhody MBÚ však závisí na mnoha lokálních podmínkách, a proto je třeba vždy při rozhodování o jeho použití posuzovat konkrétní situaci v daném území [32, 36, 37].

Cílem MBÚ je získat pro skládkování materiál, který má minimální škodlivý vliv na životní prostředí. Výsledkem je podstatné omezení biologické činnosti a aktivity ve skládkovaném materiálu po ošetření, v důsledku snížení obsahu organického uhlíku na minimum (za vzniku stabilizovaného produktu). MBÚ se prakticky využívá již řadu let v Německu, Rakousku a Švýcarsku. Dosud největší roční množství odpadů zpracované technologií MBÚ v Německu bylo 1,8 mil. tuny, což představuje více než 10 % celkového spalovaného množství. MBÚ je tak jedním ze způsobů snižování podílu biologicky rozložitelného odpadu na skládkách.

Pravděpodobná omezení většího rozšíření MBÚ technologie jsou:

- **kompost** získaný z komunálních odpadů je **méně kvalitní** než komposty z jiných zdrojů (zahradní a parkový odpad, některý průmyslový odpad) a mnohdy končí jako překryv na skládkách;
- kompost je zatím **dražší než spalování**.

6.5.3 Skládkování odpadů

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

Podle definice ČSN 83 8030 – Základní podmínky pro navrhování a výstavbu skládek je skládka **technické zařízení** určené k odstraňování odpadů jejich trvalým a řízeným uložením na zemi nebo do země. Skládka je tedy stavební objekt technologicky vybavený tak, aby odpady v něm přijaté a trvale uložené nemohly negativně ovlivňovat podzemní ani povrchovou vodu a horninové prostředí a aby byly minimalizovány vlivy na ovzduší jak po dobu jeho životnosti, tak i po jeho uzavření [38].

K tomu je nutno splnit několik základních podmínek:

- **umístění skládky** na pozemky s přesně definovanými hydrogeologickými, hydrologickými a geotechnickými podmínkami;
- **těsnění skládky** je dimenzováno s ohledem na druh přijímaných odpadů;
- **odplynění skládky** je navrženo podle druhu přijímaných odpadů.

Výstavbě skládky, stejně jako i jiných velkých zařízení na odstraňování odpadů, předchází poměrně komplikovaný schvalovací proces přesně vymezený zákony č. 100/2001Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí (t.zv. EIA), č. 76/2002Sb., o integrované prevenci a omezování znečišťování (t.zv. IPPC) a č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu v platném znění, po jehož úspěšném zvládnutí může investor získat **stavební povolení**.

Skládky se podle technického zabezpečení dělí do **tří skupin** (vyhláška č. 294/2005 Sb., vyhláška č. 383/2001 Sb).

- **skupina S - inertní odpad** - označovaná též jako S-OI;
- **skupina S- ostatní odpad** - označovaná též jako S-OO, tato skupina má ještě 3 podskupiny označované jako S-OO1, S-OO2 a S-OO3;
- **skupina S- nebezpečný odpad** označovaná též jako S-NO.

Moderní skládka skupiny S-OO a S-NO je vybavena řadou technologických souborů, které ve svém komplexu umožňují přijímat, evidovat a bezpečně ukládat odpady, musí být vybavena zařízením na nakládání s **výluhovými vodami** a čerpání **skládkového plynu**, vznikajícími v průběhu skládkování v tělese skládky. Nedílnou součástí výbavy skládky je soubor monitorovacích prvků sloužících obsluze skládky ke kontrole bezpečnosti a bezporuchovosti jejího provozu.

Vzhledem k nebezpečí průniku skládkových vod do okolního prostředí musí být skládka skupiny S-OO a S-NO odpovídajícím způsobem **těsněny**. Tato technická bariéra je většinou kombinovaná. První vrstvu od základové spáry tvoří většinou minerální těsnění s koeficientem filtrace menším než $1 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$. Druhou vrstvu tvoří folie z vysokohustotního polyethylenu (PEHD) minimální tloušťky 1,5 mm, která se na dně používá oboustranně hladká a na svazích z důvodu odstranění smykových ploch zdrsňená. Folie se proti proražení odpadem chrání netkanou textilií a vrstvou pneumatik prosypávaných vhodným jemnozrnným materiálem

Výluhové vody vznikají v tělese skládky několika způsoby. Jednak jsou to **srážkové vody** zachycené na povrchu skládky infiltrující vrstvou odpadů a pak jsou to vody vzniklé **biologicko-chemickými procesy** při konsolidaci odpadů. Skládka skupiny S-OO, podskupiny S-OO 3 musí být vybaveny zařízením na jímání a odvod plynu z tělesa skládky (podle ČSN 83 8034 Skládkování odpadů- odplynění skládek). Odpad ukládaný na tento typ skládek může obsahovat větší množství biologicky rozložitelných látek. Přeměnou organické hmoty bez přístupu vzduchu (anaerobní digesce) vzniká voda, oxid uhličitý a methan. Způsoby odplynění se dělí do dvou skupin - pasivní a aktivní, umožňující odčerpávání vznikajícího plynu z tělesa skládky. **Plyn**, čerpaný ze skládky, se podle kvality, která je dána obsahem methanu (20 – 65 %), využívá **energeticky** v kogenerační jednotce, nebo se jako jalový spaluje přímo v hořáku.

S ohledem na bezpečnost všech složek životního prostředí je důležitou etapou života skládky její **uzavření** po naplnění kapacity a její **rekultivace**. Tak, jak je skládka vybavena technickou bariérou na dně, musí být stejným způsobem zabezpečena shora. Koeficient filtrace technické bariéry musí být menší než $1 \cdot 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$. Na takto provedenou technickou bariéru se pokládají další technické vrstvy, poslední z nich by měla být ornice.

Důležitou součástí každé skládky je zařízení na zpracování odpadů v tělese skládky. Nejčastěji používaným strojem pro hutnění skládky je čelní kolový nakladač tzv. **kompaktor**. Díky své velké hmotnosti (cca 30 t) a vyvinutému velkému tlaku na jednotku plochy dokáže stlačit směsný komunální odpad z objemové hmotnosti $500\text{-}700 \text{ kg.m}^{-3}$ na $1000\text{-}1200 \text{ kg.m}^{-3}$. Smyslem této úpravy je maximální využití kapacity skládkového tělesa, vytvoření optimálních anaerobních podmínek, zvýšení kapilarity, a tím zvýšení schopnosti odpadů vázat vodu, a snížení úletu lehkých frakcí odpadů za větrného počasí.

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

Skládkování nelze rozhodně označit za nejlepší způsob nakládání s odpadem, zejména v současném rozsahu a podobě. Na skládkách zcela určitě končí obrovské množství materiálů, které lze za současného stupně poznání a technologické vyspělosti okamžitě využít.

6.5.3.1 Procesy probíhají na skládkách

Těleso skládky je z chemicko-technologického pohledu nekontrolovatelným *biochemickým reaktorem*. Po zavezení odpadu do tělesa skládky a jeho zhutnění jsou samovolně zahájeny na sebe postupně navazující stupně biologického rozkladu. Intenzita rozkladných procesů a postup jednotlivých fází procesu jsou vedle koncentrace biologicky rozložitelných podílů ovlivňovány vlhkostí odpadů a též dosaženým stupněm anaerobních podmínek, tj. omezením přístupu vzduchu daným hloubkou závážky, rychlostí zavážení a stupněm hutnění. Postupně probíhající rozklad biologicky rozložitelných podílů odpadu prochází následujícími fázemi [39]:

- **Aerobní procesy**, které započaly již při sběru a svozu odpadů, jsou po založení a zhutnění vrstvy rychle omezovány nedostatkem kyslíku. V těchto procesech se rozloží jen nejméně stabilní organické složky odpadu. Vyčerpáním kyslíku dochází k postupnému přechodu a k další fázi (během několika dnů až týdnů).
- **Kyselinotvorné (acidogenní) procesy** začínají po rozvoji acidogenních společenstev mikroorganismů. Kyselinotvorné bakterie jsou *fakultativní anaeroby*, tzn., že se mohou rozvíjet i v přítomnosti kyslíku, hlavní populace se však aktivuje později a produkuje převážně oxid uhličitý a alifatické kyseliny. V této fázi procesu ještě nevzniká methan a fáze trvá týdny až měsíce, pokud jsou ve skládce podmínky pro rozvoj následné fáze methanogenní. To znamená, že skládka musí být dostatečně hluboká a hutněná, aby byl vždy zamezen přístup vzduchu, který jinak methanogenní činnost silně narušuje. U divokých, nehutněných a mělkých skládek (pod 3-4 m hloubky) se může celý proces zastavit ve fázi kyselinotvorné a k rozvoji methanogennů vůbec nedojde.

Průsakové vody z fáze kyselinotvorné jsou silně znečištěny a mají nízké pH (pod 6,5) a vysoký obsah alifatických kyselin. Pokud je skládka hluboká a hutněná, takže při změnách barometrického tlaku nemůže do tělesa vnikat nadměrné množství vzduchu, rozvíjí se dále proces methanogenní, postupně přes stabilizační fázi až do ustáleného stavu methanogeneze.

- **Methanogenní procesy** zpracovávají produkty anaerobních acidogenů na konečné plynné produkty CO_2 a CH_4 . Ve stabilizovaném stavu pak působí v rovnovážném společenství jak kyselinové anaeroby, tak i methanogenní bakterie, které se pomnoží do té míry, že právě stačí konzumovat veškeré produkty acidogenů. V této fázi stoupá pH až do zásadité oblasti (7,5 i více), a tím se výrazně mění i kvalita průsakových vod. Obsah alifatických kyselin klesá o několik řádů a hlavně klesá obsah těžkých kovů v důsledku jejich vazby na nerozpustné sulfidy a jako následek vymizení agresivních kyselin, rozpouštějících např. kovové podíly odpadu.

Složení plynu je úměrné obsahu methanogenů a dosahuje maximální úrovně kolem 75 % obj. CH_4 a 25 % obj. CO_2 . Typický obsah methanu ve skládkovém plynu je nejčastěji kolem 63-65% obj.), jsou však využívány i skládky, jejichž plyn obsahuje 45 % obj. methanu i méně. U mladých skládek je typický vysoký obsah CO_2 (nad 35 % obj.), což ukazuje na dosud intenzivně probíhající acidogenní fázi. S postupným rozvojem methanogeneze obsah CO_2 klesá a současně s tím roste obsah CH_4 .

6.5.4 Tepelné zpracování odpadů

Pod pojmem tepelné zpracování odpadů je zahrnuto především jejich *spalování a pyrolýza* a dále různé procesy *zplyňování a zkapalňování* odpadů a rovněž tak zvaná *mokrú oxidace* [1].

6.5.4.1 Spalování odpadů

Cílem spalování odpadů je snížit množství organických kontaminantů v odpadech, omezit celkové množství odpadů (a tím zaplnění skládek) a zakoncentrovat těžké kovy v zachycovaném popílku. Využití tepla vzniklého v tomto procesu je jistě pozitivním a dnes již nezbytným vedlejším jevem, není to však hlavní důvod pro volbu tohoto způsobu nakládání s odpady. To platí zejména pro spalování nebezpečných odpadů. Spalovat by se však mělo jen to množství odpadů, které již *nelze využít jako druhotné suroviny*.

Při posuzování spalování odpadů jako způsobu nakládání s odpady proto dnes většinou převládá hledisko jejich odstranění (zejména u odpadů nebezpečných) než jejich využívání.

Technologiím omezování vzniku odpadů či jejich regenerace nebo využívání je třeba dát přednost před jejich spalováním, pokud tomu nebrání ekonomické důvody. V dnešní době se však spalování považuje za *neoddělitelnou součást odpadového hospodářství*, které by mělo předcházet jejich ukládání na skládky.

Spalování odpadů je vhodným procesem nakládání s odpady v hustě obydlených oblastech, kde je nedostatek půdy pro skládkování odpadů. Na druhé straně má však některé omezení ekonomického, technického i environmentálního charakteru. Jsou to zejména vysoké investiční a provozní náklady, nezbytnost kvalifikované obsluhy, dokonalé kontrolní a měřicí zařízení a zařízení pro zachycování škodlivin ze spalin.

Druhy odpadů použitelných pro spalování. Spalováním lze odstraňovat různé druhy odpadů: tekuté kaly, tuhé i plynné odpady. Většina odpadů patří mezi méněhodnotná paliva a jejich spalování není bez problémů. To platí zejména o komunálním odpadu, který je různorodým materiálem o rozdílných vlastnostech a rozměrech jednotlivých složek. Spalovací pece proto musí vyhovovat řadě vzájemně si odporujících požadavků. Např. rozvolněný papír shoří velmi rychle, ale balík časopisů nikoliv, pneumatika projde spalovacím zařízením jen ohořelá, hliník se taví a může zalepovat roštnice. Obtížně spalitelné odpady je nutno mísit s dobře spalitelnými v poměru, který ještě zaručuje trvalé hoření směsi. Jsou to zejména odpady s vysokým podílem inertních materiálů nebo silně vlhké a spékavé odpady. V počáteční fázi spalování a v případech, kdy výhřevnost odpadů je příliš malá, je nutno používat přídatného paliva.

Jakost paliva je určena třemi hlavními hodnotami – *obsahem hořlavín, popelovin a vody*. Pokud má palivo dostatečný obsah hořlaviny, je schopné hoření. Výhřevnost komunálních odpadů se pohybuje mezi 4 000-10 000 kJ.kg⁻¹, výhřevnost průmyslových odpadů se značně liší podle původu odpadů a pohybuje se většinou mezi 15 000 (kůže) až 45 000 (polyethylen) kJ.kg⁻¹.

Principy spalování. Spalování odpadů probíhá složitými procesy. Odpady se zahřívají *stykem s horkými spalinami* nebo *přehřátým vzduchem a sáláním ze stěn pece*. Při teplotách 50-150°C dochází k vysušování materiálu. Při vyšších teplotách vznikají složitými rozkladnými procesy těkavé látky. Tyto látky jsou obecně hořlavé a po vznícení hoří plamenem. Zbývající materiál se dále odplyňuje a hoří značně pomaleji.

Tuhé odpady lze spalovat bez přídavného paliva tehdy, dosahuje-li jejich výhřevnost nejméně 5000 kJ.kg^{-1} . Takové palivo musí mít:

- **obsah popelovin menší než 60%;**
- **obsah vlhkosti menší než 50%;**
- **obsah prchavé hořlaviny větší než 25%.**

Jelikož odpad, na rozdíl od klasických paliv, obsahuje četné příměsi, např. sloučeniny chloru a fluoru, jejichž produkty spalování mohou ohrozit prostředí, je nutné, aby při spalování byly dodrženy tyto základní podmínky:

1. **Dostatek spalovacího vzduchu**, který je přiváděn s 1,5 a 2 násobným přebytkem. Složení odpadů je totiž velmi různorodé a je nutné, aby byl zajištěn přebytek kyslíku za každých podmínek.
2. **Dostatek tepla** je nutný hlavně k rychlému zahřátí odpadu na zápalnou teplotu. Při pomalém zahřívání odpadu se část škodlivin nemusí spálit, ale během zahřívání na zápalnou teplotu, která se u odpadu pohybuje mezi $250\text{-}400^\circ\text{C}$, se odpaří a unikne do ovzduší.
3. **Dostatečná teplota hoření**. Vzhledem k zápalné teplotě sazí, která se pohybuje mezi $700\text{-}750^\circ\text{C}$ je nutné, aby v prostoru spalovací komory neklesla pod 800°C . Ve spalovnách komunálního odpadu musí být teplota spalin ve spalovací komoře vyšší než 850°C . Ve spalovnách průmyslového odpadu musí být vždy **dohořivací komora**, ve které je podle druhu odpadu udržována teplota $1\ 000\text{-}1\ 200^\circ\text{C}$.
4. **Dostatečné zdržení spalin v pásnu vysokých teplot**. Jelikož spalování látek neprobíhá okamžitě, ale potřebuje k vyhoření dostatek času, musí se spaliny z odpadů (zejména průmyslových) zdržet v dohořivací komoře minimálně 2 sekundy.

Chemické hledisko

Spalování lze z chemického hlediska zjednodušeně vyjádřit jako exotermickou oxidaci základních složek spalovaného produktu v plynné fázi, kdy spálením uhlíkatých materiálů vzniká oxid uhličitý. Případnou tvorbu oxidu uhelnatého probíhající za nedostatku kyslíku lze vyloučit řízeným přívodem spalovacího vzduchu.

Dusík přiváděný vzduchem je za vysokých teplot oxidován kyslíkem nespotřebovaným ke spalování. Množství vznikajících NO_x závisí na teplotě a přebytku vzduchu. Zkušenosti z průmyslu ukazují, že prakticky nelze nikde dosáhnout toho, aby se úplně vyloučil vznik NO_x ve spalinách.

Pokud spalované materiály (odpady) obsahují chlorované sloučeniny, vznikají při jejich spalování další toxické zplodiny, zejména chlorovodík, chlor a fosgen. Z polychlorbifenyly (PCB), případně dalších chlorovaných látek mohou za určitých podmínek vznikat rovněž vysoce toxické polychlordibenzodioxiny a polychlordibenzofurany.

Termodynamické hledisko

Průmyslově probíhá spalování v otevřeném reaktoru (peci či ohništi), ve kterém dochází k četným tepelným výměnám. Soubor těchto procesů sdílení tepla může vést k samovolně udržované rovnováze, odpovídající optimálním podmínkám zvoleným pro zajištění co možná nejvyšší účinnosti destrukce. Nejdůležitější parametry řídicí tuto rovnováhu jsou následující:

- **Fyzikální charakteristiky odpadu**

Spalování kapalin: kapaliny by měly být před vlastní spalovací reakcí převedeny do plynného stavu. Pro dosažení dobrého výsledku spalování je proto zapotřebí rychlého odpaření. K tomu je třeba maximálně zvětšit povrch sdílení tepla mezi kapalinou a plynem. Kapalné odpady mají být rozprášeny ve formě směsi jemných kapiček. Z toho důvodu jsou podmínky spalování ovlivňovány dynamickou viskozitou kapalin. Nejlepšího rozprášení a nejkratší reakční doby se dosahuje u hořlavých kapalin s malou viskozitou.

Spalování pevných látek. Stejně jako u kapalin má i u pevných látek rozměr částic vliv na rychlost spalování. Spalování pevných látek je postupným procesem sestávajícím z následujících kroků:

- zplynění těkavých látek;
- hoření těkavých látek;
- hoření zbytkových uhlíkatých struktur.

- **Chemické charakteristiky odpadů**

Vedle již dříve uvedených charakteristik založených na obsahu jednotlivých chemických prvků sem patří výhřevnost, obsah vody a složení spalovacího vzduchu. Kromě toho většina termodynamických rovnováh závisí i na teplotě a době, během níž jsou molekuly vystaveny vysokým teplotám.

Objem spalovací komory je dán konstrukcí, doba zdržení plynů je nepřímo úměrná spalované vsázce. Ta je zároveň předurčena přípustnou tepelnou zátěží spalovací komory, takže rozměr zařízení je určující pro kvalitu spalování.

Zařízení na spalování odpadů

Hlavním důvodem zvýšeného zájmu o výstavbu spalovacích zařízení jsou přísná regulační opatření týkající se skládkování odpadů, která podstatně omezují množství biologicky rozložitelných odpadů, které lze ukládat na skládky. V souvislosti s tím dochází ke značnému nárůstu počtu spalovacích zařízení ve vyspělých průmyslových zemích Evropy i v dalších zemích. Spalováním lze mnohé nebezpečné složky odpadních látek přeměnit na neškodné a rovněž výrazně snížit objem původních odpadů.

Současné technologie spalování odpadů jsou založeny v podstatě na dvou principech:

- spalování tuhých odpadů **ve spalovnách**, k němuž je uzpůsobena většina existujících zařízení;
- spalování kapalných a tuhých odpadů **v rotačních cementářských pecích**.

Spalování je moderní, vysoce účinný a perspektivní způsob zpracování odpadů a v zahraničí se k těmto účelům stále více využívá. V některých zemích (Švýcarsko, Švédsko, Japonsko) se již převážná část komunálních i průmyslových odpadů zpracovává právě tímto způsobem. Lze jen doufat, že i u nás se zatím negativní postoj k této technologii brzy změní ke prospěchu věci.

Pochody probíhající při spalování

Většina spaloven komunálního odpadu má ohniště vybavené rošty, na nichž se odpady spalují. Při tom postupném ohřevu probíhají tyto pochody:

1. **předsoušení odpadu** sáláním plamene z dalších pásem spalování a vzduchem, který se přivádí na rošt (s teplotou kolem 100 °C);
2. **odplyňování odpadů**: sáláním plamene nebo klenby spalovacího prostoru se odpady ohřívají na teplotu 200-600 °C, přičemž již dochází k reakcím mezi kyslíkem a uhlíkatými látkami v odpadech, které se začínají odplyňovat a oxidovat. Vyvíjejí se přitom hořlavé plyny;
3. **zapálení odpadů**: v této fázi, jež se prolíná s druhou fází, vznikají na povrchu odpadového lože místní ložiska hoření;
4. **spalování odpadů**: lože odpadů povrchově prohořívá a dalším přiváděním spalovacího vzduchu vznikají nová ložiska hoření. Plyny se vyvíjejí ve větší hloubce, procházejí vyšší vrstvou odpadů a nad nimi vyhořívají. V samotném loži je teplota 500-800 °C, vzduch se přivádí v této fázi s přebytkem 10-30 %;
5. **hoření**: hoří plyny i vzniklý polokoks. Teplota se zvyšuje až na 1000-1100°C, teplo vyvinuté v loži se odvádí spalinami, v loži vzniká popel a škvára. Přebytek vzduchu bývá 40 %;
6. **vyhořívání a odvádění tepla**: plyny i polokoks dále vyhořívají a vzniká velké množství tepla, které je nutno odvádět. Spalovací vzduch se přivádí v přebytku 20 až 40 %, teplota je až 1 200 °C, musí se udržovat pod bodem tavení popela vysokým přebytkem vzduchu. Z roštu odcházejí popel, škvára a nespalitelné zbytky odpadů.

Druhy spalovacích pecí a topenišť

Roštové pece s pohyblivými i nepohyblivými rošty jsou vhodné zejména pro komunální odpady. Spalovací teploty se pohybují kolem 800-900°C.

Rotační pece jsou vyzděné válce s mírným sklonem, které se pomalu otáčejí, a tím zajišťují promíchávání odpadů. Teplo je přiváděno spalinami všemi třemi způsoby, tj. **sáláním** plamene na odpady i na odkrytou část vyzdívky, **sdílením** tepla ze spalin na odpady a **vedením** tepla z horké vyzdívky do lože odpadů. Tento typ je zvláště vhodný pro průmyslové odpady v pastovitém i kapalném stavu a pro kaly. Spalovací teploty jsou 1 100 °C až 1 200 °C.

Muflové pece, případně spalovny s muflovým ohništěm, se používají zejména ke spalování zdravotnických odpadů, ropných produktů obsahujících kaly z čistíren, zbytky barev laků a odpady z plastů. Provoz je periodický. Spalování probíhá při teplotách 800 až 1 200 °C.

Etážové pece jsou vhodné zejména na spalování kalů a odpadů s vysokou vlhkostí. Pec má tvar stojatého válce, po výšce rozděleného na etáže. Osou válce probíhá masivní hřídel v každé etáži opatřený rameny, na který se nasazují lopatky ze žáruvzdorné slitiny. V etážích jsou střídavě otvory na obvodě a ve středu. Lopatky jsou nasměrovány tak, že při otáčení hřídele postupují odpady po obvodu ke středu, kde propadnou na níže ležící etáž, na niž jsou opět hrnuty od středu k obvodu. Protisměrně postupuje spalovací vzduch. Spalovací teploty jsou nad 800 °C.

Fluidní topeniště a pece se začínají pro spalování odpadů rozšiřovat teprve v posledních letech, nejčastěji pro kaly a tekuté odpady. Pevné odpady je nejprve nutno rozdrtit na stejnorodou zrnitost. Podstata procesu spočívá v tom, že se do vrstvy zrnitého

materiálu (paliva) vhání velkou rychlostí a tlakem plyn, který zrna zvíří. Přitom probíhá velmi intenzivně spalování v celé vrstvě ohniště. Spalování kapalných průmyslových odpadů probíhá na tzv. uhelném nebo keramickém fluidním loži, což je reaktor válcového tvaru opatřený ve spodní části roštem, na nějž se vhání tlakový vzduch. Nad rošt se přivádí stabilizační palivo (rozemleté uhlí) a rozemletý nebo kapalný odpad. Fluidní topeniště umožňují lépe než jiné systémy spalovat odpady s vysokým obsahem síry, která může být zachycována současně přidávkem mletého vápna či vápence. Z odpadů je nutno odstranit kovové a skleněné předměty, které způsobují slinování fluidní vrstvy. Spalovací teploty jsou 800-1000°C,

Plazmové hořáky se začínají uplatňovat v posledních letech pro tepelné zpracování odpadů. Plazma je čtvrtým skupenstvím hmoty. Jedná se o ionizovaný plyn vznikající při teplotách nad 4 000 °C. Pokud je těmto teplotám vystaven odpad, dojde k rozštěpení jeho molekulární struktury a vytvoření jednoduchých sloučenin. Se zavedením postupu na plazmové zplyňování odpadů, zejména komunálních, se uvažuje u nás v Mladé Boleslavi. Záměr předpokládá zpracování 120 tis. t/rok předtříděného komunálního, živnostenského a průmyslového odpadu, včetně kalů z čistíren odpadních vod [40]. Názory odborníků na vhodnost plazmové technologie pro tyto účely jsou však nejednotné.

6.5.4.2 Vliv spalovacích zařízení na životní prostředí

Odpady jsou nejméně čistým druhem paliva. V průměru obsahují řádově více těžkých kovů než uhlí. Spalovny odpadů jsou ve skutečnosti velké chemické reaktory s reakční směsí o v podstatě neznámém a měnícím se složení. Zatím neexistuje žádná analytická metoda, která by mohla spolehlivě určit celkovou ekotoxikologickou povahu spalin a škodlivý vliv emisí spaloven na ekosystémy.

Spalovny radikálně snižují zavadnost komunálního i průmyslového odpadu. Při řádném vedení spalovacího procesu se spálením odstraní choroboplodné zárodky, hnilobné látky a biologicky rozložitelné látky, které při skládkování odpadů ohrožují životní prostředí kapalnými a plynými emisemi. Některé organické látky (PCB a jiné obtížně oxidovatelné organické chlorované sloučeniny) se nerozloží úplně a mohou přecházet do spalin. Spaliny rovněž obsahují celou řadu zplodin hoření různých látek, které představují nebezpečí pro životní prostředí.

Proto současné moderní spalovny jsou vybaveny **účinným zachycováním těchto zplodin**, které je zpravidla třístupňové. Tato zařízení jsou vlastně složitým chemickým závodem a investičně představují významný podíl z celkových investičních nákladů na spalovnu.

V **prvním stupni** se pomocí elektrostatických nebo tkaninových filtrů odstraní pevné částice (popílek).

Ve **druhém stupni** se odstraní kyselé anorganické plyny (oxid siřičitý, oxidy dusíku, chlorovodík, případně fluorovodík) zpravidla **mokrým způsobem** pomocí hydroxidu vápenatého nebo hydroxidu sodného. Méně časté jsou postupy polosuché (nástrikem suspenze vápna do rozprašovací sušárny) a suché (sorpce kyselých plynů na CaO nebo NaHCO₃ jako pevných sorbentech).

Třetí stupeň spočívá v odstranění organických látek (zejména dioxinů) pomocí aktivního uhlí. Tento způsob různě modifikovaný používají spalovny v Praze-Malešicích a v Brně. Aktivní uhlí jako neselektivní sorbent odstraní prakticky veškeré organické nečistoty. V poslední době se pro odstranění dioxinů (a dalších organických látek) používají rovněž

procesy katalytické (současně s odstraňováním NO_x). Tento způsob je zaveden ve spalovně Termizo v Liberci [41].

Oxidy dusíku, které vznikají oxidací vzdušného dusíku při teplotách nad $850\text{ }^\circ\text{C}$ se účinně odstraňují selektivní katalytickou nebo nekatalytickou redukcí spočívající v reakci oxidů dusíku s amoniakem či močovinou.

6.5.4.3 Pyrolýza odpadů

Alternativou spalovacích zařízení je **pyrolýza**, která se pro odstraňování odpadů považuje za perspektivní technologii. Pyrolýza (nebo též odplynění) představuje tepelný rozklad organických materiálů bez nepřístupu zplyňovacích medií jako je vzduch, kyslík, oxid uhličitý a vodní pára. Probíhá tak, že se v oblasti teplot 150 až $900\text{ }^\circ\text{C}$ uvolní těkavé látky a vyšemolekulární organické látky se rozloží na nížemolekulární a molekuly s dlouhými řetězci se rozštěpí na kratší.

Pyrolýzní technologie. Pyrolýza je vhodná pro jednotné odpady s neměnným složením. Neosvědčila se pro směsné průmyslové odpady. Odpady se zpravidla pyrolýzují v rotační peci vytápěné zevně spaliny. Vlastní pyrolýzní proces probíhá bez přístupu vzduchu při teplotách 500 - $550\text{ }^\circ\text{C}$ v **pyrolýzní komoře**, vzniklé plyny se spalují ve druhém stupni, v **termoreaktoru**. Termoreaktor je vybaven přídatným hořákem pro udržení požadované teploty (v rozmezí 900 - $1300\text{ }^\circ\text{C}$). Pyrolýzní jednotka je vhodná pro šaržovitý provoz pro odpad, který nemá příliš vysoký obsah škodlivin a nemá tendenci ke spékání. Pyrolýzní zařízení jsou vhodná pro spalování netoxického odpadu, který není možno dopravovat do velkých středisek odstraňování. U nás se používají pyrolýzní zařízení především pro odstraňování odpadů ze zdravotnických zařízení.

6.5.4.4 Mokrú oxidace

Mokrú oxidace je **oxidační proces ve vodné fázi**, ke kterému dochází tehdy, jsou-li organické nebo oxidovatelné anorganické látky důkladně promíchány s plynným zdrojem kyslíku (zpravidla vzduchem) při teplotách 150 - $325\text{ }^\circ\text{C}$ a vyšších tlacích. Při zpracování odpadů se tento proces při teplotách 150 - $200\text{ }^\circ\text{C}$ používá k usnadnění odvodnění kalů. Při teplotách 200 - $280\text{ }^\circ\text{C}$ je vhodný např. pro regeneraci použitého aktivního uhlí nebo konverzi nerozložitelných látek na biologicky rozložitelné. Snadno se zpracovávají např. organické kyanidy a sulfidy, alifatické uhlovodíky, fenoly, aromatické uhlovodíky. Při teplotách nad $280\text{ }^\circ\text{C}$ dochází k úplné oxidaci. Účinné zpracování odpadů obsahujících halogenované aromatické sloučeniny, např. hexachlorbenzen, PCB apod., vyžaduje vysoké teploty nad $320\text{ }^\circ\text{C}$.

Mokrú oxidace se používá zejména při zpracování odpadů (odpadních vod) obsahujících látky, které jsou biologicky obtížně rozložitelné nebo jsou toxické pro biologicky aktivní kal v čistírnách odpadních vod. Doporučuje se rovněž tam, kde jsou jiné metody neekonomické nebo ekologicky nevhodné (oxidace chemickými činidly).

6.5.5 Fyzikální a chemické zpracování odpadů

Cílem fyzikálního a chemického zpracování (úpravy) odpadů je umožnění regenerace surovin, získání druhotných surovin či energie, odstraňování nebo snížení nebezpečnosti odpadů či zmenšení objemu odpadů. Tyto způsoby slouží především pro úpravu

průmyslových chemických odpadů, zejména nebezpečných. Úprava nebezpečných odpadů by se měla provádět ve všech stupních nakládání s odpady, počínaje místem vzniku. Některé odpady lze zpracovat **přímo u výrobce**, nebezpečné chemické odpady, zejména složité směsi, je výhodné přepracovat ve **zpracovatelských střediscích**, což se v zahraničí již řadu let provádí. U nás dosud žádné komplexní středisko na zpracování nebezpečných odpadů není, přesto, že již začátkem 90. let minulého století se počítalo s jejich vybudováním, a některé z nich se již začaly připravovat (Ostrava-Hrušov, SLO Oslavany). Vzhledem k závažnosti problému bude však nutno urychleně postupně zřídit tato střediska, která jsou dnes běžná ve většině zemí Evropské unie.

V této kapitole je uveden přehled nejdůležitějších fyzikálních a chemických procesů používaných v průmyslu ke zpracování **nebezpečných chemických odpadů**, uvedeny jejich přednosti a nevýhody a četné příklady jejich praktického použití [42].

6.5.5.1 Typy nebezpečných chemických odpadů

K nejrozšířenějším chemickým průmyslovým odpadům patří:

- organické kapalné chemikálie a rozpouštědla, které lze regenerovat např. destilací;
- odpady obsahující těžké kovy, které lze regenerovat redukcí, srážením, elektrolýzou apod.

Z technologického hlediska lze většinu chemikálií z nebezpečných odpadů získat zpět. Náklady na jejich získávání jsou však mnohdy vyšší než na výrobu těchže látek z primárních surovin.

Z hlediska nakládání lze průmyslové nebezpečné odpady rozdělit do dvou skupin:

- odpady vyžadující **úpravu před ukládáním**;
- odpady, které lze **ukládat bez předběžné úpravy**.

Regenerovatelné odpady

Hlavní typy nebezpečných odpadů, které se upravují regenerací jsou:

- kontaminovaná organická rozpouštědla;
- odpadní vody obsahující těžké kovy;
- odpadní oleje.

Kontaminovaná rozpouštědla

Suroviny pro regeneraci jsou většinou kontaminovaná halogenovaná rozpouštědla (trichlorethan, trichlorethylen, tetrachlorethylen) z odmašťovacích lázní nebo z výroby barev a nátěrů. Stripováním a destilací lze získat 70-80% směsi rozpouštědel, které lze použít např. k výrobě barev. Vedlejšími produkty procesu jsou zpravidla kaly obsahující organické látky, vodu, případně anorganické nerozpustné látky.

Odpady obsahující těžké kovy

Pokud odpadní vody neobsahují příliš bohatou směs těžkých kovů, lze tyto kovy za ekonomicky přijatelných podmínek získávat (regenerovat) fyzikálně chemickými metodami. Např. z odpadních vod z galvanického zpracování kovů lze přítomné kovy získat pomocí ionexů nebo tvorbou komplexů s následnou rozpouštědlovou extrakcí.

Odpadní oleje

Oleje obsahující vodu a kaly lze regenerovat sedimentací, stripováním rozpouštědel nebo filtrací, odstředěním či jinými dělicími technikami.

Transformátorové oleje s obsahem PCB se již ve většině zemí nevyrábějí. Celá řada procesů byla vyvinuta pro jejich regeneraci rozkladem přítomných PCB. Po odstranění PCB lze tyto oleje opět použít jako transformátorové oleje (s vhodnými aditivami).

Spalitelné odpady

V podstatě všechny nebezpečné odpady, s výjimkou některých anorganických odpadů a výbušnin, lze zneškodnit spalováním. Účinnost rozkladu, a tedy odstranění nebezpečných látek závisí na teplotě a době zdržení ve spalovacím prostoru.

Pro většinu organických nebezpečných odpadů, jako jsou např. pesticidy, je spalování často nejvýhodnějším způsobem jejich rozkladu. Při vhodné teplotě a době zdržení je jejich rozklad prakticky úplný.

Látky obsahující toxické kovy (např. rtuť) se obtížně rozkládají. Takové odpady je třeba zpracovávat speciálními tepelnými metodami - pyrolýzou nebo destilací. Spalování odpadů obsahujících rtuť vyžaduje speciální zařízení na čištění spalin.

Nebezpečné odpady, které lze detoxikovat

Nebezpečné odpady lze odstranit buď jejich ***úplným rozkladem*** nebo ***mineralizací***, tj. přeměnit na vodu, oxid uhličitý a minerální kyseliny. Řadu problémů s nakládáním s nebezpečnými odpady lze však vyřešit odstraněním jejich toxických složek. Cílem tohoto způsobu je upravit odpady takovým způsobem, aby nebyly toxickými pro okolní prostředí. Detoxikovaný materiál lze pak rozložit např. přirozenými biologickými procesy.

Anorganické nebezpečné odpady

Mezi odpady, které lze detoxikovat chemickými metodami, patří odpady obsahující kyanidy nebo chromany, které pocházejí z galvanického zpracování kovů.

Ve zpracovatelském středisku, do kterého se přiváží velké množství kyselých mořicích lázní obsahujících železnaté ionty, lze tyto ionty použít s výhodou pro redukční procesy, např. sloučenin šestimocného chromu.

Organické toxické odpady

obsahující chlor lze rozložit dechloračními procesy. Některé procesy jsou založeny na reakci s organokovovými sloučeninami obsahujícími sodík. Konečným produktem je dechlorovaná látka a chlorid příslušného kovu.

Odpady obsahující těžké kovy a současně kyseliny nebo zásady

Takové odpady pocházejí z:

- kyselých mořicích lázní;
- galvanických lázní;
- lázní pro odstranění zkorodovaných vrstev kovů;
- kalů z galvanického průmyslu.

Obsahují zejména Fe, Cr, Ni, Cu, Zn a Cd a rovněž HCl, H₂SO₄, HNO₃ a alkálie jako NaOH.

Průmyslově se takové odpady zpracovávají neutralizací roztoků přídavkem kyselin či zásad, nebo imobilizací kovů srážením ve formě hydroxidů, nebo srážením kovy s nižším standardním redukčním potenciálem (cementací).

Odpady vyžadující zvláštní sledování nebo třídění před zpracováním

Odpady, přicházející do zpracovatelského střediska bez patřičné dokumentace, o jejichž složení či původu nejsou dostatečné informace, je nutno detailně analyzovat před jejich vlastním zpracováním. Četná zařízení pro úpravu odpadů mají jen dvě možnosti:

- spálení;
- uložení na speciálně zabezpečených skládkách.

Materiály určené ke spálení nesmějí obsahovat:

- toxické prvky, které se uvolňují v průběhu spalování a odcházejí ve spalinách +
- látky, které při spalování mohou být výbušné;
- látky, které při průmyslovém zpracování mohou explozivně reagovat.

Hliník při zahřívání s uhlíkem v redukční atmosféře tvoří karbid, který při styku s vodou vytváří methan. Proto se odpady obsahující hliník a karbid nesmějí společně zavádět do spalovny. Některé další prvky mohou vytvářet podobné explozivní látky.

Nebezpečné odpady, které nelze zpracovat jednoduchým spalováním nebo detoxikací

Přestože téměř pro všechny látky existují metody jejich chemického rozkladu, některé se v odpadech mohou vyskytovat v tak malých množstvích, že provoz takového procesu je ekonomicky nevýhodný. Jestliže tyto produkty nelze bezpečně odstranit spálením, je třeba uvažovat o speciálním řízeném skládkování. Příkladem této kategorie odpadů jsou malá množství tuhých kyanidů obsažených ve vytvrzovacích solích nebo články obsahující rtuť. Takové odpady se zpravidla ukládají na speciálně zabezpečených skládkách nebo i v hlubinných dolech.

Zcela jiným druhem nebezpečných odpadů vyžadujících speciální zacházení jsou výbušniny nebo tlakové lahve s plyny. Takové odpady většinou zneškodňují pyrotechnici.

Odpady, které lze pouze skládkovat

Na skládku lze ukládat nebezpečné odpady většinou pouze v tuhém stavu po jejich předběžné úpravě (stabilizací, solidifikací), případně takové odpady, pro které dosud neexistuje proces jejich detoxikace. Jako příklad těchto typů odpadů lze uvést filtrační koláče ze srážení těžkých kovů a struska či popel z jejich spalování a řada dalších odpadů uvedených v našem příslušném právním předpisu (Vyhláška č. 338/1997 Sb., v platném znění.)

6.5.5.2 Úprava nebezpečných odpadů

Úprava nebezpečných odpadů je mimořádně technologicky náročná a nákladná zejména v případech, kdy se jedná o *směsné neseparované* odpady. Právě tyto druhy odpadů tvoří

podstatnou část odpadních produktů chemického průmyslu, většina z nich patří mezi nebezpečné odpady.

S nebezpečnými odpady je třeba nakládat tak, aby neohrožovaly životní prostředí. Proto je velmi důležité sledovat potenciálně nebezpečné látky již od okamžiku jejich vzniku ve výrobním procesu. Zejména je důležité oddělit nebezpečné složky odpadů vhodnými postupy tak, aby bylo možno takto upravené odpady využít jako druhotných surovin.

Nejobtížněji se zpracovávají takové odpady, které jsou **směsí organických a anorganických látek ve formě zředěných vodných kalů**. U takových odpadů je obtížná jejich regenerace i izolace a další odstranění nebezpečných složek. Ideální případ představují odpady sestávající pouze z jedné hlavní složky obsažené v dobře definované základní matici.

Směsné neseparované odpady lze hodnotit podle různých kritérií.

Většinu potenciálně nebezpečných odpadů tvoří:

- organické materiály;
- odpady ve vodných roztocích;
- kaly.

Tyto odpady lze dále posuzovat podle stupně **vzájemné oddělitelnosti** jednotlivých složek. U organických látek představuje nejnižší stupeň oddělitelnosti (prakticky žádný) směs organické a anorganické látky ve formě zředěného kalu. Druhý stupeň představuje směs, ve které jsou organické látky smíchány pouze s malým množstvím vody. Pokud v takových odpadech nejsou přítomny nespalitelné složky, lze je spálit jako palivo. Třetí stupeň tvoří individuální látky jen s malým obsahem příměsí nebo směs látek s podobnými vlastnostmi. Příkladem může být směs uhlovodíků, kterou lze snadno spalovat jako palivo. Chlorovaná rozpouštědla používaná pro odmašťování lze regenerovat destilací. Podobně lze regenerovat i odpadní mazací oleje. Některé organické látky v takových směsích, např. pesticidy, musí být zpracovány speciálními detoxikačními nebo rozkladnými procesy.

Rovněž anorganické složky v zcela neseparovaných odpadech lze jen obtížně regenerovat nebo detoxikovat. Problém se poněkud zjednodušuje u takových odpadů, ze kterých je již většina organické hmoty odstraněna a anorganické složky jsou ve formě zředěných kalů. V některých případech lze zpracováním takových anorganických odpadů s vápnem a koagulanty izolovat nebezpečné složky ve formě koncentrovaných kalů. V nejvyšším stupni vzájemné oddělitelnosti složek jsou anorganické odpady ve formě vodných roztoků či kalů. Takové směsi lze zpravidla poměrně jednoduše zpracovávat, např. sorpcí kontaminantů z vodných roztoků na aktivním uhlí nebo odvodněním kalů.

I když hlavním cílem všech systémů zpracování nebezpečných odpadů je snížení množství nebezpečných složek, je z ekonomického hlediska rovněž žádoucí, aby je bylo možno využít jako druhotných surovin nebo zdroje energie. Rovněž doprava nebezpečných odpadů je velmi nákladná. Je-li proto možno nebezpečné látky ze směsných odpadů odstranit (nebo jejich množství podstatně omezit) přímo nebo v blízkosti místa jejich vzniku, ušetří se tím značná část dopravních nákladů.

Při zpracování neseparovaných nebezpečných odpadů se uplatňuje řada chemických procesů, kterými lze převést veškeré nebo část nebezpečných látek v odpadech na méně nebezpečné či neškodné. Zbylý podíl lze potom dále zneškodnit bezpečnějšími a levnějšími prostředky.

6.5.5.3 Regenerace nebezpečných chemických odpadů

Prvním předpokladem pro praktické využití nebezpečných odpadů, vznikajících zpravidla jako vedlejší produkty výrobních procesů, je jejich čistota. Příkladem vedlejšího produktu vznikajícího v poměrně *vysoké čistotě* je hydroxid vápenatý z výroby karbidu vápníku. Takový odpadní materiál lze využít bez dalších úprav v původní formě.

Méněhodnotné a zpravidla *méně čisté materiály*, které se však snadno regenerují, jsou např. rozpouštědla z výroby léčiv a barev, strusky z výroby oceli a použité olovené desky z výroby olovených baterií. Mnohé z těchto materiálů, které se ve výrobním procesu vyskytují ve značných množstvích, se považují za neužitečné a nevyužitelné v těch průmyslových odvětvích, ve kterých se zpracovávají nebo vznikají. Jiná průmyslová odvětví je však považují za cenné suroviny.

Třetí skupinou materiálů, která je vlastně podskupinou druhé, jsou takové typy materiálů, které je pro dosažení požadované čistoty *nutno dále upravovat*. Např. prach oxidu zinečnatého zachycený z jeho výroby se běžně používá k výrobě síranu zinečnatého. V některých případech je však třeba nejprve odpadní oxid zinečnatý upravovat, aby se odstranily nežádoucí kontaminanty, např. olovo.

Konečně čtvrtou skupinou materiálů jsou takové vedlejší produkty, které se dosud *nerегenerují*. To jsou skutečné odpady, pro které je jediný způsob jejich odstranění uložení na skládku (po stabilizaci).

Zkušenosti z vyspělých průmyslových zemí ukazují, že je technicky schůdné a ekonomicky výhodné regenerovat následující druhy nebezpečných chemických odpadů:

- alkálie;
- kyseliny;
- zemědělsky využitelné materiály;
- katalyzátory;
- kovy a jejich sloučeniny;
- různé oleje;
- rozpouštědla;
- chemikálie s prošlou záruční lhůtou nebo zbytky chemikálií

6.5.5.4 Fyzikální způsoby zneškodňování odpadů

Již malé množství nebezpečných látek přítomných v jinak inertním odpadu mění tento odpad na nebezpečný a podle toho je třeba s ním nakládat, což značně prodražuje veškeré procesy nakládání s nimi. Je proto žádoucí z takových odpadů nejprve tyto nebezpečné složky odstranit, a tím je přeměnit na odpady, které nevyžadují zvláštního nakládání [1, 42].

Pro výběr vhodného způsobu fyzikálního zpracování odpadu je třeba znát jeho fyzikální podstatu. Nebezpečné odpady se mohou vyskytovat jako pevné, kapalné nebo plynné materiály nebo jejich směsi. Příkladem takových směsí jsou suspenze pevných látek, rozpuštěné plyny v kapalinách, případně kapaliny zadržované v pevných látkách.

Fyzikální způsoby zpracování odpadů jsou ve velmi úzkém vztahu k chemickým procesům, podrobněji v následující kapitole. Např. složky nebezpečných odpadů získané jejich srážením z roztoku chemickou reakcí jsou z reakční směsi oddělovány fyzikálními

způsoby, jako je sedimentace a filtrace. Zpracování biologicky rozložitelných odpadů aktivovaným kalem může být podporováno přidavkem chemických nutrientů a vzniklá biomasa oddělena fyzikálními způsoby.

Před volbou specifického fyzikálního způsobu zpracování odpadů je vhodné mít přehled o tom, které z těchto způsobů by přicházely v úvahu, včetně jejich výhod a nevýhod. Prvořadým předpokladem je **bezpečnost práce**, to znamená vyloučit jakákoliv rizika, která by mohla vyplynout z jejich použití a podniknout vhodná preventivní opatření. Důležitým příkladem jsou kyanidy a sulfidy, které mohou reagovat s kyselinou nebo se mohou hydrolyzovat za vzniku toxického kyanovodíku nebo sulfanu (sirovodíku). Jedním z prvních kroků, o kterém je nutno uvažovat při zpracování odpadů, je jejich **separace**, která může představovat značnou úsporu času i nákladů a omezit jejich nebezpečnost. Separace může být jednoduchá, jako je oddělení vodné vrstvy od organické u odpadů sestávajících ze dvou fází. Může zahrnovat mechanické operace (filtraci a odstředování). Z dalších fyzikálních procesů se používají destilace, odpařování nebo srážení (krystalizace) vymrazováním. Příkladem žádoucích produktů získaných těmito separačními postupy mohou být vyčištěná odpadní voda, kterou lze odvádět do vodotečí, palivo získané z odpadů, použitelné jako náhradní palivo ve spalovacích zařízeních a těžké kovy, které lze izolovat v malém množství a dále zpracovávat. Výsledkem separace je často **druhotná surovina**, která může představovat materiál se **značnou tržní hodnotou**.

Jako většina průmyslových operací i procesy zpracování nebezpečných odpadů mohou produkovat znečišťující látky. Zpracováním těchto látek mohou vznikat další nebezpečné odpady, jako jsou plynné emise, koncentráty, kaly, odpadní roztoky. Příklady takových procesů, které mohou produkovat nebezpečné odpady, zahrnují filtry pro odstranění pevných látek, kondenzátory par a adsorpční systémy s aktivním uhlím.

Nejjednodušší způsob fyzikálního zpracování odpadů představují **separace** jednotlivých složek směsi, které jsou již přítomny ve dvou různých fázích. Snadno proveditelná v jednoduchých zařízeních je **sedimentace** a **dekantace**. V mnoha případech může být účinnost separace zvýšena mechanickými prostředky (filtrací či odstředěním). Flotací se dosahuje toho, že suspendované organické látky nebo jemně rozptýlené pevné částice jsou přiváděny k povrchu suspenze. Četné průmyslové odpady sestávají z vodného a organického podílu ve formě **koloidní emulze**. Důležitý a často obtížný způsob zpracování těchto odpadů sestává z oddělení těchto podílů **rozrácením (rozkladem) emulze**. K tomuto účelu lze použít kyseliny (včetně odpadních), jiné chemické látky a teplo. Po rozložení emulze se obě fáze oddělí odstředěním.

Druhou velkou skupinu tvoří procesy založené na **přenosu fází**. Příkladem může být extrakce, zahrnující extrakci kapalina - kapalina či kapalina - pevná látka.. Jednou z nových, účinných procesů je extrakce tekutinou v nadkritickém stavu (nejčastěji oxidem uhličitým). Sorpce je příkladem přenosu látky z roztoku do pevné fáze, významným příkladem je sorpce na aktivním uhlí. Při sorpci se však mohou uplatnit i chemické procesy, jako je výměna iontů, při které dochází k chemické výměně iontů ve funkčních skupinách vázaných v pevném ionexu. V některých fázových separacích mohou látky vykazovat **fázové přechody**, např. při srážení (krystalizaci) z ochlazovaných roztoků, odpařování, kondenzaci, destilaci. Přechod fází může být i výsledkem chemické reakce, např. elektrolytické nanášení na povrch elektrod.

Třetí velkou skupinu procesů fyzikální separace představují procesy **molekulární separace**, často založené na **membránových procesech**, při kterých jsou rozpuštěné látky nebo rozpouštědlo protlačovány membránou. Nejpoužívanějším membránovým procesem je **reverzní osmóza**, při které je voda z vodných odpadních roztoků protlačována membránou

za vzniku vyčištěné vody a koncentrovaného roztoku obsahujícího nečistoty. Jiným typem membránových procesů jsou např. **ultrafiltrace** a **elektrodialýza**, při které ionty selektivně migrují působením elektrolýzy membránou, která umožňuje průchod aniontů a kationtů.

Reaktivní odpady musí být zpracovávány vhodnými činidly, aby se omezilo jejich možné riziko. Podle fyzikální a chemické povahy těchto látek lze pro jejich odstranění použít různé separační procesy.

Nejběžněji používané fyzikální procesy zpracování odpadů

Adsorpce na aktivním uhlí, která je vhodná pro odstranění kontaminantů z kapalných a plyných proudů. Nejčastěji se používá pro organické látky, i když i některé anorganické látky lze takto účinně odstranit. Proces je relativně nespecifický, a proto se široce používá v takových operacích, kdy chemické složení zpracovávaných odpadních proudů není zcela známo; např. při úpravě vod, odstraňování rozlitých chemikálií a odstraňování těchto látek ze znečištěného vzduchu. Někdy se rovněž používá pro předúpravu odpadních proudů před jejich zpracováním takovými procesy, jako je reverzní osmóza pro zvýšení jejich účinnosti. Adsorpce na aktivním uhlí je vratná, což umožňuje jeho regeneraci a opětné použití.

Jako sorbenty pro odstraňování organických látek z odpadních vod lze použít i některé syntetické organické polymerní pryskyřice.

Destilace má pro zpracování nebezpečných odpadů jen omezené použití. Jedním z požadavků je, aby surovina pro nepřetržitou destilaci byla snadno čerpatelná a jen s malým množstvím pevných podílů. Vysoce viskózní odpady a odpady s vyšším obsahem pevných podílů je třeba nejprve upravit. Avšak ani některé snadno čerpatelné odpady nelze zpracovávat destilací, například organické peroxidy, pyroforické organické odpady a většinu anorganických odpadů. Problémy vyvolávají i odpady, které mají snahu polymerovat. Nejvhodnějšími typy odpadních látek pro zpracování destilací jsou organické kapalné látky, zejména rozpouštědla a halogenované sloučeniny. Další příklady pro použití destilace při zpracování odpadů jsou fenoly ve vodných roztocích, xylen kontaminovaný parafinem z histologických laboratoří, směs ethylbenzenu a styrenu, odpady z výroby penicilinu obsahující butylacetát.

Sušení a odpařování. Odpařování se používá pro odpady, které nelze zpracovat destilací, zejména pro odstranění vody z koncentrovaných vodných odpadů. Speciální případ této techniky je odpařování v tenké vrstvě umožňující odstranit těkavé látky zahříváním kapaliny nebo kalu nanesených v tenké vrstvě na zahříváném povrchu. Tento proces je vhodný k selektivnímu odstranění relativně těkavých organických látek z vody, nebo k odstranění vody z vysokovroucích organických produktů (např. ke zvýšení výhřevnosti odpadů určených ke spalování). Předností této metody před stripováním parou je to, že nezavádí dodatečnou vodu do produktu.

Sušení je široce používaná průmyslová operace pro zpracování různých typů nebezpečných odpadů. Spočívá v odstranění rozpouštědla nebo vody z tuhých nebo polotuhých odpadů (kalů), nebo odstranění rozpouštědla z kapaliny, nebo suspenzí za vzniku vysušeného zbytku. Sušením nebezpečných odpadů se snižuje jejich množství, odstraňuje se rozpouštědlo nebo voda, které by mohly narušit následné procesy jejich zpracování, a odstraní se nebezpečné těkavé složky odpadů. Nejširší použití v oblasti zpracování nebezpečných odpadů má tento proces při odvodňování vodných kalů.

Rozpouštědlová extrakce je vhodná například k fyzikální separaci vybraných složek odpadů z vodných roztoků nebo organických rozpouštědel (extrakce kapalina-kapalina) nebo

z kalů či pevných směsných materiálů (loužení). Prvním průmyslovým procesem tohoto typu byla extrakce fenolů z odpadních vod z rafinerií ropy nebo koksoven. Jiným průmyslovým příkladem rozpouštědlové extrakce je získávání kyseliny octové z průmyslových odpadních vod pomocí octanu ethylnatého či extrakce PCB z transformátorových olejů.

Loužení běžně slouží k získávání cenných složek z rud, případně odpadů z jejich zpracování a dále k extrakci kontaminantů z půd.

Vymývání půd. Extrakce s vodou obsahující různá aditiva se používá k čištění půd kontaminovaných nebezpečnými odpady. Složení kapaliny používané k promývání je závislé na typu kontaminantů, které mají být odstraněny. Promývací medium může sestávat z čisté vody, nebo obsahovat kyseliny (k vyloužení kovů nebo k neutralizaci alkalických půdních kontaminantů), zásady (k neutralizaci kyselých kontaminantů), povrchově aktivní látky (ke zvýšení účinnosti odstranění organických kontaminantů z půd a ke zvýšení schopnosti vody emulzifikovat nerozpustné organické složky) nebo redukční činidla (k redukci oxidujících látek). Z takto vzniklého vodního eluátu jsou potom odstraňovány kontaminaty tak, aby jej bylo možno dále upravovat

Membránová separace může sehrát v budoucnu významnou roli při minimalizaci nebo recyklaci nebezpečných odpadů. Tyto procesy zahrnují reverzní osmózu, ultrafiltraci, hyperfiltraci a elektrodialýzu, tedy metody oddělující kontaminant z kapalně fáze. Membránovými separačními procesy lze dosáhnout:

- snížení objemu odpadu;
- získání nebo čištění kapalně fáze;
- koncentrování či získání kontaminantu.

Ultrafiltrace a hyperfiltrace používají tlaky a polopropustné membrány pro separaci zejména neiontových materiálů z roztoků, např. z vodných. Hyperfiltrace je vhodná pro separaci jak iontových, tak i organických rozpuštěných látek (solutů) a umožňuje průchod membránou částic s molekulovými hmotnostmi 100 až 500. Ultrafiltrace se používá pro separaci organických solutů s molekulovými hmotnostmi 500 až 1 000 000. Obě tyto techniky jsou založeny na tom, že voda a nízemolekulární rozpuštěné látky pod tlakem procházejí membránou, zatímco znečišťující látky se koncentrují v roztoku či suspenzi. Tato membránová separační technika je především účinná pro odstranění suspendovaných pevných částic, olejů a tuků, velkých organických molekul a komplexů těžkých kovů z odpadních vod.

Reverzní osmóza je vhodná především pro oddělení vody z materiálů obsahujících anorganické ionty. Je založena na jiném principu než ultrafiltrace a hyperfiltrace využívajícím toho, že membrána je selektivně propustná pro vodu a odděluje rozpuštěné látky v iontovém stavu. Při reverzní osmóze se pracuje s vysokými tlaky k protlačení permeátu membránou, a tak se oddělí koncentrát s vysokým obsahem rozpuštěných solí. Reverzní osmóza jako způsob zpracování nebezpečných odpadů se používá především v metalurgickém průmyslu při elektrolytickém pokovování. Hlavní oblastí použití je čištění odpadní vody používané k oplachu povrchů elektrolyticky pokovovaných částí, která je kontaminována zinkem, mědí, niklem, kyanidy a síranovými ionty. Koncentrovaný roztok (někdy dále koncentrovan odpařováním vody) lze opět použít v pokovovací lázni a vyčištěnou vodu recirkulovat jako oplachovou vodu.

Elektrodialýza je membránová separační technika používající membrány propustné pro kationty nebo anionty, kde hnací silou dělení je elektrolýza stejnosměrným proudem mezi dvěma elektrodami. Membrána dovolí rozdělit původní materiál (roztok) na čistou vodu a

koncentrovaný roztok rozpuštěných látek. Hlavní oblastí použití elektrodialýzy při zpracování odpadů je koncentrování odpadů z elektrolytického pokovování.

Vymražováním lze oddělit vodu z roztoků (včetně nebezpečných odpadů) ochlazením roztoku na teplotu, při níž se začínají tvořit krystaly ledu. Jelikož tento proces není závislý na složení zpracovávaného materiálu, lze jej používat pro celou řadu odpadních proudů bez jejich předběžné úpravy, např. pro

- koncentrování kyselin a zásad (těkavé organické látky zůstávají v koncentrátu),
- krystalizaci solí z nasycených roztoků, které jsou odstraňovány z procesu jako kaly.

Stripování vzduchem a vodní parou je fyzikální jednotková operace, při které jsou rozpouštěné molekuly transportovány z kapaliny do proudu plynu nebo páry. Hnací silou pro přenos hmoty je zde koncentrační gradient mezi plynnou a kapalnou fází. Dobře fungující stripovací zařízení může dosáhnout až 99% odstranění těkavých organických látek z vody. Oba způsoby našly uplatnění pro odstraňování nebezpečných organických látek z vodných odpadních materiálů, zejména chlorovaných rozpouštědel jako methylenchlorid, tetrachlorethylen či aromatických rozpouštědel jako je benzen a toluen.

Stripování vzduchem je rozšířená metoda zvláště pro dekontaminaci zdrojů podzemní vody kontaminované rozpouštědly. Je vhodná zejména pro odstranění malých množství těkavých látek z průmyslových vodných odpadů. Používá se rovněž pro odstranění amoniaku z vodných roztoků upravovaných přísadkami zásaditých činidel pro přeměnu amoniového iontu na těkavý amoniak.

Použitelnost stripování vzduchem je omezena na zředěné vodní odpadní roztoky s koncentrací těkavých organických látek do 100 mg/l.

Stripování parou má širší použití, zejména pro rozpustnější, méně těkavé látky, které nelze stripovat vzduchem, jako je aceton, methanol, pentachlorfenol, pro těkavé organické látky přítomné v odpadních vodných roztocích ve vyšších koncentracích a pro nevodné odpady, jako jsou použita rozpouštědla kontaminovaná netěkavými nečistotami. Stripování parou je investičně i provozně nákladnější, a proto pravděpodobně nebude použitelné pro dekontaminaci podzemních vod, kde je stripování vzduchem dostatečně účinné.

Rozrážení emulzí. Emulze jsou směsi dvou nebo více navzájem nemísitelných kapalin, kde jedna kapalina představuje disperzní fázi rozptýlenou v druhé kapalině ve formě malých kapek. Emulze vznikají při zpracování olejů, vody a kalů. Směsi voda-olej-kal se v předběžném stupni rozdělí sedimentací, dekantací nebo odstředěním. Podstatnou část emulzí tvoří odpadní vody s olejem z povrchové úpravy kovů, jako jsou chladicí a mazací látky na bázi ropných olejů, polosyntetické oleje s malým obsahem ropných podílů a oleje neobsahující ropné produkty. Tyto emulze lze rozrážet jednak fyzikálně chemickými metodami a jednak termickými metodami. V prvním případě se rozrážejí přísadkami aditiv (např. na bázi chloridu železitého nebo hořečnatého). Přísadkami hydroxidu sodného se srazí těžké kovy ve formě hydroxidů. Potom následuje vlastní dělení, při kterém se oddělí vodná fáze od olejových podílů a vloček hydroxidu. Pro filtraci velkých množství se používají kontinuální odvodňovací zařízení s membránovými filtry.

Termické procesy pro rozklad emulzí lze použít všude tam, kde je k dispozici levný zdroj procesního tepla. Jsou výhodné v tom, že :

- nepotřebují dodatečné chemikálie;

- nevznikají odpadní vody, které by bylo nutno zpracovávat. Jako konečné produkty termického zpracování emulzí odpadají oleje obsahující škodlivé látky s vysokou výhřevností.

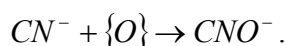
6.5.5.5 Chemické způsoby zpracování odpadů

Tuhé i kapalně chemické odpady lze za určitých podmínek, zejména v malých množstvích, **detoxikovat** chemickými reakcemi. Různé typy chemických reakcí jsou vhodné pro zpracování a rozklad nebezpečných odpadů. Chemické zpracování poskytuje významnou možnost odstraňovat odpady jinými typy odpadů. Jednou z nejvýznamnějších aplikací je vzájemná neutralizace odpadních kyselin a odpadních zásad (např. alkálie z odstraňování síry z ropných produktů) Anorganický podíl ze spalování odpadů s vysokým obsahem oxidů vápníku a hořčíku může sloužit jako náhrada vápna při zpracování a stabilizaci odpadů. Spalitelné organické materiály separované z odpadních olejů, rozpouštědel a kalů lze použít jako doplňkové palivo ve spalovnách nebezpečných odpadů. Pro chemické zpracování odpadů je zpravidla nutné rozpustit je ve vhodných rozpouštědlech. Nejvhodnějším rozpouštědlem je voda, případně s přidávkou emulgátorů a disperzantů. V organických rozpouštědlech se provádějí detoxikační reakce jen výjimečně, protože tato rozpouštědla, zejména halogenovaná, sama o sobě představují problémy při jejich zneškodňování.

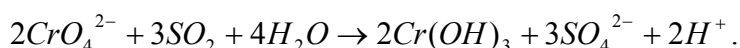
Neutralizace je jedním z nejběžnějších procesů chemického zpracování kyselých nebo alkalických odpadů: např. při regeneraci upotřebených olejů kyselinou sírovou vzniká značné množství toxických kyselých pryskyřic, které přes svou vysokou výhřevnost nelze spalovat vzhledem k značnému obsahu sirných látek, ze kterých se uvolňuje oxid siřičitý. Neutralizace je jednou z možností pro jejich úpravu tak, aby je bylo možno ukládat na skládky. Pro zpracování kyselých odpadů se široce používá hydroxid vápenatý. Kyselina sírová je poměrně levný prostředek pro zpracování alkalických odpadů. Nicméně přidávkou velkého množství kyseliny sírové může vznikat produkt s vysokou kyselostí. Proto pro některá použití je vhodnější kyselina octová. Kyselina octová je slabou kyselinou a její přebytek nepředstavuje žádné významné riziko, a navíc je biologicky rozložitelná.

Neutralizace (úprava pH) je často vyžadována před použitím dalších metod úpravy odpadů. Mikroorganismy zpravidla mohou existovat v rozmezí pH 6 až 9, takže zařazení neutralizace může být nutným krokem před následným biochemickým zpracováním.

Jinými běžnými procesy zpracování, kterými lze nebezpečné složky odpadů převést na méně nebezpečné, jsou **oxidačně-redukční** reakce. Tyto reakce se používají zejména pro zpracování kovonosných odpadů a anorganických odpadů, obsahujících toxické látky jako sulfidy, kyanidy a chromany, a organických látek, jako jsou pesticidy a sirné látky. Nejběžnějšími oxidačními činidly pro zpracování odpadů jsou peroxid vodíku, chlornan sodný, chlornan vápenatý a ozon. Z redukčních činidel jsou nejpoužívanější SO_2 a NaBH_4 . Vzhledem k vysokým cenám těchto chemikálií je oxidačně-redukční zpracování vhodnější pro odpady obsahující jen malé množství odstraňovaných látek (do 1%). Např. toxický kyanidový iont lze oxidovat na méně toxický kyanátový:



Jiným běžným příkladem je redukce rozpustných toxických sloučenin Cr^{6+} na nerozpustné, méně toxické sloučeniny Cr^{3+} :



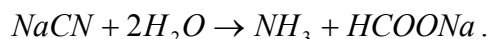
Chemická oxidace se široce uplatňuje pro zpracování nebezpečných i ostatních odpadů. Četné technologie jsou zavedeny v průmyslovém měřítku a představují bezpečný způsob zneškodňování odpadů, který lze snadno regulovat a monitorovat. Chemická oxidace je nejvýhodnější pro zpracování látek v kapalně fázi a lze ji dobře použít i v případě kalů. Jelikož oxidační činidla jsou zpravidla neselektivní a představují hlavní podíl nákladů na zpracování, je tato technologie vhodná zejména pro odpady s malým obsahem organických látek. Z organických sloučenin lze chemickou oxidací odstraňovat např. fenoly, aminy, merkaptany a chlorfenoly. Některé organické sloučeniny jsou odolné vůči celé řadě oxidačních činidel při teplotách místnosti, a proto mnohdy vyžadují vyšší teploty a použití katalyzátorů či UV záření.

Oxidační činidla Z četných oxidačních činidel našly pro odstraňování nebezpečných odpadů praktické využití zejména chlornan sodný, peroxid vodíku, chlornan vápenatý, manganistan draselný a ozon.

Redukční činidla při zpracování odpadů se používají zejména pro odpady obsahující sloučeniny šestimocného chromu, dále rtuti, organokovových sloučenin a chelátů kovů. Z redukčních činidel se pro odstraňování odpadů nejvíce používají oxid siřičitý a natrium borohydrid (Na BH₄).

Hydrolýzní procesy. Řada kapalných a tuhých průmyslových a laboratorních odpadů a některé plyny a páry lze detoxikovat hydrolýzou. Reakční doba je však i při vysokých teplotách poměrně dlouhá, takže je třeba používat katalyzátory. Hydrolýza je vhodný způsob odstraňování těch odpadů, které reagují s vodou za vzniku nebezpečných produktů. Je použitelná pro organické i anorganické odpady; umožňuje odstranit reaktivní vlastnosti těchto odpadů. Je výhodná zejména pro alkoxidy kovů, amidy kovů, karbidy, silany, hydridy, halidy a sulfidy.

Hydrolýza se může uplatnit např. při detoxikaci kyanidů za vzniku amoniaku a mravenčanu sodného



Hydrolýzní procesy jsou výhodné v tom:

- že vyžadují pouze vodu a teplo a přitom vznikají relativně neškodné produkty, které lze bez nebezpečí odvádět;
- nečistoty v kyanidech, jako je BaCl₂, NaCl, NaNO₂, NaOH, neovlivňují reakci, i když jsou ve značném přebytku, a některé z nich lze regenerovat;
- lze zpracovávat i koncentrované roztoky.

Hydrolýzní technologie je založena na tom, že voda za řízených podmínek může bezpečně modifikovat určité chemické prvky a sloučeniny. Příkladem může být hydrolýza nebezpečných chemikálií, jako jsou kovový draslík nebo lithium amid, za vzniku méně nebezpečných látek.

Hydrolýza je pravděpodobně nejlepším způsobem odstranění odpadů obsahujících složky reagující s vodou, i tehdy, kdy lze tyto materiály odstranit i jinými procesy, např. spalováním. Řízená hydrolýza je vždy bezpečnější pro obsluhu i pro životní prostředí než procesy, které nelze regulovat.

Srážení je nejběžnější proces, kterým se rozpuštěné složky převádějí do nerozpustné formy (zpravidla ve formě kalů) chemickou reakcí, nebo změnou složení rozpouštědla. Vzniklou sraženinu lze pak odstranit filtrací či sedimentací. Proces se široce používá zejména

k odstranění toxických kovů z roztoků. Ke srážení nejčastěji slouží hydroxidy jako $\text{Ca}(\text{OH})_2$ či NaOH .

Elektrolytické procesy se používají převážně pro odstraňování kovů z oplachových vod nebo procesních proudů. Tyto kovy je třeba odstranit nebo zachytit z odpadních kapalných proudů před jejich vypouštěním jak z hlediska ekologického, tak i ekonomického (kovy s vysokou tržní hodnotou).

Přednosti elektrolytických procesů jsou následující:

- možnost získání a opětného použití kovů s vysokou tržní hodnotou;
- emise toxických těžkých kovů jsou omezeny na minimum;
- nízké investiční náklady na proces;
- odstranění vzniku toxických kalů;
- minimální údržba zařízení.

Elektrolytické procesy našly praktické uplatnění při získávání celé řady těžkých kovů z roztoků, např. zlata, stříbra, kadmia, niklu, mědi, zinku a dalších kovů. Jedním z nejběžnějších elektrolytických systémů je získávání mědi z roztoku v kyselině sírové. Dlouhá léta se tyto procesy již používají v těžebním průmyslu, nověji též při povrchové úpravě kovů, výrobě tištěných obvodů, pokovování a pod.

Ionexy jsou účinným a všestranným prostředkem pro zpracování nebezpečných odpadů ve vodných roztocích. Vhodné jsou zejména pro detoxikaci velkých proudů odpadních vod obsahujících relativně malá množství sloučenin těžkých kovů, např. odpadní vody z povrchové úpravy kovů. Takto upravenou vodu lze odvádět do prostředí nebo recyklovat. Zachycené kontaminanty se z ionexů uvolňují kyselou nebo alkalickou regenerací, často ve formě, ve které je lze opět použít. Ionexy lze rovněž použít k čištění koncentrovaných chemických roztoků. Po zpracování ionexy lze vyčištěný koncentrát recyklovat do procesu. Přesto, že zatím se pro zpracování nebezpečných odpadů používá tato metoda jen výjimečně, lze očekávat její široké uplatnění i v této oblasti, zejména při zpracování anorganických odpadů.

Značné možnosti uplatnění má tato metoda zejména při zpracování odpadů z povrchové úpravy kovů, regeneraci a čištění použitých kyselin a radioaktivních odpadů.

Flokulace pomocí chemických flokulačních činidel je vhodná k odstranění čerstvě vzniklých sraženin ze suspenzí společně s koloidně suspendovanými pevnými částicemi původně přítomnými v odpadech.

Dehalogenace se začala používat pro odstraňování nebezpečných odpadů teprve nedávno. Praktické uplatnění nachází tento postup např. při dehalogenaci polychlorbifenylnů (PCB) v olejích pomocí sodíku (proces byl provozován i v ČR v bývalé firmě IDOS Praha s.r.o. v Příbrami) či naftylnatría

Všechny tyto procesy mají však jen velmi omezené použití pro rozklad PCB v jiných matricích než olejích, např. půdách či sedimentech obsahujících vodu a vystavených vzdušnému kyslíku. Jelikož jsou založeny na použití aktivního sodíku, nemohou pracovat bezpečně ve vlhkém prostředí.

Snaha o použití dehalogenace i ve vlhkém prostředí vedla k vývoji nových dehalogenačních činidel, vhodných pro dehalogenaci PCB v půdách i v podmínkách in situ. Tato činidla vznikají reakcí sodíku s polyglykoly nebo polyglykolmonoethery v přítomnosti kyslíku. Předběžné laboratorní testy prokázaly slibné výsledky dehalogenační účinnosti

činitla i jeho použitelnost in situ v půdách. Terénními zkouškami se však ukázala větší náchylnost činitla k deaktivaci vodou, než se původně očekávalo.

Účinným způsobem zpracování odpadů obsahujících chlorované aromatické sloučeniny (PCB, chlorované dioxiny a furany, hexachlorbenzen) je tzv. proces BCD (base catalytic destruction) založený na zpracování těchto látek s hydroxidem sodným, olejem jako donorem vodíku a vhodným katalyzátorem při teplotách kolem 350°C. Za těchto podmínek dochází k substituci atomů chloru vodíkem vytvářeným přímo uvedenou reakcí za vzniku chloridu sodného a odpovídajícího uhlovodíku. Proces, vyvinutý v USA a úspěšně aplikovaný v řadě zemí, je nyní i u nás (od roku 2006) provozně realizován v závodě Spolana Neratovice pro odstranění odpadů s obsahem uvedených látek, které vznikaly v tomto závodě v dřívějších letech jako vedlejší produkty výroby pesticidů.

Fotolýza. Fotochemické procesy probíhají neustále v zemské atmosféře i na zemském povrchu. Těmito přírodními procesy se rozkládají četné organické látky v atmosféře, ve vodách i v povrchových vrstvách půdy.

Ultrafialové záření dopadající na povrch Země je v podstatě omezeno na vlnové délky vyšší než 295 nm. Fotochemické procesy, které mohou pracovat v širším rozmezí vlnových délek, se začínají využívat i k rozkladu nebezpečných odpadů. Vzhledem k možnostem použití speciálních zdrojů vysokointenzivního záření lze považovat tyto procesy jako perspektivní i pro odstraňování nebezpečných odpadů v průmyslovém měřítku. Nadějně je jejich použití pro odstraňování odpadních materiálů obsahujících pesticidy, dioxiny a výbušniny.

Fotolýza se může významně uplatnit zejména pro dehalogenaci halogenovaných pesticidů, které jsou velmi odolné proti biodegradaci nebo hydrolýze v prostředí, nebo při zneškodňování výbušnin typu TNT (zpravidla v přítomnosti silných oxidačních činitel).

6.5.5.6 Solidifikace (zpevňování) odpadů

Speciálním případem fyzikálně-chemické úpravy odpadů je jeho **stabilizace**, tj. přeměna odpadu na nerozpustný produkt pomocí chemických procesů nebo jeho zachycením (imobilizací) na vhodný sorbent.

V prvním případě jsou chemické látky v odpadu chemicky vázány (fixovány) s přidávaným materiálem (hydraulickými nebo organickými pojivy, speciálními aditivami a aktivátory či akcelerátory). Ve většině případů dochází při tom k solidifikaci (zpevňování) odpadu, což je výhodné zejména z praktického hlediska (lepší manipulace, omezená vyluhovatelnost).

Solidifikace odpadu je založena na zpevnění odpadu, který má původně skupenství plynné, kapalné nebo pevné pomocí matrice vytvořené anorganickou nebo organickou látkou. Je to tedy proces, kdy se do formy bloků nebo zrn makroskopické velikosti převádí roztok, suspenze, plyn adsorbovaný na vhodném sorbentu nebo jemně zrněná pevná látka.

Fixace je takový případ solidifikace, kdy malé částičky odpadu reagují se složkami solidifikačního media chemicky nebo s nimi vytvářejí směsi. Tak je tomu např. u bitumenu, kdy některé organické odpady se rozpouštějí v roztaveném bitumenu a po jeho ztuhnutí vznikne pevná slitina. U vitrifikovaného odpadu, kdy zpevňujícím mediem je sklotvorný materiál, se jednotlivé atomy složek odpadů stávají součástí mřížky vznikajícího skla. Dnes se pod pojmem solidifikace téměř vždy rozumí **solidifikace s chemickou fixací (SCF)**.

Enkapsulace je proces, kdy složky odpadu nejsou schopny vytvářet solidifikací sloučeniny nebo se mísit se solidifikujícím médiem, ale solidifikující medium obaluje malé částičky odpadu, a tím je izoluje od životního prostředí.

Případem enkapsulace je vitrifikace odpadu, obsahujícího chrom, jehož atomy nejsou schopny vytvářet skla se sklotvornými materiály, takže dochází pouze k obalení shluků molekul oxidu chromu sklem. Podobným příkladem je i zavařování odpadu určité velikosti do obalů z termoplastů.

Stabilizací se tedy rozumí procesy omezující riziko vyvolané odpady tím, že přeměňují přítomné kontaminanty do méně rozpustné, méně pohyblivé a tím také méně toxické formy. Přitom fyzikální podstata odpadů se nemusí měnit. Solidifikace se týká procesů, které uzavírají stabilizované odpady do monolitického a vysoce pevného tvaru. Pohyblivost kontaminantů je omezena podstatným snížením povrchu vystaveného vyluhování a izolováním odpadu do nepropustného pouzdra.

Stabilizace/solidifikace odpadů byla zavedena jako metoda k omezení jejich nepříznivého vlivu na životní prostředí při jejich skládkování. Tyto procesy jsou známy již více než dvacet roků, avšak teprve v posledních pěti letech se využívají v širokém měřítku. Zájem o tento způsob odstraňování odpadů neustále roste vzhledem k možnostem dlouhodobé stability ukládaných odpadů a schopnosti imobilizovat kontaminanty v nich.

Účelem solidifikace je:

- zamezení nebo zpomalení migrace nebezpečné složky do životního prostředí<
- získání produktu ve formě snadno manipulovatelné a s mechanickými vlastnostmi zajišťujícími bezpečný převoz na místo uložení a dobrou mechanickou únosnost pro uložení ve více vrstvách;
- snadné ukládání do požadované prostorové depozice úložiště.

Zpevňování nebezpečných odpadů je nutné pokládat za mezní řešení otázky nakládání s odpady, kdy již byly vyčerpány možnosti jejich využití jako suroviny v jiných odvětvích, možnost jejich chemického přepracování, či zhodnocení některé ze složek odpadu. Takovou látku je pak nutné z výše uvedených důvodů oddělit od biosféry, a to s výhledem na velmi dlouhou dobu (stovky i více let).

Solidifikační technologie pro nebezpečné odpady. Při zpevňování odpadů v tuhoucích taveninách se vysušený odpadový materiál vnáší do roztavených hmot, zhomogenizuje se a po vypuštění do vhodné nádoby přirozeným ochlazováním ztuhne. Jako variantní řešení existuje např. možnost mísit roztavený materiál s kapalným nebo vlhkým odpadem v homogenizátoru-odparce a po odstranění vody zpracovat produkt výše popsáním způsobem. Jako taveniny lze použít např. bitumenové (asfaltové) živice, kamenouhelné dehty, síru apod.

Pro solidifikaci (imobilizaci) odpadů, před jejich trvalým uložením se využívají následující postupy:

Cementace je postup, při kterém se odpad nebo vodná suspenze kalů nebo zahuštěného koncentrátu z odparek, za případného přídavku písku a retardačních činidel, mísí ve vhodném poměru s cementem. Získaná betonová kaše se odlévá do forem pro výrobu stavebních dílů jako např. tvarovek, tvárnic, atd. Povolenoí obsah odpadů v betonu závisí na charakteru odpadů. Cementace je vhodná především pro anorganické materiály, jako je popílek ze spalovacích procesů a odvodněné kaly z čistíren. Provádí se za normálních teplot s použitím běžných typů zařízení.

Bitumenace vyžaduje předchozí odvodnění zpracovávaných odpadů. S výhodou je možné použít filmových rotačních odparek, ve kterých se odpaří nadbytečná voda a odpad se přímo promíchá s bitumenem. Pro suché odpady je možné použít míchaných reaktorů. Vzniklý produkt lze využít pro přípravu podkladových šterkových kobereců, vozovek, jako izolačních vrstev apod. Rovněž v tomto případě závisí povolený obsah odpadů v bitumenaci na druhu odpadu. Bitumenace je vhodná především pro fixaci kalů a kapalných koncentrátů. Provádí se za zvýšených teplot a její produkt je značně odolný vůči vyluhování vodou.

Vitrifikaci se vytaví odpad se sklotvornými látkami, nebo s odpadovým sklem. Vzniklá fritta se dá použít např. k výrobě stavebních dílců, obkládaček, potrubí atd. nebo do závažek či betonu jako součást šterku. Vitrifikace se dá použít i pro spalování organických materiálů za vzniku inertního skla. Při vitrifikaci popílku při 1 200 °C lze získat koncentrát obsahující Zn, Pb a Cu, Ag, Cd, který lze dále hutnicky zpracovat. Pro jednotlivé odpady je nutné odzkoušet technologické postupy a stanovit maximální koncentrace jednotlivých složek.

6.5.5.7 Zpracování nebezpečných odpadů u producenta

První fáze úpravy nebezpečných odpadů probíhá vždy u producenta. Ten je k této činnosti stimulován ekonomickými nástroji, tzn. cenou surovin včetně vody, cenou energie a poplatky za vznik odpadů a za nakládání s odpady v dalších stupních přepracování.

K úpravě odpadů se používají různé fyzikální, chemické i biologické procesy, např.:

- separace recyklovatelných a druhotných surovin, např. magnetickými odlučovači, síty, filtrací, odstředováním, suspendováním, dekantací;
- separace rozpuštěných látek ionexy, extrakcí, elektrochemicky, chemicky;
- zmenšování objemu mletím, lisováním, odstraňováním vody sušením, membránovými procesy, odpařováním;
- detoxikace, zejména u nebezpečných odpadů, rozkladem toxických složek (např. u kyanidů je u producenta povinné).

6.5.5.8 Zpracování odpadů ve zpracovatelských střediscích

Pro přepracování průmyslových odpadů, které nemohou zajistit sami výrobci, se budují speciální střediska provádějící komplexní zpracování průmyslových odpadů, včetně nebezpečných, za úplatu. Tato střediska jsou v zahraničí již několik let v provozu a s jejich výstavbou bude nutné počítat rovněž u nás.

Zpracování určitých skupin nebezpečných odpadů se provádí, vzhledem k jejich různorodosti ve složení, vlastnostech a skupenství, různými fyzikálními, chemickými, biologickými a tepelnými metodami (často jejich kombinací), s použitím jednotkových operací. V zahraničí jsou již v provozu **specializovaná regionální střediska**, ve kterých se odpady zhodnocují tak, že se:

- z nich získávají druhotné suroviny nebo energie;
- přepracovávají, nebezpečné látky se zneškodňují, nebo alespoň převádějí na méně nebezpečné;
- koncentrují a tyto zbytky imobilizují a trvale ukládají.

Komplexností zpracování se tato střediska liší od přepracovatelských závodů, které třídí odpady za účelem recyklace druhotných surovin, případně výroby kompostu, i od specializovaných závodů, např. pro regeneraci plastů, upotřebených minerálních olejů, odcínovaných plechovek apod.

Střediska zajišťují svoz odpadů, jejich přepracování a trvalé uložení nevyužitelných zbytků a přejímají po převzetí odpadů veškerou zodpovědnost za jejich zneškodnění. V zahraničí se takto odpady zneškodňují za úplatu, jejíž výše závisí na skutečných nákladech. Řada takových center již funguje např. ve Německu (Schwabach, Frankfurt), Dánsku, Finsku, Francii i v dalších zemích. První komplexní středisko pro zpracování nebezpečných odpadů mělo být vybudováno v Moravských chemických závodech v Hrušově u Ostravy. Jeho osud, stejně jako dalších projektovaných středisek u nás, je nejasný a zatím nelze očekávat jejich brzkou realizaci, i když se účinné nakládání s nebezpečnými odpady výhledově i u nás bez nich neobejde.

Účel a rozsah zpracovatelského střediska

Cílem úpravy odpadů svezných do střediska je:

- a) znovu získat alespoň část cenných druhotných surovin přítomných jako škodlivá příměs nebezpečných odpadů (chlorovaná rozpouštědla, některé kovy);
- b) kombinací fyzikálně chemických procesů odstranit další přítomné rizikové složky a to buď:
 - separací (např. rozrácením olejových vodných emulzí);
 - dekantací a dalšími fyzikálními postupy je zkoncentrovat pro následné zpracování (např. membránovými či ionexovými procesy, oddělováním organických rozpouštědel);
 - chemickou přeměnou (srážením, neutralizací, oxidací, redukcí apod.) zneškodnit škodlivé či toxické látky (kyanidy, chromany) a usnadnit konečné zpracování odpadů (např. spalováním nebo skládkováním);
- c) dvoustupňovým rozkladem (chemickým a tepelným) zajistit vysoký stupeň rozkladu zvláště nebezpečných odpadních látek, jako jsou PCB, zbytky pesticidů, chlorovaných uhlovodíků apod.;
- d) tepelnými postupy (vysokoteplotním spalováním nebo pyrolýzou) odstranit spalitelné organické podíly za současného využití uvolněného tepla k výrobě páry a zachycení škodlivin ze spalin vypouštěných do vodotečí;
- e) dále již nezpracovatelné zbytky z předchozích technologických stupňů, pokud ještě obsahují škodlivé látky jako těžké kovy a rozpustné soli, imobilizovat (solidifikovat) před jejich konečným uložením na skládce nebo využitím ve stavebnictví do vodou nevyložitelné formy (zpevňování cementací, bitumenací, vitrifikací).

Fyzikálně chemické zpracování odpadů ve střediscích

Tato jednotka je nejdůležitější součástí střediska a má charakter *chemické výroby*. Zpravidla se člení na více zpracovatelských linek, které však využívají některá společná zařízení. Podle zkušeností zahraničních přepracovatelských center lze zde provádět následující operace:

Zpracování zaolejovaných vod představuje největší objem zpracovávaných odpadů. Zahrnuje chemické rozrážení emulzí (chladicích, brusných), ale i mycích vod. Odloučený olej se spaluje, voda se čistí na biologické čistírně odpadních vod a vypouští přes filtr s aktivním uhlím.

Na tzv. **organické lince** se destilací regenerují organická rozpouštědla pocházející z chemického a farmaceutického průmyslu (alkoholy, aromáty). Velká pozornost se věnuje přepracování nehořlavých chlorovaných rozpouštědel (trichlorethylen, tetrachlorethylen), které odpadají při odmašťování kovů, barvení textilu a chemického čištění oděvů. Obsahují rozpuštěné tukové látky, které jako destilační zbytek lze snadno spálit. To přináší dvojí užitek - získat separované chlorované uhlovodíky jako cenné rozpouštědlo a při spalování zbytků zabránit vzniku vysoce toxických dioxinů.

Anorganická linka je určena pro zpracování odpadních kyselin a louhů a k mechanickému odvodnění vzniklých nebo přivážených neutralizačních kalů před jejich uložením na skládce. V některých závodech se navíc odděleně detoxikují kyanidové, chromanové a dusitanové kaly z povrchové úpravy kovů. Kyanidy se oxidují chlornanem, chromové soli se redukuje na netoxické chromité soli. Po neutralizaci a filtraci kalů na kalolisech se vyprané zbytky odvázejí na skládku. Jejich metalurgické přepracování nezbytně vyžaduje oddělený sběr, protože o polymetalické sraženiny není zájem. Předpokládá se, že součástí anorganické linky by mohlo být i speciální přepracování nerozlámaných rtuťových zářivek a televizních obrazovek zahrnující tepelnou sublimaci těkavé rtuti a kadmia s jejich zachycováním chemickou cestou nebo vymrazováním.

Posledním stupněm je zpracování **odpadních vod**, ať již vznikají při zmíněných fyzikálně chemických úpravách, nebo jsou zachycené jako výluhové vody ze skládky či z chemické vypírky škodlivých látek ve spalovně.

6.6 Předcházení (prevence) a omezování vzniku odpadů

Moderní přístupy k nakládání s odpady směřují k předcházení či alespoň omezování jejich vzniku. Tento přístup je podporován příslušnými právními úpravami Evropské unie také v České republice. Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb. v paragrafu 10 přímo ukládá povinnost předcházet vzniku odpadů, omezovat jejich množství a nebezpečné vlastnosti. Konkrétněji jsou tyto požadavky formulovány v koncepcích a plánech odpadového hospodářství. Předcházení vzniku odpadů znamená přijmout změny, které mohou být rozloženy do celého životního cyklu výrobku a všech technologií, s nimiž se výrobek a jeho odpad setká. Předcházení vzniku odpadů má dopad nejen na životní prostředí, ale také na ekonomiku podniku, resp. zařízení nevýrobního charakteru, jako jsou služby, školy nemocnice, úřady, armáda apod.

6.6.1 Podstata předcházení a omezování vzniku odpadů

Podstata nové strategie ve výrobě a využívání produktů a omezování vzniku odpadů spočívá především v racionálnějších využívání surovin, materiálů a energií, ve snižování odpadů a ztrát ve výrobě, v recyklaci odpadů nebo jejich uplatnění jako druhotných surovin v jiných výrobcích, v prodloužení životnosti výrobků a zejména v zavádění **máloodpadových**, případně **bezodpadových technologií**. Tyto technologie se někdy označují společnými názvem jako **čisté technologie**, k jejich uplatňování (zavádění a provozování) směřují opatření **čistší produkce**.

Čistší produkce se týká všech fází **životního cyklu výrobku**, tj. nejenom fáze vzniku produktu, tedy fáze výrobní, ale i fáze užívání, tedy fáze spotřební, včetně fáze zániku čili způsobu odstranění odpadu vzniklého z původního produktu. Pojmy bezodpadová technologie, případně máloodpadová technologie v tom významu, v němž dosud byly používány, se však od pojmu čistší produkce liší také tím, že vyjadřují určitý dosažený stav. Jde tedy o pojmy statické, nevyjadřující postoj nebo přístup k řešenému problému. Neměly by tedy být s pojmem čistší produkce zaměňovány. Navíc jsou vázány pouze na výrobní procesy, kdežto čistší produkce se vztahuje k celému ekonomickému reprodukčnímu cyklu.

Máloodpadovou technologii lze tedy obecně definovat jako technologii, u níž došlo vhodnou změnou původního výrobního procesu ke snížení množství odpadů vnášených do prostředí. Recyklaci odpadů zpět do výroby nelze považovat za bezodpadovou, ale za máloodpadovou technologii, jejíž účinnost je určována minimálním nevyhnutelným množstvím energie skutečně spotřebované na to, aby se odpad znovu využil. Bezodpadové technologie nelze tedy chápat jako technologie určené k výrobě užitečných výrobků z odpadů jiných technologií, a to bez ohledu na jejich hodnotu nebo vynaložené náklady. Máloodpadové technologie mohou být považovány za specifický příklad recyklace, kdy nedochází ani k časovému, ani prostorovému posunu mezi vznikem odpadu a jeho využitím.

Bezodpadová technologie je založena na koncepčním řešení celého **cyklu:**

dodávka surovin- výroba- spotřeba- odstraňování a recyklace odpadu,

což nutno považovat za ucelený systém, jehož jednotlivé prvky na sebe vzájemně působí a ovlivňují se. Je řešena tak, aby se výrobek požadovaných parametrů vyrobil s minimální spotřebou surovin a energie, přičemž při vlastní výrobě by neměly vznikat žádné dále nezpracovatelné a nevyužitelné odpady. Moderní koncepce ochrany životního prostředí si vyžaduje i to, aby nezpracovatelné a škodlivé odpady nevznikaly ani v procesu využívání daného výrobku, ani při jeho odstraňování po uplynutí jeho životnosti.

Pro většinu současných provozovaných technologií je proto výstižnější používat namísto pojmu bezodpadová pojem máloodpadová technologie. Tím se rozumí taková technologie, která produkuje odpady v minimálním množství, vždy však s určitým dopadem na životní prostředí.

Zatím co u máloodpadových technologií jde tedy o vysoký stupeň využití surovin a podstatné snížení vznikajícího odpadu, jsou svou podstatou bezodpadové technologie, uzavřené technologické cykly, v jejichž rámci se odpady recyklují a vracejí do výroby.

Hlavní úlohou výzkumu při zavádění bezodpadových a máloodpadových technologií v průmyslových odvětvích je předcházení vzniku odpadů a jejich minimalizace. Problém odpadů je tedy nutno řešit především **přímo ve výrobním procesu, nikoli po jeho ukončení**. Z technického hlediska je třeba vzít v úvahu, že při výrobě se výchozí materiály přeměňují na výrobky, přičemž vždy zůstávají nezpracované materiály jako zbytek. Jelikož při různých způsobech minimalizace a využívání odpadů se mohou materiálové toky na straně vstupů lišit, je třeba u výchozích materiálů rozlišovat mezi **surovinou a pomocnou látkou**. Surovina obsahuje látky žádoucí pro výrobu určitého produktu, do výrobního procesu vstupují ještě další látky, které musí z procesu odcházet jako zbytek. Tyto pomocné látky, které pouze usnadňují nebo urychlují výrobní proces, nevstupují v průběhu výroby do produktu, ale jsou kvantitativně jako zbytek z provozu vyloučeny. Používání pomocných materiálů proto do značné míry zvyšuje množství odpadů, zejména nebezpečných (např. halogenovaná rozpouštědla, katalyzátory, kyseliny a pod).

Dvě hlavní cesty čistých technologií jsou:

- **zdokonalení účinnosti procesů;**
- **náhrada nebezpečných materiálů bezpečnějšími.**

Účinnost konverze surovin na výrobky, tedy účinnost výrobních procesů, je určena zákony termodynamiky. Odpady jsou proto nevyhnutelným důsledkem konverzních procesů. Je třeba si však uvědomit, že odpady vzniklé konverzními procesy jsou jenom částí celkových odpadů produkovaných společnostmi, protože veškerý materiálový vstup do ekonomiky musí někam odcházet. Stejná termodynamická omezení vztahující se k účinnosti konverzních procesů platí rovněž pro recyklační či regenerační procesy. Obecně řečeno - uzavřené materiálové cykly vyžadují dodávku energie. Přitom procesy konverze energie samy o sobě produkují odpadní materiály. Z toho důvodu je vznik odpadních materiálů nevyhnutelný i tehdy, když se všechny výrobky recyklují. Čím více jsou výrobky rozptýleny v ekonomickém systému, tím větší je ovšem potřeba energie pro jejich recyklování.

Jelikož však převážná většina výrobních a spotřebních procesů nepracuje na hranicích termodynamické účinnosti, jsou možnosti pro zdokonalení využití materiálů značné.

Ve **výrobních procesech** znamená zdokonalení materiálové účinnosti omezení úniků, lepší využití materiálů, uzavřené vnitřní materiálové cykly pro pomocné materiály (recyklace kyselin, katalyzátorů) a nové výrobní technologie. Je třeba zdůraznit, že mezi odpady je nutno počítat i **ztráty ve výrobním procesu**.

Ve **výrobních cyklech** představuje zdokonalení materiálové účinnosti recyklaci a přepracování použitého výrobku a surovin.

U **spotřebních postupů** to znamená dokonalejší využití výrobku, výrobu produktů s delší dobou životnosti, včetně osvětové činnosti u spotřebitelů, aby předčasně nevyřazovali dosud dobře použitelné výrobky.

Obzvláště problematickou skupinou odpadů jsou odpady ze spotřeby, které jsou vedlejšími produkty při spotřebě nebo při málo účinném využívání produktů či produkty přirozeného rozptylování materiálů po určité době.

Ekonomicky významné je zejména vyšší využití vstupních surovin a energií zavedením preventivních opatření, navíc klesnou poplatky za znečišťování životního prostředí. Preventivní přístup nepovažuje za řešení, když je znečištění přenášeno z jedné složky životního prostředí do druhé, např. nepovažuje za optimální řešení snížení emisí oxidů síry na úkor spotřeby vápence a energie a za vzniku tuhého odpadu.

Moderní strategie odpadového hospodářství předpokládá, že v zemích EU

- budou účinně regulovány a značně omezeny emise znečišťující půdu, vodu, vzduch a vznikající odpady budou recyklovány;
- způsoby omezování emisí a odpadů budou dostatečně integrovány tak, že zatížení prostředí bude rovnoměrně rozloženo mezi různé složky prostředí (půda, voda, vzduch) a že tyto složky budou schopny asimilovat odpady. V této souvislosti se zdůrazňují dvě strategie odpadového hospodářství.

1. **Strategie zaměřená na zdroje** představuje veškerá opatření, která lze učinit u zdroje k zabránění nebo omezení úniku odpadů, ke zdokonalení výrob snadnější recyklací vznikajících odpadů a omezení negativních vlivů způsobených při nakládání s nimi. Tato opatření musí být ovšem uplatněna dříve než odpady vzniknou, případně bezprostředně po jejich vzniku. To zahrnuje takové procesy jako recyklování, separaci, zpracování, konverzi.

2. **Strategie zaměřená na účinek** se uplatňuje od okamžiku, kdy jsou odpady uvolněny do prostředí a tříděny výrobcem, až po konečné zpracování a odstranění. Zahrnuje rovněž recyklování a aplikaci metod použitých v místě vzniku nebo mimo místo vzniku. Z tohoto hlediska je třeba rovněž způsoby odstraňování považovat za zdroj znečištění prostředí. Obě zmíněné strategie odpadového hospodářství jsou navzájem úzce propojeny.

6.6.1.1 Zaměření na výrobek

Od počátku průmyslové éry se zaměřovala pozornost společnosti pouze na **výrobu**, zatímco zpracování odpadních materiálů se zanedbávalo. To mělo za následek vznik mnohých průmyslových chemikálií a výrobků, které nebylo možno environmentálně přijatelnými způsoby odstranit.

Naše zdroje však nejsou nevyčerpatelné. Není nadále možné využívat suroviny tak, že se výrobky po uplynutí doby jejich životnosti ukládají neřízeným způsobem. Tento dosavadní způsob měl ničivý vliv na prostředí, protože zanechával nebezpečné odpady a spotřebovával přitom ohromné množství zdrojů a energie.

Proto je jediným environmentálně přijatelným řešením problému nakládání s dopady a využívání zdrojů a energie **orientace na výrobek**. Prevence zaměřená na výrobek vychází z analýzy environmentálních dopadů výrobků během jeho celého životního cyklu. Jedná se o hodnocení designu výrobku s vnímáním potřeb recyklace použitých surovin, které neomezí jeho užitnou hodnotu – např. snížení počtu druhů materiálů pro výrobu, označování materiálů smluvenými kódy, konstrukce spojů (možnosti demontáže).

Z pohledu systému environmentálně přijatelných výrobků lze všechny výrobky zařadit do tří kategorií:

1. **spotřební výrobky;**
2. **uživatelské výrobky;**
3. **neprodejně výrobky.**

Spotřební výrobky jsou určeny k bezprostřední spotřebě, např. prací prášky a potraviny. V systému environmentálně přijatelných výrobků musí tyto výrobky:

- být biologicky rozložitelné (tj. nesmějí se hromadit v potravních řetězcích a prostředí);
- nesmějí být karcinogenní, teratogenní a mutagenní a v používaných koncentracích toxické pro člověka;
- musí existovat analytické metody pro jejich stanovení v pikogramových koncentracích (10^{-12} g.g⁻¹, ppt).

Mnohé spotřební výrobky již tyto podmínky splňují.

Uživatelské výrobky poskytují služby. Příkladem mohou být automobily, televizory, pračky apod. Ty tvoří součást konceptu služeb, kde spotřebitel vyžaduje speciální služby. Pronajímá si výrobek od výrobce, který tyto služby poskytuje, a po použití jej vrací výrobcovi či jiné organizaci k rozebrání či recyklování. Druhotné materiály a výrobky získané současnými recyklačními technologiemi mají však po recyklaci většinou nižší kvalitu. Proto je žádoucí shromáždit a ukládat tyto výrobky odděleně až do doby, kdy budou vyvinuty vhodné způsoby jejich úplné recyklace.

Neprodejně výrobky nelze spotřebovávat nebo využívat, aniž by to ohrozilo prostředí. Jsou to výrobky, pro které zatím neexistují vhodné recyklační technologie. Typickými neprodejnými produkty jsou nevyužitelné a nezpracovatelné odpady, a to vzhledem k jejich nebezpečným vlivům na životní prostředí a nedostatku zájmu spotřebitelů. Z dlouhodobé perspektivy nelze však takové materiály spotřebovávat nebo využívat a měly by být ukládány na speciálních místech do doby, než budou vyvinuty metody jejich zpracování takovým způsobem, aby bylo možné jejich využití nebo bezpečné konečné uložení.

6.6.2 Opatření (nástroje) prevence a omezování vzniku odpadů

Ochrana životního prostředí, včetně omezování produkce odpadů, ze strany průmyslových podniků se v posledních desetiletích dynamicky vyvíjí. **Ředění znečištění** (stavba vysokých komínů, vypouštění znečištěné vody do vodních toků) bylo v padesátých letech chápáno jako dostatečná ochrana životního prostředí. Postupně se však nároky na ochranu životního prostředí zvyšovaly, a proto se v šedesátých letech začínají rychle uplatňovat takzvané **koncové technologie** (čistírny odpadních vod, odlučovače popílku a prachu, spalovny, řízené skládky).

Koncové technologie znečišťující látky zachycují a upravují předtím, než jsou tyto látky vypouštěny do prostředí. Tyto technologie ovšem nikdy nedosahují 100% účinnosti (s vyšší účinností se proces prodražuje) a jejich nedostatkem je i skutečnost, že znečištění se do značné míry pouze **převádí z jedné složky do druhé**.

Ani **recyklace**, která se začala významně rozvíjet v 80. letech, zejména v důsledku ropných krizí, příliš problematiku odpadů a znečištění neřeší. Recyklační technologie jsou většinou energeticky, technicky i finančně náročné a recyklovatelnost materiálů je omezená. Od 90. let se proto v celosvětovém měřítku klade mimořádný důraz především na **předcházení vzniku znečištění**. Prevence průmyslových znečištění neřeší jak nakládat s již vzniklými odpady, ale snaží se odpadu předcházet či ho omezovat přímo v místě jeho vzniku (ve výrobním procesu). Snahou těchto prevenčních opatření je výrobní procesy upravit a optimalizovat tak, aby se objem či nebezpečnost produkovaného znečištění snížily na možné minimum.

Tato opatření se týkají všech druhů odpadů, odpadů ze spotřeby (komunálních apod.) ale zejména z výroby (průmyslových). U komunálních odpadů je to především otázka organizační a otázka osvěty či výchovy obyvatelstva. Pro prevenci či omezování odpadů výrobních existuje celá řada opatření, ať už na **vynucovacím principu** (daná právními normami), nebo na **dobrovolné aktivitě** (na základě dobrovolné iniciativy podniků).

6.6.2.1 Opatření daná právními normami

Z tohoto hlediska je nejdůležitější právní normou **Zákon o odpadech** č. 185/2001 Sb., v platném znění, který přímo ukládá povinnost předcházení vzniku odpadů, omezování jejich množství a nebezpečných vlastností, a dále navazující prováděcí předpisy. Přehled těchto opatření je podrobně uveden v kapitole 2.

Další z významných zákonů, které zásadně ovlivňují odpadové hospodářství, je **Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí** č. 100/2001 Sb., (EIA – Environmental Impact Assessment). V podstatě jde v tomto procesu o vyhodnocení ekologické únosnosti daného území. Proces EIA by tedy neměl být nástrojem, sloužícím k „odstřelení stavby či zařízení“

z těch či oněch důvodů. Výsledkem procesu EIA by mělo být stanovisko, které specifikuje, za jakých podmínek lze danou aktivitu v území uskutečnit.

Celý proces EIA je hledáním rozumného kompromisu mezi možnostmi investora a požadavky dotčených obcí, při minimalizaci dopadů na životní prostředí. Týká se pouze vybraných aktivit, přesně specifikovaných v citovaném zákoně, zejména významných staveb, zařízení apod., posuzovaných podle charakteru buď orgány Ministerstva životního prostředí (MŽP), nebo orgány kraje.

V oblasti **odpadového hospodářství** jde o aktivity vždy posuzované MŽP. Jedná se o zařízení na zpracování radioaktivního odpadu, zařízení pro nakládání s nebezpečnými odpady, zařízení pro nakládání s ostatními odpady s kapacitou nad 30 tis t/rok.

Dalším významným legislativním opatřením směřujícím k předcházení a omezování znečištění, včetně odpadů, je **Zákon o integrované prevenci a předcházení znečištění** č.76/2002 Sb., kterým se v České republice zavádí směrnice Rady EU 96/61/ES (Integrated Pollution and Prevention Control – IPPC). Je to normativní nástroj průmyslové ochrany životního prostředí, který stanoví zásady postupu pro povolení vybraných činností (tzv. **integrované povolení**) a požadavky na úroveň provozované techniky. Průmyslové činnosti a s nimi spojená rizika pro jednotlivé složky životního prostředí jsou posuzována jako **jeden systém** včetně opatření, které bude nutno provést po ukončení zařízení. Prioritně zvažuje opatření předcházení vzniku znečištění, proto sleduje efektivnost využívání zdrojů a opatření integrovaná do výrobních technologií. Zaměřuje se na inovaci technologií, cílem je používání **nejlepší dostupné techniky** (BAT – Best Available Technique), ale zároveň bere v úvahu její dostupnost (co do nákladů i standardní technické úrovně). Vyžaduje spolupráci průmyslu a veřejného sektoru na hledání řešení, která jsou nejvýhodnější jak z hlediska životního prostředí, tak i konkurenceschopnosti průmyslu.

Tato opatření představují **zlom v přístupu k ochraně životního prostředí**. Smyslem těchto opatření je dosáhnout vysoké úrovně ochrany životního prostředí jako celku, tj. neposuzovat odděleně dopad činností na jednotlivé složky životního prostředí, ale najít optimální řešení možných vlivů činností na kvalitu životního prostředí a lidského zdraví. Zákon nedovoluje plošně přenášet znečištění z jedné složky životního prostředí do druhého, např. nepovažuje za řešení zachycování emisí na filtrech, když důsledkem je vznik tuhých odpadů, se kterými je nutno dále nakládat, přičemž je možno emisím předcházet.

Integrovaný přístup znamená sledovat nejen produkované znečištění, ale identifikovat i příčiny jeho vzniku a v maximální možné míře předcházet vzniku znečištění přímo na místě vzniku, ve výrobní technologii. Integrovaná ochrana životního prostředí znamená proto významný posun od zaměření výhradně na **výstupy výroby** (znečištění) k zaměření na **vstupy výroby** a efektivnost jejich využívání. Představuje tak **posun od složek životního prostředí (vzduch, voda, půda) k výrobním činnostem**.

Referenční dokumenty pro BAT (t.zv. BREF's – BAT Reference Documents) jsou postupně zpracovávány a zveřejňovány pro všechny sledované činnosti, které spadají pod účinnost směrnice. BREF's obsahují informace o daném odvětví, resp. procesu, emisních limitech používaných v členských zemích, prioritních materiálových tocích a monitoringu. Jádrem BREF je popis BAT, které splňují environmentální indikátory.

Konečná verze **BREF pro nakládání s odpady** (zařízení kategorie 5) byla schválena v srpnu 2005. Zabývá se zařízeními pro nakládání s nebezpečnými odpady a odpady olejů, ale nezahrnuje skládky. Další BREF se zabývá spalováním odpadů a některými postupy tepelné úpravy odpadů (pyrolýza, zplyňování apod.). Kromě toho byly vypracovány BREF's k

nakládání s odpadními vodami a znečištěnými plyny z chemického průmyslu, k nakládání s emisemi ze skládek a k nakládání s odpady z těžby.

6.6.2.2 Opatření založená na dobrovolných aktivitách

Jiné přístupy předcházení a omezování vzniku odpadů jsou založeny na **dobrovolných aktivitách** průmyslových podniků a jsou součástí tzv. **ekologicky šetrných výrob**, jejichž hlavním cílem je dosažení **dvojího zisku**:

- zlepšování chování výrobce vůči životnímu prostředí;
- současné zvyšování jeho konkurenceschopnosti.

Dobrovolné aktivity podniků jsou motivovány právě tímto dvojím ziskem.

Jedním z nejučinnějších přístupů k předcházení vzniku znečištění z průmyslových procesů je již zmiňovaná **čistší produkce**. Je to strategie ochrany životního prostředí zaměřená na prevenci. Prevencí znečištění jsou omezovány nebo eliminovány odpady a znečištění u zdroje ještě před jejich vznikem ve výrobním procesu. Čistší produkce tak **snižuje nepříznivé vlivy na životní prostředí** a současně umožňuje dosahovat **ekonomické zlepšení**, protože podniky zavádějící čistší produkci lépe využívají vstupy výroby (suroviny, energie) a snížení produkce odpadů a znečištění dosahují účinnější přeměnou vstupů na výrobek. Zvýšením efektivnosti výroby tak průmyslové podniky snižují negativní působení na životní prostředí a zároveň zvyšují svou **konkurenceschopnost**.

Záměry spojené s čistší produkcí jsou v podstatě shodné se záměry realizovat ideální výrobní postupy, neboť čistší produkce zahrnuje:

- odstraňování příčin vzniku znečištění u zdroje pomocí preventivních opatření, která jsou součástí výrobních technologií;
- hodnocení veškerých znečištění a odpadů jako výrobní ztráty;
- efektivnější využívání vstupů do procesu;
- princip stálého zlepšování opakovaným prověřováním možností prevence;
- sledování výrobní technologie jako celku, bez zaměřování na jednotlivé složky životního prostředí.

Zavádění přístupů čistší produkce v České republice je na vysoké úrovni. Od roku 1994 s uskutečnilo úspěšně téměř 100 průmyslových projektů čistší produkce v různých průmyslových odvětvích [43]. Prokazatelné úspory na vstupních surovinách, energii, odpadních tocích a dalších faktorech dosáhly mnohamilionových hodnot. Přehled projektů realizovaných od roku 2000 je na www.cir.cz/projekty.

Priority uplatnění přístupu čistší produkce jsou nyní zaměřeny na **integraci čistší produkce (CP) se systémy environmentálního managementu (EMS)**. Implementace EMS se stává nyní běžnou praxí úspěšných průmyslových podniků a v České republice má již celá řada průmyslových podniků zaveden tento systém na základě **ISO 14 000 nebo EMAS**, zejména s cílem zvýšení konkurenceschopnosti svých výrobků na trzích. Zatímco EMS je zaměřen na **změny manažerských systémů** podniku a poskytuje vhodný rámec implementaci programů čistší produkce podniku, přístup čistší produkce se soustřeďuje především na **optimalizaci operačních systémů** a představuje nástroj pro neustálé zdokonalování

environmentální efektivity podniku, což je jedním z hlavních cílů EMS. Společné zavádění CP a EMS vede potom k návratnosti investic v reálném čase.

Obdobným přístupem k omezování znečištění, aplikovaným úspěšně zejména v chemickém průmyslu, je tzv. **odpovědné podnikání (Responsible Care)**. Je to veřejný závazek firmy (průmyslového podniku) dosáhnout a prokázat zlepšení ve všech aspektech týkajících se bezpečnosti práce, ochrany zdraví a životního prostředí. Zavádění principu odpovědného podnikání přináší měřitelné výsledky, o nichž průmyslový podnik musí komunikovat s veřejností s cílem vydobýt si svoje místo jako respektovaný partner. Odpovědné podnikání je základem **zásadní změny kultury v průmyslu** vedoucí ke zdokonalení účinnosti a nové úrovni otevřenosti vůči veřejnosti. Chemický průmysl u nás úspěšně tato opatření zavádí.

Na základě výsledků dosažených v rámci realizace dobrovolného programu Responsible Care vznikl program tzv. **odpovědné péče o výrobky (Product Stewardship)**, který je vlastně přenosem programu Responsible Care z výrobních činností na výrobek. Program vznikl v r. 2001. Jeho orientace na výrobek a jeho vlastnosti se příznivě promítají nejen do větší informovanosti o vlastnostech a kvalitě výrobků a podmínkách pro jejich používání, ale i do ovlivňování vývoje nových výrobků. Tím úzce souvisí s moderními trendy v odpadovém hospodářství.

Dalším opatřením přispívajícím k ochraně životního prostředí je **označování ekologicky šetrných výrobků (ekolabeling)**. Podstatou je propůjčení ochranné známky (etikety) výrobkům (v některých státech také službám), které jsou prokazatelně šetrnější vůči životnímu prostředí než výrobky (služby) s nimi alternativní, tj. určené k témuž účelu. V České republice je toto opatření zavedeno od 1. dubna 1994 pod názvem „Národní program označování výrobků ochrannou známkou "ekologicky šetrný výrobek"“

Mezi uvedená opatření patří i **dobrovolné dohody**, které jsou smlouvou mezi orgány státní správy a průmyslovým sektorem. Je to závazek jednoho nebo více hospodářských sektorů chovat se tak, aby byly dosaženy vytčené environmentální cíle. Dobrovolné dohody zaváděné **namísto regulačního zásahu** umožňují ústřednímu orgánu vyjednávání s průmyslem o potřebě předcházet znečišťování nebo omezit produkci odpadů. Výhodné jsou zejména pro malý okruh původců znečištění, protože umožňují snadnou dohodu podmínek. V České republice nalezy dobrovolné dohody zatím pouze omezené uplatnění (např. v oblasti obalových odpadů ve formě dobrovolné dohody mezi akreditovanou obalovou společností EKO-KOM, a.s. a Ministerstvem životního prostředí ČR).

Pod pojmem **hodnocení životního cyklu výrobku (LCA)** se rozumí po sobě jdoucí provázaná stadia výroby od získávání surovin nebo tvorby přírodních zdrojů ke konečnému odstranění. Hodnocení životního cyklu (Life Cycle Assessment, LCA) představuje zhodnocení dopadů na životní prostředí související s jakoukoliv posuzovanou činností od počátečního dobývání surovin až do chvíle, kdy se všechny hmotné zbytky zase do země vrátí jako odpady. Pojetí životního cyklu je charakteristické systematictější a komplexnějším hodnocením dopadů na životní prostředí. Základní myšlenka metody LCA, tj. posoudit produkt, činnost nebo systém od jeho vzniku až po zánik z hlediska dopadů na životní prostředí, je v praxi užitečná. Dovoluje např. vybrat mezi alternativními výrobky takový výrobek, který bude v rámci svého životního cyklu nejméně poškozovat životní prostředí. Metoda LCA představuje významný nástroj, který lze v praxi používat především v rámci výzkumu a vývoje produktů a procesů, při rozhodování o nákupu výrobků, v rámci systému označování ekologicky šetrných výrobků a při tvorbě zákonných předpisů [44].

Seznam použité literatury:

- [1] KURAŠ, M. a kol. *Odpady, jejich využití a zneškodňování*. Praha : Český ekologický ústav, 1994. 241 s. 80-85087-32-4.
- [2] DIRNER, Vojtech a kol. *Ochrana životního prostředí*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 1997. 333 s. 80-7078-490-3.
- [3] *Odpadové fórum*. Praha : České ekologické manažerské centrum, 2005, č. 7-8. ISSN 1212-7779.
- [4] KURAŠ, M. *Konference Aprochem : Odpadové Fórum 2006, Milovy, 26.-27. dubna 2006*, Sborník přednášek, část 1, 147 s. VŠCHT Praha.
- [5] ŘEZNÍČEK, T. *Kurz celoživotního vzdělávání : Odpadové hospodářství, Praha, 11.-15. ledna 2006*, Sborník přednášek, část 1 (bez editora), s. 152, VŠCHT Praha, 2006.
- [6] HAVRÁNKOVÁ, V. *Kurz celoživotního vzdělávání : Odpadové hospodářství, Praha, 11.-15. ledna 2006*, Sborník přednášek, část 1 (bez editora), s. 152, VŠCHT Praha, 2006.
- [7] *Odpadové fórum*. Praha : České ekologické manažerské centrum, 2005, č. 7-8. ISSN 1212-7779.
- [8] *Odpadové fórum*. Praha : České ekologické manažerské centrum, 2005, č. 7-8. ISSN 1212-7779.
- [9] *Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2004* [online]. Praha : Ministerstvo životního prostředí, aktualizováno 12. 1. 2006 [cit. 2005-02-18]. Dostupný na <http://www.env.cz/AIS/web.nsf/pages/zpravy-o-stavu-zivotniho-prostredi>.
- [10] HORÁK, J. Druhotné suroviny v roce 2005. *Odpadové fórum*, 2005, roč. 2005, č. 7-8, s. 32.
- [11] HLAVATÁ, M. Odpady z hornické činnosti. *Odpadové fórum*, 2005, roč. 2005, č. 2, s. 10.
- [12] HAVRÁNKOVÁ, V. Návrh směrnice o nakládání s odpadem z těžebního průmyslu. *Odpadové fórum*, 2005, roč. 2005, č. 2, s.14.
- [13] VESELÁ, L., KUBAL, M., INNEMANOVÁ P. Structure and Properties of Natural Humic Substance of the Oxyhumolite Type. *Chemické listy*, 2005, roč. 99, s. 711.
- [14] KUBAL, M., NYPLOVÁ, P., VESELÁ, L. Využití vedlejších produktů z těžby hnědého uhlí při nápravě starých ekologických škod. *Odpadové fórum*. 2005, roč. 2005, č.12, s. 31.
- [15] VANĚČEK, V., ZÍKA, I. Chemická legislativa dnes a zítra : nová evropská chemická politika REACH. *Environmentální aspekty podnikání*, 2005, roč. 2005, č.1, s. 24.
- [16] SLEZÁK, M. *Ekologické aspekty chemických technologií a technologie zpracování odpadů*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2004. 157 s. ISBN 80-7194-705-9.
- [17] JANDOVÁ, J. *Kurz celoživotního vzdělávání : Odpadové hospodářství, Praha, 17.-21. května 2006*, Sborník přednášek, část 3 (bez editora), s. 110, VŠCHT Praha, 2006.
- [18] ZBOŘIL, J. *Kurz celoživotního vzdělávání : Odpadové hospodářství, Praha, 7.-13. února 2006*, Sborník přednášek, část 2 (bez editora), s. 172, VŠCHT Praha, 2006.

- [19] Realizační program pro nakládání se stavebními a demoličními odpady [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, aktualizováno 12. 1. 2006 [cit. 2005-02-18]. Dostupný na <http://www.env.cz/AIS/web.nsf/pages/stavebni-a-demolicni-odpady>.
- [20] ŠKOPÁN, M. *Kurz celoživotního vzdělávání : Odpadové hospodářství, Praha, 7.-13. února 2006*, Sborník přednášek, část 2 (bez editora), s. 172, VŠCHT Praha, 2006.
- [21] VÁŇA, J., BALÍK, J., TLUSTOŠ, P. *Pevné odpady*. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2005. 177 s.
- [22] KOTOULOVÁ, Z. *Kurz celoživotního vzdělávání : Odpadové hospodářství, Praha, 11.-15. ledna 2006*, Sborník přednášek, část 1 (bez editora), s. 152, VŠCHT Praha, 2006.
- [23] CHRISTIANOVÁ, A. *Kurz celoživotního vzdělávání : Odpadové hospodářství, Praha, 7.-13. února 2006*, Sborník přednášek, část 2 (bez editora), s. 172, VŠCHT Praha, 2006.
- [24] GRÜNEROVÁ, M. Návrh směrnice o nakládání s odpadem z těžebního průmyslu. *Odpadové fórum*, 2005, roč. 2005, č. 2, s. 14.
- [25] POLÍVKA, E. Autovraky - rok 2005. *Odpadové fórum*, 2005, roč. 2005, č. 10, s. 11.
- [26] SÝKORA, T. Autovraky - rok 2005. *Odpadové fórum*, 2005, roč. 2005, č. 10, s. 11.
- [27] PECKA, K. *Kurz celoživotního vzdělávání : Odpadové hospodářství, Praha, 7.-13. února 2006*, Sborník přednášek, část 2 (bez editora), s. 172, VŠCHT Praha, 2006.
- [28] BLAŽEK, L., BORECKÝ, K. Použití granulátu z ojetých pneumatik při pokládání silničních povrchů. *Odpadové fórum*, 2006, roč. 2006, č. 2, s. 14.
- [29] TÁBORSKÝ, T., JUNGSMANN, J. Energetické a materiálové využívání použitých pneumatik v evropském cementářském průmyslu. *Odpadové fórum*, 2006, roč. 2006, č. 2, s. 12.
- [30] MIKOLÁŠ, J. *Kurz celoživotního vzdělávání : Odpadové hospodářství, Praha, 11.-15. ledna 2006*, Sborník přednášek, část 1 (bez editora), s. 152, VŠCHT Praha, 2006.
- [31] MIKOLÁŠ, J. *Recyklace průmyslových odpadů*. 1. vyd. Praha : SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1988. 165 s.
- [32] MATĚJU, V. *Kurz celoživotního vzdělávání : Odpadové hospodářství, Praha, 7.-13. února 2006*, Sborník přednášek, část 2 (bez editora), s. 172, VŠCHT Praha, 2006.
- [33] VÁŇA, J. *Kurz celoživotního vzdělávání : Odpadové hospodářství, Praha, 7.-13. února 2006*, Sborník přednášek, část 2 (bez editora), s. 172, VŠCHT Praha, 2006.
- [34] HABART, J. Kompost, stmelující prvek odpadářů a zemědělců. *Odpadové fórum*, 2005, roč. 2005, č. 6, s. 11.
- [35] PLÍVA, P., KOLLÁROVÁ, M. Historie a současnost odstraňování starých ekologických zátěží v ČR. *Odpadové fórum*, 2005, roč. 2005, č. 2, s. 16.
- [36] BARTOŠ, P. Mechanicko-biologická úprava KO. *Odpadové fórum*, 2005, roč. 2005, č. 9, s. 25.
- [37] ŠAFNER, K., SKOŘEPA, Z. Výroba paliv z odpadů. *Odpadové fórum*, 2005, roč. 2005, č. 10, s. 22.
- [38] ŽÁK, V. *Kurz celoživotního vzdělávání : Odpadové hospodářství, Praha, 7.-13. února 2006*, Sborník přednášek, část 2 (bez editora), s. 172, VŠCHT Praha, 2006.
- [39] STRAKA, F. a kol. *Bioplyn*. 1. vyd. Říčany : Gas s.r.o., 2003. 517 s. 80-7328-029-9.

- [40] KAHLEN, G., BÍLEK, B. Energetické využití odpadu pomocí technologie plazmového zplyňování. *Odpady*, 2005, roč. 15, č. 2, s. 8-9.
- [41] HYŽÍK, J. *Kurz celoživotního vzdělávání : Odpadové hospodářství, Praha, 17.-21. května 2006*, Sborník přednášek, část 3 (bez editora), s. 110, VŠCHT Praha, 2006.
- [42] Odvětvový manuál minimalizace odpadů [online]. Praha : Centrum inovací a rozvoje, aktualizováno 12. 1. 2006 [cit. 2005-02-18]. Dostupný na http://www.cir.cz/projekty/article_zoom.php?article_id=962688.
- [43] Prvky a vztahy v systému odpadového hospodářství 2004-2005 [online]. Praha : Centrum inovací a rozvoje, aktualizováno 12. 1. 2006 [cit. 2005-02-18]. Dostupný na http://www.cir.cz/projekty/article_zoom.php?article_id=1241505.