



Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava



STROJE PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADU

učební text

Jiří FRIES

Ostrava 2007

Recenze: prof. Ing. Josef JURMAN, CSc.
Miroslav LIŠKA

Název: Stroje pro zpracování odpadu
Autor: doc. Ing. Jiří FRIES, Ph.D.
Vydání: první, 2007
Počet stran: 368
Vydavatel a tisk: Ediční středisko VŠB – TUO

Studijní materiály pro studijní obor Konstrukce strojů a zařízení fakulty strojní
Jazyková korektura: nebyla provedena.

Určeno pro projekt:

Operační program Rozvoj lidských zdrojů

Název: E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů

Číslo: CZ.O4.01.3/3.2.15.2/0326

Realizace: VŠB – Technická univerzita Ostrava

Projekt je spolufinancován z prostředků ESF a státního rozpočtu ČR

© doc. Ing. Jiří FRIES, Ph.D.

© VŠB – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-1511-4

Obsah – opora předmětu

1	VZNIK A DRUHY ODPADŮ.....	11
	První výukový týden.....	12
2	KOMUNÁLNÍ ODPADY.....	17
	Druhý výukový týden	19
3	PRŮMYSLOVÉ ODPADY	25
	Třetí výukový týden.....	26
	Čtvrtý výukový týden	34
	Pátý výukový týden	47
4	ZÁKLADNÍ POSTUPY ÚPRAVY ODPADŮ	51
	Šestý výukový týden.....	52
	Sedmý výukový týden	61
	Osmý výukový týden.....	67
	Devátý výukový týden.....	76
5	ZPŮSOBY ZNEŠKODŇOVÁNÍ ODPADŮ.....	81
	Desátý výukový týden	82
	Jedenáctý výukový týden.....	89
	Dvanáctý výukový týden	96
6	NOVÉ TECHNOLOGIE V ODPADOVÉM HOSPODÁŘSTVÍ.....	102
	Třináctý výukový týden	103

Obsah – kompletní výukový text

1	VZNIK A DRUHY ODPADŮ	113
1.1	Odpadové hospodářství	113
1.2	Základní pojmy	116
1.3	Katalog odpadů	120
1.4	Předcházení vzniku odpadů	121
1.5	Orgány veřejné správy v oblasti odpadového hospodářství	122
1.6	Informační systémy o odpadech	122
1.7	Plán odpadového hospodářství České republiky	123
1.7.1	Opatření k předcházení vzniku odpadů, omezování jejich množství a nebezpečných vlastností	123
1.7.2	Zásady pro nakládání s nebezpečnými odpady	124
1.7.3	Zásady pro nakládání s vybranými odpady a zařízeními podle části čtvrté zákona o odpadech	124
1.7.3.1	Odpady s obsahem PCB a zařízení je obsahující	124
1.7.3.2	Odpadní oleje	125
1.7.3.3	Baterie a akumulátory	125
1.7.3.4	Kaly z čistíren odpadních vod	126
1.7.3.5	Odpady z výroby oxidu titaničitého	126
1.7.3.6	Odpady z azbestu	126
1.7.3.7	Autovraky	126
1.7.4	Zásady pro vytváření jednotné a přiměřené sítě zařízení k nakládání s odpady	127
1.7.5	Zásady pro rozhodování ve věcech dovozu a vývozu odpadů	128
1.7.6	Podíl recyklovaných odpadů	129
1.7.7	Podíl odpadů ukládaných na skládky	130
1.7.8	Maximální množství organické složky ve hmotě ukládané do skládek	131
2	KOMUNÁLNÍ ODPADY	133
2.1	Shromažďování komunálních odpadů	134
2.1.1	Donáškový sběr	135
2.1.2	Odvozový sběr	136
2.2	Prostředky sběru komunálního odpadu	137
2.2.1	Sběrné nádoby	137
2.2.2	Výměnné nádoby	138
2.2.3	Pytlový sběr	139
2.2.4	Svoz odpadu	139
3	PRŮMYSLOVÉ ODPADY	141
3.1	Nakládání s průmyslovými odpady	142
3.2	Odpady z jednotlivých průmyslových odvětví	144
3.3	Chemický průmysl	144
3.3.1	Odpady z chemických anorganických výrob	144
3.3.2	Odpady z chemických organických výrob	145
3.3.3	Zpracování koncentrovaných primárních odpadů	147
3.4	Hutnictví	147
3.4.1	Výroba surového železa	147
3.4.2	Aglomerace	148
3.4.3	Vysokopecní výroba surového železa	149
3.4.4	Výroba oceli	151

3.4.4.1	Zpracování kovového šrotu	152
3.4.4.2	Struska	153
3.4.5	Tváření kovů	154
3.4.6	Slévárenství	155
3.4.7	Odpady ze strojírenství	156
3.4.8	Kovonosné odpady	156
3.5	Olověné akumulátory	157
3.6	Odpad ve formě autovraků	159
3.7	Odpady s obsahem stříbra	160
3.8	Průmysl plastických hmot a gumárenství	161
3.8.1	Odpady ze zpracování plastů	163
3.8.2	Odpady ze zpracování pryže a kaučuku	166
3.9	Zemědělství	168
3.9.1	Rostlinná výroba	168
3.9.2	Živočišná výroba	169
3.10	Potravinářský průmysl	172
3.10.1	Cukrovarnictví	173
3.10.2	Zpracování mléka	173
3.10.3	Pivovarnictví	173
3.10.4	Vinařský průmysl	174
3.10.5	Masný průmysl	174
3.10.6	Kožedělný průmysl	174
3.11	Těžba dřeva	175
3.12	Zpracování vytěžené dřevní hmoty	176
3.13	Biomasa	178
3.13.1	Biomasa odpadní	180
3.13.2	Výhody využití biomasy	180
3.13.3	Nevýhody využití biomasy (závisí na typu biomasy)	180
3.14	Kaly z městských čistíren odpadních vod	181
3.15	Odpady ze sklářských provozů	181
3.16	Odpady z textilního průmyslu	183
3.17	Odpady z energetického průmyslu	184
3.18	Odpady ze stavební činnosti	185
3.19	Odpady z těžby, dopravy a zpracování ropy	187
3.19.1	Odpady z těžby a dopravy ropy	187
3.19.2	Odpady ze zpracování ropy	188
3.20	Vznik a zneškodňování odpadů vznikajících při užití ropných výrobků	190
3.20.1	Těkavé organické látky	190
3.20.2	Upotřebené mazací oleje	191
3.21	Radioaktivní odpady	192
3.22	Odpady z jiných výroby a provozů	193
3.23	Ekologické aspekty průmyslových odpadů	194
3.24	Odstraňování nebezpečných odpadů	195
3.25	Základní koncepce nakládání s průmyslovými odpady	195
3.26	Základní postupy zpracování a zneškodňování průmyslových odpadů	196
4	ZÁKLADNÍ POSTUPY ÚPRAVY ODPADŮ	198
4.1	Mechanické zdrobňování	199
4.1.1	Drcení	203
4.1.1.1	Drtiče čelistové	205
4.1.1.2	Drtiče kuželové	208

4.1.1.3	Drtiče válcové	211
4.1.1.4	Kladivové, odrazové a metací drtiče	214
4.1.1.5	Desintegrátory	218
4.1.1.6	Zvláštní typy drtičů	218
4.1.2	Mletí	219
4.1.2.1	Gravitační mlýny	221
4.1.2.2	Vibrační mlýny	229
4.1.2.3	Běhounové mlýny	230
4.1.2.4	Válcové mlýny	232
4.1.2.5	Rotorové mlýny	232
4.1.2.6	Tryskové a metací mlýny	236
4.1.2.7	Zvláštní typy mlýnů	238
4.2	Odlučování jednotlivých složek materiálu	239
4.2.1	Třídění	239
4.2.1.1	Třídění mechanické	240
4.2.1.2	Třídění hydraulické – podle soupádnosti	246
4.2.1.3	Třídění pneumatické	250
4.2.2	Rozdružování	251
4.2.2.1	Gravitační rozdružování	252
4.2.2.2	Magnetické rozdružování	256
4.2.2.3	Rozdružování v elektrickém poli	257
4.2.2.4	Flotační rozdružování	258
4.2.3	Jiné – speciální postupy	261
4.3	Zkusování	261
4.3.1	Spékání - aglomerování	262
4.3.2	Peletizace	263
4.3.3	Briketace	265
4.4	Úpravnické postupy polymerů	269
4.4.1	Třídění a rozdružování	271
4.4.2	Zdrobňování	276
4.4.3	Filtrace kontaminantů v recyklovaných polymerech	284
4.4.4	Přehled úpravnických postupů polymerů	286
5	ZPŮSOBY ZNEŠKODŇOVÁNÍ ODPADŮ	288
5.1	Skládkování odpadů	288
5.1.1	Druhy odpadů, které lze ukládat na skládky	289
5.1.2	Druhy skládek	290
5.1.3	Průsakové vody a skládkové plyny	295
5.1.4	Procesy probíhající ve skládkách	297
5.1.5	Rekultivace skládky	300
5.1.6	Pojmenování a definice	301
5.2	Biologické zpracování odpadů	303
5.2.1	Kompostování	303
5.2.1.1	Průběh kompostování	305
5.2.1.2	Základní podmínky pro kompostování	305
5.2.1.3	Organické látky vhodné ke kompostování	307
5.2.1.4	Technické způsoby kompostování	308
5.2.1.5	Hlavní zásady pro výrobu kompostů z komunálních odpadů	310
5.2.1.6	Požadavky na správný způsob kompostování	310
5.2.1.7	Kompostování na hromadách	312
5.2.1.8	Uzavřené kompostovací systémy	315

Obsah – kompletní výukový text

1	VZNIK A DRUHY ODPADŮ	113
1.1	Odpadové hospodářství	113
1.2	Základní pojmy	116
1.3	Katalog odpadů	120
1.4	Předcházení vzniku odpadů	121
1.5	Orgány veřejné správy v oblasti odpadového hospodářství	122
1.6	Informační systémy o odpadech	122
1.7	Plán odpadového hospodářství České republiky	123
1.7.1	Opatření k předcházení vzniku odpadů, omezování jejich množství a nebezpečných vlastností	123
1.7.2	Zásady pro nakládání s nebezpečnými odpady	124
1.7.3	Zásady pro nakládání s vybranými odpady a zařízeními podle části čtvrté zákona o odpadech	124
1.7.3.1	Odpady s obsahem PCB a zařízení je obsahující	124
1.7.3.2	Odpadní oleje	125
1.7.3.3	Baterie a akumulátory	125
1.7.3.4	Kaly z čistíren odpadních vod	126
1.7.3.5	Odpady z výroby oxidu titaničitého	126
1.7.3.6	Odpady z azbestu	126
1.7.3.7	Autovraky	126
1.7.4	Zásady pro vytváření jednotné a přiměřené sítě zařízení k nakládání s odpady	127
1.7.5	Zásady pro rozhodování ve věcech dovozu a vývozu odpadů	128
1.7.6	Podíl recyklovaných odpadů	129
1.7.7	Podíl odpadů ukládaných na skládky	130
1.7.8	Maximální množství organické složky ve hmotě ukládané do skládek	131
2	KOMUNÁLNÍ ODPADY	133
2.1	Shromažďování komunálních odpadů	134
2.1.1	Donáškový sběr	135
2.1.2	Odvozový sběr	136
2.2	Prostředky sběru komunálního odpadu	137
2.2.1	Sběrné nádoby	137
2.2.2	Výměnné nádoby	138
2.2.3	Pytlový sběr	139
2.2.4	Svoz odpadu	139
3	PRŮMYSLOVÉ ODPADY	141
3.1	Nakládání s průmyslovými odpady	142
3.2	Odpady z jednotlivých průmyslových odvětví	144
3.3	Chemický průmysl	144
3.3.1	Odpady z chemických anorganických výrob	144
3.3.2	Odpady z chemických organických výrob	145
3.3.3	Zpracování koncentrovaných primárních odpadů	147
3.4	Hutnictví	147
3.4.1	Výroba surového železa	147
3.4.2	Aglomerace	148
3.4.3	Vysokopecní výroba surového železa	149
3.4.4	Výroba oceli	151

POKYNY KE STUDIU

340328 Stroje pro zpracování odpadu

(Vznik a druhy odpadů; Komunální odpady; Průmyslové odpady; Základní postupy úpravy odpadů; Způsoby zneškodňování odpadů; Nové technologie v odpadovém hospodářství)

Předmět 340328 Stroje pro zpracování odpadu je zaměřen na vysvětlení pojmů z oblasti odpadového hospodářství a je určen pro studenty bakalářského stupně studia oboru Konstrukce strojů a zařízení studijního programu Strojírenství, ale může jej studovat i zájemce z kteréhokoliv jiného oboru, pokud splňuje požadované prerekvizity. Celý obsah předmětu, který je nutno během semestru probrat je členěn do šesti hlavních kapitol, kterými jsou: Vznik a druhy odpadů; Komunální odpady; Průmyslové odpady; Základní postupy úpravy odpadů; Způsoby zneškodňování odpadů; Nové technologie v odpadovém hospodářství. Tyto hlavní kapitoly jsou pak z důvodu snadného pochopení látky členěny na jednotlivé výukové týdny - celkem 13. Kapitoly jsou jednoduché a logicky na sebe navazují.

Cílem předmětu je studenty blíže a detailněji seznámit s problematikou odpadového hospodářství České republiky; popsat a definovat principy a činnosti v oblasti nakládání s komunálními odpady; definovat jednotlivé typy průmyslových odpadů z různých oborů lidské činnosti a popsat jejich nebezpečnost a možnosti jejich likvidace; definovat ekologické aspekty průmyslových odpadů a základní koncepci nakládání s průmyslovými odpady; popsat základní způsoby úpravy odpadů a definovat stroje a strojní zařízení těchto způsobů úpravy odpadů jako je drcení, mletí, třídění, rozdrůžování, zkusování apod. včetně oblasti zpracování polymerů; definovat pojmy z oblasti zneškodňování odpadů, jako je skládkování, biologické a tepelné zpracování odpadů apod. a v neposlední řadě to je seznámení studentů s principy máloodpadových a bezodpadových technologií, co je to minimalizace vzniku odpadů atd.

Na studium předmětu, který je tvořen 6 hlavními kapitolami, členěnými do 13 výukových týdnů, si vyčleňte ze svého drahocenného času celkem 52 hodin. (13 x 4h - to odpovídá týdennímu rozsahu výuky 2h přednášek + 2h cvičení). Předmět bude zahájen úvodním tutoriálem, na kterém se dozvíte všechny potřebné údaje a dostanete studijní materiály (studijní opora kurzu na CD-ROM včetně případných dalších podkladů). Dále bude preferována distanční forma studia. Ukončen bude závěrečným tutoriálem (nebo zkouškou), na kterém lektor provede celkové hodnocení jednotlivých studentů a výsledky budou zapsány do výkazu o studiu.

Pro úspěšné absolvování daného předmětu studenti musí splnit jednotlivé korespondenční úkoly, a testovací otázky, které jsou součástí textu. Text jednotlivých kapitol – výukových týdnů je přehledný a po jeho přečtení je relativně snadné zmíněné úkoly splnit. U testovacích otázek je správná vždy jen jedna odpověď. Kontrolní otázky, jenž jsou rovněž součástí textu, slouží pro kontrolu správného pochopení nastudované látky a student si na ně odpovídá sám pro sebe.

Absolventi předmětu Stroje pro zpracování odpadu získají informace v oblasti vzniku odpadů, jejich zpracování, využívání a zneškodňování. Budou se orientovat mezi jednotlivými typy průmyslových odpadů a schopni popsat jejich nebezpečnost a možnosti likvidace. Dále budou umět určit typ vhodného stroje či strojního zařízení v jednotlivých oblastech odpadového hospodářství. Patříčné ohodnocení jim bude zapsáno do výkazu o studiu.

Všem studentům přeji úspěšné absolvování tohoto předmětu

doc. Ing. Jiří FRIES, Ph.D.

Při studiu každé kapitoly doporučujeme následující postup:



Čas ke studiu: hodin

Na úvod kapitoly je uveden **čas** potřebný k prostudování látky. Čas je orientační a může vám sloužit jako hrubé vodítko pro rozvržení studia celého předmětu či kapitoly. Někomu se čas může zdát příliš dlouhý, někomu naopak. Jsou studenti, kteří se s touto problematikou ještě nikdy nesetkali a naopak takoví, kteří již v tomto oboru mají bohaté zkušenosti.



Cíl: Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat ...
- definovat ...
- vyřešit ...

Ihned potom jsou uvedeny cíle, kterých máte dosáhnout po prostudování této kapitoly – konkrétní dovednosti, znalosti.



Výklad

Následuje vlastní výklad studované látky, zavedení nových pojmů, jejich vysvětlení, vše doprovázeno obrázky, tabulkami, řešenými příklady, odkazy na animace.



Shrnutí kapitoly

Na závěr kapitoly jsou zopakovány hlavní pojmy, které si v ní máte osvojit. Pokud některému z nich ještě nerozumíte, vraťte se k nim ještě jednou.



Kontrolní otázka

Pro ověření, že jste dobře a úplně látku kapitoly zvládli, máte k dispozici několik teoretických otázek, které si sami pro sebe zodpovězte. Pokud Vám bude dělat problém na některou odpovědět, vraťte se zpět k textu a najděte v něm řešení otázky.



Korespondenční úkol

a/nebo



Úkol k řešení

Pro lepší osvojení probrané látky jsou na konci kapitol zařazeny korespondenční úkoly a/nebo praktické úkoly k řešení. Ty je nutno provést pro zdárné ukončení studia dané kapitoly a potažmo také celého kurzu.



Klíč k řešení

Výsledky zadaných příkladů i teoretických otázek výše jsou uvedeny v závěru učebnice v Klíči k řešení. Používejte je až po vlastním vyřešení úloh, jen tak si samokontrolou ověříte, že jste obsah kapitoly skutečně úplně zvládli.



Odměna a odpočinek

V textu můžete narazit také na takovéto upozornění, které byste neměli podceňovat, neboť pravidelný odpočinek a duševní komfort je jednou z podmínek bezproblémového studia.



Pojmy k zapamatování

V textu jsou tímto způsobem vyznačeny zvláště důležité pojmy a definice, které je vhodné si osvojit a to jak z důvodů praktických, tak také z důvodů úspěšného vykonání testovacích otázek, které jsou nedílnou součástí hodnocení tohoto kurzu.



Průvodce studiem

Lektor se pomocí neformálního textu snaží vést posluchače kurzu, respektive studenta daného předmětu a napomáhá mu tímto způsobem k snadnějšímu a rychlejšímu pochopení studované látky. Mnohdy dává určitá doporučení nebo vysvětlení k dalšímu postupu při studiu.

1 VZNIK A DRUHY ODPADŮ

Po úspěšném a aktivním absolvování této KAPITOLY

<p>Budete umět:</p> <ul style="list-style-type: none"> • definovat základní pojmy Odpadového hospodářství České republiky, jako například co je to nebezpečný odpad, skladování odpadů, skládka odpadů, materiálové využití odpadů, původce odpadů a další. • získáte všeobecné znalosti dané problematiky a budete se v něm umět orientovat. • získáte povědomí o tom, co je to Katalog odpadů, jaké jsou způsoby využívání a způsoby odstraňování odpadů, jaké jsou jejich nebezpečné vlastnosti apod. 	Budete umět
<p>Budete schopni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>orientovat se v oblasti Odpadového hospodářství České republiky.</i> 	Budete schopni

Veškerá výrobní i nevýrobní činnost dnešní společnosti je doprovázena vznikem odpadů. Otázka jejich zneškodňování nebo racionálního využití představuje dnes proto prvořadý úkol z hlediska ochrany životního prostředí i z hlediska ekonomického.

U většiny známých výrob i spotřebních postupů vznikají vedlejší produkty. Pokud výrobce nebo společnost neumí tyto vedlejší produkty dále zpracovat, tedy zařadit je do koloběhu společenské prospěšnosti, nazývá je odpadem.

Všechny systémy hospodářství se ve své podstatě zabývají přeměnou surovin na odpady. Látky, ve svých nalezištích vysoce uspořádané, se navzájem směšují a posléze rozptýlí na haldy odpadů a do emisí zplodin, což znemožňuje jejich recyklaci.

Růst výroby je doprovázen růstem entropie, a tedy poškozováním životního prostředí. Zvyšování entropie poškozují celou planetu.

Protože v odpady se i mění většina nedostatkových surovin, je nezbytně nutné omezit neúčelnou spotřebu surovin a nedostatkových materiálů. Je to nejdůležitější úkol péče o životní prostředí v příštích desetiletích.

Již před mnoha lety vznikl názor, že není daleko společnost, kde materiálová situace bude doslova obrácená. Všechny odpad, který se nyní nazývá druhotnou surovinou, se stane hlavním zdrojem surovin a přírodní nenačaté zdroje budou rezervou spotřeby pro budoucnost.

První výukový týden



Čas ke studiu: 4 hodiny – rozsah odpovídá 2h přednášek a 2h cvičení



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat principy odpadového hospodářství České republiky,
- definovat jeho základní pojmy, jako například co je to nebezpečný odpad, skladování odpadů, skládka odpadů, materiálové využití odpadů, původce odpadů a další.
- vyjmenovat nebezpečné vlastnosti odpadů, způsoby využívání odpadů, skupiny odpadů dle Katalogu odpadů, orgány veřejné správy v oblasti odpadů apod.
- vyřešit otázky z oblasti odpadového hospodářství České republiky týkající se zásad pro nakládání s nebezpečnými odpady, zásady pro vytváření jednotné a přiměřené sítě zařízení k nakládání s odpady, Zásady pro rozhodování ve věcech dovozu a vývozu odpadů a další.



Průvodce studiem

Je nutno si uvědomit, že obsah této kapitoly studijní opory v tištěné podobě je velice stručný a neobsahuje veškeré informace k absolvování jednotlivých náležitostí (Korespondenční úkol a Testovací otázky), které jsou podmínkou k úspěšnému absolvování kapitoly a potažmo celého kurzu. Podrobnější informace jsou k dispozici v elektronické podobě na CD-ROM nebo na internetových stránkách kurzu, které Vám byly dány v úvodním tutoriálu. K získání většího objemu dat a informací doporučuji také využít sítě internet včetně oslovení firem podnikajících v daném oboru a samozřejmě také knižního fondu technických knihoven.



Výklad

□ Odpadové hospodářství

Odpadové hospodářství je novým technologickým odvětvím, které se bezprostředně dotýká všech stupňů výrobního a spotřebního cyklu od těžby surovin přes jejich výrobu, dopravu a spotřebu produktů až po jejich zneškodnění, kdy po uplynutí doby jejich životnosti se z nich stávají tzv. spotřební odpady. Významný podíl odpadů tvoří vedlejší materiály, vznikající přímo při výrobě těchto produktů tzv. výrobní odpady. Odpadové hospodářství tak ovlivňuje všechny složky národního hospodářství.



Pojmy k zapamatování

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

- předcházet nebo omezovat vznik odpadů,
- pokud odpady již vzniknou, nakládat s nimi tak, aby byly maximálně využity jako druhotné suroviny v původní nebo upravené formě a aby minimálně narušovaly životní prostředí.

Do roku 1991 byla problematika odpadů (s výjimkou odpadních vod, případně dalších speciálních odpadů) řešena zcela nedostatečně. Základní rámec ochrany tvořil zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, související vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 45/1966 Sb., o vytváření a ochraně zdravých životních podmínek a některé vyhlášky upravující otázky spojené s organizovaným sběrem vybraných druhotných surovin.

Prvním historicky platným zákonem na území České republiky byl zákon č. 238/1991 Sb., o odpadech, účinný od 1. srpna 1991. Tento hmotněprávní předpis doplnil zákon ČNR č. 311/1991 Sb., o státní správě v odpadovém hospodářství, účinný od 9. srpna 1991.

Nový zákon o odpadech 185/2001 Sb. (a s ním související změna některých dalších zákonů) byl v únoru 2001 schválen Poslaneckou sněmovnou s účinností (až na některé paragrafy) od 1. ledna 2002. Zákon je rozdělen celkem do 89 ustanovení (paragrafů) a šesti příloh, dělí se na osmnáct částí.

❑ Základní pojmy

V této kapitole jsou uvedeny základní pojmy z odpadového hospodářství podle zákona 185/2001 Sb.



Pojmy k zapamatování

Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v tomto zákoně.

Nebezpečný odpad - odpad uvedený v Seznamu nebezpečných odpadů uvedeném v prováděcím právním předpise a jakýkoliv jiný odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených ve zmíněném zákoně.



Pojmy k zapamatování

Komunální odpad - veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání,



Pojmy k zapamatování

Odpadové hospodářství - činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností,

Nakládání s odpady - jejich shromažďování, soustředování, sběr, výkup, třídění, přeprava a doprava, skladování, úprava, využívání a odstraňování,

Shromažďování odpadů - krátkodobé soustředování odpadů do shromažďovacích prostředků v místě jejich vzniku před dalším nakládáním s odpady,

Skladování odpadů - přechodné umístění odpadů, které byly soustředěny (shromážděny, sesbírány, vykoupěny) do zařízení k tomu určeného a jejich ponechání v něm,

Skládka odpadů - technické zařízení určené k odstraňování odpadů jejich trvalým a řízeným uložením na zemi nebo do země,

Sběr odpadů - soustředování odpadů právnickou osobou nebo fyzickou osobou oprávněnou k podnikání od jiných subjektů za účelem jejich předání k dalšímu využití nebo odstranění,

Úprava odpadů - každá činnost, která vede ke změně chemických, biologických nebo fyzikálních vlastností odpadů (včetně jejich třídění) za účelem umožnění nebo usnadnění jejich dopravy, využití, odstraňování nebo za účelem snížení jejich objemu, případně snížení jejich nebezpečných vlastností,

Materiálové využití odpadů - náhrada prvotních surovin látkami získanými z odpadů, které lze považovat za druhotné suroviny, nebo využití látkových vlastností odpadů k původnímu účelu nebo k jiným účelům, s výjimkou bezprostředního získání energie,

Energetické využití odpadů - použití odpadů hlavně způsobem obdobným jako paliva) za účelem získání jejich energetického obsahu nebo jiným způsobem k výrobě energie,

Původce odpadů - právnická osoba, při jejíž činnosti vznikají odpady, nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, při jejíž podnikatelské činnosti vznikají odpady.



Pojmy k zapamatování

V zákoně o odpadech jsou také stanoveny speciální povinnosti pro nakládání s **vybranými výrobky, vybranými odpady a vybranými zařízeními**, která mohou znamenat ohrožení pro životní prostředí. Mezi ně patří: PCB (polychlorované bifenyly); odpadní oleje; baterie a akumulátory; kaly z čistíren odpadních vod; odpady z výroby oxidu titaničitého; odpady z azbestu a autovraky.

□ Katalog odpadů

Původce a oprávněná osoba jsou povinni pro účely nakládání s odpadem odpad zařadit podle Katalogu odpadů. Odpady se zařazují pod šestimístná katalogová čísla druhu odpadů uvedená v Katalogu odpadů, v nichž prvé dvojčíslí označuje skupinu odpadů, druhé dvojčíslí podskupinu odpadů a třetí dvojčíslí druh odpadu. V případech, kdy nelze odpad jednoznačně zařadit podle Katalogu odpadů, zařadí odpad ministerstvo na návrh příslušného okresního úřadu.

□ Předcházení vzniku odpadů

Každý má při své činnosti nebo v rozsahu své působnosti povinnost předcházet vzniku odpadů, omezovat jejich množství a nebezpečné vlastnosti. Odpady, jejichž vzniku nelze zabránit, musí být využity, případně odstraněny způsobem, který neohrožuje lidské zdraví a životní prostředí a který je v souladu s tímto zákonem a se zvláštními právními předpisy.

□ Orgány veřejné správy v oblasti odpadového hospodářství

Veřejnou správu v oblasti odpadového hospodářství vykonávají: ministerstvo; Ministerstvo zdravotnictví; Ministerstvo zemědělství; inspekce; celní úřady; orgány ochrany veřejného zdraví kraje; okresní úřady a obce.

□ Informační systémy o odpadech

Důležitým mezinárodním dokumentem o odpadech je tzv. Basilejská úmluva o kontrole pohybu nebezpečných odpadů přes státní hranice a jejich odstraňování. Byla přijata v březnu 1989 více než 100 státy a vstoupila v platnost v květnu 1992 po ratifikaci 20 státy včetně tehdejší ČSFR. Basilejská úmluva zavazuje každý stát ustanovit dva státní orgány, jejichž funkcí bude provádět kontrolu a dohled nad plněním opatření této úmluvy. V roce 1999 vyšla evropská směrnice EU 31/99 EC, která je již začleněna v naší legislativě. Ukládá členským státům EU, aby nejpozději v roce 2006 snížily množství biologicky rozložitelných odpadů putujících na skládky na 75 % množství skládkovaného v roce 1995. V roce 2009 už musí to být 50 % množství roku 1995 a v roce 2016 dokonce 35 %.

Unie má cíl, aby v roce 2040 už v Evropě nebyla ani jedna reaktivní skládka odpadů a existovaly pouze skládky inertních materiálů. Důvodem je omezování vzniku skleníkových plynů, zejména metanu, který se z reaktivních skládek uvolňuje.



Odměna a odpočinek

Výborně, první kapitolu máš za sebou, teď si odpočiň, dej si nohy na stůl a něco dobrého k pití, pak se pokus shrnout obsah kapitoly a vrhni se na jednotlivé úkoly.



Shrnutí kapitoly

Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů.

BRKO je zkratka pro biologicky rozložitelný komunální odpad.

Odpadové hospodářství je činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností.

Komunální odpad je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.



Kontrolní otázka

1. Jaké jsou hlavní cíle odpadového hospodářství?
2. Jaké jsou základní činnosti odpadového hospodářství?
3. Co je to odpad podle zákona 185/2001 Sb?
4. Vyjmenujte alespoň 5 výrobků s povinností zpětného odběru.



Korespondenční úkol

1. Napište alespoň 7 nebezpečných vlastností odpadů.
2. Napište alespoň 5 vybraných odpadů dle zákona 185/2001 Sb.



Průvodce studiem

Připravte se na tyto testovací otázky, které je nutno vykonat na příslušných internetových stránkách kurzu:

1. Která činnost odpadového hospodářství nepatří mezi hlavní činnosti Nakládání s odpady?
2. Co je to odpad?
3. Co není nebezpečná vlastnost odpadu?
4. Co je to komunální odpad?
5. Co je to Odpadové hospodářství?
6. Co je to BRKO?
7. Kolik tříd odpadů má Katalog odpadů?

2 Komunální odpady

Po úspěšném a aktivním absolvování této KAPITOLY

<p>Budete umět:</p> <ul style="list-style-type: none"> • popsat činnosti v oblasti nakládání s komunálními odpady, znát jeho hlavní využitelné složky a způsoby s jeho nakládáním, • definovat principy shromažďování komunálních odpadů a popsat jednotlivé prostředky sběru komunálního odpadu, jako je donáškový a odvozový systém sběru, • vyřešit otázky z oblasti donáškového a odvozového sběru, co to jsou sběrná místa, sběrné dvory, co to je hustota sítě sběrných míst atd. 	<p>Budete umět</p>
<p>Budete schopni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>orientovat se v oblasti komunálních odpadů.</i> 	<p>Budete schopni</p>

Komunální odpad je směsný odpad ze služeb a obchodů, veřejných úřadů a institucí, drobných řemeslných provozoven a odpad z bydlení (domovní odpad). Výskyt komunálního odpadu a jemu podobného odpadu v ČR podle evidence v roce 1998 představoval 4,5 mil. tun. Směsný komunální odpad se na tomto množství podílí téměř 65 % a činí 281 kg na obyvatele a rok. Zbývajících 35 % tvoří odděleně sebrané využitelné složky: 9,6 % (42 kg na obyvatele a rok), nebezpečné složky 0,5 % (2,3 kg na obyvatele a rok), kompostovaný odpad z údržby zeleně 3,2 % (14 kg na obyvatele a rok), dále odpad ze septiků a žump 16,5 % (72 kg na obyvatele a rok) a ostatní odpad z obcí.

Hlavní využitelné složky domovního odpadu analyzované v roce 1997 představovaly v průměru ČR : papír/lepenka 19 kg, sklo 14,5 kg, plasty 10,5 kg a kovy 8 kg na obyvatele za rok. Pozdější výzkumy skladby tohoto odpadu ukazují na podstatný nárůst výskytu plastů přibližně na 20 kg na obyvatele a rok a pokles výskytu skla přibližně na 9 kg na obyvatele a rok.

Odborné odhady ukazují na to, že využitelné složky odpadů tvoří ze 70 ÷ 80 % upotřebené obaly. Celkově v průměru ČR – vzhledem k vyššímu podílu popelovin v domovním odpadu – je podíl obalového odpadu odhadován na 15 ÷ 20 % ze souhrnného výskytu domovního odpadu.

Např. v oblasti spotřeby papíru a lepenky a ve využití sběrového papíru pro jejich výrobu rozvíjejícím se trhem s vysokým potenciálem: za posledních 5 let vzrostla spotřeba papíru ze

767 tis. tun na 926 tis. tun, což je o 21 %. Ještě vyšší byl nárůst ve využití sběrového papíru a to o 40 %, z 261 tis. tun na 366 tis. tun v roce 2000. Tento trend pokračuje, v dalších letech lze předpokládat mírnější růst. Vzhledem ke zvyšování spotřeby papíru a lepenky obecně se však bude stupeň využití sběrového papíru zvyšovat méně radikálně než spotřeba.

Papírny, zpracovávající sběrový papír na nové papírenské výrobky zpracovaly v roce 2000 celkem 216 tis. tun, což je téměř 60 % z celkové spotřeby.

Všichni rozhodující zpracovatelé sběrového papíru, vesměs členové Svazu průmyslu papíru a celulózy, usilují o dosažení stupně využití sběrového papíru v roce 2005 ve výši 50 %, což je navýšení o 5 % oproti roku 2000. Při předpokládaném nárůstu spotřeby papírů o 10 % to však představuje nárůst využití sběrového papíru ve hmotných jednotkách o téměř 100 tis. tun, což je o 8,2 %.

Komunální odpad je heterogenní materiál s časově proměnným množstvím i skladbou. Činnost v oblasti odstraňování komunálního odpadu lze rozdělit do dvou pracovních oblastí, a to: odvoz odpadu (přechovávání, shromažďování a odvoz); zneškodňování odpadu (skládkování, kompostování, tepelné zpracování).

Nakládání s odpady tvoří v dnešní době již rozvinutý logický systém, jehož základními součástmi jsou shromažďování, sběr, výkup, třídění, přeprava a doprava, skladování, úprava, využívání a zneškodňování odpadu.

Původci odpadu jsou podle nového zákona mimo jiné povinni shromažďovat odpady utříděné podle jednotlivých druhů a kategorií, nevyužité odpady trvale nabízet k využití jiným subjektům, teprve nevyužité odpady mohou zneškodnit. Ve všech fázích manipulace s odpady musí být odpady zabezpečeny tak, aby nedošlo k jejich nežádoucímu znehodnocení, odcizení nebo úniku ohrožujícímu životní prostředí. Tyto podmínky musí splňovat i technické prostředky určené pro shromažďování, sběr a přepravu odpadu.

Druhý výukový týden



Čas ke studiu: 4 hodiny – rozsah odpovídá 2h přednášek a 2h cvičení



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat činnosti v oblasti nakládání s komunálními odpady,
- definovat principy shromažďování komunálních odpadů,
- popsat jednotlivé prostředky sběru komunálního odpadu,
- vyřešit otázky z oblasti donáškového a odvozového sběru apod.



Průvodce studiem

Je nutno si uvědomit, že obsah této kapitoly studijní opory v tištěné podobě je velice stručný a neobsahuje veškeré informace k absolvování jednotlivých náležitostí (Korespondenční úkol a Testovací otázky), které jsou podmínkou k úspěšnému absolvování kapitoly a potažmo celého kurzu. Podrobnější informace jsou k dispozici v elektronické podobě na CD-ROM nebo na internetových stránkách kurzu, které Vám byly dány v úvodním tutoriálu. K získání většího objemu dat a informací doporučuji také využít sítě internet včetně oslovení firem podnikajících v daném oboru a samozřejmě také knižního fondu technických knihoven.



Výklad

□ Shromažďování komunálních odpadů

Se separací odpadu z domácností mají zkušenosti občané většiny našich měst a obcí, a vezme-li se v úvahu výkup surovin (papíru a kovů), pak dokonce dlouhodobé. Komunální separační systémy však zatím dosahují nízké účinnosti (donáškový sběr maximálně 10 %).

Příčiny nízké účinnosti separace lze spatřovat v nedostatečné zahuštěnosti sběrné sítě, ale i v nevhodné volbě metod a způsobů sběru, v nedokonalé organizaci a propagaci sběru, v nevýrazném kontaktu s občany a v jejich minimální stimulaci ke sběru. Jedním z předpokladů pro vytvoření účinného systému odděleného shromažďování a sběru komunálního odpadu je znalost technických a ekonomických podmínek jednotlivých metod a způsobu sběru, vhodnosti jejich uplatnění pro konkrétní složky odpadu a v konkrétních obytných souborech.

Sběr komunálního odpadu lze v podstatě organizovat dvěma způsoby: *donáškovým*; *odvozovým*.



Pojmy k zapamatování

Donáškový sběr

Donáškový způsob odděleného sběru je méně pohodlný pro občany a vyžaduje jejich větší aktivitu. Jeho použití je možné ve všech typech zástavby. S ohledem na velikost užívaných nádob je méně přijatelný pro starší zástavbu bytových domů v centru měst. Způsob je také vhodný pro všechny druhy využitelných složek (sklo, papír, plasty) s výjimkou odděleného sběru bioodpadu (běžného kuchyňského odpadu).

Sběrná místa se při donáškovém sběru zřizují na veřejných prostranstvích v blízkosti obchodů a nákupních center, zastávek hromadné dopravy, škol, zdravotních středisek apod. Pro zajištění funkčnosti sběru se síť obvykle doplňuje o další sběrná místa v ulicích a na prostranstvích s vyšší frekvencí pohybu obyvatel.

Sběrné dvory, jako centrální místa pro zachycování využitelných a nebezpečných složek komunálního odpadu, se zřizují pro větší sběrné oblasti. S ohledem na relativně vysoké náklady by měly být umístěny v oblastech s vyšší hustotou zalidnění. Umístění sběrných dvorů předpokládá počet obyvatel $2\ 000 \div 20\ 000$ podle druhu zástavby a funkce, kterou mají plnit v systému separace. Dojezdová vzdálenost do sběrných dvorů by se měla pohybovat v rozmezí $3 \div 5$ km.



Pojmy k zapamatování

Odvozový sběr

Při odvozovém způsobu sběru jsou sběrná místa zřizována v blízkosti domovních vstupů nebo uvnitř obytných objektů. Donášková vzdálenost ke sběrným nádobám by neměla přesáhnout $30 \div 50$ m. Tento způsob je proto vhodný zejména ve starší zástavbě bytových domů, kde sběrné nádoby jsou umístěny buď přímo v domě, nebo ve dvorech (tzv. vnitrobloky). Způsob sběru se uplatňuje také v zástavbě rodinných domů nebo v sídlištní zástavbě.

Odvozový sběr je běžně používán pro sběr směsného komunálního odpadu. Při odděleném sběru je určen pro všechny využitelné složky včetně bioodpadu. Ve srovnání s donáškovým způsobem sběru je investičně náročnější. Sbírané složky jsou odděleně shromažďovány do nádob menších objemů $80 \div 240$ litrů, ale i $1\ 100$ litrů v sídlištní zástavbě nebo do sběrných pytlů. Obdobně jako u donáškového sběru se pro sběr skla užívají nádoby menších objemů, větší nádoby pak pro sběr papíru a plastů.

□ Prostředky sběru komunálního odpadu

Technické vybavení pro sběr papíru komunálního odpadu představují:

- prostředky pro shromažďování odpadu (nádoby, pytle),
- prostředky pro svoz (sběr) a přepravu odpadu.



Pojmy k zapamatování

Sběrné nádoby

Sběrné nádoby pro shromažďování komunálního odpadu mají vždy vícenásobné použití. Volby typu a velikosti nádob záleží na podmínkách sběrné oblasti a charakteru sbíraného odpadu nebo jeho složek. Předimenzování velikosti nádob zejména v menších obcích vede ke zvyšujícímu se objemu sbíraných odpadů. Naopak nedostatečná velikost nádob zvyšuje nebezpečí vzniku „černých“ skládek. Velikost nádob má vliv i na další charakteristiky nakládání s komunálním odpadem, jako jsou:

- objemová hmotnost sbíraného odpadu (menší nádoby zvyšují objemovou hmotnost shromážděného odpadu s ohledem na pečlivější přístup obyvatel a nepřítomnost větších kusů odpadu),
- požadovaná frekvence svozu odpadu,
- množství svozových automobilů a pracovníků jejich obsluhy.

Podle způsobu nakládání s nádobami při svozu se rozlišují nádoby na přesypné a výměnné.

Přesypné nádoby jsou nejrozšířenějším vybavením pro shromažďování komunálního odpadu před jeho svozem. Normalizované nádoby různých objemů jsou používány ke sběru směsného odpadu i pro oddělený sběr jeho složek. Nádoby se odlišují především barevností, povrchovými úpravami, úpravami vík a rozsahem využitelných objemů.

Nejčastějším užívaným typem sběrných nádob v ČR pro:

- směsný domovní odpad jsou nádoby objemů 70, 110, 240, 1100 litrů
- využitelné složky domovního odpadu jsou nádoby objemů 120, 240, 1100, 1 300, 1 500, 2 000, 2 500 litrů.

Nádoby pro oddělený sběr jsou pro jednotlivé sbírané složky barevně rozlišeny – obvykle modré na papír, bílé na čiré sklo, žluté na plasty, hnědé na odpad biologického původu.

Výměnné nádoby

Výměnné nádoby se uplatňují při sběru objemného odpadu a při výskytu komunálního odpadu ve větším množství na jednom místě. Sběr je prováděn do velkoobjemových nádob – přepravníků, označovaných jako kontejnery.

Použití výměnných velkoobjemových kontejnerů pro sběr směsného domovního odpadu není příliš vhodné a je přijatelné v rozptýlené zástavbě okrajových částí měst a v menších obcích. Do soustředěné městské zástavby je tento způsob sběru naprosto nevhodný z důvodu dopravní propustnosti komunikací a nedostatku vhodných veřejných prostranství. V kontejnerech dochází ke smísení drobného odpadu s objemným odpadem a se stavební sutí. Z těchto důvodů jsou užívány uzavřené kontejnery s odklápacími víky nebo jinak upravenými vzhazovacími otvory.

Svoz odpadu

Pro přepravu komunálního odpadu se používají různé, pro tento účel speciálně konstruované, automobily. Můžeme je rozdělit do tří skupin:

- a) svozové odpadové automobily pro sběr směsného komunálního odpadu, ale i odděleně z něj vytříděných složek shromažďovaných v normalizovaných nádobách na odpad,
- b) nosiče přepravníků (kontejnerů) pro svoz domovního a objemného odpadu shromažďovaného v přepravnících, ale i pro sběr směsného komunálního odpadu a odděleně vytříděných složek odpadu shromažďovaných v menších nádobách na odpad,
- c) přepravní odpadové automobily (přepravní soupravy) pro dálkovou přepravu komunálního odpadu z překládacích stanic.

Pro přepravu odděleně vytříděných složek komunálního odpadu po jejich úpravě (dotřídění, slisování, drcení apod.) jsou většinou používány běžné nákladní automobily.

Svozové odpadové automobily jsou převážně stavěny na částečně upraveném podvozku nákladního automobilu. Nástavba, která dělá z automobilu speciální automobil, sestává z nádrže na odpady, stlačovacího zařízení a vyklápače nádob. Stlačovací zařízení slouží ke zhutnění odpadů v nádrži, aby byla co nejlépe využita nosnost automobilu. Používá se dvou rozdílných způsobů stlačování – rotačního a lineárního. S ohledem na hospodárnost odvozu nabízejí výrobci řadu velikostních typů nástaveb s objemy $5 \div 23 \text{ m}^3$ a užitečnou hmotností

2 ÷ 12 tun. Užití velikostních typů pak závisí na dopravních podmínkách, druhu a plošném soustředění odpadu v konkrétním svozovém regionu aj.

Odpadové hospodářství je novým technologickým odvětvím, které se bezprostředně dotýká všech stupňů výrobního a spotřebního cyklu od těžby surovin přes jejich výrobu, dopravu a spotřebu produktů až po jejich zneškodnění, kdy po uplynutí doby jejich životnosti se z nich stávají tzv. spotřební odpady. Významný podíl odpadů tvoří vedlejší materiály, vznikající přímo při výrobě těchto produktů tzv. výrobní odpady. Odpadové hospodářství tak ovlivňuje všechny složky národního hospodářství.



Pojmy k zapamatování

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

- předcházet nebo omezovat vznik odpadů,
- pokud odpady již vzniknou, nakládat s nimi tak, aby byly maximálně využity jako druhotné suroviny v původní nebo upravené formě a aby minimálně narušovaly životní prostředí.

Do roku 1991 byla problematika odpadů (s výjimkou odpadních vod, případně dalších speciálních odpadů) řešena zcela nedostatečně. Základní rámec ochrany tvořil zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, související vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 45/1966 Sb., o vytváření a ochraně zdravých životních podmínek a některé vyhlášky upravující otázky spojené s organizovaným sběrem vybraných druhotných surovin.

Prvním historicky platným zákonem na území České republiky byl zákon č. 238/1991 Sb., o odpadech, účinný od 1. srpna 1991. Tento hmotněprávní předpis doplnil zákon ČNR č. 311/1991 Sb., o státní správě v odpadovém hospodářství, účinný od 9. srpna 1991.

Nový zákon o odpadech 185/2001 Sb. (a s ním související změna některých dalších zákonů) byl v únoru 2001 schválen Poslaneckou sněmovnou s účinností (až na některé paragrafy) od 1. ledna 2002. Zákon je rozdělen celkem do 89 ustanovení (paragrafů) a šesti příloh, dělí se na osmnáct částí.



Odměna a odpočinek

Výborně, druhou kapitolu máš za sebou, teď si dej malou pauzičku, přečti si pár vtipů a pak vyřeš jednotlivé kontrolní otázky.



Shrnutí kapitoly

Komunální odpad je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.

Shromažďování odpadů je krátkodobé soustředění odpadů do shromažďovacích prostředků v místě jejich vzniku před dalším nakládáním s odpady.

Původce odpadů je právnická osoba, při jejíž činnosti vznikají odpady, nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, při jejíž podnikatelské činnosti vznikají odpady,



Kontrolní otázka

1. Co je to komunální odpad (KO)?
2. Jaké jsou hlavní využitelné složky KO?
3. Jakými způsoby lze organizovat sběr KO?
4. Jaké jsou hlavní činnosti odvozu odpadu?



Korespondenční úkol

1. Jaké jsou hlavní činnosti zneškodňování odpadů?
2. Jaké jsou prostředky sběru KO?



Průvodce studiem

Připravte se na tyto testovací otázky, které je nutno vykonat na příslušných internetových stránkách kurzu:

1. Co nepatří mezi zneškodňování odpadů?
2. Jaký prostředek sběru KO není používán?
3. Co je to komunální odpad?
4. Co je to shromažďování odpadů?
5. Co je to sběr odpadů?
6. Kdo je původce odpadů?
7. Co je to materiálové využití odpadů?

3 PRŮMYSLOVÉ ODPADY

Po úspěšném a aktivním absolvování této KAPITOLY

<p>Budete umět:</p> <ul style="list-style-type: none"> • popsat nebezpečnost průmyslových odpadů z jednotlivých odvětví, obsažených v níže uvedených kapitolách, jako například odpadů vznikajících při užití ropných produktů, radioaktivních odpadů, kalů z městských čistíren odpadních vod, olověných akumulátorů, autovraků, odpadů s obsahem stříbra, odpadů z jiných výroby a provozů než byly uvedeny apod. • definovat jednotlivé typy průmyslových odpadů chemického průmyslu a hutnictví, odpadů z průmyslu plastických hmot, zemědělství, potravinářského průmyslu, těžby dřeva, sklářských provozů, textilního průmyslu, energetiky, stavební činnosti, odpadů vznikajících při těžbě, dopravě a zpracování ropy atd., • vyřešit otázky z oblasti nakládání a odstraňování průmyslových odpadů jednotlivých vypsanych oborů lidské činnosti. 	Budete umět
<p>Budete schopni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>orientovat se v oblasti průmyslových odpadů od chemických organických či anorganických výroby, přes biomasu až po radioaktivní odpady či odpady vznikající při těžbě a zpracování ropy.</i> 	Budete schopni

Na rozdíl od komunálních odpadů, ve kterých je většinou obsah nebezpečných látek jen nepatrný, lze prakticky veškeré odpady z chemického průmyslu i mnohých dalších průmyslových odvětví (metalurgie, strojírenství apod.) považovat za nebezpečné. Tyto odpady mohou být nebezpečné svým okamžitým působením (přítomnost toxických, výbušných či jiných látek) nebo potenciálně nebezpečné (možnost nekontrolovatelného průběhu chemických reakcí).

Nejvýznamnější podíl nebezpečných odpadů z průmyslu tvoří chemické odpady. Chemické odpady vznikají ovšem nejenom v chemickém průmyslu, ale v celé řadě dalších průmyslových odvětví, ve kterých se používají toxické či jinak škodlivé chemikálie. Tuhé odpady v chemickém průmyslu představují jednak nezreagované suroviny, nečistoty v surovinách a jednak vedlejší produkty chemických reakcí a pomocné látky pro chemické nebo fyzikální procesy, případně další.

Třetí výukový týden



Čas ke studiu: 4 hodiny – rozsah odpovídá 2h přednášek a 2h cvičení



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat nebezpečnost průmyslových odpadů z jednotlivých odvětví, obsažených v níže uvedených kapitolách,
- definovat jednotlivé typy průmyslových odpadů z chemického průmyslu a hutnictví včetně výroby surového železa, aglomerace, výroby oceli, tváření kovů, slévárenství apod.,
- vyřešit otázky z oblasti nakládání s průmyslovými odpady chemických organických a anorganických výroby a hutnictví.



Průvodce studiem

Je nutno si uvědomit, že obsah této kapitoly studijní opory v tištěné podobě je velice stručný a neobsahuje veškeré informace k absolvování jednotlivých náležitostí (Korespondenční úkol a Testovací otázky), které jsou podmínkou k úspěšnému absolvování kapitoly a potažmo celého kurzu. Podrobnější informace jsou k dispozici v elektronické podobě na CD-ROM nebo na internetových stránkách kurzu, které Vám byly dány v úvodním tutoriálu. K získání většího objemu dat a informací doporučuji také využít sítě internet včetně oslovení firem podnikajících v daném oboru a samozřejmě také knižního fondu technických knihoven.



Výklad

□ Nakládání s průmyslovými odpady

Vzhledem k velké rozmanitosti různých sloučenin, často neznámého původu a složení, vyžaduje nakládání s těmito odpady specifický přístup a vždy maximální množství informací o jejich složení a vlastnostech. Při nakládání s průmyslovými odpady je třeba vycházet z toho, že v podstatě není problém nějaký odpad zajistit, zpracovat, zneškodnit nebo uložit. Problém je však v tom, že je to třeba provést co nejbezpečněji, nejekonomičtěji a nejpromyšleněji.



Pojmy k zapamatování

Za **nebezpečné** lze považovat ty **odpady**, které ohrožují existenci organismů aktivním způsobem. Do této skupiny mohou spadat i odpady v podstatě neškodné, pokud vznikají pravidelně a ve velkém množství. Jinak se za hlavní nebezpečné odpady považují odpady radioaktivní, biologické a odpady s okamžitým nebo potenciálním chemickým působením.

□ Odpady z jednotlivých průmyslových odvětví

V následujících kapitolách je uveden stručný přehled odpadů z vybraných průmyslových odvětví a základní způsoby jejich zpracování. Značné množství odpadů, především nebezpečných (obsahujících celou řadu toxických, reaktivních a hořlavých látek) vzniká zejména v chemickém průmyslu. Většina chemických procesů neprobíhá bez vedlejších reakcí, které jsou právě nejčastějším zdrojem odpadů. Rovněž suroviny pro chemický průmysl obsahují četné příměsi, ze kterých v průběhu vlastního procesu vzniká odpad. Při současných technologiích je prakticky nemožné zamezit vzniku těchto odpadů. Tuhé odpady v chemickém průmyslu obvykle představují menší nebezpečí z hlediska ochrany životního prostředí než kapalné a plynné odpady. Množství tuhých odpadů v chemickém průmyslu se však stále zvyšuje. Kromě toho při zavádění nových výrobních postupů vznikají takové odpady, které si z hlediska složení a vlastností vyžadují zvláštní pozornost i zvláštní způsoby zneškodnění.

□ Chemický průmysl

Problém odpadů chemické povahy je zcela odlišný od odpadů z mechanických operací. Mechanické odpady v podstatě pouze zabírají místo a řešení spočívá převážně v organizačních opatřeních. Chemické odpady zpravidla nejsou stálé, navzájem reagují a působí závažné změny v životním prostředí. Odhaduje se, že zhruba 90 % chemických operací se provádí v kapalném stavu a totéž platí i o povrchových úpravách kovů (moření a galvanizace). V důsledku toho je značná část primárních odpadů kapalných. Jejich smíšením vznikají pak sekundární odpady. Složení a množství vznikajících primárních odpadů (a tedy i sekundárních odpadů) jsou ovlivněny více než povahou základní technologie, kvalitou obsluhy nebo regulačních a automatizačních okruhů a stavem technologických zařízení.

Odpady z chemických anorganických výrobních

Anorganické chemikálie představují, co do množství, nejpodstatnější část výrobků chemického průmyslu. K velkotonážním anorganickým chemikáliím patří kyselina sírová, amoniak, hydroxid sodný, chlór, kyselina fosforečná a kyselina dusičná. Všechny tyto chemikálie mohou znamenat nebezpečí pro zdraví člověka i prostředí. K nebezpečným anorganickým látkám patří i některé pigmenty, např. chromová žluť obsahující $PbCrO_4$ (a její modifikace), vyráběné reakcí $Na_2Cr_2O_7$, $NaOH$ a $PbNO_3$, molybdenová oranž, vyráběná z $PbCrO_4$ a $PbMoO_4$ a zinková běloba - nestechiometrická sloučenina vyráběná ze směsi ZnO , HCl , $Na_2Cr_2O_7$ a KCl . Některé anorganické chemikálie jako H_2S jsou zápalné, jiné, jako N_2O jsou oxidačními činidly.

Mimořádně závažné jsou odpady obsahující kyanidy, které podle Basilejské úmluvy patří do skupiny zvláště nebezpečných odpadů.

Při výrobě produktů anorganických výrob jsou nejnebezpečnějšími odpady většinou odplyny, které při ní vznikají. Nejdůležitějšími produkty jsou především *amoniak; kyselina dusičná; kyselina sírová; kyselina fosforečná a průmyslová hnojiva*

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. Např. 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, jako korozivní NaOH pro zmýdelnění tuků a H₂SO₄ pro sulfonaci.

Organický průmysl zahrnuje jednak základní výroby (zpracování ropy, petrochemie, chemické využití uhlí) jednak výroby finálních speciálních látek (včetně meziproduktů) jako jsou tenzidy a detergenty, organická barviva a pigmenty, léčiva, pesticidy, aditivy do polymerů a pod. Vedle toho představuje samostatnou výrobní i spotřebitelskou oblast výroba celulózy a papíru. Odpady z průmyslu zpracování ropy a uhlí představují ve vyspělých průmyslových zemích až 50% z celkového množství všech průmyslových odpadů, a je jim proto věnována větší pozornost.

□ Hutnictví

Hutnictví jako celek, od výroby surového železa až po výrobu a zpracování oceli, můžeme zařadit mezi hlavní znečišťovatele životního prostředí. Patří mezi stěžejní průmysl naší republiky ve kterém je na jedné straně zpracováváno značné množství odpadů, ale na straně druhé zde nemalé množství odpadů také vzniká.

Výroba surového železa

Výroba surového železa je považována za oblast hutnictví, která je významným znečišťovatelem životního prostředí. Méně je známo, že tato oblast zpracovává velké množství odpadů obsahujících železo. Různé druhy odprašků, kalů, strusek a okujů z hutních provozů, strojírenství, chemie a dalších odvětví se při výrobě železa využívá jako druhotná surovina. Využívá se též méněhodnotného ocelového šrotu.

Výrobu surového železa je možno rozdělit do několika provozů charakteristických mimo jiné i způsobem a mírou znečišťování životního prostředí. První fází vysokopecního procesu je *příprava vysokopecní vsázky*. Zahrnuje dopravu surovin, jejich vykládku, rozmrazování, mletí, třídění a homogenizaci. Nejpodstatnější součástí přípravy vysokopecní vsázky je aglomerace, tj. spékání rud na spékacích pásech. Relativně samostatnou částí přípravy vsázky je peletizace. Výroba pelet však obvykle neprobíhá v hutním podniku, ale na území těžebního závodu.



Pojmy k zapamatování

Aglomerace

Aglomerace neboli spékání železných rud je zahřívání prachové aglomerační směsi (rudná část, palivo, přísady) na takovou teplotu, že dojde k natavení povrchu jednotlivých zrn vsázky a vzniklá tavenina vytvoří mezi zrny kapalinové můstky, které po ztuhnutí zajistí vznik pevného pórovitého materiálu – *aglomerátu*. Celkově je možno aglomeraci rozdělit na tzv. studený úsek zahrnující výklopníky surovin, drcení, mletí a třídění skládky a homogenizaci surovin. Teplý úsek zahrnuje skladování a dávkování surovin, jejich míchání a předpeletizaci (viz **Video 1** a **Video 2**), vlastní spékací pás s příslušenstvím, drcení, třídění a chlazení vyrobeného aglomerátu. Patří sem i odsávací soustava s čištěním spalin.

Studený úsek znečišťuje životní prostředí většinou jen tuhými prachovými emisemi, které mají lokální charakter a spíše představují zdroj zhoršení pracovního prostředí než významný zdroj znečišťování atmosféry.



Pojmy k zapamatování

Teplý úsek aglomerace je hlavním zdrojem znečišťování životního prostředí při výrobě surového železa a je příčinou toho, že **aglomerace je považována za největšího znečišťovatele v rámci celého hutnictví** (bez energetiky). Spékání rud je pyrometalurgický proces založený na hoření prachového koksu obsaženého ve vsázce. Vzniklé spaliny mění své chemické složení podle průběhu chemických reakcí ve vsázce, strhávají drobné částičky vsázky a jsou odsávány přes odprašovací zařízení do komína. Množství tuhých znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší závisí kromě technologických faktorů hlavně na způsobu a účinnosti odlučovacího zařízení.

Vysokopecní výroba surového železa

Vysokopecní provoz znečišťuje životní prostředí podstatně méně než příprava vysokopecní vsázky. Vysoká pec i ohřívače větru jsou konstruované jako uzavřené tlakové nádoby, proto jsou možnosti emisí omezené.

Výroba oceli

Výroba oceli je zkuňovací proces, který spočívá ve snížení obsahu uhlíku a některých dalších prvků oxidací. K oxidaci se používá vzduchu, kyslíku nebo oxidů železa (rudy). Zároveň se upravuje chemické složení ocele a její struktura. V současnosti se ocel vyrábí hlavně třemi technologickými postupy: v nístějových pecích typu Siemens-Martin a v tandemových pecích; v konvertorech s dmýcháním shora, zdola nebo kombinovaně a v elektrických obloukových a indukčních pecích.

Konvertory se používají pro hromadnou výrobu ocelí, elektrické pece pro výrobu jakostních ocelí, tandemové pece jsou v moderních ocelárnách spíše výjimkou, v České republice však tuto technologii používá největší výrobce oceli - NH Ostrava. Výroba v siemens-martinských pecích, v minulosti nejrozšířenější, se dnes v moderních ocelárnách nepoužívá. Protože při výrobě oceli tvoří významnou část vsázky ocelový šrot, znečištěný neželeznými kovy, plasty a dalšími látkami, projeví se to i ve složení emisí a produkovaných odpadů.

Zpracování kovového šrotu

Při výrobě oceli popřípadě při zpracovávání jiných kovů stále hraje důležitou roli kovový odpad – šrot ([viz Animace1](#)). Recyklace kovového šrotu je velmi výhodná, protože při ní odpadáva tavba rud a jejich náročná úprava. Kovový odpad je vlastně energetickou surovinou, protože ušetří množství primární energie, kterou je třeba vložit do výroby daného kovového produktu.

Tabulka 3.1 - Spotřeba energie pro výrobu 1 t kovu z rudy a z odpadu

Druh kovu	Spotřeba energie při výrobě [MWh/t]		Úspora energie [MWh/t]	Zpracování odpadu [% hm]
	z rudy	z odpadu		
Měď	13,5	1,7	11,8	87
Olovo	9,5	0,5	9,0	95
Zinek	10,0	0,5	9,5	95
Hliník	65,0	2,0	63,0	97
Hořčík	90,0	2,0	88,0	98
Titan	126,0	52,0	74,0	58,5

Jak je patrné z tabulky 3.1, kovový odpad je velmi bohatou surovinou v porovnání s rudou, navíc také doprava a manipulace s ním je podstatně snadnější.

Struska

Jak již bylo uvedeno, při výrobě surového železa a oceli vznikají také tuhé odpady, mezi které patří struska, která je cennou druhotnou surovinou. Používá se jako náhradní surovina při výrobě surového železa. Její využití pro tento účel omezuje obsah fosforu někdy chrómu.

Na 1 tunu vyrobeného surového železa připadá 600 kg vyprodukované vysokopecní strusky. Ta se skládá z 38 až 40 % hm. oxidu křemičitého, 40 % hm. oxidu vápenatého, 10 až 12 % hm. oxidu horečnatého a 7 až 8 % hm. oxidu hlinitého.



Pojmy k zapamatování

Dalším **zpracováním vysokopecní strusky** vznikají tyto výrobky: *granulovaná struska* (granulát). Po odvodnění, drcení a třídění se granulát používá na výrobu stavebních materiálů, přidává se do portlandského cementu; *strusková pemza*, která se používá ve stavebnictví jako tepelná izolace; *strusková drť*, který se používá se na stavbu cest a autostrád jako podkladový materiál pod asfalt a *strusková vlna* používaná na izolace ve stavebnictví. Vysokopecní strusku je možné použít také jako přísadu do hnojiv. Protože struska má zásaditou povahu, toto hnojivo je vhodné především na neutralizaci kyselých a těžkých půd.

Tváření kovů

Vyrobena ocel ve formě ingotů nebo různých profilů z kontilitů se dále zpracovává v hutním podniku především válcováním. Produkt má formu různých profilů, pásků, plechu, trubek, drátů a pod. Často se používá též kování a lisování, drát se vyrábí většinou tažením. Ostatní tvářecí technologie patří spíše do oblasti strojírenství. Kvůli snížení přetvárného odporu se materiál většinou ohřívá v pecích různé konstrukce. Jako paliva se používá plyných a tekutých paliv, jejichž hořením vznikají hlavně emise typické pro spalovací procesy. Tuhé emise jsou při tvářecích procesech velmi malé. Emise SO₂ závisí na druhu a složení použitého paliva.

Slévárenství

Slévárny produkují hotové výrobky litím tekutého kovu do připravené formy. Celý proces je možno rozdělit na přípravu tekutého kovu, přípravu forem, vlastní lití a úpravu odlitků.

Zdrojem tuhých emisí jsou hlavně kuplovný pro tavení litiny a manipulace se slévárenskými formovacími hmotami. Množství spalin u kuploven bývá 500 až 1500 m³.t⁻¹ odlitku. Z plyných emisí má největší význam CO ve spalinách kuploven nebo elektrických pecí. Spaliny se proto mají dospalovat. Emisní faktor je 150 až 250 kg.t⁻¹ odlitku. Emise SO₂ závisí na spotřebě koksu a jeho složení. Při přípravě formovacích směsí a jejich sušení dochází k rozkladu organických složek směsi a uvolněné plyny mohou působit karcinogenně.

Odpady ze strojírenství

Ve strojírenství vzniká celá řada odpadních chemikálií a materiálů i znečištěných zařízení. Jsou to zejména použité přípravky na povrchovou úpravu kovů (cementační prášky, kalírenské soli), chlorované uhlovodíky s vysokým obsahem chloru (chlorované bifenyly, dioxiny, furany) samostatně i jako příměsi v jiných materiálech, použité chladicí kapaliny a řezné emulze z obráběcích provozů, včetně jimi znečištěného kovového odpadu (třísky, piliny a pod.), zbytky barev z lakoven a stříkacích boxů, zbytky barev v plechovkách, použité čisticí prostředky (hadry, čisticí vlna, piliny a pod.), upotřebené olejové filtry, použité mazací tuky z demontovaných strojů a zařízení, zbytky z odmašťovacích zařízení po redestilaci organických rozpouštědel, olejové kaly z kalících lázní se zbytky okují a další.

Kovonosné odpady

Při výrobě železa a oceli se používá celá řada chemikálií a vzniká při ní velké množství vedlejších nebezpečných produktů. Povlaky oxidů železa z povrchů se odstraňují mořením kyselinami (sírovou, dusičnou, chlorovodíkovou). Do mořících roztoků se přidávají inhibitory zabraňující 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.



Odměna a odpočinek

Výborně, už i třetí kapitola, respektive základ třetího výukového týdne máš za sebou, teď si dej kafičko nebo něco ostřejšího, projdi si v myšlenkách co jsi doposud nastudoval a odpověz si na jednotlivé kontrolní otázky.



Shrnutí kapitoly

Za **nebezpečné** lze považovat ty **odpady**, které ohrožují existenci organismů aktivním způsobem

Globální odpady jsou odpady, jejichž produkce je velká, ale jejich složení je prakticky konstantní.

Platí zásada, že papíry na přímé balení se nesmí vyrábět z recyklované (sekundární) suroviny.



Kontrolní otázka

1. Jaký je hlavní rozdíl mezi komunálními a průmyslovými odpady?
2. Který typy odpadů jsou nejvíce nebezpečné?
3. Jaký je hlavní rozdíl mezi primárními a sekundárními odpady?
4. Vymenujte dva základní typy chemické výroby.



Korespondenční úkol

1. Jakým způsobem se využívá struska?
2. Co je to aglomerace?



Průvodce studiem

Připravte se na tyto testovací otázky, které je nutno vykonat na příslušných internetových stránkách kurzu:

1. Který výrok je pravdivý?
2. Co to jsou globální odpady?
3. Co nepatří mezi „velkotonážní“ anorganické chemikálie?
4. Platí zásada, že papíry na přímé balení se nesmí vyrábět z recyklované (sekundární) suroviny?
5. Co do oboru hutnictví nepatří?
6. Který obor hutnictví je považován za největšího znečišťovatele prostředí?
7. Který výrobek nevzniká zpracováním vysokopecní strusky?

Čtvrtý výukový týden



Čas ke studiu: 4 hodiny – rozsah odpovídá 2h přednášek a 2h cvičení



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat nebezpečnost průmyslových odpadů z jednotlivých odvětví, obsažených v níže uvedených kapitolách, včetně kalů z městských čistíren odpadních vod, olověných akumulátorů, autovraků, odpadů s obsahem stříbra apod.
- definovat jednotlivé typy průmyslových odpadů z průmyslu plastických hmot, zemědělství, potravinářského průmyslu, těžby dřeva, sklářských provozů, textilního průmyslu, energetiky, stavební činnosti atd.
- vyřešit otázky z oblasti nakládání s průmyslovými odpady jednotlivých probraných oborů lidské činnosti.



Průvodce studiem

Je nutno si uvědomit, že obsah této kapitoly studijní opory v tištěné podobě je velice stručný a neobsahuje veškeré informace k absolvování jednotlivých náležitostí (Korespondenční úkol a Testovací otázky), které jsou podmínkou k úspěšnému absolvování kapitoly a potažmo celého kurzu. Podrobnější informace jsou k dispozici v elektronické podobě na CD-ROM nebo na internetových stránkách kurzu, které Vám byly dány v úvodním tutoriálu. K získání většího objemu dat a informací doporučuji také využít sítě internet včetně oslovení firem podnikajících v daném oboru a samozřejmě také knižního fondu technických knihoven.



Výklad

□ Olověné akumulátory

Akumulátory jsou galvanické články, produkující elektrickou energii. Používají se především na startování spalovacích motorů, na pohon aut ve městech v kombinaci se spalovacím motorem (obvykle dieslovým), jako i na pohon malých vozíků určených na vnitropodnikovou dopravu materiálů apod. Nejrozšířenější jsou dva druhy akumulátorů:

olověný s olověnými elektrodami, přičemž elektrolyt tvoří zředěná kyselina sírová, nikel-kadmiový, přičemž elektrolyt tvoří zředěný roztok hydroxidu draselného.

Akumulátory mechanicky zbavené kyseliny jsou míchány spolu s ostatními olověnými odpady, vratnou silikátovou struskou, struskotvornými přísadami a koksem a tato směs je dávkována do šachtové pece. Hořením koksu a ostatních organických komponent vsázky jsou

taveny a redukovány kovové podíly vsázky a olovo z pece plynule vytéká spodní výpustí. Periodicky je odpichována struska s kamínkem, který je produktem odsíření vsázky, neboť v redukčních podmínkách šachtové pece jsou sírany redukovány a vzniklá síra je vázána na železo obsažené ve vsázce. Kamínek je těžší než struska a tuhne odděleně ve spodní části kokily, je mechanicky oddělen a skládkován.

❑ **Odpad ve formě autovraků**

Ještě nedávno vyráběné a stále provozované automobily všech značek mají ve svých útrokách nemalý podíl materiálů a látek, které, aniž bychom si to uvědomovali, jsou zdraví škodlivé. Do kategorie ohrožující zdraví lze zařadit i mnohé dřívější výrobní postupy, při nichž se používaly pro zdraví nebezpečné nebo i jedovaté látky - např. rozpouštědla v lakovnách či jedovaté kadmium. Podobně tomu bylo s podílem azbestu v obložení brzd a spojek či v tepelně zvlášť namáhaných těsněních, která se dříve bez azbestu neobešla. Kadmium ani azbest se už delší čas na vozech významných světových firem, ani při jejich výrobě, nepoužívají.

Staré automobily představují velice různorodý zdroj dále využitelného materiálu, který je možno při vhodném vytrídění a po dalším zpracování použít jako vstupní surovinu pro další výrobu.



Pojmy k zapamatování

Průměrné materiálové složení vozu střední třídy lze vyjádřit následovně: ocel – 262 kg (30,9 %), ocelový plech - 249 kg (29,3 %), litina - 70 kg (8,2 %), guma - 70 kg (8,2 %), termoplasty - 42 kg (5 %), elektrická instalace - 37,5 kg (4,4 %), sklo - 27,5 kg (3,2 %), neželezné kovy - 22 kg (2,6 %), lak - 12 kg (1,4 %), reaktoplasty - 9,5 kg (11,1 %), ostatní - 48,5 kg (5,7 %).

Prvním krokem po převzetí vozu k recyklaci je jeho vysušení, tj. odstranění všech provozních kapalin, což je zvláště důležité z hlediska kontaminace povrchových a podzemních vod a půdy při dalším zpracování. Demontáž opravitelných dílů a materiálů vhodných k recyklaci před rozdrčením zbytku vozu ve shredderu (**viz Animace 2**) se jeví jako další nezbytný krok vedoucí ke snížení množství odpadu ukládaného do skládek a současně přispívá k zajištění ekonomické efektivity celého procesu. Demontáž a třídění materiálů vhodných k recyklaci, které nelze ve shredderech spolehlivě oddělit, je též nutno provádět v této fázi a tak napomoci snížení odpadu po shredderování. Též vytrídění dílů obsahujících olovo a měď jako akumulátorů, elektrické instalace a kabelů přispívá k získání čisté suroviny

pro následné zpracování. Poměrně cenný zdroj vzácných kovů představují katalyzátory výfukových plynů, ze kterých je možno zpětně vytěžit platinu i rhodium.

Posledním krokem při zpracování autovraku je sešrotování všech dále nepoužitelných částí (karosérie, neopravitelné agregáty, podvozek) na shredderovacím zařízení.

□ Odpady s obsahem stříbra



Pojmy k zapamatování

Stříbro je dalším **amortizačním odpadem**. Kromě šperků se používá na výrobu filmů, různých strojních součástek (jističe, relé, termostaty a pod.), zrcadel, skleněné bižuterie, potřeb pro stomatologické laboratoře, nosiče pro katalyzátory, atd. Odpady jsou cennou druhotnou surovinou tohoto drahého kovu. Kromě už uvedených výrobků se odpadové stříbro nachází také v ustalovačích používaných na vyvolávání filmů. Z těchto odpadů je možné získat čisté stříbro čistoty až 99,9 %.

□ Průmysl plastických hmot a gumárenství

Nebezpečné chemikálie, používané při výrobě a zpracování plastů, jsou zejména monomery pro výrobu polymerů, jako je ethylen, fenol, formaldehyd, propylen, styren, vinylchlorid, a rovněž ftaláty sloužící jako plastifikátory. Rovněž výroba a zpracování pryže zahrnuje četné hořlavé monomery jako je styren, butadien a isopren, sloužící k polymeraci, a dále různá plniva, antioxydanty a pigmenty. Mnohé z těchto látek mohou tvořit součást nebezpečných odpadů z výroby polymerů.

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.



Pojmy k zapamatování

Polymerní odpady se rozdělují na: **odpady ze zpracování plastů a odpady ze zpracování pryže a kaučuku**.

Odpady ze zpracování plastů

Plastické látky (plasty) jsou velmi odolné proti přirozenému rozkladu. Plasty můžeme rozdělit do tří hlavních skupin. *Termoplasty, které tvoří lineární nebo rozvětvené polymerní látky. Zahříváním měknou, po ochlazení získávají původní pevnost. Po roztavení je můžeme*

regenerovat nebo přepracovat. *Duroplasty* složené z tekutých monomerů si zachovávají určitou konzistenci po mezní teplotu, charakteristickou pro každý jednotlivý druh těchto plastů. Po roztavení nejsou regenerovatelné. *Elastomery* se skládají z rozvětvených polymerů a při běžné teplotě mají stejnou pružnost jako guma. Na teplo reagují podobně jako duroplasty. Z uvedeného přehledu vyplývá, že recyklovat můžeme pouze první skupinu plastů. Další dvě skupiny můžeme jako odpad zhodnotit pouze pyrolýzou nebo spalováním.

Do skupiny termoplastů patří tyto látky: polyetylén (PE), používá se na balicí fólie a užitkové předměty vyrobené formováním; polypropylén (PP), používá se na balicí fólie, na výrobu trubek a tvarovek a různých technických součástí; polyvinylchlorid (PVC), používá se na výrobu trubek, tvarovek, izolace elektrických vodičů a kabelů; polystyrén (PS), používá se na výrobu tepelně-izolačních desek, nádob, apod. a polyamid (PA), použití nachází v elektrotechnickém a textilním průmyslu.

Mezi duroplasty řadíme: polyester (UP), používá se ve stavebnictví a při výrobě laků; epoxidové živice (EP), používají se ve stavebnictví, při výrobě lepidel a laků; fenolové živice (PF), používané ve stavebnictví, výrobě laků a izolačních látek a polyuretan (PUR), uplatňuje se ve stavebnictví a výrobě laků.

Skupinu elastomerů tvoří: přírodní kaučuk (NR), aplikaci nachází ve výrobě hadic, těsnění, měkké i tvrdé gumy; polybutadien (BR), aplikovaný ve výrobě izolace a automobilových pneumatik a polychloropren (CR), vyrábějí se z něj ochranné oděvy a guma.

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 polyuretanový odpad jako přísada do směsí z termoplastických polyuretanů. 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.

Odpady ze zpracování pryže a kaučuku

Hlavním představitelem odpadní pryže jsou opotřebované – ojeté pneumatiky. Ojeté pneumatiky, gumový a pryžový odpad jsou závažným problémem na celém světě. V důsledku stále narůstajícího motorismu celé společnosti se každoročně zvyšuje podíl ojetých

pneumatik, ale také podíl plastových dílů využívaných nejen při výrobě automobilů a ostatních gumových a plastových odpadů vznikající mimo dopravní sféru. Uvedené odpady nejsou biodegradovatelné a proto všechny akce směřují k jejich likvidaci a hlavně dalšímu využití. Nakládání s opotřeбенými pneumatikami, gumovým a pryžovým odpadem je předmětem diskuse již řadu let. Tyto odpady zatěžují životní prostředí, „zabírají“ místo na skládkách a jsou potenciálním zdrojem požárů. Obsahují velké množství energie, kterou lze částečně nahradit výrobou energie z fosilních paliv a tím snížit primárně dopady na životní prostředí.

Nebudeme-li se zabírat estetickým aspektem vzhledu krajiny při současném způsobu skládkování, je nutno se na problém likvidace podívat ze zcela jiného pohledu, což znamená nakládat s tímto odpadem jako výchozí surovinou pro možné další zpracování a využití, a to z hlediska gumového odpadu jako strategické suroviny.



Pojmy k zapamatování

Dnes jsou používány **čtyři směry při likvidaci pneumatik:**

1. *protektorování*. Protektorování pneumatik - což je navrácení k původnímu účelu. Proces je dočasný a ojeté protektorované pneumatiky se po ojetí stávají odpadem,

2. *spalování v cementárnách*. Nejvýznamnějšími zpracovateli u nás jsou Cementárna Čížkovice s roční kapacitou 9 tisíc tun za rok a Cementárna Mokrý u Brna s kapacitou 18 tisíc tun za rok. Jedná se zde o současné využití odpadu jako paliva a zároveň jako chemického činidla. Cementárny jsou jistě přínosem pro likvidaci pneumatik, ale jejich kapacita je omezena,

3. *mechanické drcení a následné zpracování*. Mechanické drcení, při kterém se převádí odpad na surovinu. Na českém trhu působí tři recyklační linky, které pracují na bázi mechanického drcení, s roční kapacitou 13 kt za rok. Podniky provedou mechanickou destrukci pneumatik, při které rozloží pneumatiku na gumový granulát, ocelové a textilní vlákna. Gumový granulát je vyráběn v široké škále frakcí: granuláty od 0 - 10 mm, floky od 10 - 30 mm a gudreny od 30 - 100 mm. Vyrobený pryžový granulát pak odebírají od výrobců zpracovatelské podniky. Granulát je vhodný pro výrobu elastických povrchů, podkladových pásů, zámkové dlažby, rohoží, dále ho lze využít jako modifikant při výrobě asfaltových povrchů (úspěšná technologie RUBIT, která je v ČR licencovaná a úspěšně testována), a také rovněž lze jemný granulát použít jako absorpční látku pohlcující ropné produkty.

Surovinové využití se potýká s vysokým energetickým nárokem a výrobci vyrábějící výrobky z drtě se potýkají s odbytem produkováných výrobků. Pro výše popsané použití lze využít poměrně malou část takto zpracovaných pneumatik.

4. *skládkování*. V České republice jsou na skládkách desetitisíce tun ojetých pneumatik a podle statistik se ročně tento počet zvyšuje. Část pneumatik na skládkách se využívá jako zátěžový prvek pro krycí fólie, čímž se navždy suroviny v ojetých pneumatikách ztrácí. Ostatního plastového odpadu vzniká ročně více než 3x tolik než uvedeného množství znehodnocených pneumatik.

V oblasti odpadních plastů je situace daleko horší, z množství 200 - 250 tisíc tun roční produkce většina končí na skládkách, část ve spalovnách a nepatrná část čistých obalových materiálů se vrací k recyklaci do výrobních závodů.

□ **Zemědělství**

V poslední době je stále více diskutována v odborné i laické veřejnosti otázka znečišťování prostředí ze zemědělské výroby. Je zcela jasné, že v moderní zemědělské výrobě vznikají určitá ekologická rizika a dochází k narušování životního prostředí.

Rostlinná výroba

Hlavními nebezpečnými odpady z rostlinné výroby jsou: odpady z moření osiv se zbytky mořidel obsahující Hg; obaly z plastů a papíru (pytle) znečištěné mořidly osiv s obsahem Hg; zbytkové zásoby jiných anorganických agrochemikálií obsahujících těžké kovy a toxické prvky (Cu, As) a zbytky organických pesticidů a jiných agrochemikálií.

Způsoby zpracování těchto odpadů nejsou u nás systematicky vyřešeny, jsou známy jen jednotlivé případy řešení, např. spálení zbytků namořených osiv a obalů od nich ve spalovacím zařízení, speciálně vybaveném na zachycení rtuťových par.

Živočišná výroba

V živočišné výrobě je dnes typickým jevem velká koncentrace zvířat v jednotlivých závodech. V těchto závodech došlo ke změně u nás tradičního ustájení stelivového na provozy bezstelivové. Takto je u nás ustájeno asi 12 % skotu, více než 90 % prasat a asi 70 % slepic. Ze stelivových provozů je hlavním z vedlejších produktů *chlévká mrva*, která po správné fermentaci byla vždy pro zemědělství cenným hnojivem. Docházelo zde téměř k dokonalé recyklaci živin a tedy k bezodpadovému provozu. Z hlediska ekologického nepředstavuje tento substrát žádné závažnější riziko, pokud je ovšem správně skladován a používán

v odpovídajícím množství. U nás však nyní vzhledem k nevhodným skladovacím prostorám, které nejsou vybaveny zpevněnými nepropustnými plochami s jímkami, dochází ke značným ztrátám organických látek a k ohrožení životního prostředí.



Pojmy k zapamatování

Z bezstelivových provozů vzniká zcela nový substrát, tzv. *kejda*. Základním požadavkem by mělo být její zemědělské využití jako hnojiva, což je v současnosti nejvíce rozšířený způsob.

Kromě organických zbytků z polí používaných na kompostování a zmíněných exkrementů vznikají v zemědělství také další odpady, které jsou cennými sekundárními surovinami. Z nich je nutné uvést především slámu, kukuřičné oklasy apod.



Pojmy k zapamatování

Slámu je možné využít jako: krmivo; palivo; na výrobu etanolu; na pěstování dřevokazných hub a na podestýlku pro dobytek.

□ Potravinářský průmysl

V potravinářském průmyslu 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. V potravinářském průmyslu jsou problematické zejména následující látky a odpady: potravinářské suroviny (živočišné tuky, mléko a mléčné výrobky) obsahující v nepřípustných koncentracích těžké kovy a PCB - pro jejich zneškodnění je třeba zvláštních zařízení; odpadní vody se zvýšenými obsahy NaCl, a NO_3^- a NO_2^- a odpady z biotechnologických výrob obsahující zbytky antibiotik, nevhodné pro využití v zemědělství.

Recyklace těchto odpadů je velmi důležitá, protože jde převážně o organický odpad, který tvoří cennou druhotnou surovinu vhodnou především na biochemické zpracování. Je možné jej použít i na krmiva pro dobytek. Potravinářský průmysl je charakterizovaný rozdílností jednotlivých provozů, proměnlivými vlastnostmi surovin, převážně sezónností výroby, jako i rozmanitostí produktů a jejich častou obměnou. Suroviny se obvykle rychle kazí (znehodnocují).

Důležitými odvětvími potravinářského průmyslu je výroba cukru, zpracování mléka a výroba mléčných výrobků, výroba chleba a pečiva, výroba sladu a piva, masná výroba, výroba nápojů, jedlých olejů a tuků, výroba škrobu a droždí, výroba čokolády a cukrovinek,

zpracování zeleniny a ovoce, výroba alkoholických a nealkoholických nápojů. Ve všech těchto provozech se produkuje množství odpadů, které je možno účelně zpracovat a zužitkovat. Tyto odpadové látky jsou většinou biologicky rozložitelné a netoxické. Jejich likvidace je jednodušší než likvidace odpadů z chemického průmyslu.

□ **Těžba dřeva**

Lesy poskytují důležitou dřevní surovinu, která se používá v různých oblastech národního hospodářství. Při těžbě dřeva vzniká značné množství odpadu, který můžeme vhodným způsobem recyklovat. Jsou to větve, větvičky, kůra, piliny a odřezky, listí, jehličí a pařezy s kořeny. Tyto odpady můžeme zpracovat přímo v lese, nebo ve specializovaných střediscích, do kterých se odpad sváží.

Z kůry a listí můžeme připravit kvalitní kompost. Větve a větvičky je vhodné posekat přímo na místě těžby a připravit z nich dřevní štěpky, ze kterých se potom vyrábí buničina, aglomerované plošné vláknité materiály a po chemickém zpracování i různé organické sloučeniny a bílkoviny. Na tento účel jsou vhodné speciální pojízdné sekačky.

Část odpadu z těžby dřeva je však nutné ponechat v lese. Tady se přirozeným rozkladem listů, jehličí, kůry a tenkých větviček vytvářejí živiny potřebné pro růst stromů a lesních rostlin. Tento technicky nejméně využitelný odpad vrací půdě nejvíce živin.

Štěpky z větviček jehličnatých stromů je možno zpracovat na krmnou vitaminovou moučku. Ve výrobě se jehličí oddělí od větviček a větvi a vysuší se na moučku. Větve se spalují a vzniklé teplo se používá na ohřev výroby a sušírny.

□ **Zpracování vytěžené dřevní hmoty**

Jak jsme již uvedli v předcházející kapitole, přibližně dvě třetiny vytěžené dřevní hmoty je primární surovinou pro nábytkářský, chemický, palivový, stavební, strojírenský, elektrotechnický a báňský průmysl. Už z tohoto přehledu je patrné, jak je dřevní hmota všestranně použitelná. Dřevo zabezpečuje energii, výživu i surovinu pro různé odvětví průmyslu. Množství jednotlivých druhů odpadů vyjádřené v procentech jsou: *dřezky a štěpky 40 %; piliny 30 % a ostatní odpad 30 %.*



Pojmy k zapamatování

Tento odpad je možné zpracovat na: *výrobu tvrdých dřevovláknitých desek; výrobu dřevopilinových desek; výrobu generátorového plynu a výrobu oleje.*

□ Biomasa

Jelikož toto slovíčko je v posledních několika letech skloňováno všemi pády, zařadili jsme tento druh odpadu do kapitoly *Průmyslové odpady*, i když by se dalo polemizovat, jestli se jedná o tento druh odpadů. Pokud však můžeme zemědělství, těžbu a zpracování dřeva, potravinářství apod. považovat za průmysl, pak biomasu můžeme právě tak považovat za stejný druh odpadů, i když nevzniká jen zde, ale také v komunální sféře apod.



Pojmy k zapamatování

Biomasa je organická hmota rostlinného nebo živočišného původu. Jak už bylo uvedeno, je získávána jako odpad ze zemědělství, potravinářství, průmyslové činnosti, ale také jako komunální odpad. Biomasa může být i výsledkem záměrné výrobní činnosti v zemědělství, lesnictví. Je nejstarším, lidmi využívaným zdrojem energie a má obnovitelný charakter. Efektivní a ekologické využití biomasy má minimální negativní vliv na životní prostředí.

Biomasu je možné využívat přímým spalováním i k výrobě ušlechtilých paliv, které podstatně méně zatěžují životní prostředí než klasická paliva (černé a hnědé uhlí, lignit, ropa a jiné). Její výroba je pro životní prostředí spíše přínosem (likvidace odpadů, zalesňování nevyužitých a často nevyužitelných půd), než dobývání fosilních paliv.

V České republice jsou vzhledem k velké rozloze půdy, která je využívána k zemědělským a lesnickým účelům (asi 87% z celkové rozlohy), dobré podmínky pro energetické využití biomasy. K energetickým účelům je možné využít asi 8 mil. tun pevné biomasy. U nás jsou velké rezervy ve využití biomasy v komunální energetice, domácnostech, průmyslu, zemědělství oproti některým evropským státům (Rakousko, Nizozemí, Dánsko, Německo).

Využití biomasy: *výroba tepla* přímým spalováním v topeništích (dřevo, dřevní odpad, sláma, atd.); *zpracování na kvalitnější paliva* tzv. fytopaliva (pelety, brikety, bioplyn, etanol, bionafta) a *výroba elektřiny* (kombinovaná výroba elektrické energie a tepla).

□ Kaly z městských čistíren odpadních vod

V čistírnách odpadních vod (ČOV) podle jejich velikosti a typu, přicházejí v úvahu následující druhy kalů: *surové kaly* (z primární sedimentace; biologické kaly (přebytečný aktivovaný kal) a směsné surové kaly a *stabilizované kaly*, to jsou kaly, které prošly procesem stabilizace (aerobní, anaerobní) takže již dále nepodléhají biologickému rozkladu (po anaerobní stabilizaci; aerobně stabilizované kaly a tepelně stabilizované kaly). Tyto kaly jsou buď tekuté (93 - 98% vody) nebo odvodněné (30 - 50% vody).

Čistírenské kaly jsou složitou heterogenní suspenzí anorganických a organických látek odseparovaných z odpadních vod nebo vzniklých při technologických procesech čištění odpadních vod. Surové kaly obsahují různorodé patogenní mikroorganismy, produkty biologického rozkladu a ve zvýšených koncentracích těžké kovy (Zn, Cu, Co, Pb, Hg, Cr, Cd). Čistírenské kaly se zpracovávají: zahušťováním; stabilizací (biologickou, chemickou, termickou); odvodněním (flotace, odstředění) a desinfekcí.

Nejrozšířenější metodou biologické stabilizace kalů je anaerobní stabilizace, při níž vzniká jako vedlejší produkt bioplyn. V zahraničí se stále více používají ke stabilizaci a zpracování čistírenských kalů termické procesy (spalování, pyrolýza s výrobou paliv a tavení zbytků po pyrolýze na škváru, ve které jsou pevně vázány těžké kovy a kterou lze využít jako stavební materiál).

□ Odpady ze sklářských provozů

Navzdory explozi plastických látek v oblasti obalových materiálů má sklo svoje nezastupitelné místo, ba dokonce je možno říci, že jeho spotřeba začíná růst. Proto je velmi důležitý sběr skleněných střepů, které jsou významnou složkou sklářského kmene, protože ulehčují tavicí proces. Do vsázky se jich přidává až 40 % hm. ze sklářského kmene. Tímto se šetří nejen primární suroviny (především soda), ale i energie na tavení. Platí, že každé procento střepů ve vsázce snižuje asi o 0,3 % spotřebu energie na tavení. To znamená, že přidáním uvedeného množství skleněných střepů se sníží spotřeba energie na tavení minimálně o 10 %. Důležité je však separovat sklo podle barvy, v komunální sféře to vyžaduje separované kontejnery. Navíc, střepy nesmí obsahovat cizorodé nečistoty, jejich rozměr nemá přesahovat 5 cm, zároveň to však nesmí být skleněný prach. Velmi důležitým faktorem je dále čistota střepin – skleněný odpad má být bez nečistot, kterými mohou být kovy (železo a hliník), anorganické látky (porcelán, šamot) jako i organické látky (papír, plasty a pod.).



Pojmy k zapamatování

Význam recyklace odpadového skla je možné dokumentovat následujícím příkladem: když se vrátí do sklárny 100 mil. odpadových lahví a jiných výrobků, ušetří se 30 kt sklářského písku, 100 kt sody, 6 kt topného oleje, 18 tisíc MWh elektrické energie a 76 miliónů m³ zemního plynu.

□ Odpady z textilního průmyslu

Textilní průmysl zpracovává celou řadu nebezpečných chemikálií pro výrobu syntetických polymerních vláken. V některých případech se textilní polymery, zejména při zvlákňování, rozpouštějí v potenciálně nebezpečných rozpouštědlech. Četné další chemikálie se využívají v různých textilních výroбах, jako je bělení, odtučňování vlny, odšlichtování, barvení a jako maziva a antistatická činidla. Mnohé z těchto barviv jsou škodliviny či toxické látky, např. nitroso sloučeniny, nitrofenoly, azosloučeniny, aromatické aminy a sирné sloučeniny. Jsou to zejména odpady mající charakter: vláken (textilní vlákna vznikající jako odpad při výrobě, v čistírnách, mykárnách a doprřadacích strojích); nití (vznikající zejména v průběhu výroby přízi); plošných textilních útvarů (odstřižky tkanin, pletenin, netkaných textilií) a nesortimentních odpadů (prach a pod.).

□ Odpady z energetického průmyslu

Odpady z energetického průmyslu mají zcela jiný charakter než z většiny ostatních průmyslových odvětví, jak co do složení tak i způsobu zneškodňování a možností využití. Hlavní druhy odpadů z energetického průmyslu jsou ze všech typů výroby energie (tepelné elektrárny, teplárny, kotelny) shodné, tj. popel, popílek a škvára. Nepříznivé vlivy popílku jsou chemické a zejména mechanické. Z chemických vlivů je to především jeho sklon k cementování. U vod vzrůstá působením popílku jejich tvrdost a alkalita. Z mechanických účinků je to hlavně vysoká brusnost zrníček popela, které vyvolávají často oční záněty. Částice o velikosti 0,2 - 5 μm pronikají do plic a při vyšším obsahu SiO₂ způsobují zaprášení plic (silikózu).

Popel obsahuje desítky procent oxidu křemičitého, hlinitého a železitého, stopy oxidu hořečnatého, fosforečného, alkalit, atd. Významné je uplatnění popela v zemědělství. Zde se používá na zaorávání do těžkých půd, přičemž se mění fyzikální vlastnosti půdy. Snižuje se odpor při její obrábění, zvyšuje se propustnost pro vlhkost, klesá hustota a zvyšuje se pórovitost. Popel příznivě ovlivňuje i chemické vlastnosti půdy, snižuje se odběr dusíku, o trochu se zvyšuje odběr fosforu a výrazně roste odběr draslíku.



Pojmy k zapamatování

Hlavní použití popílku je ve stavebnictví, kde se využívá jak v průmyslové výrobě stavebních hmot, tak i ve stavební výrobě (stavební práce na stavbách). Technicky nejrozšířenějším způsobem využívání popílku je jeho zpracování při výrobě pórobetonu, kde kapacita jeho výroby již plně kryje potřeby našeho stavebnictví. Nadějná je také možnost

využívání popílku v cihlářské výrobě. Popílek a struska zde slouží jako ostřívo, které zlepšuje podmínky při sušení a příznivě ovlivňuje i jakost konečného výrobku.

Škvára, jako další energetický odpad, se běžně používá jako stavební materiál u nás i v zahraničí po mnoho let. U nás je v provozu několik závodů postupně zpracovávajících staré haldy škváry, které se tvořily po dobu desítek let, tím současně přispívají k ochraně životního prostředí. Škvára se dále využívá k přípravě betonových směsí pro různé druhy škvárového betonu a to k výrobě výplňových, izolačních nebo nosných betonových prvků. Škvára musí být ovšem před použitím do škvárového betonu volně uložena alespoň šest měsíců, nejlépe na nekrytých odvalech nebo skládkách. Použití čerstvé škváry se nepovoluje.

□ Odpady ze stavební činnosti

Odpady ze stavební činnosti lze rozdělit podle druhů výstavby a podle druhů materiálu na: odpady z pozemních staveb a odpady z dopravních a inženýrských staveb a jejich provozů.

Převažující složkou stavebních odpadů jsou zeminy a další výkopové materiály. Jsou to materiály inertního charakteru, což usnadňuje jejich další využití ve stavební činnosti pro méně náročná použití. Hlavní možností využití zemin a výkopových materiálů je přímo na stavbě pro zásypy výkopů a násypů u zemních prací. Další možností je jejich využití k vytváření protihlukových valů u komunikací, případně terénních valů. Zatím se tyto možnosti využívají jen zřídka.



Odměna a odpočinek

Výborně, jde ti to velice dobře. Už máš za sebou čtvrtý výukový týden. Nyní si dej pauzičku a připrav své myšlenkové pochody na vyřešení jednoduchých kontrolních otázek.



Shrnutí kapitoly

Biomasa je organická hmota rostlinného nebo živočišného původu.

Slámu je možné využít jako: krmivo; palivo; na výrobu etanolu; na pěstování dřevokazných hub a na podestýlku pro dobytek.

Hlavní použití popílku je ve stavebnictví, kde se využívá jak v průmyslové výrobě stavebních hmot, tak i ve stavební výrobě.

Škvára se běžně používá jako stavební materiál u nás i v zahraničí po mnoho let.



Kontrolní otázka

1. Jakým způsobem se zneškodňují akumulátory?
2. Jaké je průměrné materiálové složení autovraků?
3. Jakým způsobem se zpracovávají odpady v průmyslu plastických hmot a gumárenství?
4. Jaká odvětví potravinářského průmyslu znáte?



Korespondenční úkol

1. Co se vyrábí z odpadů vznikajících při zpracování dřevní hmoty?
2. Co je to biomasa?



Průvodce studiem

Připravte se na tyto testovací otázky, které je nutno vykonat na příslušných internetových stránkách kurzu:

1. Na co se nepoužívá odpad vznikající při zpracování dřevní hmoty?
2. Co nepatří mezi hlavní materiálovou skladbu autovraku?
3. Jakým způsobem se nezpracovávají pneumatiky?
4. Co je to biomasa?
5. Co nepatří mezi hlavní druhy odpadů z energetického průmyslu?
6. Co se nepovažuje za nebezpečné odpady ve sklářském průmyslu?
7. Jakým způsobem se nezpracovává sláma?

Pátý výukový týden



Čas ke studiu: 4 hodiny – rozsah odpovídá 2h přednášek a 2h cvičení



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat nebezpečnost průmyslových odpadů z jednotlivých odvětví, obsažených v níže uvedených kapitolách, včetně odpadů vznikajících při užití ropných produktů jakými jsou těžké organické látky a upotřebené mazací oleje, radioaktivních odpadů, odpadů z jiných výrobních provozů než byly uvedeny apod.
- definovat jednotlivé typy průmyslových odpadů vznikajících při těžbě, dopravě a zpracování ropy atd.,
- definovat ekologické aspekty průmyslových odpadů a základní koncepci nakládání s průmyslovými odpady,
- vyřešit otázky z oblasti nakládání a odstraňování průmyslových odpadů jednotlivých průmyslových odvětví lidské činnosti.



Průvodce studiem

Je nutno si uvědomit, že obsah této kapitoly studijní opory v tištěné podobě je velice stručný a neobsahuje veškeré informace k absolvování jednotlivých náležitostí (Korespondenční úkol a Testovací otázky), které jsou podmínkou k úspěšnému absolvování kapitoly a potažmo celého kurzu. Podrobnější informace jsou k dispozici v elektronické podobě na CD-ROM nebo na internetových stránkách kurzu, které Vám byly dány v úvodním tutoriálu. K získání většího objemu dat a informací doporučuji také využít sítě internet včetně oslovení firem podnikajících v daném oboru a samozřejmě také knižního fondu technických knihoven.



Výklad

□ Odpady z těžby, dopravy a zpracování ropy

Ropa je stále jednou z nejvýznamnějších a prozatím zcela nepostradatelných průmyslových surovin. Ve světě se jí těží a zpracovává zhruba 3 miliardy tun ročně. Rozhodujícím způsobem se podílí na světové výrobě energie.



Pojmy k zapamatování

V automobilové a letecké dopravě mají výrobky z ropy naprosto výsadní postavení, které si nesporně udrží ještě několik dalších desetiletí. Lze však očekávat, že podíl energetického zpracování ropy bude postupně klesat a zvyšovat se bude její využívání jako ušlechtilého zdroje uhlíku pro chemický průmysl (petrochemie), které činí prozatím pouze cca

17 % z množství těžené ropy. Bohužel, ve všech fázích kontaktu s ropou, počínaje průzkumnými vrty a konče užitím ropných výrobků, vznikají plynné, kapalné a v určitých případech i tuhé odpady.

Odpady z těžby a dopravy ropy

Při průzkumu nových nalezišť a při těžbě ropy není prakticky možné zcela vyloučit kontaminaci prostředí ropnými látkami. Hlavními zdroji kontaminace jsou zaolejované výplachové kapaliny vynášející odvrtnou zeminu z vrtu, hlubinné vody s vysokou solností, pomocné chemikálie a plynné exhalace zemního plynu, uhlovodíků a sulfanu. Dnes je již zřejmá snaha minimalizovat ekologické dopady z vrtných prací a těžby. Používají se méně toxické, lépe odbouratelné přísady do výplachových kapalin. Zatěžovací složky výplachu jsou např. na bázi netoxických kovů, povrchově aktivní látky výplachu jsou biodegradabilní, ropné odpady se shromažďují ve zvláštních prostorech, apod. Kapalné odpadní proudy z těžby ropy se již léta úspěšně zpracovávají tak, že se na vhodném místě, např. některou z průzkumných sond v okolí těžního vrtu, vracejí do podzemí.

Odpady ze zpracování ropy

Při zpracování ropy vznikají jednak *plynné emise*, a jednak *kapalné odpady*.

Emise plynů a par v rafineriích vznikají z menší části jako odpady z technologických procesů a z větší části jako úniky při skladování a manipulaci s ropou a směsmi ropných látek.

Při skladování a manipulaci s těkavými ropnými frakcemi přesahují úniky uhlovodíkových par mnohokrát emise technologické. Ztráty uhlovodíků nepříznivě ovlivňují výkyvy teploty, proto se preferují podzemní nádrže. Ty jsou však snadněji napadány korozí, jsou obtížně kontrolovatelné a případné úniky ropné frakce do prostředí se nesehnou identifikují.

Kapalné odpady vznikající v závodech na zpracování ropy se obvykle třídí do následujících skupin: rafinérské kaly; různé kapalné zbytky a polotuhé nebo tuhé odpady, z nichž část vzniká ve vlastním technologickém procesu a část při předúpravě kalů a upotřebená rafinační činidla a chemikálie.

□ Vznik a zneškodňování odpadů vznikajících při užití ropných výrobků

Jak již bylo dříve uvedeno, převážná část těžené ropy (cca 83 %) se ve formě vyráběných produktů spaluje, a to jako paliva pro dopravní mechanismy (uhlovodíkové plyny, benzín, letecké palivo, motorová nafta), tak jako topné oleje. Vedle dalších zdrojů fosilního uhlíku,

jako jsou zemní plyn a u nás hlavně uhlí, se tak podílejí na efektu, který je stále intenzivně sledován, a to postupným zvyšování obsahu CO₂ v atmosféře (skleníkový efekt).



Pojmy k zapamatování

Vedle produktů spalování, jsou v poslední době stále více sledovány, zejména v souvislosti se stavem ozónové vrstvy Země a ochranou čistoty vod a půdy, následující odpady: **Těkavé organické látky** (Volatile Organic Compounds - VOC); *Upotřebené mazací oleje* (UMO).

□ Radioaktivní odpady

Radioaktivní odpady (dále jen RAO) se liší od ostatních nebezpečných odpadů především tím, že jimi produkované ionizující záření může působit na okolí i tehdy, je-li zajištěno, aby v odpadech obsažené radioaktivní látky nemohly do tohoto okolí přecházet. Toto nebezpečí tzv. vnějšího ozáření okolních organismů a věcí je však spíše zdrojem technických komplikací při manipulaci s RAO, než významnou složkou celkového rizika z existence RAO. Lze je totiž celkem snadno eliminovat s využitím tří možností: *vzdálenost, stínění a omezení doby expozice*.

Hlavním „producentem“ radioaktivních odpadů jsou jaderné elektrárny včetně navazujících výrob a úprav (palivové články, chladicí média apod.). Z hlediska typů vznikajících RAO lze rozdělit palivový cyklus jaderných elektráren na několik základních částí: těžba a zpracování uranových (případně thoriových) rud; výroba palivových materiálů a paliva; provoz jaderně energetických zařízení a přepracování vyhořelých jaderných paliv.



Odměna a odpočinek

Výborně, tak už je to pátý výukový týden, který jsi po obsahové stránce zvládl. Nyní se můžeš proběhnout nebo jinak protáhnout tělo a pak se pokus formulovat obsah dané kapitoly.



Shrnutí kapitoly

Toxický odpad může být mnohem nebezpečnější než radioaktivní, neboť radioaktivita v průběhu let slábne, zatímco toxicita může vzrůstat.

Radioaktivní odpady lze snadno eliminovat s využitím tří možností: *vzdálenost, stínění a omezení doby expozice*.

Výrobky z ropy mají v automobilové a letecké dopravě naprosto výsadní postavení, které si nesporně udrží ještě několik dalších desetiletí.



Kontrolní otázka

1. Jaké odpady vznikají při těžbě, dopravě a zpracování ropy?
2. Jaké odpady vznikají při užívání ropných výrobků?
3. Nakreslete blokové schéma regenerace upotřebených mazacích olejů (UMO).
4. Jakým způsobem je možno eliminovat UMO?



Korespondenční úkol

1. Napište odpady (alespoň 3) z jiných než dosud probraných výrob (odpady, které nebyly zařazeny do jednotlivých oborů lidské činnosti).
2. Jaká je základní koncepce nakládání s průmyslovými odpady?



Průvodce studiem

Připravte se na tyto testovací otázky, které je nutno vykonat na příslušných internetových stránkách kurzu:

1. Kolik miliard tun ropy ročně se ve světě zpracovává?
2. Co nepatří mezi hlavní zdroje kontaminace půdy?
3. Co nepatří do schématu regenerace UMO?
4. Co nepatří mezi základní postupy zpracování a zneškodňování průmyslových odpadů?
5. Který druh odpadu je nejvíce nebezpečný?
6. Co nepatří mezi těžké organické látky?
7. Co nepatří do cyklu jaderných elektráren z hlediska typů vznikajících RAO?

4 ZÁKLADNÍ POSTUPY ÚPRAVY ODPADŮ

Po úspěšném a aktivním absolvování této KAPITOLY

<p>Budete umět:</p> <ul style="list-style-type: none"> • popsat základní způsoby úpravy odpadů drcením, mletím, tříděním, rozdrůžováním, zkusovění a v neposlední řadě popsat úpravnické postupy polymerů. • definovat základní principy jednotlivých typů drtičů a mlýnů, strojů používaných při třídění a rozdrůžování materiálu, jeho zkusovění a také používaných při úpravnických postupech polymerů. • vyřešit výkonnost jednotlivých drtičů a mlýnů, otázky z oblasti třídění a rozdrůžování a vyřešit otázky z oblasti zkusovění materiálu a zpracovávání polymerů. 	Budete umět
<p>Budete schopni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>orientovat se v oblasti základních postupů úpravy odpadů.</i> 	Budete schopni

Intenzifikace průmyslové výroby, vzrůstající životní úroveň občanů, rozšiřování spotřebního sortimentu znamenají v cyklu výroba – spotřeba neustále se zvyšující výskyt odpadního materiálu, který svou podstatou musí být považován za zdroj užitkových surovin a to ve všech odvětvích lidské činnosti. Netypický stav a složení těchto materiálů (odpadů, respektive druhotných surovin) klade pro využití jejich cenných složek vysoké technické nároky na jejich úpravu. Vzhledem k rozmanitosti druhů těchto surovin se rozsah úpravnických postupů stále rozšiřuje, modifikuje, a tím specializuje. Úpravnictví pro tuto specifickou oblast surovin by mělo být neoddelitelnou součástí moderních výrobních postupů, aby se přepracováním odpadů vznikajících přímo ve výrobě dospělo k bezodpadovým technologiím.

Dosavadní úprava a zpracování vychází z klasických úpravnických postupů aplikovaných při zpracování uhlí, rudných i nerudných surovin apod. Cílem úpravy je dosažení potřebné konzistence, tvaru, objemu, atd. daného zpracovávaného – upravovaného materiálu. Volba úpravnických pochodů a zařízení k zajištění tohoto cíle musí vždy respektovat stav a původ zpracovávané suroviny a způsob dalšího – navazujícího způsobu zneškodňování (odpadů) nebo úpravy (druhotné suroviny, nerostné suroviny apod.).

Souhrnně se při zpracovávání surovin uplatňují tyto směry úpravy: zmenšování kusovosti, odlučování jednotlivých složek materiálů a zkusovění.

Šestý výukový týden



Čas ke studiu: 4 hodiny – rozsah odpovídá 2h přednášek a 2h cvičení



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat základní způsoby úpravy odpadů drcením,
- definovat základní principy jednotlivých typů drtičů, jako jsou drtiče čelist'ové, kuželové, válcové, kladivové, odrazové, metací a další,
- vyřešit výkonnost jednotlivých drtičů a určit jejich stupeň drcení.



Průvodce studiem

Je nutno si uvědomit, že obsah této kapitoly studijní opory v tištěné podobě je velice stručný a neobsahuje veškeré informace k absolvování jednotlivých náležitostí (Korespondenční úkol a Testovací otázky), které jsou podmínkou k úspěšnému absolvování kapitoly a potažmo celého kurzu. Podrobnější informace jsou k dispozici v elektronické podobě na CD-ROM nebo na internetových stránkách kurzu, které Vám byly dány v úvodním tutoriálu. K získání většího objemu dat a informací doporučuji také využít síť internet včetně oslovení firem podnikajících v daném oboru a samozřejmě také knižního fondu technických knihoven.



Výklad

□ Mechanické zdrobňování

Při úpravě, respektive likvidaci průmyslových a městských odpadů se používají kromě běžných typů drtičů a mlýnů i různé speciální zdrobňovací stroje a mechanismy. Složení odpadů z domácností je poměrně stálé a převládají v nich kromě odloženého papíru různé organické a minerální látky. Dále se v nich vyskytují různé obaly z plastů, láhve, skleněné střepy a různé vyřazené kovové předměty. Na rozdíl od městských odpadů je složení průmyslových odpadů z různých závodů velmi rozmanité. Způsoby jejich likvidace a zpracování závisí na konkrétních podmínkách. Při zdrobňování průmyslových odpadů se používají speciální jednoúčelové stroje.

Stroje používané při likvidaci průmyslových a městských odpadů musí svou konstrukcí a robustním provedením odpovídat druhu a vlastnostem zdrobňovaných surovin. Pracovní elementy těchto strojů mívají podobu trhacích zubů, nožů, hrotů, nůžek nebo pil. Nože a nůžky se mohou používat při zdrobňování plasticky deformovatelných materiálů. Pracovní

elementy na způsob pil se uplatňují jen při křehčích odpadech. Plastické odpady, jako je pryž nebo plasty, se zdrobňují snadněji řezáním. Podobně se likvidují i některé vláknité materiály.

V drtičích a mlýnech se uplatňují zpravidla různé způsoby namáhání jednotlivých zrn současně. V čelistových drtičích různých typů je hornina rozmačkávána tlakem mezi dvěma čelistmi, z nichž jedna je pohyblivá. Hornina může být zdrobňována i takovým způsobem, že na drcené kusy ležící na nepohyblivé podložce se udeří kladivem nebo jiným nástrojem. V drtičích s rýhovanými čelistmi nebo jinými drtičími elementy opatřenými různými výstupky nebo hroty je materiál nejen rozmačkáván, ale současně i štěpen.

Skutečný průběh zdrobňování se liší od právě uvedených schémat především tím, že se v provozních drtičích nebo mlýnech nezdrobňují nikdy jednotlivé kusy. Zdrobňuje se vždy současně velký počet kusů nebo zrn, přičemž dochází i k jejich vzájemným nárazům a vzájemnému otírání.



Pojmy k zapamatování

Pro **volbu drtiče nebo mlýna** jsou rozhodující především: fyzikální vlastnosti zdrobňovaného materiálu; velikost zrn produktu před zdrobňováním; velikost zrn produktu po zdrobňování a požadovaný výkon v ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) nebo ($\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$).



Pojmy k zapamatování

Jednou z hlavních technických charakteristik drtičů a mlýnů různých typů je **stupeň drcení**, respektive stupeň mletí. Je určen poměrem maximální velikosti zrna před a po zdrobňování:

$$s = \frac{z_1}{z_2} \quad (4.1)$$

kde s je stupeň drcení; z_1 – maximální velikost zrna před zdrobňováním a z_2 – maximální velikost zrna po zdrobňování.

Potřebný stupeň drcení z hlediska technologického ovlivňuje volbu vhodného zdrobňovacího zařízení, přičemž vyšší stupeň drcení nebo mletí umožňuje zdrobňovat na žádanou velikost při menším počtu strojů zařazených za sebou.

Obdobně lze zdrobňovací efekt vyjádřit redukčním poměrem podle vztahu:

$$R_{80} = \frac{D_{80}}{d_{80}} \quad (4.2)$$

kde R_{80} je redukční poměr; D_{80} – okatost síta, jímž propadne 80 % (hmotnostních) materiálu před zdobňováním (mm) a d_{80} – okatost síta, jímž propadne 80 % materiálu po zdobňování (mm).



Pojmy k zapamatování

Drcení a mletí patří k nejdražším pracovním postupům. Například při úpravě klasických nerostných surovin, konkrétně v úpravnách rud dosahují provozní náklady až 45 % celkových nákladů na úpravu. Při provozu mlýnic a drtíren je proto potřebné nadměrné rozpojování omezovat navíc také proto, že zbytečné předrcení a přemílání vede prakticky vždy v následném rozduřování k technologickým ztrátám užitkové složky. K potlačení zbytečného drcení a přemílání slouží samozřejmě správná volba typu drtiče nebo mlýna včetně využití principu selektivní drtitelnosti a melitelnosti.

□ Drcení

Na rozdíl od různých nerostných surovin, jejichž úprava nebo další zpracování vyžaduje, aby byly jemně zdobňovány, mohou být některé jiné suroviny, jako kamenivo, stavební odpady, pryž apod., zužitkovávány po pouhém rozduřování. Množství drcených a dále již nezdobňovaných surovin je v poměru k množství surovin, které musí být rozemílány, poměrně velké. Proto, ačkoli je měrná spotřeba energie při drcení mnohem menší než při mletí, dosahuje světová spotřeba energie na drcení různých materiálů téměř jednu čtvrtinu veškeré energie spotřebované při drcení a mletí. Podíl energie spotřebované při drcení různých nerostných surovin je tedy poměrně velký.

Drcení je důležitým pracovním procesem v četných průmyslových oborech. Aby bylo možno vyhovět rozdílným požadavkům zainteresovaných závodů a podniků, vyrábí se v současné době mimořádně velký počet různých typů drtičů. Vzhledem k nedostatečnému poznání podstaty zdobňovacího procesu vychází se při konstrukci drtičů jen zčásti z teoretických poznatků. Rozhodující význam mají dosud zpravidla empirické zkušenosti. Rovněž i při projektování drtíren a při volbě drtičů se vychází především z praktických zkušeností.



Pojmy k zapamatování

Při volbě drtičů rozhodují tyto faktory: mechanické a fyzikální vlastnosti zdobňovaných hornin; maximální rozměry drcených kusů a zrnitostní složení přívodu; obsah přimíšené vody v drcených horninách; obsah lepidivých příměsí v drcených horninách; velikost

zrn, jež se mají získávat, a požadované zrnitostní složení produktu; přípustný obsah nedostatečně rozdrčených nebo naopak příliš rozdrčených zrn v produktu; měrná spotřeba elektrické energie a potřebný instalovaný výkon hnacího elektromotoru; náročnost na údržbu a obsluhu; hmotnost a rozměry stroje; požadovaný výkon drtiče a také cena drtiče.

Na rozdíl od mlýnů, jejichž výkony se uvádějí obvykle v $t \cdot h^{-1}$, bývají výkony drtičů udávány jak již bylo uvedeno v $t \cdot h^{-1}$, a nebo v $m^3 \cdot h^{-1}$. Údaje týkající se výkonů drtičů se proto musí někdy přepočítávat. Při výpočtu příkonu drtičů se používají různé empirické vzorce, resp. vzorce zatížené empirickými součiniteli nevystihujícími spolehlivě drtitelnost zdrobňovaných materiálů. Například drtitelnost hornin nezávisí jenom na jejich petrografickém složení, ale i na tektonických pochodech, které působily při jejich vzniku, na stupni jejich zvětrání, popřípadě na způsobu, jakým byly dobývány. Výkony drtičů závisí však jen v poměrně menší míře na druhu a vlastnostech drcených surovin. Snazší nebo obtížnější drtitelnost zdrobňovaného materiálu se projevuje především sníženou nebo zvýšenou spotřebou energie. Naproti tomu v kulových mlýnech je spotřeba energie prakticky konstantní a rozdílná melitelnost rozemílaného materiálu se projevuje sníženým nebo zvýšeným výkonem mlýna.



Pojmy k zapamatování

Podle konstrukce a způsobu rozpojování **můžeme drtiče rozdělit** na následující základní druhy: I. čelist'ové a) dvouvzpěrné, b) jednovzpěrné, c) zvláštní typy; II. kuželové a) ostroúhlé, b) tupoúhlé, c) zvláštní typy, d) inerční; III. válcové a) dvouválcové hladké, b) dvouválcové ozubené, c) jednoválcové, d) dvoustupňové; IV. kladivové; V. odrazové; VI. metací; VII. desintegrátory (svorníkové) a VIII. zvláštní typy.

Drtiče čelist'ové

V *čelist'ových drtičích* je surovina rozmačkávána a lámána mezi dvěma čelistmi. Jedna z obou čelistí je pohyblivá, druhá je uložena pevně v rámu stroje. Výjimečně bývají v čelist'ových drtičích zvláštního typu obě čelisti pohyblivé.

Čelist'ové drtiče se používají při hrubém a středním drcení velmi pevných a těžce drtitelných materiálů. Nejvíce rozšířenými čelist'ovými drtiči jsou čelist'ové drtiče *dvouvzpěrné* a v menší míře i čelist'ové drtiče *jednovzpěrné*. Z poměrně velkého počtu různých speciálních čelist'ových drtičů se uplatňují jenom některé, jejichž použití se omezuje na poměrně ojedinělé případy.

■ *Ve dvouvzpěrném čelistovém drtiči je jedna čelist uložena pevně v loži (rámu), kdežto druhá čelist je pohyblivá. Pohyblivá čelist je upevněna na kyvadlu a vykonává spolu sním kývavý pohyb. Obě čelisti s postranními klíny tvoří tlamu drtiče. Lože drtiče bývá odlévané z oceli na odlitky nebo svařované. Kývavý pohyb čelisti je vyvoláván nepřímo pákovým mechanismem složeným z ojnice a dvou vzpěrných desek. Ojniční hlava je nasazena na výstředníkové hřídeli.*

Surovina nacházející se v drticím prostoru je zdrobňována při vzájemném přibližování čelistí. V období, kdy se čelisti od sebe vzdalují, klesá drcená hornina směrem k výpustní štěrbině a zrna menší, než je šířka této štěrbiny, z drtiče vypadávají. Zpětný pohyb pohyblivé čelisti je vyvoláván táhlem s ocelovou pružinou. Obě vzpěrné desky jsou tedy namáhány pouze na vzpěr, nikoli na tah.

Výkon čelistových drtičů závisí na typu a velikosti stroje, na velikosti drcených kusů, na stupni drcení a na drtitelnosti zdrobňovaných materiálů. K rychlému odhadu výkonu dvouvzpěrného čelistového drtiče lze použít tento empirický vzorec:

$$Q = 0,1 \cdot l \cdot s \quad [\text{t} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4.3)$$

kde l je délka vstupního otvoru drtiče [cm]; a s je šířka otevřené výpustní štěrbiny [cm]. K orientačnímu výpočtu výkonu drtiče se používá též jednoduchý empirický vzorec:

$$Q = 5 \cdot k \cdot s \cdot l \cdot 10^{-4} \quad [\text{t} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4.4)$$

kde s je šířka otevřené výpustní štěrbiny [mm]; l - délka výpustní štěrbiny [mm]; k - součinitel závislý na délce výpustní štěrbiny (viz tab. níže):

L [mm]	400	600	900	1 000	1 200	1 500	2 100
k	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9

Uvedený vzorec platí za předpokladu, že drcená hornina má sypnou hmotnost $1,6 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ (odpovídá hustotě $2,6 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$). Údaje uváděné při výpočtu výkonů různých drtičů v různých příručkách se vztahují obvykle na horniny, které mají tuto sypnou hmotnost. Dvouvzpěrné čelistové drtiče se vyrábějí od poměrně malých strojů až po obří drtiče s velikostí vstupního otvoru 4 m^2 , které mohou drtit balvany až do hmotnosti 10 t.

■ *Jednovzpěrné čelistové drtiče se liší od dvouvzpěrných drtičů složitým pohybem výkyvné čelisti. Na rozdíl od dvouvzpěrných čelistových drtičů se může výstředníková hřídel jednovzpěrných čelistových drtičů otáčet pouze jedním, jeho konstrukci odpovídajícím směrem.*

V jednovzpěrných čelistových drtičích se vzpěrnou deskou kolmou k rovině pohyblivé čelisti se šířka výpustní štěrbiny během otáčky výstředníkové hřídele nemění. Spodní okraj pohyblivé čelisti se pohybuje pouze nahoru a dolů. Drtiče tohoto typu mají poměrně malý výkon a uplatňují se jen zřídka, a to při jemném drcení. Velké jednovzpěrné čelistové drtiče mají vzpěrnou desku skloněnou směrem dolů. Vzpěrné desky jednovzpěrných drtičů určených ke střednímu a jemnému drcení bývají nakloněny směrem vzhůru.

Drtiče kuželové

Kuželové drtiče se používají při hrubém, středním a jemném drcení velmi pevných a těžce drtitelných materiálů a rovněž i při zdobňování různých středně pevných materiálů. V kuželových drtičích se drtí materiál mezi otáčejícím se drticím kuželem a nehybně uloženým drticím pláštěm. Způsob drcení se podobá způsobu drcení v čelistových drtičích. Konstrukce kuželových drtičů závisí na tom, zda jsou určeny k zdobňování velkých balvanů nebo k drcení menších kusů horniny. Jejich konstrukce musí odpovídat i požadované zrnitosti získávaných produktů. Velký počet různých rozdílných typů kuželových drtičů používaných v praxi je podmíněn zvláštními požadavky závodů a provozů.

■ *Ostroúhlé kuželové drtiče* se používají k hrubému a střednímu drcení těžce drtitelných materiálů (rud, kameniva apod.). V ostroúhlých podobně jako v tzv. tupoúhlých kuželových drtičích se přiváděný materiál drtí v prostoru mezi kroužícím drticím kuželem a pevně uloženým drticím pláštěm. Drticí kužel má tvar komolého kužele s ostrým vrcholovým úhlem. Drticí kužel je nasazen na hlavní hřídeli, jehož spodní konec zapadá do výstředně umístěného otvoru v pouzdru, které je poháněno prostřednictvím ozubeného soukolí a předlokové hřídele.

Výkon primárních ostroúhlých kuželových drtičů závisí ve velké míře na stupni drcení. Rozhodující význam má rovněž drtitelnost surovin a tvar a profil pancéřového vyložení drticího kužele a pláště. Orientačně lze určit výkon ostroúhlých kuželových drtičů při hrubém drcení podle tohoto empirického vzorce:

$$Q = 1,28 \cdot D^{2,6} \cdot s \quad [\text{t} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4.5)$$

kde **Q** je výkon drtiče [$\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$]; **D** - spodní průměr drticího kužele [m]; **s** - šířka výpustní štěrbiny [mm].

Vzorec také jako u čelistových drtičů platí za předpokladu, že drcený materiál má sypnou hmotnost $1,6 \text{ t.m}^{-3}$. Spotřeba energie velkých ostroúhlých kuželových drtičů bývá od $0,36$ do $4,7 \text{ MJ.t}^{-1}$, u drtičů pro střední a jemné drcení od $1,8$ do 9 MJ.t^{-1} .

■ *Tupoúhlé kuželové drtiče* se liší od ostroúhlých kuželových drtičů především tvarem drtícího kužele. I když je vrcholový úhel drtících kuželů v ostroúhlých kuželových drtících menší a v tupoúhlých kuželových drtících větší, nebývá vždy rozdíl velmi výrazný.



Pojmy k zapamatování

Zásadní a významný **rozdíl mezi ostroúhlými a tupoúhlými kuželovými drtiči** je ve tvaru a poloze pevného drtícího pláště. Vrchol kuželové plochy drtícího pláště je u ostroúhlých drtičů dole. Kuželové drtiče tupoúhlé jsou konstruovány tak, že vrchol kuželové plochy drtícího pláště je nahoře. Toto rozdílné uspořádání spolu s rozdílnou velikostí zdvihu drtících kuželů v úrovni výpustní štěrbin je rozhodujícím faktorem, který podmiňuje rozdílný způsob drcení v tupoúhlých a ostroúhlých kuželových drtících.

Pro výpočet výkonu tupoúhlých kuželových drtičů se uvádějí v odborných publikacích různé více nebo méně spolehlivé vzorce. Například V. A. Olevskij doporučuje tento zjednodušený vzorec:

$$Q = k \cdot \gamma \cdot D^{2,5} \cdot s \quad [\text{t.h}^{-1}] \quad (4.6)$$

kde **k** je součinitel závislý na typu drtiče (obvykle $k = 1,37$); **γ** - sypná hmotnost materiálu (rudy) [t.m^{-3}]; **D** - průměr drtícího kužele [m]; **s** - šířka výpustní štěrbin v místě maximálního přiblížení se kužele k plášti [mm]. V jiných vzorcích bývá zahrnut i vliv počtu otáček na výkon drtiče:

$$Q = 0,68 \cdot \gamma \cdot n \cdot D^2 \cdot s \quad [\text{t.h}^{-1}] \quad (4.7)$$

kde **n** jsou otáčky hlavní hřídele [min^{-1}].

Drtiče válcové

Ve válcových drtících se zdrobňuje materiál buď mezi dvěma proti sobě se otáčejícími válci, anebo mezi otáčejícím se válcem a nepohyblivou čelistí. V praxi se používají válcové drtiče různých typů, lišící se konstrukčním provedením i svými technologickými vlastnostmi.

Při výpočtu výkonu dvouválcových drtičů s hladkými válci se používá obvykle tento vzorec:

$$Q = 3,6 \cdot v \cdot l \cdot s \cdot \gamma \cdot k \quad [\text{t.h}^{-1}] \quad (4.8)$$

kde v je obvodová rychlost válců $v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}$ [m.s⁻¹]; D - průměr válců [m]; n - počet otáček válců [min⁻¹]; l - délka válců [m]; s - šířka štěrbin mezi válci [mm]; γ - hustota drcené horniny [t.m⁻³]; k - součinitel nakypření drcených zrn mezi válci. Při středním drcení je $k = 0,25$, při jemném drcení je $k = 0,75$.

Kladivové, odrazové a metací drtiče

Kladivové, odrazové a metací drtiče drtí materiál podobným způsobem jako zdrobňovací stroje úderného typu. Hornina není v nich drcena tlakem mezi dvěma čelistmi, nýbrž prudkými údery kladiv nebo drticích lišt na volně se pohybující zrna, nebo naopak prudkými údery rychle se pohybujících zrn na nepohyblivé pancéřové desky.

Výkon jednomotorových drtičů běžných typů při drcení materiálů jako je uhlí se zjišťuje obvykle pomocí vzorce:

$$Q = \frac{k \cdot L \cdot D^2 \cdot n^2}{3600 \cdot (s - 1)} \quad [\text{t.h}^{-1}] \quad (4.9)$$

kde k je součinitel, jehož hodnota závisí na konstrukci drtiče ($k = 0,12$ až $0,22$); L - délka rotoru [m]; D - průměr kružnice, kterou opisují vnější hrany rotujících kladiv [m]; s - stupeň drcení.

Desintegrátory

Drticím ústrojím desintegrátoru jsou dva mlecí koše vsunuté soustředně do sebe otáčející se proti sobě. Mlecí koše jsou zhotoveny z ocelových kotoučů, jež jsou mezi sebou spojeny svorníky z houževnaté oceli. Materiál je drcen nárazem svorníků otáčejících se rychle proti sobě. Každý mlecí koš má dvě nebo tři řady soustředně umístěných svorníků.

Zvláštní typy drtičů

Kromě čelistových, kuželových a ostatních dosud uvedených drtičů se používají, nebo se používaly, i některé *zvláštní typy* drtičů. Patří k nim některé již vývojem překonané typy drtičů nebo ne zcela úspěšné konstrukce strojů, které se nemohly v praxi uplatnit, ale především dosti velký počet různých moderních zdrobňovacích strojů, které byly zkonstruovány pro určité konkrétní podmínky. Mezi zvláštní typy drtičů můžeme zařadit (z důvodu rozsahu skript bez podrobného popisu): *nožové válcové drtiče; jehlové drtiče; talířové drtiče; bubnové třídící drtiče a další.*



Odměna a odpočinek

Je to výborné, blížíš se k půlce semestru a jde ti to dobře – jen tak dál. Nyní si udělej přestávku a vrhni se na řešení jednoduchých kontrolních otázek.



Shrnutí kapitoly

Stupeň drcení respektive stupeň mletí je určen poměrem maximální velikosti zrna před a po zdobňování.

Při volbě drtičů rozhodují tyto faktory: mechanické a fyzikální vlastnosti zdobňovaných hornin; maximální rozměry drcených kusů a zrnitostní složení přívodu; obsah přimíšené vody v drcených horninách; obsah lepivých příměsí v drcených horninách; velikost zrn a další.

Zásadní a významný **rozdíl mezi ostroúhlými a tupoúhlými kuželovými drtiči** je ve tvaru a poloze pevného drtičího pláště. Vrchol kuželové plochy drtičího pláště je u ostroúhlých drtičů dole.



Kontrolní otázka

1. Jaké jsou základní způsoby zmenšování kusovitosti materiálů?
2. Jaké jsou základní způsoby odlučování jednotlivých složek materiálů?
3. Jaké jsou základní způsoby zkusování materiálu?
4. Vyjmenujte základní principy drcení a mletí materiálů.



Korespondenční úkol

1. Vyjmenujte základní typy čelistových drtičů.
2. Vyjmenujte základní typy kuželových drtičů.



Průvodce studiem

Připravte se na tyto testovací otázky, které je nutno vykonat na příslušných internetových stránkách kurzu:

1. Co nepatří mezi základní způsoby zdobňování?
2. Jaká je zrnitost materiálu u hrubozrného drcení?
3. Co je to stupeň drcení?
4. Jaký je stupeň zdobnění kuželových drtičů?
5. Který typ drtiče je smyšlený?
6. Jaký je zásadní rozdíl mezi tupoúhlým a ostroúhlým drtičem?
7. Který typ zvláštního typu drtiče je smyšlený?

Sedmý výukový týden



Čas ke studiu: 4 hodiny – rozsah odpovídá 2h přednášek a 2h cvičení



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat základní způsoby úpravy odpadů mletím,
- definovat základní principy jednotlivých typů mlýnů, jako jsou mlýny gravitační, vibrační, běhounové, válcové, rotorové, tryskové a další,
- vyřešit výkonnost jednotlivých mlýnů a určit jejich stupeň zdrobnění apod.



Průvodce studiem

Je nutno si uvědomit, že obsah této kapitoly studijní opory v tištěné podobě je velice stručný a neobsahuje veškeré informace k absolvování jednotlivých náležitostí (Korespondenční úkol a Testovací otázky), které jsou podmínkou k úspěšnému absolvování kapitoly a potažmo celého kurzu. Podrobnější informace jsou k dispozici v elektronické podobě na CD-ROM nebo na internetových stránkách kurzu, které Vám byly dány v úvodním tutoriálu. K získání většího objemu dat a informací doporučuji také využít sítě internet včetně oslovení firem podnikajících v daném oboru a samozřejmě také knižního fondu technických knihoven.



Výklad

□ Mletí

Mletí je základním pracovním pochodem při úpravě a zpracování nerostných surovin, při výrobě cementu a v keramickém, chemickém a hutním průmyslu. Velký význam má mletí rovněž i v energetice, ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu, při výrobě pigmentů a barev, feritů, jaderných palivových článků, pevných paliv pro reaktivní rakety a v četných jiných výrobních odvětvích. Zcela mimořádný význam má mletí odedávna i v průmyslu potravinářském. K nejznámějším a nejčastěji používaným patří mlýny kulové a tyčové, různé typy mlýnů běhounových a rotorových a mlýny vibrační.



Pojmy k zapamatování

Nejvýznamnějším problémem je nízká energetická účinnost mlecího procesu a s ním spojená vysoká spotřeba energie. Velmi důležitou otázkou je i granulometrické složení vyráběných produktů. Kromě částic požadované velikosti obsahují vždy i částice větších i menších rozměrů, než jaké se mají získávat. Nežádoucí a většinou přímo škodlivé jsou částice velmi

malých rozměrů. Výrazného snížení podílu nadměrně jemných částic lze však dosáhnout, jestliže se mlýny kombinují s vhodným třídícím zařízením.



Pojmy k zapamatování

Mletí se od drčení liší především tím, že může probíhat buď za sucha, nebo v přítomnosti vody. Při drčení se používá voda jen ve zcela ojedinělých případech, jestliže se má omezit vývin škodlivého poletujícího prachu. Přitom však nepatrné množství vody používané ke zkráplění drčených hornin nemá vliv na průběh vlastního zdrobňování.

Dalším nedostatkem mlýnů je opotřebení mlecích elementů přicházejících do přímého styku s mletými surovinami. Ztráty kovu způsobené otěrem tvoří někdy jednu z rozhodujících položek celkových nákladů na mletí. Velký vliv mají také vlastnosti mletých surovin, jejich melitelnost, abrazivita a rovněž prostředí, zda se mele v přítomnosti vody nebo za sucha.



Pojmy k zapamatování

Podle konstrukce a způsobu mletí **můžeme mlýny rozdělit** na následující základní druhy:

I. gravitační (kulový, tyčový, autogenní); II. vibrační, v nichž dochází k mletí nárazy a roztíráním pomocí mlecích těles uváděných do pohybu vibrací; III. běhounové (tíhové /kolový/, pružinové / kotoučový, kroužkový axiální, prstencový/, odstředivé / kyvadlový/); IV. válcové; V. rotorové (kladivové, tlukadlové, ventilátorové, úderové /košové, kolíkové, nosové, křížové/); VI. tryskové a metací; VII. zvláštní typy (stoupy, koloidní, míchadlové, válečkové).



Pojmy k zapamatování

Gravitační mlýny

■ **Kulové mlýny jsou nejdůležitější zdrobňovací stroje používané při mletí.** Jsou nejvíce rozšířené a prakticky nenahraditelné při mletí rud a nerostných nekovových surovin a především při mletí cementu. Uplatňují se rovněž i při mletí různých jiných materiálů a surovin, jako jsou např. strusky, strojená hnojiva, černé uhlí, keramické střepy, různé suroviny a polotovary pro chemický průmysl, stavební odpady atd.

Kulové mlýny různých typů se rozlišují především podle jejich délky. Funkční charakteristikou kulových mlýnů je jejich průměr D a délka L . Krátké kulové mlýny s poměrem $D/L = 1 : 1$ až $1 : 2$ jsou tzv. mlýny bubnové. Používají se především při úpravě rud, ale i v různých jiných průmyslových oborech. Dlouhé kulové mlýny s poměrem $D/L = 1 :$

2 (1 : 2,5) až 1 : 8 jsou tzv. mlýny troubové. Troubové mlýny s poměrem D/L kolem 1 : 4 se uplatňují převážně v cementárnách.

Aby bylo mletí účinné, musí být mlecí koule vynášeny dostatečně vysoko. Při příliš velkém počtu otáček mlýna by mlecí koule působením odstředivé síly nemohly vůbec odpadávat a mletí by bylo znemožněno. Při malém počtu otáček a malých obvodových rychlostech by nebyly koule zvedány dostatečně vysoko, což by mělo rovněž nepříznivý vliv na průběh mletí. Správný průběh mletí závisí tedy na počtu otáček a obvodové rychlosti.

Vzhledem k tomu, že průměr mlecích koulí je v poměru k vnitřnímu průměru mlýna malý, může se při stanovení tzv. kritických otáček mlýnů zanedbat. Pro zjednodušení se předpokládá, že se po vnitřním obvodu bubnu pohybuje těžiště mlecí koule.



Pojmy k zapamatování

Kritické otáčky mlýna jsou otáčky, při nichž se odstředivá síla vyrovnává radiální složce hmotnosti koule a koule již neodpadává.

Kritické otáčky kulového mlýna

$$n = \frac{42,4}{\sqrt{d}} \quad (4.10)$$

Při dosažení kritických otáček začíná převládat odstředivá síla a mletí již není možné. V praxi bývá počet otáček kulových mlýnů zpravidla 75 až 88 % otáček kritických. Optimální počet otáček se určuje ze vzorce:

$$n = \frac{32 \text{ až } 37}{\sqrt{d}} \quad (4.11)$$

Při mletí za sucha bývá počet otáček mlýnů nižší. Obvykle v rozmezí od 65 do 75 % kritických otáček. Při mletí za mokra bývá počet od 75 do 80 % kritických otáček. Poměrně nízký počet otáček, podstatně nižší, než je počet kritický, mají obvykle mlýny troubové. Zvýšený počet otáček troubových mlýnů zvyšuje sice jejich výkon, zvětšuje však spotřebu energie i otěr mlecích koulí a vyložení mlýnů.

■ *Tyčové mlýny* se liší od kulových (bubnových, troubových) mlýnů jednak tím, že jejich mlecí náplň tvoří tyče, jednak tím, že bývají delší než kulové mlýny stejného průměru. Délka tyčových mlýnů bývá nejméně 1,5 až 2,5 násobkem jejich průměru.

Počet otáček tyčových mlýnů bývá menší než u mlýnů kulových. Volný pád dlouhých těžkých tyčí obdobný pohybu mlecích koulí v kulových mlýnech by mohl způsobit jejich

zohýbání nebo zlomení. Počet otáček tyčových mlýnů bývá zpravidla 55 až 65 % kritických otáček a určuje se ze vztahu:

$$n = \frac{27}{\sqrt{D}} \quad (4.12)$$

Tyčové mlýny se používají při mletí těžce melitelných materiálů za sucha i za mokra. Při mletí jílovitých materiálů se sklonem ke stmelování se zdrobňovaných zrn nebo při mletí materiálů se zvýšeným obsahem vody výkon tyčových mlýnů rychle klesá. Při mletí za mokra se takové potíže neprojevují. Výhodou mletí za mokra je i rychlejší vynášení produktu ze mlýna i při jeho hrubší zrnitosti. Tyčové mlýny se uplatňují často zvláště při výrobě jemnozrných produktů, které svým zrnitostním složením leží na rozhraní mezi jemným drcením a hrubým mletím.

Vibrační mlýny

Vibrační mlýny se liší od kulových a tyčových mlýnů svou konstrukcí i způsobem mletí. Na rozdíl od kulových mlýnů se bubny vibračních mlýnů neotáčejí. Vibrační mlýny jsou pružně uloženy a vykonávají kruhový kmitavý pohyb. Mlecí náplň tvoří koule nebo tělesa ve tvaru válečků, kotoučků apod. Náplň mlecích těles se převaluje proti směru pohybu nevyvázkové hřídele. Jednotlivé mlecí koule se přitom otáčejí planetárním pohybem kolem vlastních os. Zrychlení působící na mlecí tělesa v mlecím bubnu bývá trojnásobkem až desetinásobkem tíhového zrychlení.

Běhounové mlýny

V *běhounových mlýnech* je zdrobňovaný materiál rozemílán tlakem mlecích těles (běhounů), odvalujících se po mlecí dráze. Podle způsobu, jak je vyvozován tlak na mlecí dráhu, dělí se běhounové mlýny na: *mlýny tíhové; mlýny pružinové a mlýny odstředivé.*

Válcové mlýny

Válcové mlýny se neliší od dvouválcových drtičů s hladkými válci, ani způsobem zdrobňování ani svou konstrukcí. Název válcové mlýny je vžitý, neodpovídá však zrnitostnímu složení získávaných produktů. Jestliže by se přihlíželo důsledně k zrnitosti produktů a k normou stanovené hranici mezi drcením a mletím, měly by se tyto mlýny označovat spíše jako válcové drtiče pro jemné nebo velmi jemné drcení.

Rotorové mlýny

Do skupiny rotorových mlýnů patří mlýny kladivové, tlukadlové, ventilátorové a úderové mlýny různých typů. Tyto mlýny se vzájemně liší nejen svou konstrukcí a způsobem, jakým je v nich materiál mlet, ale i tím, že se některé z nich používají obvykle při poměrně hrubém mletí, zatímco jiné jsou určeny k jemnému nebo dokonce k velmi jemnému mletí. Při menším počtu otáček se získávají v rotorových zdrobňovacích strojích poměrně hrubozrnné produkty. Rotorové zdrobňovací stroje s vysokým počtem otáček se používají k jemnému a velmi jemnému mletí.

■ *Kladivové mlýny* se liší od kladivových drtičů tím, že mívají větší počet řad kladiv na rotoru. Podobně mají i odrazové mlýny větší počet drticích lišt, než jaký bývá u odrazových drtičů. Liší se i jiným uspořádáním odrazového pancéřového vyložení. Podobně jako kladivové a odrazové drtiče bývají i kladivové a odrazové mlýny jednorotorové nebo dvourotorové.

■ *Rychloběžné tlukadlové mlýny* se používají k mletí uhlí spalovaného v práškových ohništích. Umisťují se do bezprostřední blízkosti spalovacího prostoru kotlů.

■ Na rozdíl od tlukadlových mlýnů jsou na rotorech *ventilátorových a kombinovaných mlýnů* místo výkyvných ramen pevně upevněné lopatky. Ve ventilátorových mlýnech je materiál mlet prudkými údery těchto rychle rotujících lopatek. Nosné a sušící plyny jsou nasávány spolu s mletým materiálem (uhlím) otvorem ve středu vodorovně uloženého rotoru. Mlecí lopatky mají silný ventilační účinek, takže mlýn nasává teplé spaliny z ohniště kotle a fouká uhelný prášek do ohniště. Největší výkony ventilátorových mlýnů bývají kolem 70 až 90 t.h⁻¹.

■ V úderových rotorových mlýnech je materiál mlet údery mlecích kolíků, nosů nebo výstupků různých tvarů. Úderové mlýny můžeme rozdělit do čtyř skupin: košové mlýny; kolíkové mlýny; nosové úderové mlýny; křížové úderové mlýny a talířové úderové mlýny.

Tryskové a metací mlýny

■ *Tryskové mlýny* se odlišují od ostatních tím, že nemají pohyblivé ústrojí. V tryskových mlýnech je rozemílaný materiál unášen velmi rychle proudícím nosným médiem (stlačeným vzduchem nebo přehřátou párou), přičemž jednotlivá jeho zrnka na sebe narážejí rychlostí 100 až 1 000 m.s⁻¹ a vzájemně se otírají. Současně se otírají i o stěny mlecích komor. Tryskové mlýny se používají výhradně při velmi jemném mletí, jestliže se mají získávat produkty tvořené částicemi menšími než 10 μm.



Odměna a odpočinek

Máš za sebou větší polovinu semestru – jen tak dál. Ještě jednou tolik a je to hotovo – budeš mít přehled v oblasti zpracování pevných odpadů. Neusínej na vavřínech, trochu si nyní odpočiň a dej se do kontrolních otázek.



Shrnutí kapitoly

Mletí se od drcení liší především tím, že může probíhat buď za sucha, nebo v přítomnosti vody.

Nejvýznamnějším problémem mletí je nízká energetická účinnost mlecího procesu a s ním spojená vysoká spotřeba energie.

Kritické otáčky mlýna jsou otáčky, při nichž se odstředivá síla vyrovnává radiální složce hmotnosti koule a koule již neodpadává.



Kontrolní otázka

1. Co je to mletí?
2. Kde se mletí uplatňuje?
3. Jaký je nejzávažnější problém letí?
4. Vyjmenujte základní typy mlýnů dle jejich konstrukce.



Korespondenční úkol

1. Jaký vliv mají otáčky na mlecí proces u gravitačních mlýnů?
2. Co to jsou běhounové mlýny?



Průvodce studiem

Připravte se na tyto testovací otázky, které je nutno vykonat na příslušných internetových stránkách kurzu:

1. Jaký stupeň zdrobnění mají kulové mlýny?
2. Který typ mlýnu není gravitační?
3. Jaké je zdrobnění autogenních mlýnů?
4. Který typ mlýnu nepatří mezi běhounové?
5. Je mletí energeticky náročnější než drcení?
6. Co to jsou kritické otáčky gravitačního mlýna?
7. Jaký je hlavní rozdíl mezi kulovými a vibračními kulovými mlýny?

Osmý výukový týden



Čas ke studiu: 4 hodiny – rozsah odpovídá 2h přednášek a 2h cvičení



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat základní způsoby odlučování jednotlivých složek materiálu včetně rozdílů mezi tříděním a rozdružováním,
- definovat základní principy strojů používaných při třídění a rozdružování jako jsou například třídiče roštové, sítové, polévky, hydrocyklóny, těžkokapalinové rozdružovače, hydroseparátory, flotační kolony apod.,
- vyřešit otázky z oblasti třídění a rozdružování jako například jejich účinnost, co je to kvocient sítové stupnice apod.



Průvodce studiem

Je nutno si uvědomit, že obsah této kapitoly studijní opory v tištěné podobě je velice stručný a neobsahuje veškeré informace k absolvování jednotlivých náležitostí (Korespondenční úkol a Testovací otázky), které jsou podmínkou k úspěšnému absolvování kapitoly a potažmo celého kurzu. Podrobnější informace jsou k dispozici v elektronické podobě na CD-ROM nebo na internetových stránkách kurzu, které Vám byly dány v úvodním tutoriálu. K získání většího objemu dat a informací doporučuji také využít sítě internet včetně oslovení firem podnikajících v daném oboru a samozřejmě také knižního fondu technických knihoven.



Výklad

□ Třídění



Pojmy k zapamatování

Třídění je základní úpravnický pochod, kde se surovina třídí (dělí) podle velikosti zrna. V úpravě nerostných surovin je tato formulace třídění obecně platná, ale v oblasti zpracování určitých druhotných surovin (odpadů) může již při třídění docházet k rozdružování podle kvality – druhu materiálu.

Účelem třídění je rozdělovat materiál podle velikosti. Třídíme-li například materiál, skládající se ze složek A a B, na síť velikosti otvorů 10 mm, dostáváme dva podíly. Sítem propadají zrna menší než 10 mm, na síť zůstávají zrna větší než 10 mm. Podíl 0 až 10 mm i podíl zrn větších než 10 mm budou však složeny jak ze zrn námi požadovaného materiálu (např. materiálu A), tak i ze zrn druhého materiálu (B) – např. materiálu nám nepotřebného.

K třídění používáme síť nebo roštů. Produkt, který je tvořen zrny většími, než jsou otvory síta nebo roštu, jmenujeme přepad (nadsítné, nadroštné). Produkt tvořený zrny propadajícími sítím nebo roštem označujeme jako propad (podsítné, podroštné).

Třídění je důležitým pracovním úkonem nejen v úpravách nerostných surovin, v koksovárnách a briketárnách, ale i v keramickém průmyslu, při výrobě stavebních hmot, v chemickém průmyslu a v jiných průmyslových odvětvích.

Třídění mechanické

Mechanické třídiče můžeme rozdělit především na *roštové* a *sítové*. Roštů se používá zpravidla k přípravnému třídění hrubozrnnějšího materiálu, kterým by síta velmi trpěla. Při úpravě užitkových nerostů se používá roštů nehybných nebo pohyblivých. Síta jsou až na nepatrné výjimky vždy pohyblivá.



Pojmy k zapamatování

Rozdíl mezi sítím a roštem (pohyblivým) je ten, že se u roštů nepohybuje celá roštová plocha jako u sít, nýbrž jen její jednotlivé tyče nebo články, z nichž je rošt utvořen. Podle toho, používáme-li k třídění roštů nebo sít, označujeme často třídící zařízení jako rošty nebo síta. Vhodnějším pojmenováním je však *roštový třídič* nebo *sítový třídič*.

Třídění na sítích se používá i při odvodňování koncentrátů (např. prané uhlí). Tu ovšem nejde o oddělování zrn různých velikostí od sebe, nýbrž o oddělování tuhých částic od kapaliny.

■ *Roštových třídičů* se používá především k oddělení větších kusů materiálu od jemnější frakce. Roštové třídiče můžeme rozdělit na třídiče s rošty nepohyblivými a pohyblivými. K hrubému třídění tvrdších a méně křehkých nerostů a podobných materiálů používáme zpravidla *nepohyblivých roštů*. Takové rošty musí mít dostatečný úklon, aby nadroštné klouzalo po roštu vlastní vahou. Kromě nepohyblivých roštů uplatňují se při třídění materiálů i *pohyblivé rošty* různých konstrukcí. Mezi nejdůležitější patří pohyblivé roštové třídiče skládající se ze soustavy příčných hřídelí, na nichž jsou výstředně upevněny malé kotouče. Při otáčení hřídelí je materiál na roštu nadzvedáván a posunován vpřed. Podroštné propadá otvory mezi jednotlivými kotouči.

■ *Sítové třídiče*. Velikost otvorů v sítích nazýváme okatost síta. Při kruhových otvorech je to průměr kruhu, při čtvercových strana čtverce, při obdélníkových jeho menší rozměr (šířka) a při šterbinových sítích šířka šterbiny. Součet ploch všech otvorů nebo šterbin v sítě v

poměru k celkové ploše síta je volná propadová plocha síta. Čím je tato plocha větší, tím se materiál na sítu lépe třídí. Nejvhodnější okatost sít z děrovaných plechů je 125 až 1,6 mm.

Pro třídění jemnějších zrn se používá síť zhotovených z drátěného pletiva. Tato síta mají větší propadovou plochu než síta z děrovaného plechu, mají však drsnější povrch. Měkký a křehký materiál se proto při pohybu na těchto sítích značněji otírá. Drátěná síta se zhotovují s okatostí od 100 do 0,04 mm. Síta větší okatosti se vyrábějí z ocelových drátů, jemnější síta z fosforového bronzu, mosazi nebo nerez. Protože výroba velmi jemných sít je drahá a protože se velmi rychle opotřebují, používá se k průmyslovým účelům sít s okatostí nejvýše 0,15 mm.

Účinnost třídění se počítá ze vzorce:

$$E = 100 \cdot \frac{100 \cdot (a - b)}{a \cdot (100 - b)} \quad [\%] \quad (4.13)$$

kde **E** je účinnost třídění v procentech; **a** - váhový podíl drobného zrna (menšího než okatost síta) v původním netříděném materiálu vyjádřený v procentech; **b** - váhový podíl drobného zrna v přepadu v procentech.

Na sítích se třídí převážně za sucha. Při třídění slepujících se zrn se někdy výjimečně třídí za mokra a třídění se podporuje postříkáváním a splachováním materiálu na síť. Aby vlhká zrna při suchém třídění nezalepovala síta, upevňují se někdy v třídících topná tělesa. Používá se i přímého vytápění sít vibračních třídíčů. Síta se zahřívají na teplotu 70 až 80 °C tím, že se zapojují jako odpor do okruhu střídavého proudu s napětím asi 10 voltů.

Třídíče s kývavým nebo kmitavým pohybem síta dělíme na tyto hlavní skupiny: Nárazné a nátržné třídíče; vibrační třídíče a bubnové třídíče.



Pojmy k zapamatování

Třídění hydraulické – podle soupádnosti

Oddělování zrn podle soupádnosti ve vodě je důležitým pracovním pochodem při různých způsobech úpravy rud, uhlí a jiných užitkových nerostů popřípadě druhotných surovin, respektive odpadů. Oddělování zrn podle soupádnosti neboli *klasifikace* je přechodným pochodem mezi tříděním a rozdružováním.

■ *Nálevky* mají tvar kuželů nebo čtyřbokých jehlanů obrácených vrcholem dolů. Obyčejně se používá soupravy několika nálevek spojených za sebou, z nichž každá další má větší obsah. Rmut je přiváděn, do nejmenší nálevky, v níž se usazuje nejtěžší a nejhrubší

podíl. Z posledního oddělení odchází buď vyčištěná voda, nebo rmut obsahující nejjemnější podíl. Aby se nerušilo usazování v nálevkách, jsou usazené produkty vynášeny trubkami, jejichž výtokový konec bývá v malé vzdálenosti pod hladinou rmutu.

■ *Prolévky* se liší od nálevek tím, že vsunutím vnitřního jehlanu je rmut veden až do spodní části jímky. Tím se zamezí, aby na vodní hladině plavala těžko smáčitelná zrnka plochého tvaru, která by se se zřetelem ke své váze a velikosti měla usazovat.

■ *Hydraulické klasifikátory*, v nichž probíhá klasifikace pádem zrn v zúženém prostoru, se skládají z několika oddělení postupně se zvětšujících (podobně jako nálevky spojené do baterie). Spodní část každého oddělení má tvar válce, který přechází v komolý kužel obrácený vrcholem dolů. Pod ním je připojena jímka s hrdlem pro vynášení usazeného produktu. Vynášení klesajících zrn z každého oddělení do příslušné jímky je periodické podle pravidelně se otevírajícího a zavírajícího kuličkového ventilu.

■ *Hřeblové klasifikátory* jsou jímky obdélníkového půdorysu se skloněným dnem. Usazený materiál je vynášen hřebly upevněnými na tyčích, jimiž pohybuje zvláštní mechanismus. Hřeblové klasifikátory mívají jednu až šest tyčí s hřebly. Při pohybu hřeblové tyče ve směru osy jímky vpřed (k přeřadové hraně) je tyč zvedána, takže spodní okraje hřebel jsou ve vzdálenosti asi 150 mm nade dnem. Při chodu zpět (pracovní chod) se spodní okraje hřebel téměř dotýkají dna. Usazený materiál je pomalu nahrnován k opačnému konci přístroje.

■ *Šroubovicové (spirálové) klasifikátory* se odlišují od hřeblových klasifikátorů jen vynásecím zařízením. Místo tyčí s hřebly se v klasifikační nádrži otáčí hřídel, na níž je upevněn dvojchodý šnek. Při otáčení šneku se usazené písky pohybují po dně a po jedné boční stěně jímky. U dvojitých přístrojů se otáčejí dva šneky proti sobě a hrnou tak usazený materiál k horní hraně klasifikátoru. Okraje šneků lze vyměnit. Zhotovují se ze zvlášť odolné oceli nebo i z pryže (viz [Video 4](#) a [Video 5](#)).

■ Popsané nálevky, prolévky, hřeblové klasifikátory a ostatní hydraulické třídače se zakládají na působení gravitační síly, jež vyvolává rozdílné sedimentační rychlosti nestejně velkých nebo nestejně těžkých zrn. K rozdělování zrn podle velikosti a měrné váhy lze využít i odstředivé síly. Do skupiny přístrojů založených na působení odstředivé síly patří *hydrocyklóny* a některé zvláštní typy odstředivek. Předností hydrocyklónů je jejich velmi jednoduchá konstrukce a zejména to, že nemají pohybující se součásti.

Třídění pneumatické

Pneumatické tříděče se používají především pro třídění materiálů s menší specifickou hmotností nebo pro třídění (odlučování) relativně malých částic, jako například prachu ze vzduchu, respektive jiných jemných materiálů z plynného prostředí. Mezi tento typ tříděčů řadíme: *vibrační síťové tříděče; odstředivé klasifikátory a vzdušně cyklóny (viz Video 3)*.

□ Rozdružování



Pojmy k zapamatování

Účelem **rozdružování** je oddělování jednotlivých materiálů (A a B popřípadě C ...) na základě jejich rozdílných vlastností, jako např. hustoty, smáčivosti, elektrických nebo elektromagnetických vlastností.

Při rozdružování někdy dostáváme kromě požadované suroviny (koncentrátu) a druhé složky (jaloviny) ještě meziprodukt anebo několik chudších nebo bohatších meziproduktů. Meziprodukt má menší obsah užitkového materiálu než koncentrát (nerosty).

Samo pojmenování prozrazuje, že meziprodukt není z hlediska úpravnického produktem konečným. Meziprodukt je tvořen většinou prorostlými zrny a zčásti i volnými zrny užitkového materiálu a jaloviny, jež se dostávají do meziproduktu nepřesnou prací rozdružovacích strojů. Meziprodukty se proto podrobují novému rozdružování (zpravidla po předchozím drcení nebo mletí) tak dlouho, pokud se podíl užitkového materiálu nepřevede do koncentrátu (samozřejmě také druhá popřípadě třetí složka může být námi požadována).

Musíme si uvědomit, že i po několikastupňovém rozdružování dostaneme vždy ještě nějaký meziprodukt. Není-li další úprava takového meziproduktu z ekonomického hlediska únosná a nelze-li takového meziproduktu nějak vhodně využít, nezbyvá než se rozhodnout, zda má být přidáván ke koncentrátu, nebo do jalového odpadu – do složky jiné.

Gravitační rozdružování

Gravitační rozdružování je založeno na rozdílných pádových rychlostech částic, a tím na rozdílném rozvrstvení částic různé hustoty v kapalném nebo plynném prostředí. Z gravitačních metod se v provozních podmínkách užívají nejčastěji tyto postupy:

■ Rozdružování v těžkých kapalinách

Těžká suspenze je tvořena směsí jemně mletého zatěžkávadla a vody. Hustota těžké suspenze je volena mezi hustotou užitkové a balastní (druhé) složky, takže specificky lehčí

složka plave na povrchu suspenze, kdežto specificky těžší složka klesá ke dnu. Jedním z nejstarších typů těžkokapalinových rozdužovačů jsou *rozdužovače s kuželovou nádrží*.

■ Rozdužování v sazečkách

Toto rozdužování je procesem rozdužování podle hustoty ve střídavém vzestupném a sestupném vodním proudu. Rozdužování nerostných surovin na sazečkách bylo ještě před několika desetiletími hlavním a nejvíce používaným způsobem úpravy, nyní má však při úpravě rud barevných kovů a též při úpravě mnoha nerostných a jiných surovin nekovových rozhodující význam flotace.

■ Rozdužování ve splavech

Rozdělování částic různé hustoty se uskutečňuje v tenké vrstvě vody na nakloněné rovině splavu, která vykonává nesouměrný kmitavý pohyb ve směru své podélné osy. Na splavech se rozdužují zpravidla zrna velikosti menší než 1 až 2 mm, výjimečně nejvýše 4 až 6 mm. Rozdužování na splavech bývá buď samostatným způsobem úpravy, nebo (častěji) doplňuje rozdužování na sazečkách, flotaci a jiné způsoby úpravy.

■ Rozdužování ve žlabech

Rozdužování vodním proudem v mírně skloněných žlabech se uplatňuje hlavně při úpravě uhlí. Vyskytuje se však i při úpravě zlatonosných písků a jiných materiálů.

■ Rozdužování ve šroubovicových rozdužovačích

Toto rozdužování je založeno na kombinovaném působení sil hydrodynamických, gravitačních, odstředivých a třecích. Šroubovicový rozdužovač je v podstatě žlab ve tvaru šroubovice. Jeho výška bývá kolem 2 m a má nejčastěji pět závitů. Tyto rozdužovače jsou buď ze železných segmentů, anebo jsou pryžové, zhotovené z automobilových pneumatik.

■ Rozdužování ve vzestupném vodním proudu

Rozdužování ve vzestupném vodním proudu je založeno na využití rozdílu měrných vah jednotlivých materiálů (jaloviny, prorostliny a koncentráty – např. čistého uhlí). Působí-li vzestupný vodní proud na směs zrn různé měrné váhy, budou jednotlivá zrna unášena vzhůru, resp. budou klesat ke dnu podle toho, jaká je jejich konečná pádová rychlost ve vodě.

■ Pneumatické rozdužování

Rozdužování na *pneumatických sazečkách a splavech* se zakládá na využití rozdílu měrných vah rozdužovaného materiálu. Na rozdíl od mokré úpravy na sazečkách a splavech je při pneumatické úpravě rozdužovacím prostředím proud vzduchu. Protože součinitel soupádnosti dvou zrn různé měrné váhy je ve vzduchu menší než ve vodě, musí být

upravovaný materiál předem tříděn v užších mezích, než je nutno k rozdrůžování na sazečkách a splavech, kde je rozdrůžovacím prostředím voda.

■ Zvláštní způsoby rozdrůžování

Nevýhody různých dosud popsaných způsobů rozdrůžování materiálů, jejich složitost a vysoké výrobní náklady vedly k pokusům využít i jiných vlastností, než je měrná váha, uplatňující se při gravitačních způsobech úpravy, nebo smáčivost, na níž je založena flotace.

Tyto pokusy mají prakticky mnohem menší význam než způsoby dosud popsané a může se jich zpravidla použít jen ve zcela ojedinělých případech. Mezi nejznámější patří: *rozdrůžování elektrické; rozdrůžování na základě rozdílnosti součinitele tření a rozdrůžování na základě rozdílné pružnosti.*

Magnetické rozdrůžování

Rozdrůžování surovin na základě magnetických vlastností je založeno na tom, že v magnetickém poli určených zařízení jsou magnetické podíly (feromagnetické a paramagnetické látky) přitahovány magnetem a ostatní materiály (diamagnetické látky) přitahovány nejsou, takže dochází k jejich oddělování.

Rozdrůžování v elektrickém poli

Elektrické rozdrůžování materiálů je založeno na využití rozdílné vodivosti jednotlivých složek a sil, které na ně působí při průchodu elektrickým polem. Tělesa mohou být nabitá kladným nebo záporným nábojem. Zrna nabitá stejnojmenným nábojem se odpuzují, nesouhlasně nabitá zrna se přitahují. Všechny hmoty se dělí na elektricky vodivé a elektricky nevodivé (dielektrické), přičemž elektrická vodivost vodivých hmot je velmi rozdílná.

Flotační rozdrůžování

Flotace je beze sporu jeden z nejdůležitějších způsobů úpravy užitkových nerostů popřípadě jiných materiálů. Flotace pronikla i do jiných oborů a používá se jí k zachycení odpadních látek, při výrobě umělých vláken, k úpravě odpadních kalů z papíren, textilních továren a podobně.



Pojmy k zapamatování

Rozdrůžování flotačním způsobem se zakládá na využití rozdílu smáčitelnosti povrchu různých materiálů. Některé materiály lze vodou smáčet snadno, kdežto jiné se smáčejí

poměrně těžce. Na stupeň smáčitelnosti různých surovin může mít vliv přidávání nepatrného množství různých přísad. Měrná hmotnost při flotační úpravě nemá zásadní vliv, je však samozřejmé, že větší zrnka jsou příliš těžká, aby mohla být zachycována a vynášena. Flotační úprava tedy vyžaduje předběžné mletí rozdrůžovaného materiálu na velikost nejvýše 0,2 až 0,4 mm při úpravě rud a na velikost nejvýše 0,8 až 2 mm při úpravě materiálů specificky lehčích, jako je uhlí, tuha nebo síra.

Jiné - speciální postupy

Pro některé typy druhotných surovin se užívají speciální úpravnické postupy umožňující například rozpojování, třídění a rozdrůžování surovin, extrakci sledovaných kovů, úpravu kusovosti a jiné. Postupy rozpojování vycházejí ze základních klasických zařízení, jsou však upravovány například pro velmi objemný kusový kovový odpad, dále jsou pro dokonalejší rozdrůžení kombinovány s podchlazováním. Pro úpravu surovin z neželezných kovů se začínají využívat hydrometalurgické postupy. V oblasti úpravy kusovosti jemnozrnných surovin je v široké míře užívána briketace v nových technologických obměnách (např. briketace za tepla). Mezi speciální postupy úpravy materiálů můžeme zařadit například: *kryogenní postupy*, používané pro dokonalejší zdobňování a rozdrůžení jednotlivých složek odpadu – suroviny; *hydrometalurgické pochody*, používané při zpracování chudých a komplexních rud, které jsou dnes téměř jedinými zdroji neželezných kovů a *pražení*, které se uplatňuje zejména při oddělování neželezných kovů.



Odměna a odpočinek

Výborně, osmý výukový týden máš právě za sebou, teď si odpočiň, dej si nohy na stůl a něco dobrého k pití, pak se pokus shrnout obsah kapitoly a vrhni se na jednotlivé úkoly.



Shrnutí kapitoly

Třídění je základní úpravnický pochod, kde se surovina třídí (dělí) podle velikosti zrna. Účelem třídění je rozdělovat materiál podle velikosti.

Rozdíl mezi sítím a roštem (pohyblivým) je ten, že se u roštů nepohybuje celá roštová plocha jako u sítí, nýbrž jen její jednotlivé tyče nebo články, z nichž je rošt utvořen.

Účelem rozdrůžování je oddělování jednotlivých materiálů (A a B popřípadě C ...) na základě jejich rozdílných vlastností, jako např. hustoty, smáčivosti, elektrických nebo elektromagnetických vlastností.

Rozdíl mezi rozdrůžováním a tříděním - tříděním se surovina třídí (dělí) podle velikosti

zrna na jednotlivé frakce, zatímco rozdučováním následně získáváme jednotlivé druhy materiálu.

Rozdučování flotačním způsobem se zakládá na využití rozdílu smáčitelnosti povrchu různých materiálů.



Kontrolní otázka

1. Co je to třídění?
2. Co je to rozdučování?
3. Jaké jsou typy třídění materiálu?
4. Jaké jsou metody rozdučování materiálu?



Korespondenční úkol

1. Jaký je rozdíl mezi rošty a síty u třídíčů?
2. Co je to flotace?



Průvodce studiem

Připravte se na tyto testovací otázky, které je nutno vykonat na příslušných internetových stránkách kurzu:

1. Jaký typ třídění se v praxi nepoužívá?
2. Který typ třídění nepatří mezi hydraulické třídění podle soupádnosti?
3. Co nepatří mezi třídění pneumatické?
4. Který typ gravitačního rozdučování nebývá aplikován?
5. Který typ flotace nebývá aplikován?
6. Jaký je rozdíl mezi rozdučováním a tříděním?
7. Jaký typ síťových třídíčů není používán?

Devátý výukový týden



Čas ke studiu: 4 hodiny – rozsah odpovídá 2h přednášek a 2h cvičení



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat základní způsoby zkusování materiálu, kterými je aglomerace, peletizace a briketace a dále pak orientovat se v oblasti úpravnických postupů polymerů,
- definovat základní principy strojů používaných při zkusování materiálů a úpravnických postupů polymerů, jako je pásový aglomerační stroj, razidlový lis, lis s uzavřenou formou, prstencový lis, rozdrůžování plastů pomocí paprsků X, čtyřválcové drtiče plastů, diskové mlýny apod.,
- vyřešit otázky z zkusování materiálu a zpracovávání polymerů.



Průvodce studiem

Je nutno si uvědomit, že obsah této kapitoly studijní opory v tištěné podobě je velice stručný a neobsahuje veškeré informace k absolvování jednotlivých náležitostí (Korespondenční úkol a Testovací otázky), které jsou podmínkou k úspěšnému absolvování kapitoly a potažmo celého kurzu. Podrobnější informace jsou k dispozici v elektronické podobě na CD-ROM nebo na internetových stránkách kurzu, které Vám byly dány v úvodním tutoriálu. K získání většího objemu dat a informací doporučuji také využít sítě internet včetně oslovení firem podnikajících v daném oboru a samozřejmě také knižního fondu technických knihoven.



Výklad

□ Zkusování

V průběhu jednotlivých výrob a úprav různých surovin, včetně druhotných surovin a odpadů, vznikají malé, jemné nebo dokonce velice jemné třídy daného materiálu. Tento jemný materiál má zpravidla velice malou měrnou hmotnost a zároveň je pro další možné zpracování nebo využití nepoužitelný. Z důvodů změnit vlastnosti takto vznikajících surovin, tzn. zvýšení měrné hmotnosti pro lepší a efektivnější popřípadě ekologičtější přepravu, z důvodů možnosti dalšího využití těchto surovin atd. se na tyto materiály aplikuje tzv. zkusování.



Pojmy k zapamatování

Rozeznáváme tři hlavní technologické postupy zkusování: **spékání – aglomerování, peletizace a briketace.**

Spékání - aglomerování

Podstatou *spékání* (především rud) je slinutí aglomerované hmoty působením teploty. Podle starší teorie se železné rudy spékají tím, že za přítomnosti uhlíku nastává částečná redukce a tvoří se FeO. Kyslíčnick železnatý i jeho sloučeniny s SiO₂ jsou snadno tavitelné a stmelují tak zrnka rudy.

Aglomerují se jemnozrnné rudy nebo koncentráty se zrny menšími než 3 až 5 mm. Pokud se při aglomeraci používá tuhých paliv, musí se dbát na to, aby obsah popela byl co nejmenší. Z tuhých paliv se nejlépe hodí koks o zrnění pod 15 mm. Protože palivo má být rozděleno rovnoměrně po celé vsázce, jsou nejučinnějším podílem paliva zrnka velikosti 0,5 až 3 mm. Spotřeba paliva závisí na druhu spékaných materiálů a na množství síry v nich obsažené.

Peletizace



Pojmy k zapamatování

Tento způsob zkusování materiálů se podstatně liší od aglomerace. Aglomerace probíhá za tepla, kdežto tzv. *peletizace* je nabalování vlhkého prachu (jemné frakce) zpracovávaného materiálu v kuličky nebo válečky za obyčejné teploty.

Peleta je název pro granuli kruhového průřezu s průměrem okolo 6 až 8 mm a délkou 10 až 30 mm. Pelety jsou vyrobeny výhradně z odpadového organického materiálu - biomasy (dřevní odpad, piliny, hobliny, průmyslové rostliny) bez jakýchkoliv chemických přísad. Lisováním pod vysokým tlakem se dosahuje vysoké hustoty paliva, což je velmi důležité pro minimalizování jeho objemu. V ČR jsou rozšířené dřevěné brikety, jejichž složení odpovídá složení pelet, avšak až výroba pelet umožnila kotle spalující biomasu částečně nebo úplně automatizovat (viz [Video 6](#) až [Video 12](#)).

Briketace

Briketování, stejně jako předcházející technologie, se používá za účelem zkusování jemnozrnného materiálu. Jsou známy například rudné brikety, dřevěné brikety a možná nejnámější uhelné brikety na kterých si tuto technologii znázorníme.

▣ Úpravnické postupy polymerů

Zpracovávání a opětné využívání průmyslových a městských odpadů se stalo již neoddelitelnou součástí ekonomiky vyspělých průmyslových států. Jeho význam není jen v tom, že se při využívání odpadů získávají různé nedostatkové kovy a jiné materiály, ale

i v tom, že likvidace odpadů je velmi důležitá se zřetelem na zachování a tvorbu životního prostředí.

Avšak ani drcení měkkých, ale přitom vláknitých hmot, jako jsou různé dřevěné odpady a odřezky, bavlněné nebo lněné stonky a rákosí, není nijak snadnou věcí. Při zpracování dřevitých, vláknitých materiálů se používají místo obvyklých typů drtičů speciální drtiče - trhače. Podobné stroje se používají i při výrobě dřevotřískových desek a podobných výrobků.

Je nutné si uvědomit jaké množství různých odpadů (jiné mechanické, fyzikální i chemické vlastnosti) vznikajících v jednotlivých oborech lidské činnosti existuje. Téměř každý tento odpad je nutné nebo vhodné před dalším zpracováním upravovat. Z toho vyplývá, kolik různých úpravnických strojů může existovat respektive existuje.

Třídění a rozdružování

Při třídění a rozdružování plastických a pryžových hmot se kromě *ručního přebírání*, rozdružování pomocí *magnetického a elektrického pole*, *hydrocyklónů* a *cyklónů* a některých dalších technologií používajících blízko kritických a super kritických kapalin.

Mikroseparace druhotných surovin - termoplastů na základě hustoty může využívat blízko kritických a kritických kapalin, jako například tekutý oxid uhličitý. Pomocí této metody můžeme rozdružovat umělohmotné vločky s hustotním rozdílem až $0,001 \text{ g.cm}^{-3}$.



Pojmy k zapamatování

Kromě zmíněných způsobů rozdružování se používají také technologie založené na principu *optické separace*, kde se využívá zbarvení respektive průhlednosti nadrcených vloček plastických hmot. Automatické rozdružovací přístroje mohou pracovat například na principu rozptylu nebo koncentrace paprsků, procházejících vločkou apod.

Na podobném principu jsou založené systémy využívající *paprsků X*. Tyto paprsky jsou vysílány na pás s rozdružovanými materiály (například HDPE, PET a PVC), přičemž přes HDPE a PET materiály paprsky projdou relativně snadno, zatímco PVC je pohltí nebo odrazí. V tomto případě na patřičný detektor nedorazí svazek paprsků a dojde k otevření ventilu se stlačeným vzduchem, který daný produkt z PVC odfoukne do jiného zásobníku, respektive na jiný sběrný pás.

Zdrobňování

Také u tohoto druhu úpravy plastických hmot můžeme konstatovat, že jsou využívány základní principy, avšak s určitými rozdíly, dle zdrobňovaného materiálu, neboť některé

plastické hmoty jsou pevné a křehké, jiné zase houževnaté atd. Drtiče a mlýny jsou u houževnatějších materiálů (pryž apod.) spíše založené na principu řezání, krájení atd. V zahraničí se označují jako shredder.



Pojmy k zapamatování

Princip *drtičů* bývá ponejvíce založen na dvou nebo čtyřech proti sobě rotujících hřídelích, které jsou osazeny drtíciemi respektive řezacími kotouči s distančními kroužky nebo drtíciemi válci. Kotouče mohou být celistvé i dělené, to závisí na způsobu výroby. Stupeň podrcení materiálu závisí na počtu zubů drtícího nástroje a na jeho šířce. Drtiče se obvykle používají pro drcení plastových odpadových materiálů jako jsou: folie, tabule, duté výrobky a kabely. V podstatě trhají materiál, který je vtahován mezi nože. Konstrukce těchto drtičů bývá mohutná, aby odolala obrovským tahovým napětím, která vznikají na nožích při drcení houževnatých a obtížně drtitelných výrobků, jakými mohou být např. i polyolefinové sudy.



Pojmy k zapamatování

Mlýny používané při zpracovávání houževnatějších polymerních materiálů se také liší od klasických mlýnů používaných pro relativně tvrdé a křehké materiály tím, že jsou opatřeny ocelovými elementy velikosti 2,5 – 5 cm, montovanými na rotoru. Tyto ocelové bloky odřezávají kousky zpracovávaného materiálu, který je beranem přisunován proti zubům. Rotační mlýny takto vytvářejí drť o menším rozměru zrna, než konvenční drtiče. Bylo zjištěno, že rotační mlýny je obzvlášť výhodné použít pro drcení pneumatik a trvanlivých plastů.

Filtrace kontaminantů v recyklovaných polymerech

Recyklované polymery jsou charakteristické přítomností kontaminantů, jako je například prach, špína, bláto, celulóznový materiál, hliníkové fólie, kousky kovů, sklo, vlákno apod. Mnoho zdokonalených mechanických recyklačních procesů má v sobě implementováno filtrační systém partikulárních nečistot za účelem zvýšení jakosti recyklovaného materiálu.

Prakticky je možno se zmínit především o dvou základních procesech filtrace, kterými jsou přerušovaný a kontinuální systém filtrace.



Odměna a odpočinek

Výborně, devátou kapitolu máš za sebou, teď si dej malou pauzičku, přečti si pár vtipů a pak vyřeš jednotlivé kontrolní otázky.



Shrnutí kapitoly

Peletizace je nabalování vlhkého prachu (jemné frakce) zpracovávaného materiálu v kuličky nebo válečky za obyčejné teploty.

Spékání (především rud) je slinutí aglomerované hmoty působením teploty. Podle starší teorie se železné rudy spékají tím, že za přítomnosti uhlíku nastává částečná redukce a tvoří se FeO. Kyslíčník železnatý i jeho sloučeniny s SiO₂ jsou snadno tavitelné a stmelují tak zrnka rudy.

Briketování je zkusování jemnozrného materiálu za aplikace vysokého tlaku lisu.



Kontrolní otázka

1. Jaké typy zkusování znáte?
2. Co je to aglomerace?
3. K jakému účelu slouží briketace?
4. Co je to peletizace?



Korespondenční úkol

1. Napište základní úpravnické postupy polymerů.
2. Napište základní postupy třídění a rozduřování polymerů.



Průvodce studiem

Připravte se na tyto testovací otázky, které je nutno vykonat na příslušných internetových stránkách kurzu:

1. Jakého tlaku dosahují razidlové lisu při briketování?
2. Jaký typ lisů není při briketování používán?
3. Jakého tlaku se dosahuje u prstencových lisů?
4. Jaký typ zkusování nebývá aplikován?
5. Které paprsky se využívají při rozduřování materiálu – umělých hmot?
6. Který tvar rotorových nožů se u mlýnů umělých hmot nepoužívá?
7. Který způsob třídění a rozduřování se u polymerů nepoužívá?

5 ZPŮSOBY ZNEŠKODŇOVÁNÍ ODPADŮ

Po úspěšném a aktivním absolvování této KAPITOLY

<p>Budete umět:</p> <ul style="list-style-type: none"> • popsat základní principy skládkování, biologického a tepelného zpracování odpadů, fyzikálního a chemického zpracování odpadů a jiných způsobů zneškodňování odpadů, • definovat pojmy v oblasti zneškodňování odpadů skládkováním, definovat pojmy v oblasti biologického zpracování odpadů, základní podmínky pro kompostování, organické látky vhodné ke kompostování, technické způsoby kompostování, hlavní zásady pro výrobu kompostu z komunálních odpadů, požadavky na správný způsob kompostování, definovat hlavní rozdíl mezi klasickým spalováním odpadů a pyrolýzou apod. • vyřešit problematiku průsakových vod a skládkových plynů, rekultivaci skládky, problematiku kompostovatelnosti komunálních odpadů, problematiku pochodů probíhajících při spalování apod. • definovat pojmy z oblasti tepelného zpracování odpadů, fyzikálního a chemického zpracování odpadů a jiných způsobů zneškodňování odpadů jako je diagram spalitelnosti odpadů, druhy spalovacích pecí a topenišť, zařízení na spalování biomasy, pyrolýza apod. 	<p>Budete umět</p>
<p>Budete schopni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>se orientovat v jednotlivých způsobech zneškodňování odpadů.</i> 	<p>Budete schopni</p>

V této části jsou podrobněji popisovány hlavní způsoby zneškodňování komunálních i průmyslových odpadů, kterými jsou: 1. skládkování, 2. biologické způsoby, 3. tepelné způsoby a 4. fyzikální a chemické způsoby.

Každý druh odpadu lze zneškodňovat různými způsoby, které mají své přednosti i nedostatky. Je proto nutné, aby zvolený způsob byl optimální jak z hlediska ochrany životního prostředí, tak i z hlediska ekonomického. To se týká zejména odpadů zvláštních, jejichž nevhodné zneškodňování může představovat závažné nebezpečí pro životní prostředí. Vedle toho jsou zvláštní odpady (především chemické) často cennou druhotnou surovinou a je tedy žádoucí přednostně zvolit takový způsob zneškodnění, který by umožnil současně jejich další, alespoň částečné využití. V mnoha případech je volba optimálního způsobu obtížná a závisí do značné míry na zkušenostech původců odpadů a provozovatelů zařízení pro jejich zneškodňování i na dostupných informacích.

Desátý výukový týden



Čas ke studiu: 4 hodiny – rozsah odpovídá 2h přednášek a 2h cvičení



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat základní principy skládkování odpadů,
- definovat pojmy v oblasti zneškodňování odpadů skládkováním, druhy skládek, procesy probíhající ve skládkách jako například co je to těleso skládky, geotextilie, těsnící fólie, minerální těsnění apod.
- klasifikovat skládky do jednotlivých tříd podle výstavby,
- vyřešit problematiku průsakových vod a skládkových plynů, rekultivaci skládky.



Průvodce studiem

Je nutno si uvědomit, že obsah této kapitoly studijní opory v tištěné podobě je velice stručný a neobsahuje veškeré informace k absolvování jednotlivých náležitostí (Korespondenční úkol a Testovací otázky), které jsou podmínkou k úspěšnému absolvování kapitoly a potažmo celého kurzu. Podrobnější informace jsou k dispozici v elektronické podobě na CD-ROM nebo na internetových stránkách kurzu, které Vám byly dány v úvodním tutoriálu. K získání většího objemu dat a informací doporučuji také využít sítě internet včetně oslovení firem podnikajících v daném oboru a samozřejmě také knižního fondu technických knihoven.



Výklad

□ Skládkování odpadů

Mnoho druhů tuhých i kapalných odpadů, včetně některých druhů průmyslových i stavebních odpadů, se dosud zneškodňuje pouze *skládkováním*. Komunální a jiné podobné odpady lze skládkovat bez předběžné úpravy za předpokladu, že jsou učiněna vhodná opatření k zabránění znečištění prostředí. Tímto způsobem se nyní zneškodňuje převážná část odpadů. Předpokládá se, že skládkování bude i v budoucnosti nejrozšířenějším způsobem zneškodňování odpadů (po jejich vhodné úpravě), i když se intenzivně pracuje na vývoji nových technologií pro zneškodňování odpadů, včetně regenerace některých jejich složek.



Pojmy k zapamatování

Jediným zařízením pro ukládání odpadů, vyhovujícím zásadám ochrany životního prostředí, je *řízená skládka*. Řízená skládka je technické zařízení určené k ukládání určených druhů odpadů za daných technických a provozních podmínek a při průběžné kontrole jejich

vlivu na životní prostředí. Projekt skládky musí zahrnovat i podmínky a způsoby její rekultivace. Při její výstavbě je třeba postupovat podle příslušných stavebních zákonů a vyhlášek včetně patřičných norem.

Ekonomicky výhodnější jsou velkorozměrové skládky, protože investiční náklady na zakládání skládky je možno rozložit na větší objemy zneškodňovaného materiálu.



Pojmy k zapamatování

Území, ze kterého je organizován svoz odpadů na danou skládku se nazývá **svozovou oblastí**. U rozsáhlých svozových oblastí se v zahraničí zřizují v některých případech stabilní překladiště, kde se odpad překládá do velkoobjemových speciálních dopravních prostředků, při jeho případné úpravě či zhutnění.

Druhy odpadů, které lze ukládat na skládky

Druhy odpadů, které lze skládkovat, závisí především na stupni zajištění skládky. Na speciálně zajištěné skládky lze ukládat prakticky libovolné nebezpečné odpady. Kromě komunálních odpadů možno bezpečně ukládat na běžné řízené skládky rovněž četné druhy průmyslových odpadů, včetně kalů. Na skládky však nelze ukládat takové materiály, které mohou vyvolávat dlouhodobé ekologické problémy nebo znehodnocovat půdu. Proto je z nich nutno vyloučit toxické a hořlavé látky. Odpady s vysokou toxicitou mohou zpomalit nebo úplně znemožnit normální biologický rozklad na skládkách nebo zvýšit nebezpečí ohrožení vod.

Jako přijatelné pro skládkování na běžných řízených skládkách se uvádějí tyto druhy odpadů: komunální odpady, škvára a popel z kotelen, hlušina z důlních operací, struska z výroby železa a oceli, stavební a demoliční odpady, opotřebené pneumatiky, kaly z čistíren odpadních vod a průmyslových procesů, dněné kaly ze splaškových vod a zemědělské odpady.

Nebezpečné odpady jako například některé toxické a zvláštní odpadní látky lze ukládat na běžných řízených skládkách za předpokladu, že jejich množství, ve srovnání s celkovým množstvím odpadů, je jen malé. To však vyžaduje souhlas příslušných vodohospodářských úřadů. Mezi tyto toxické a speciální látky patří: anorganické kyseliny, organické kyseliny a podobné sloučeniny, alkálie, odpady z činění kůží, zbytky barev, neinfekční nemocniční odpady a upotřebené oleje.



Pojmy k zapamatování

Druhy skládek

Ve vztahu k úrovni terénu rozlišujeme skládky *podúrovňové* (v otevřených terénních prohlubních do úrovně terénu) nebo *nadúrovňové*, zakládáné nad úrovní terénu, či *kombinované* (se základem pod úrovní terénu s převýšením nad jeho úroveň). Zvláštním případem jsou skládky *podzemní*, využívající přirozené nebo uměle vytvořené dutiny pod povrchem země, přístupné pro ukládání tuhých, kašovitých či řídkých kapalných odpadů, nebo využívající schopnost nasákavost hornin pro injektované či volně nalévané kapaliny. Skládky na povrchu terénu mohou být provedené jako otevřené či jako zastřešené.

Z hlediska stavebního provedení lze na základě zajištění těsnění skládky rozlišovat skládky netěsněné (zvláštní případ skládky na nepropustném podloží, či skládky inertního materiálu) a skládky těsněné přírodním materiálem (nejčastěji jílem a bentonitem) nebo syntetickým materiálem (např. folie z PVC či polyethylenu, asfaltová suspenze atd.) nebo jejich kombinací. Skládky je možno rozlišovat např. i podle systému jejich stavebního provedení, odvodu průsakové vody a odplynění. Zejména důležitá je jejich klasifikace podle druhu ukládaného materiálu.

Vedle skládek komunálního a průmyslového odpadu či skládek sdružených jsou zvláštním případem skládky odpadu při těžbě nerostných surovin, kdy mluvíme o odvalu - řízené skládce odvalové hlušiny, haldě či výsypce tj. sypaném objektu vzniklém nasypáváním hlušiny. K ukládání hustých tekutých odpadů (kalů) slouží odkaliště. V omezené míře lze některé kaly ukládat na skládku.

Zásadní význam má třídění podle nebezpečnosti odpadů ukládaných na skládku. Mimořádné zajištění vyžadují především skládky nebezpečného odpadu i skládky jiného zvláštního odpadu. Tyto odpady ovšem mohou vznikat i v rámci komunálního, průmyslového i zemědělského odpadu a odpadu z provozu dopravních zařízení.

Zcela zvláštní zacházení vyžaduje radioaktivní odpad definovaný jako odpad v pevném, kapalném nebo plynném skupenství, který vzniká při využívání zdrojů záření nebo při těžbě a úpravě surovin a obsahuje radioaktivní látky, nebo je jimi znečištěn. Pro zacházení s radioaktivními odpady platí zvláštní předpisy.

Z hlediska časového průběhu skládkové činnosti rozlišujeme *skládky připravované*, *provozované* a *skládky s přerušenou či ukončenou činností*. Zvláštním případem jsou skládky *odtěžované*, z nichž je skládkový substrát (po potřebném uzrání) odebírán k dalšímu

zpracování. Zráním skládky se rozumí soubor fyzikálních, chemických a biologických procesů probíhajících v tělese skládky za vývinu fermentačních plynů a tepla, vedoucích k jejich mineralizaci. Skládky s ukončenou skládkovou činností mohou být zrekultivované, rekultivované či dosud nerektivované.

Od skládkové činnosti je nutno rozlišovat *činnost skladovací*, která se vyznačuje tím, že u všech jednotlivých ukládaných odpadů je možná individuální kontrola a tyto odpady mohou být i jednotlivě přemísťovány. V tomto případě se jedná o úložiště.

Skládky nebezpečného odpadu jsou zařízení, která bezprostředně nebo potenciálně ohrožují životní prostředí. Nezbytné je zde budování speciálně upraveného tělesa skládky, které zabrání průsakové vodě volné odtékání či prosakování do podloží. *Průsaková voda* u skládky materiálu, který není inertní, je kvalifikována jako *odpadní voda*.

Průsakové vody a skládkové plyny

Skládkování tuhého komunálního odpadu je relativně nejméně náročným způsobem jeho zneškodňování, avšak přináší řadu problémů, z nichž nejzávažnější jsou: výtoky průsakových vod (výluhů) z tělesa skládky, vývin skládkového plynu v tělese skládky, stabilita tělesa skládky a jeho sedání, prašnost, úlety materiálu a pachy, koncentrovaný výskyt hlodavců a ptáků na skládce a hlučnost z provozu skládky.

Zdrojem *průsakových vod* jsou srážky, případně ta jejich část, která infiltruje do tělesa skládky. Zpočátku probíhá nasycení vodní kapacity skládky a po jejím překročení (zpravidla po 1 - 3 letech) dochází k výronu průsakové vody buď do propustného podloží a odtud do podzemních vod nebo při nepropustném podloží na povrch a odtud do povrchových vod.



Pojmy k zapamatování

Bioplyn je plynným produktem biochemického rozkladu organických látek obsažených v komunálním odpadu. Vzniká-li na skládkách tohoto odpadu, označuje se též jako skládkový plyn. Složení bioplynu se mění v závislosti na stáří skládky a na rychlosti čerpání bioplynu. Sestává převážně z methanu a oxidu uhličitého. Optimální podmínky pro tvorbu methanu jsou pH 6,5 - 8, vlhkost větší než 20 - 30 % a teplota 25 – 40 °C.



Pojmy k zapamatování

Procesy probíhající ve skládkách

Deponované odpady podléhají v loži skládky anaerobnímu rozkladu za tvorby plynu. Jsou to principiálně tytéž procesy, kterým podléhají vyhnívající organické kaly z městských

splaškových čistíren nebo z čistíren zemědělských odpadních vod. Průběh postupného biologického odbourávání organické hmoty odpadů deponovaných ve skládce je sledem několika oddělených fází s charakteristickými podmínkami i produkty. Tyto procesy v níže uvedeném sledu probíhají zcela samovolně:

- 1) *aerobní stadium* - organická hmota je v přítomnosti vzdušného kyslíku odbourávána aerobními mikroorganismy,
- 2) *anaerobní stadium nemethanogenní* - v této tzv. „kyselé“ fázi nebo též ve fázi „kyselinotvorného kvašení“ jsou anaerobními organismy produkovány alifatické kyseliny,
- 3) *anaerobní stadium methanogenní nestabilizované* - tj. počáteční stadium rozvoje methanogenních mikroorganismů,
- 4) *anaerobní stadium methanogenní stabilizované* - tj. stadium s bohatě rozmnoženou kulturou methanogenních mikroorganismů.



Pojmy k zapamatování

Rekultivace skládky

Dosáhne-li skládka a krycí vrstva zeminy konečného tvaru, je možno přistoupit k její rekultivaci.

Technická rekultivace je technologický postup provedení technických opatření (urovnání povrchu skládky, svahování, převrstvení ornici apod.) zajišťujících vhodné podmínky pro další způsoby rekultivace. Technologický postup rekultivace se liší podle toho, zda bude skládka využívána zemědělsky, lesnicky nebo pro rekreační účely.

Biologická rekultivace je technologický postup provedení biologických a agrotechnických opatření směřujících k tvorbě nové svrchní vrstvy půdy a k vytvoření podmínek pro její zemědělské nebo lesnické využití. Pro biologické využití je vhodné použít různé druhy travin. Pro zemědělské využití je velmi důležité zakrytí technicky rekultivované skládky silnější vrstvou ornice (30 - 60 cm).

Podle zkušeností je nejjednodušší a nejvýhodnější tzv. *účelová rekultivace*. Je to technologický postup úpravy uzavřené skládky s cílem jejího využití ke zvláštním účelům, např. pro rekreační a sportovní plochy, parky aj. Je výhodná u skládek s plochým povrchem. Biologická rekultivace může následovat ihned po technické. Ve vrstvě krycí zeminy o tloušťce 20 – 40 cm dochází u propustné zeminy k dobrému provzdušňování, takže vývin bioplynu výrazně neohrožuje pěstovaný trávník.



Pojmy k zapamatování

Pojmenování a definice

Podkladové těsnění: technický systém k utěsnění a odvodnění základů skládky. *Těleso skládky:* uložený odpad včetně stabilizačních a uzavíracích vrstev spolu s rekultivací. *Podloží skládky:* geologicky, hydrogeologicky a morfologicky prozkoumaný prostor pod základovou spárou skládky, který musí splňovat požadavky projektu. Je tvořeno stávající zeminou po odstranění skrývkových vrstev. Vznikne po vyhloubení terénu do požadovaných hloubek a profilů. Tloušťka upravené části podloží sestává z vrstvy tloušťky maximálně 30 cm. Tvoří ji ponejvíce mechanicky stabilizovaná různozrná půda. Průměr velkých zrn nesmí překročit třetinu objemu vrstvy. *Průsaková voda skládky:* je voda, která prosakuje zhutněným odpadem a je znečištěna organickými a neorganickými složkami.

Geotextilie: je to druh rouna z polypropylenu (PP), která slouží jako ochranná vrstva před poškozením polyetylenové těsnicí fólie PE – HD, která musí být chráněna po celé ploše před mechanickým poškozením. *Těsnicí fólie:* jsou to vysoce odolné, ohebné pásy z plastu s vysokou životností. *Minerální těsnění:* jsou to uměle vybudované vrstvy z minerálních zemin, případně s přidáním těsnících příměsí, např. bentonit. *Rekultivace:* je začlenění skládky do krajiny. *Aktivní plocha:* plocha, na kterou se v danou dobu ukládá odpad. *Lokalita skládky:* pod tímto pojmem se rozumí celý obvod skládky včetně základních ploch potřebných pro provoz a také blízko ležící okolí. *Inertní skládky:* zde se ukládají odpady s nepatrným obsahem škodlivých látek (inertní látky - netečné, chemicky neaktivní látky). U těchto skládek se nevyžaduje základní podkladové těsnění ani odvod průsakové vody. *Reakční skládky:* zde se ukládají komunální a jim podobné průmyslové odpady s intenzivními biochemickými reakcemi. *Podzemní skládky:* zde se uskladňují nebezpečné odpady, které se nedají jinak upravovat. *Časově omezené skládky:* jsou skládky pro meziuskladnění odpadu, který bude později hospodárně upravený a popřípadě dále zužitkovaný. *Divoké skládky:* jsou neřízené skládky, na kterých se nezákonně ukládá neošetřený a nekontrolovaný odpad.



Odměna a odpočinek

Výborně, už desátou kapitolku, respektive základ desátého výukového týdne máš za sebou, teď si dej kafičko nebo něco ostřejšího, projdi si v myšlenkách co jsi doposud nastudoval a odpověz si na jednotlivé kontrolní otázky.



Shrnutí kapitoly

Bioplyn je plynným produktem biochemického rozkladu organických látek obsažených v komunálním odpadu. Vzniká-li na skládkách tohoto odpadu, označuje se též jako skládkový plyn.

Geotextilie je druh rouna z polypropylenu (PP), která slouží jako ochranná vrstva před poškozením polyetylenové těsnicí fólie PE – HD.

Rekultivace je začlenění skládky do krajiny.

Podkladové těsnění je technický systém k utěsnění a odvodnění základů skládky

Procesy ve skládce - průběh postupného biologického odbourávání organické hmoty odpadů deponovaných ve skládce je sledem několika oddělených fází s charakteristickými podmínkami i produkty. Tyto procesy probíhají zcela samovolně.



Kontrolní otázka

1. Jaké jsou základní způsoby zneškodňování odpadů?
2. Vymenujte druhy skládek?
3. Jaké procesy probíhají ve skládkách z pohledu odbourávání organických látek?
4. Jaké odpady lze na skládky ukládat?



Korespondenční úkol

1. Co to jsou průsakové vody a skládkové plyny?
2. Klasifikujte skládky podle výstavby.



Průvodce studiem

Připravte se na tyto testovací otázky, které je nutno vykonat na příslušných internetových stránkách kurzu:

1. Co nepatří mezi zneškodňování odpadů?
2. Který typ skládky je neobvyklý?
3. Co je to řízená skládka?
4. Který typ skládky je zvláštním případem z hlediska časového průběhu?
5. Která fáze ve skládkách neprobíhá?
6. Co je to geotextilie?
7. Kolik tříd skládek klasifikujeme dle výstavby?

Jedenáctý výukový týden



Čas ke studiu: 4 hodiny – rozsah odpovídá 2h přednášek a 2h cvičení



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat základní principy biologického zpracování odpadů, kterými je kompostování, anaerobní rozklad a biologická detoxikace nebezpečných odpadů,
- definovat pojmy v oblasti biologického zpracování odpadů, základní podmínky pro kompostování, organické látky vhodné ke kompostování, technické způsoby kompostování, hlavní zásady pro výrobu kompostu z komunálních odpadů, požadavky na správný způsob kompostování apod.
- orientovat se v oblasti biologického zpracování odpadů,
- vyřešit problematiku kompostovatelnosti komunálních odpadů apod.



Průvodce studiem

Je nutno si uvědomit, že obsah této kapitoly studijní opory v tištěné podobě je velice stručný a neobsahuje veškeré informace k absolvování jednotlivých náležitostí (Korespondenční úkol a Testovací otázky), které jsou podmínkou k úspěšnému absolvování kapitoly a potažmo celého kurzu. Podrobnější informace jsou k dispozici v elektronické podobě na CD-ROM nebo na internetových stránkách kurzu, které Vám byly dány v úvodním tutoriálu. K získání většího objemu dat a informací doporučuji také využít síť internet včetně oslovení firem podnikajících v daném oboru a samozřejmě také knižního fondu technických knihoven.



Výklad

□ Biologické zpracování odpadů



Pojmy k zapamatování

Kompostování

Kompostování je aerobní biologický rozkladný proces, jehož účelem je co nejrychleji a nejehospodárněji odbourat původní organické substance v odpadu a převést je na stabilní humusové látky, které jsou prospěšné rostlinám. Během tohoto procesu se zhodnocuje organická substance v odpadu pomocí aerobních mikroorganismů za přítomnosti kyslíku, který slouží jako živina a zdroj energie. Přitom se část uhlíku buněčné tkáně mikroorganismů váže a část se uvolňuje jako oxid uhličitý. Dochází k hydrolyze bílkovin, sacharidů a tuků. Produkty hydrolyzy - aminokyseliny, monosacharidy, alifatické alkoholy se částečně

přeměňují za vývinu tepla na organické kyseliny (octovou, máselnou, propionovou) a oxid uhličitý. Za aerobních podmínek dochází ke značné ztrátě uhlíku. Přitom vznikají bílkovinné mikroorganismy, a dále CO₂, voda a v závislosti na pH rovněž amoniak. Při dostatečném přísunu kyslíku se amoniak oxiduje na nitráty.

Kompostování odpadů je, ve srovnání se skládkováním, skutečným způsobem jejich zneškodnění. Materiály uložené na skládkách zůstávají v podstatě nezměněny po dlouhou dobu a mohou způsobit kontaminaci vody či ovzduší. Přednost kompostování spočívá v tom, že umožňuje vrátit původní materiály do přirozených potravních cyklů. Při kompostování dochází ke zneškodňování škodlivých látek jejich rozkladem, případně přeměnou na nové materiály. Kompostováním se rovněž značně snižuje množství a objem odpadů (až o 30 %).



Pojmy k zapamatování

Smyslem kompostování je vyrobit humusové látky podobné půdnímu humusu, získat rostlinné živiny v pomalu působících formách uvolňovaných v půdě v rytmu růstu rostlin a čerpání živin z půdy za předpokladu výroby hygienicky nezávadného produktu.

Protože kompostování je biologický proces, je třeba těchto cílů dosáhnout biologickými prostředky. Většina odpadů obsahuje na povrchu i uvnitř (např. nahnilé ovoce a zelenina) velké množství mikroorganismů. Jsou to většinou mikroorganismy cizí půdě, a proto nejsou schopny vyprodukovat žádoucí humusové látky. Je tedy třeba upravit kompostovou zakládku půdní mikroflórou, tedy prakticky zeminou.

Průběh kompostování

Při odbourávání organických substancí pomocí mikroorganismů dochází v závislosti na intenzitě průběhu procesu ke zvyšování okolní teploty.



Pojmy k zapamatování

Tento v přírodě velmi rozšířený proces se označuje jako **samoohřev**. Při kompostování odpadů je tento samoohřev žádoucí ze dvou důvodů. Zaprvé dochází ke změně skladby mikroorganismů a tím k rychlejšímu odbourávání často značně složitých organických substancí, zadruhé dochází, vedle transformace antibiotik pomocí aktinomycet, k termické desinfekci materiálu.

Základní podmínky pro kompostování

Pro úspěšný průběh kompostování je důležitá správná volba rostlinných odpadů. Rozkladné mikroorganismy pracují optimálně při dostatečném množství živin a organického materiálu. Základní podmínky pro kompostování jsou následující: vstupní materiál musí obsahovat organické látky v takovém složení, aby byl pro výživu mikroorganismů dodržen potřebný poměr C:N 30:1 a dále musí být zastoupeny i biogenní prvky; vlhkost výchozího materiálu musí být upravena na 50 - 60 %, pH má být neutrální; dostatečná aerace po celou dobu humifikace zpracovávaného materiálu, čímž dojde k dostatečnému ohřátí veškeré hmoty na požadovanou teplotu a k hygienizaci kompostu (teploty 60 – 70 °C) a vstupní suroviny musí být rozmělněny a homogenizovány.

Dodržení uvedených podmínek zajistí dokonalou činnost mikroorganismů po celou dobu přeměny organických látek a zrání kompostu.

V 1. fázi označované jako *mesofilní fáze* dochází k intenzivnímu rozvoji bakterií a plísní za rozkladu lehce rozložitelných látek (cukry, škroby, bílkoviny).

V 2. fázi (*termofilní*) se nadále rozvíjejí bakterie a především aktinomycety. V této fázi jsou odbourávány obtížněji rozložitelné organické látky jako je celulóza a lignin a současně vznikají stabilní organické látky obsahující humus.

Ve 3. *fázi dozrávací* dochází vlivem autochtonní mikroflóry ke stabilizaci organických látek - kompost se již nezahřívá, hmota je zcela homogenní a nezapáchá.

Podle teplotního průběhu kompostování se rozlišují tři fáze: *rozkladná, přechodná a syntézní*. V rozkladné fázi se spotřebovávají všechny snadno využitelné organické materiály včetně celulózy, proteinů a lipidů. Obtížněji rozložitelné látky jako lignin se rozkládají mikroorganismy až v syntetické fázi. V různých fázích se uplatňují i různé mikroorganismy. V rozkladné fázi jsou to především aktinomycety, v přechodné fázi zejména houby. Pokles teploty kompostu indikuje zpomalení rozkladných procesů.



Pojmy k zapamatování

Organické látky vhodné ke kompostování

Jsou jimi především: tuhé komunální odpady, zásadně neobsahující popel, buď drcené nebo prosáté, vyhnílé čistírenské kaly, různé zemědělské odpady, kůra a dřevní odpad, cukrovarská a lihovarská šáma, kapucín, uhelné kaly apod.

Pro výrobu kompostů, zejména z domovních odpadů je velmi důležité sledovat obsah těžkých kovů (Hg, Cr, As, Cd, Zn, Cu, Ni, Co, Mo) a dále obsah PCB a ropných derivátů, protože tyto látky jsou dnes běžnými nežádoucími příměsemi domovních odpadů. Obsah

těchto látek v domovních odpadech se podstatně sníží zavedením separovaného sběru v domácnostech.

Hlavní zásady pro výrobu kompostů z komunálních odpadů

Pouze část komunálních odpadů lze kompostovat. V průměru lze z 1 tuny odpadu vyrobit, v závislosti na místních a klimatických podmínkách, 350 - 500 kg kompostu. Přibližně 150 - 250 kg se ztratí vypařením a konverzí na plyn během kompostování.

Při kompostování je nezbytné použít dokonale homogenizovanou surovinu a dodržet požadovanou vlhkost. Dokonalou a řízenou aeraci je v zásadě možno docílit pouze nuceným větráním buď tlakovým v bioreaktorech (uzavřený kompostovací proces) nebo odsáváním přes děrované dno na uzrávací desce. Pro omezení pachové zátěže okolí je třeba zásadně využívat biologické filtry. Při fermentaci na zrací desce je nebezpečí, že v některých místech zakládka nedojde k dokonalé aeraci a odvodu tepla, proto se doporučuje přehazování materiálu.



Pojmy k zapamatování

Požadavky na správný způsob kompostování

Potřeba vody pro rozklad - pro zajištění optimálního způsobu kompostování je nutné dostatečné množství vody a kyslíku, vhodná teplota a přítomnost mikroorganismů. Rozkladné organismy mohou přijímat svou potravu jen v rozpustné formě. K dostatečnému zásobování mikroorganismů vodou a kyslíkem musí být jednak částice určené k rozkladu potaženy jemnou vrstvou vody, jednak je třeba dostatečné pórovitosti pro přístup vody a kyslíku.

Činnost mikroorganismů a teplota - pro většinu termofilních bakterií byl zjištěn optimální rozsah teplot v rozmezí 50 - 55 °C.



Pojmy k zapamatování

Při 70 °C jsou houby již skoro neprokazatelné, termofilní aktinomycety jen v nepatrném množství, zatímco termofilní bakterie jsou ještě ve značném počtu. Při 80 °C po dobu více dnů nastává odumření mnohých forem.

Zásobování kyslíkem - aerobní mikroorganismy potřebují pro svůj růst kyslík, který ovšem mohou využívat jen v rozpustné formě. Rozpustnost kyslíku ve vodě je velmi nepatrná - 1 litr vody při atmosférickém tlaku a 20 °C obsahuje jen 6,2 ml kyslíku. Toto množství stačí k oxidaci právě jen 8,3 mg glukózy. Kyslík je tedy třeba během rozkladného procesu kontinuálně přivádět. Ačkoliv jsou aerobní mikroorganismy přizpůsobeny malé koncentraci

rozpuštěného kyslíku, nesmí tento klesnout pod určitý minimální obsah, tzv. kritickou koncentraci kyslíku, při které ještě není ohroženo dýchání buněk.

Kompostování na hromadách

Používání dosavadního plošného kompostování ať už na plochách nebo řadách bude v budoucnu patrně vyhrazeno jen pro malé odlehlé závody a bude se dávat přednost kompostování na hromadách.

Uzavřené kompostovací systémy

Emise pachových látek při technickém kompostování se stává stále naléhavějším problémem. Už při dovozu odpadu vznikají těkavé chemické látky, ale také produkty kvasných procesů. Alifatické kyseliny - octová, máselná, valerová - unikají při přehrnování nebo nuceném provzdušňování, zejména během první fáze rozkladného procesu. Vzhledem k emisím pachů je proto třeba kompostárny budovat v uzavřených prostorách.

Anaerobní rozklad

Zařízení na výrobu bioplynu *anaerobním rozkladem* organických materiálů se dosud používala především v zemědělství pro zpracování zvířecích exkrementů, k anaerobní stabilizaci kalů v městských čistírnách odpadních vod a pro čištění odpadních vod, obsahujících značné množství organických látek. K biologickému zpracování organických podílů komunálních odpadů sloužilo výhradně kompostování.

V souvislosti s vývojem účinných reaktorů v 80. letech začíná se nyní anaerobní rozklad používat i pro zneškodňování pevných a polotekutých organických odpadních materiálů. Ve srovnání s kompostováním má zařízení na anaerobní rozklad menší požadavky na plochu, neuvolňují se žádné páchnoucí emise, z odpadů lze získat energii a zařízení má flexibilní použití. Perspektivní se ukazuje zejména pro zpracování odpadů z průmyslu výroby potravin a nápojů, které nenajdou uplatnění jako krmivo v zemědělství.

Biologická detoxikace nebezpečných odpadů

K perspektivním způsobům detoxikace nebezpečných odpadů patří:

■ *Biodegradace*. Mezi metodami uvažovanými pro rozklad nebezpečných odpadů patří použití živých organismů nebo jejich produktů umožňujících detoxikovat nebo rozložit nebezpečné chemikálie procesem zvaným biodegradace. *Biodegradace* je ekonomicky

výhodná, vysoce účinná metoda, přitom jen s nepatrnými škodlivými důsledky pro životní prostředí.

■ *Zpracování nebezpečných odpadů do půdy.* Zpracování nebezpečných odpadů do půdy (*landfarming*) je proces zneškodňování odpadů, při kterém jsou odpady smíchány nebo zapracovány do povrchové vrstvy půdy a řízeným způsobem degradovány, transformovány nebo imobilizovány.

■ *Enzymatické systémy.* Enzymy schopné přeměnit nebezpečné odpady na netoxické produkty lze vypěstovat z mikroorganismů rostoucích v různých kulturách. Vznikající nebuněčné enzymy lze použít pro detoxikaci kontaminantů vody a půdy. Takové surové enzymatické extrakty získané z mikroorganismů mohou např. přeměnit pesticidy na méně toxické a vůči rozkladu méně odolné produkty.



Odměna a odpočinek

Výborně, pomalu ale jistě se blížíš k úspěšnému zakončení tohoto kurzu. Momentálně máš nastudovány podklady jedenácti kapitol. Nyní si dej přestávku, protáhni se třeba někde na čerstvém vzduchu a pak se pusť ještě do jednotlivých otázek a úkolů této kapitoly.



Shrnutí kapitoly

Kompostování je aerobní biologický rozkladný proces, jehož účelem je co nejrychleji a nejhospodárněji odbourat původní organické substance v odpadu a převést je na stabilní humusové látky, které jsou prospěšné rostlinám.

Smyslem kompostování je vyrobit humusové látky podobné půdnímu humusu, získat rostlinné živiny v pomalu působících formách uvolňovaných v půdě v rytmu růstu rostlin a čerpání živin z půdy za předpokladu výroby hygienicky nezávadného produktu.

Enzymy schopné přeměnit nebezpečné odpady na netoxické produkty lze vypěstovat z mikroorganismů rostoucích v různých kulturách.

Zásobování kyslíkem - aerobní mikroorganismy potřebují pro svůj růst kyslík, který ovšem mohou využívat jen v rozpustné formě. Rozpustnost kyslíku ve vodě je velmi nepatrná - 1 litr vody při atmosférickém tlaku a 20 °C obsahuje jen 6,2 ml kyslíku. Toto množství stačí k oxidaci právě jen 8,3 mg glukózy. Kyslík je tedy třeba během rozkladného procesu kontinuálně přivádět.

Při odbourávání organických substancí pomocí mikroorganismů dochází v závislosti na intenzitě průběhu procesu ke zvyšování okolní teploty. Tento v přírodě velmi rozšířený proces se označuje jako **samoohřev**.



Kontrolní otázka

1. Co je to kompostování?
2. Jaký je smysl kompostování (ve vztahu k jiným způsobům zneškodňování odpadů)?
3. Vyjmenujte jednotlivé fáze kompostování.
4. Jaké jsou základní podmínky pro kompostování?



Korespondenční úkol

1. Jaké jsou technické způsoby kompostování?
2. Jaké jsou základní zásady pro výrobu kompostu z komunálních odpadů?



Průvodce studiem

Připravte se na tyto testovací otázky, které je nutno vykonat na příslušných internetových stránkách kurzu:

1. Co je to kompostování?
2. Při jaké teplotě dochází k hygienizaci kompostu?
3. Je důležitý při kompostování kyslík?
4. Co je smyslem kompostování?
5. Co je to samoohřev?
6. Co nepatří mezi základní podmínky kompostování?
7. Jaký druh kompostu je smyšlený?

Dvanáctý výukový týden



Čas ke studiu: 4 hodiny – rozsah odpovídá 2h přednášek a 2h cvičení



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat základní principy tepelného zpracování odpadů, kterými je spalování odpadů, pyrolýza a jiné způsoby tepelného zpracování odpadů.
- popsat základní principy fyzikálního a chemického zpracování odpadů a jiných způsobů zneškodňování odpadů.
- definovat pojmy z oblasti tepelného zpracování odpadů, fyzikálního a chemického zpracování odpadů a jiných způsobů zneškodňování odpadů jako je diagram spalitelnosti odpadů, druhy spalovacích pecí a topenišť, zařízení na spalování biomasy, pyrolýza apod.
- definovat hlavní rozdíl mezi klasickým spalováním odpadů a pyrolýzou,
- vyřešit problematiku pochodů probíhajících při spalování.



Průvodce studiem

Je nutno si uvědomit, že obsah této kapitoly studijní opory v tištěné podobě je velice stručný a neobsahuje veškeré informace k absolvování jednotlivých náležitostí (Korespondenční úkol a Testovací otázky), které jsou podmínkou k úspěšnému absolvování kapitoly a potažmo celého kurzu. Podrobnější informace jsou k dispozici v elektronické podobě na CD-ROM nebo na internetových stránkách kurzu, které Vám byly dány v úvodním tutoriálu. K získání většího objemu dat a informací doporučuji také využít sítě internet včetně oslovení firem podnikajících v daném oboru a samozřejmě také knižního fondu technických knihoven.



Výklad

□ Tepelné zpracování odpadů

Pod pojmem tepelné zpracování odpadů je zahrnuto především jejich spalování a pyrolýza, a dále různé procesy zplyňování a zkapaňování odpadů, a rovněž oxidace na mokré cestě.



Pojmy k zapamatování

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

vedlejším jevem, není to však hlavní důvod pro volbu této metody zneškodňování. To platí zejména pro spalování nebezpečných odpadů. Spalovat by se však mělo jen minimální množství odpadů, které již nelze využít jako druhotné suroviny.

Zařízení na spalování odpadů

Hlavním důvodem zvýšeného zájmu o výstavbu spalovacích zařízení jsou přísná regulační opatření týkající se skládkování odpadů, která mají podstatně omezit množství odpadů ukládaných na skládky. Spalováním lze celou řadu nebezpečných odpadních látek přeměnit na neškodné látky, jejichž objem je zpravidla malý.

Současné technologie spalování odpadů jsou založeny v podstatě na dvou metodách: spalování tuhých odpadů ve spalovnách, k němuž je uzpůsobena většina existujících zařízení a spalování kapalných i tuhých odpadů v rotačních cementových pecích.

Spalovny, ve kterých se zneškodňují komunální odpady pracují normálně při teplotách 800 – 900 °C. Avšak pro zneškodňování zbytků halogenovaných látek je třeba vyšších teplot (1 200 – 1 500 °C). V zahraničí jsou spalovny, ve kterých se dosahuje teplot 2 500 – 2 700 °C.

Spalovny se posuzují podle kapacity a charakteru spalovaných odpadů, typu spalovacího systému a způsobu využití odpadního tepla, chlazení a čištění spalin. Velké spalovny, mezi něž patří i městské spalovny, mají kapacitu 15 - 60 t.h⁻¹ odpadu.

Pochody probíhající při spalování

Většina spaloven má ohniště vybavené rošty, na nichž se odpady spalují. Při tom postupně probíhají tyto pochody: *předsoušení odpadu; odplyňování odpadů; zapálení odpadů; spalování plynů; hoření; vyhořívání a odvádění tepla.*

Tento sled spalovacích pochodů je podobný ve většině konstrukcí ohnišť.

Druhy spalovacích pecí a topenišť

■ *Rotační pece* jsou vyzděné válce s mírným sklonem, které se pomalu otáčejí a tím zajišťují míšení odpadů. Teplo je předáváno spalinami všemi třemi způsoby, tj. sáláním plamene na odpady i na odkrytou část vyzdívký, sdílením tepla ze spalin na odpady a vedením tepla z horké vyzdívký do lože odpadů. Tento typ pecí je zvláště výhodný pro směs průmyslových i komunálních odpadů, pastovité i kapalně odpady a kaly. Spalovací teploty jsou 1 100 – 1 200 °C.

■ *Muflové pece*, případně spalovny s muflovým ohništěm, se používají zejména ke spalování zdravotnických odpadů, ropných produktů obsahujících kaly z čistíren, zbytků barev, laků a odpadů z plastů. Provoz je periodický, to znamená, že do prázdné zchladlé pece se zavezou odpady, pak se topeniště uzavře a stabilizačním palivem zahřeje. Teprve pak se začínají spalovat odpady a nakonec se vsřikují kapalné odpady. Spalování probíhá při teplotách 800 - 1200 °C.

■ *Etážové pece* se používají zejména na spalování kalů a odpadů s vysokou vlhkostí. Jsou obdobou etážových pražících pecí používaných v metalurgii na pražení rud. Pec má tvar stojatého válce, po výšce rozděleného na etáže. Osou válce probíhá masivní hřídel, v každé etáži opatřený rameny, na něž 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 od obvodu ke středu, kde propadnou, na níže ležící etáž, na níž jsou opět hrnuty od středu k obvodu. Postupují tak ve spirálách, takže doba průchodu pecí je velmi dlouhá. Proti směru postupu odpadů jde v protiproudu spalovací vzduch. Spalovací teploty jsou nad 800 °C.

■ *Fluidní topeniště* a pece se začaly používat častěji při spalování odpadů teprve koncem minulého století, nejčastěji pro kaly a tekuté odpady. Pro fluidní spalování je nezbytné odpady nejprve rozdrtit na stejnorodou zrnitost. Podstata procesu spočívá v tom, že do vrstvy zrnitého materiálu (paliva) se vhání velkou rychlostí a tlakem plyn, který zrna zvirí. 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 který 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 přídatkem mletého vápna či vápence. Z odpadů je třeba odstranit kovové a skleněné předměty, které způsobují slinování. Spalovací teploty jsou 800 - 1000 °C.

■ Spalovny s roštovými kotli. Podle způsobu přemísťování tuhých odpadů vzhledem k ohništi rozeznáváme rošty: Pevný rošt; Šikmý pevný rošt; Pohyblivé rošty; Válcové rošty; Posuvné rošty; Vratisuvný rošt; Sklopný rošt; Kuželový rošt.



Pojmy k zapamatování

Zařízení na spalování biomasy

■ *Lokální topidla* - používají se pro vytápění malých prostor v oblastech, kde je dostatek paliva. Mohou být doplňkem ústředního vytápění, připojená na radiátorový okruh: *Krbová kamna; Cihlové pece;*

■ *Kotle pro ústřední vytápění* - kotle jsou určeny pro ústřední vytápění objektů, jako zdroje k sušárnám, pro ohřev teplé užitkové vody a dalšímu použití. Jsou určeny výhradně pro spalování dřeva, polen, briket, štěpky, peletek apod.

■ *Kotle pro automatické spalování* štěpky a pilin, slámy atd. - kotle jsou určeny pro velké výkony - do 2,5 MW. Jsou konstruovány jako bezobslužné, pouze s občasným dozorem. Bývají vybaveny automatickým příkládáním paliva a jsou schopny spalovat i méně kvalitní a vlhčí biomasu (dřevní štěpku, kůru, piliny, slámu, papír, atd.).

Pyrolýza odpadů

Alternativou spalovacích zařízení je v současné době pyrolýza, která se pro zneškodňování odpadů považuje za velice perspektivní technologii.



Pojmy k zapamatování

Pyrolýza (nebo též odplynění) představuje tepelný rozklad organických materiálů za nepřítomnosti zplyňovacích medií, jako je kyslík, vzduch, oxid uhličitý, vodní pára. Probíhá tak, že v oblasti teplot 150 až 900 °C se uvolní těkavé látky a výšemolekulární organické látky se rozloží na nízemolekulární a molekuly s dlouhými řetězci se rozštěpí na kratší. Podle použité teploty se rozlišuje: nízkoteplotní pyrolýza (reakční teploty pod 500 °C), středněteplotní pyrolýza (reakční teploty 500 - 800 °C), vysokoteplotní pyrolýza (reakční teploty nad 800 °C).

□ Fyzikální a chemické zpracování odpadů

Cílem fyzikálního a chemického zpracování (přepracování) odpadů je umožnění regenerace surovin, získání druhotných surovin či energie, odstraňování nebo snížení toxicity nebo nebezpečnosti odpadů, zmenšení objemu odpadů. Přepracování odpadů by se mělo provádět ve všech stupních nakládání s odpady, počínaje místem vzniku. Některé odpady lze zpracovat přímo u výrobce, nebezpečné chemické odpady, zejména složité směsi, je třeba

většinou přepracovat ve zpracovatelských střediscích. Tyto způsoby slouží především pro přepracování průmyslových chemických odpadů, zejména nebezpečných.

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 zneškodňování. Je proto žádoucí z takových odpadů nejprve tyto nebezpečné složky odstranit a tím je přeměnit na odpady, které nevyžadují zvláštního nakládání. Podle fyzikální a chemické povahy těchto látek lze pro jejich odstranění použít různé separační procesy.

Chemické způsoby zneškodňování odpadů

Tuhé i kapalné chemické odpady lze za určitých podmínek, zejména v malých množstvích, detoxikovat chemickými reakcemi. Zpravidla je nutné je rozpustit ve vhodných rozpouštědlech. Nejvhodnějším rozpouštědlem je voda, případně s přídavkem emulgátorů a disperzantů. V organických rozpouštědlech se provádějí detoxikační reakce jen vyjíměčně, protože tato rozpouštědla, zejména halogenovaná, sama o sobě představují problémy s jejich zneškodněním.

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



Pojmy k zapamatování

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.



Odměna a odpočinek

Výborně, jde ti to velice dobře. Už máš za sebou předposlední výukový týden. Nyní si dej pauzičku a připrav své myšlenkové pochody na vyřešení jednoduchých kontrolních otázek.



Shrnutí kapitoly

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.

Pyrolýza (nebo též odplynění) představuje tepelný rozklad organických materiálů za nepřítomnosti zplyňovacích medií, jako je kyslík, vzduch, oxid uhličitý, vodní pára.

Solidifikace odpadu je založena na zpevnění odpadu, který má původně skupenství plynné, kapalné nebo pevné pomocí matrice vytvořené anorganickou nebo organickou látkou.



Kontrolní otázka

1. Jaké jsou základní typy tepelného zpracování odpadů?
2. Jaké jsou základní typy fyzikálního a chemického zpracování odpadů?
3. Vymenujte alespoň 5 spalovacích pecí a topenišť.
4. Srovnajte pyrolýzu a klasické spalování odpadů.



Korespondenční úkol

1. Vypište zařízení používaná na spalování biomasy.
2. Co je to solidifikace?



Průvodce studiem

Připravte se na tyto testovací otázky, které je nutno vykonat na příslušných internetových stránkách kurzu:

1. Jaký je cíl spalování odpadů?
2. Který pochod při spalování je neobvyklý?
3. Který typ pece pro spalování odpadů je smyšlený?
4. Co je to pyrolýza?
5. Jaká reakční teplota je aplikována u vysokoteplotní pyrolýzy?
6. Na jakém principu je založena solidifikace?
7. Jaký typ roštu spaloven s roštovými kotli je smyšlený?

6 NOVÉ TECHNOLOGIE V ODPADOVÉM HOSPODÁŘSTVÍ

Po úspěšném a aktivním absolvování této KAPITOLY

<p>Budete umět:</p> <ul style="list-style-type: none"> • popsat základní principy máloodpadové a bezodpadové technologie, moderní strategie odpadového hospodářství, • definovat co je to máloodpadová a bezodpadová technologie, co je to minimalizace odpadů, jaký má smysl, definovat principy strategie zaměřené na zdroje, strategie zaměřené na účinek atd. • vyřešit strategii minimalizace odpadů a vyjmenovat příklady moderních technologií zpracování odpadů z různých oborů lidské činnosti. 	Budete umět
<p>Budete schopni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>se orientovat a získáte přehled z oblasti nových technologií v odpadovém hospodářství</i> 	Budete schopni

Podstata nové strategie ve výrobě a využívání produktů a omezování vzniku odpadů spočívá především v racionálnějších využívání těchto surovin, materiálů a energie, ve snižování odpadů a ztrát ve výrobě, v recyklaci odpadů nebo jejich uplatnění jako druhotných surovin v jiných výrobcích, v prodloužení životnosti výrobků a výhledově zejména v zavádění máloodpadových či bezodpadových technologií. Tyto technologie se někdy označují společným názvem čisté technologie, případně čistší produkce.



Pojmy k zapamatování

Máloodpadovou technologii lze obecně definovat jako technologii, u níž došlo vhodnou změnou původního výrobního procesu ke snížení množství odpadů vnášených do prostředí.



Pojmy k zapamatování

Bezodpadová technologie je založená 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.

Třináctý výukový týden



Čas ke studiu: 4 hodiny – rozsah odpovídá 2h přednášek a 2h cvičení



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat základní principy máloodpadové a bezodpadové technologie, moderní strategie odpadového hospodářství,
- definovat co je to máloodpadová a bezodpadová technologie, co je to minimalizace odpadů, jaký má smysl, definovat principy strategie zaměřené na zdroje, strategie zaměřené na účinek atd.
- vyřešit strategii minimalizace odpadů a vyjmenovat příklady moderních technologií zpracování odpadů z různých oborů lidské činnosti.



Průvodce studiem

Je nutno si uvědomit, že obsah této kapitoly studijní opory v tištěné podobě je velice stručný a neobsahuje veškeré informace k absolvování jednotlivých náležitostí (Korespondenční úkol a Testovací otázky), které jsou podmínkou k úspěšnému absolvování kapitoly a potažmo celého kurzu. Podrobnější informace jsou k dispozici v elektronické podobě na CD-ROM nebo na internetových stránkách kurzu, které Vám byly dány v úvodním tutoriálu. K získání většího objemu dat a informací doporučuji také využít sítě internet včetně oslovení firem podnikajících v daném oboru a samozřejmě také knižního fondu technických knihoven.



Výklad

□ Minimalizace odpadů

Minimalizací odpadů se rozumí metoda či nástroj čistší produkce, který se snaží zamezit co nejvíce jak vzniku nebezpečných odpadů, tak i odpadů ostatních. Minimalizaci odpadů v odpadovém hospodářství lze posuzovat z kvantitativního hlediska (tzn. Snižování celkového množství odpadů) a z kvalitativního hlediska (snížování množství škodlivých či nebezpečných látek v odpadech). Zatímco kvantitativní minimalizací se rozumí snižování množství odpadů určených k dalšímu zhodnocení či zneškodnění, kvalitativní minimalizace se týká spíše problematických produktů s krátkou dobou životnosti.



Pojmy k zapamatování

□ Moderní 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 snadněji než recyklací vznikajících odpadů a omezení negativních vlivů způsobených při jejich zneškodňování. Tato opatření je ovšem třeba podniknout dříve než odpady vzniknou, případně bezprostředně po jejich vzniku. To zahrnuje takové procesy, jako je recyklování, separace, zpracování, konverze.
2. *Strategie zaměřená na účinek* — uplatňující se od okamžiku, kdy jsou odpady uvolněny do prostředí a tříděny výrobcem až po konečné zpracování a zneškodňování. Zahrnuje rovněž recyklování a aplikaci metod použitých v místě vzniku nebo mimo místo vzniku. Z tohoto hlediska je třeba rovněž způsoby zneškodňování považovat za zdroj znečištění prostředí.

□ Příklady moderních technologií

Recyklace automobilů

Společnost Global Shredding Technologies recykluje automobily. Automobily přicházejí od dodavatelů již připravené a zbavené materiálů a součástí jako baterie, olej, benzín, sedačky apod. Linka dokáže za hodinu zpracovat až 120 automobilů (**viz Animace 3**). Její roční kapacita je 416 tisíc tun automobilů a šrotu. Z důvodů omezené dodávky však zpracovávají méně – jen kolem 216 tisíc tun za rok. V současnosti zpracovávají 800 – 1 000 aut denně. Výstavba recyklace představovala investici ve výši 13 mil. dolarů, její návratnost je kolem 10 let.

Silnice z mobilů

Světově ojedinělý dobrovolný recyklační program umožní sedmi milionům australským uživatelů mobilních telefonů bezpečně likvidovat staré přístroje, jejich příslušenství a baterie.

Více než 600 maloobchodů bude působit jako sběrná střediska a posílat vysloužilé přístroje do recyklačního centra v Melbourne, kde budou roztaveny a vzniklý recyklát bude používán jako stavební materiál při výstavbě silnic. Nebezpečné složky odpadu jako nikl a rtuť budou během recyklačního procesu odstraněny.

Využití plastů

Účinná likvidace plastů ve vysoké peci představuje dokonalé využití tohoto odpadu. Do vsázky se používají směsné plastové odpady, které nejsou vhodné pro materiálovou nebo surovinovou recyklaci. Směs určená ke spálení v pecích obsahuje různorodé typy plastů. Připravuje se z ní vsázka s obsahem minimálně 90 hm. % plastů. Největší podíl vsázky představují polyolefiny, jichž je minimálně 70 %. Jde o směs polyethylenů (PE-HD, PE-LD, PE-LLD, PE-UHMW a další) a polypropylenů (PP), max. 26 hm. % směsi polystyrenů (PS), polykarbonátů (PC), polyesterů (PET, PBT) a akrylátů (PAK, PAN, PM-MA) a jiných plastů. Maximálně čtyřmi procenty jsou zastoupeny technické plasty a elastomery jako jsou PVC, polyamidy, polyuretany, fluorové polymery aj.

Polyuretanové láhve

Polyuretany, zkráceně PUR nebo PU, jsou zvlášť mnohostrannou skupinou syntetických hmot, která vzniká polyadící isokyátů s polyony. Je to materiál mnoha tváří. Tvrdé PU pěnové látky jsou např. vysoce efektivní pro izolace tepla a chladu, ať už ve výškových kancelářských budovách nebo v domácích chladničkách. Ve formě měkké pěny se PU používají při výrobě moderní sportovní obuvi, lepidel, laků, balících pěn a podlahových krytin.

PET lahve

Silon, a.s., v Plané nad Lužnicí – uvedl koncem dubna 2001 do provozu novou výrobní linku. Ze suroviny získané recyklací PET lahví vyrábí vlákna.

Technicky velmi náročný proces výroby vlákna začíná dávkováním vstupní recyklované suroviny, končí polyesterovou stříží ze 100 % recyklátu ve slisovaných balech po 300 kg. Vyrobené vlákno má specifické vlastnosti, umožňující jeho využití při výrobě netkaných textilií – roun pro některé finální aplikace, jako jsou pletené výrobky, koberce či výplně pro automobilový průmysl.



Odměna a odpočinek

Super, nyní tě čeká jen pár posledních kontrolních otázek, na které si pro kontrolu potom odpovíš a máš tento kurz prakticky za sebou. Avšak bude nutno se ještě připravit na závěrečný tutoriál, ale nyní se běž občerstvit, ať přijdeš na jiné myšlenky.



Shrnutí kapitoly

Máloodpadovou technologií lze obecně definovat jako technologii, u níž došlo vhodnou změnou původního výrobního procesu ke snížení množství odpadů vnášených do prostředí.

Bezodpadová technologie je založená 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.



Kontrolní otázka

1. Co to jsou máloodpadové a bezodpadové technologie?
2. Jaký význam má minimalizace odpadů?
3. Co si představujete pod pojmem Strategie zaměřená na zdroje?
4. Co si představujete pod pojmem Strategie zaměřená na účinek?



Korespondenční úkol

1. Co to je plán odpadového hospodářství?
2. Proč je důležité předcházet vzniku odpadů?



Příprava na tutoriál

Gratuluji, dospěl jsi k samotnému závěru tohoto předmětu – Stroje pro zpracování odpadu.

Pokud již máš splněny všechny úkoly, tedy korespondenční úkoly a popřípadě také testovací otázky, již tě čeká jen závěrečný tutoriál. Na něm na základě jednotlivých tebou řešených úkolů a popřípadě menšího (doplňujícího) pohovoru lektor provede tvé hodnocení. Určitě jsi celý semestr poctivě plnil veškeré úkoly a není se proto čeho bát. Termín závěrečného tutoriálu včas obdržíš elektronickou poštou.

Nyní si můžeš projít jednotlivé výukové týdny pro oživení probrané látky. Pokud máš nějaké další dotazy, připomínky a podněty, které jsi z jakéhokoli důvodu nemohl v průběhu semestru realizovat, tak si je můžeš zformulovat a vznést právě na zmíněném tutoriálu.



Další zdroje

- [1] VOŠTOVÁ, V. - FRIES, J.: *Zpracování pevných odpadů*. Skripta. Vydavatelství ČVUT 2003, 157 s. ISBN 80-01-02672-8.
- [2] DINTER, O.: *Drcení a mletí nerostných surovin*. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha 1984, s. 241. Zn.: 04-413-84.
- [3] DINTER, O.: *Úprava nerostných surovin*. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha 1963, s. 475. Zn.: 04-430-63.
- [4] DIRNER, V. a kolektiv: *Ochrana životního prostředí - Základy, plánování, technologie, ekonomika, právo a management*. VŠB-TU Ostrava, s. 330, ISBN: 80-7078-490-3.
- [5] GRODA, B.: *Technika zpracování odpadů*. MZLU, Brno 1995, s. 260. ISBN 80-7157-164-4.
- [6] CHYTKA, L.: *Alternativní možnosti využití ojetých pneumatik a ostatních pryžových materiálů z pohledu energetického*. In. Mezinárodní aktiv „Druhý život pneu“. Aquatest, a.s. Praha, Divize 94 - Most 2001, s. 1-5.
- [7] CHRIAŠTEĽ, L.: *Recyklácia odpadov*. STU Bratislava 2000, s. 102. ISBN 80-227-1403-8.
- [8] JURNIK, A.: *Ekologické skládky*. ALDA nakladatelství, spol. s r.o. Olomouc, Reprocentrum v.o.s., Blansko 1995, s. 179. ISBN 80-856-32-3
- [9] KUNICKÝ, Z.: *Recyklace olověných akumulátorů v české republice*. Recyklace odpadů II - 1998. Ediční středisko VŠB-TU Ostrava - Poruba, s. 29-32. ISBN 80-7078-588-8.
- [10] KURAŠ, M.: *Technologie zpracování odpadů*. VŠCHT Praha 1993, s. 279. ISBN 80-7080-195-6.
- [11] LAPČÍK, V.: *Možnosti zpracování starých automobilů recyklací*. Odpady '97. Spišská Nová Ves, s. 200-207.
- [12] RŮŽIČKOVÁ, Z. - SRB, J. - VIDLÁŘ, J.: *Druhotné suroviny – nové zdroje průmyslu*. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha 1989, s. 193. ISBN 80-03-00020-3.
- [13] SCHEIRS, J.: *Polymer recycling*. Boockraft, Midsomer-Norton, Avon, Great Britain. Chichester 1998. 591 p. ISBN 0-471-97054 9.
- [14] VIDLÁŘ, J. – RŮŽIČKOVÁ, Z. – SRB, J.: *Úprava druhotných surovin*. VŠB-TU Ostrava 1985, s. 302.
- [15] ZEMÁNEK, P.: *Speciální mechanizace - mechanizační prostředky pro kompostování*. MZLU, Brno 2001, s. 114. ISBN 80-7157-561-5.

<http://www.energ.cz/hlavni.html>

<http://ekologie.aktualne.cz/>

<http://www.nakladanisodpady.cz/>



CD-ROM

jenž je součástí tohoto materiálu, obsahuje kompletní učební text (je i v Moodle), stručnou studijní oporu předmětu (je i v Moodle), doplňující animace a videa (některá nejsou součástí Moodle) a popřípadě další podklady pro výuku.



Klíč k řešení

KO
1.
týden

1. Odpadové hospodářství zahrnuje v sobě podle platného členění oborové klasifikace ekonomických činností (OKEČ) především následující činnosti:
 - zpracování druhotných surovin,
 - velkoobchod s odpady a zbytky,
 - odstraňování odpadů.
2. obr 1.1
3. Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu (**viz tabulka 1.1**).
4. Pro výrobce nebo dovozce některých výrobků je stanovena od 23.2.2002 povinnost bezúplatného zpětného odběru. Povinnost zpětného odběru se vztahuje na:
 - minerální oleje a oleje ze živičných nerostů jiné než surové, přípravky jinde uvedené, ani nezahrnuté obsahující nejméně 70 % hmotnosti minerálních olejů nebo olejů ze živičných nerostů, jsou-li tyto oleje složkou těchto přípravků,
 - elektrické akumulátory,
 - galvanické články a baterie,
 - výbojky a zářivky,
 - pneumatiky,
 - chladničky používané v domácnostech.

KO
2.
týden

1. Veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.
2. Hlavní využitelné složky domovního odpadu analyzované v roce 1997 představovaly v průměru ČR : papír/lepenka 19 kg, sklo 14,5 kg, plasty 10,5 kg a kovy 8 kg na obyvatele za rok.
3. Dvěma: donáškový a odvozový.
4. Přechovávání a shromažďování a odvoz.

KO
3.
týden

1. Na rozdíl od komunálních odpadů, ve kterých je většinou obsah nebezpečných látek jen nepatrný, lze prakticky veškeré odpady z chemického průmyslu i mnohých dalších průmyslových odvětví (metalurgie, strojírenství apod.) považovat za nebezpečné. Tyto odpady mohou být nebezpečné svým okamžitým působením (přítomnost toxických, výbušných či jiných látek) nebo potenciálně nebezpečné (možnost nekontrolovatelného průběhu chemických reakcí).
2. Za nebezpečné lze považovat ty odpady, které ohrožují existenci organismů aktivním způsobem. Do této skupiny mohou spadat i odpady v podstatě neškodné, pokud vznikají pravidelně a ve velkém množství. Jinak se za hlavní nebezpečné odpady považují odpady radioaktivní, biologické a odpady s okamžitým nebo potenciálním chemickým působením.
3. U průmyslových odpadů rozlišujeme odpady primární a sekundární. *Primární odpady* - vznikají v souvislosti s technologickým výrobním procesem, *sekundární odpady* - při pomocných operacích jako je čištění, údržba, doprava, příjem surovin, balení apod.
4. Organická x anorganická.

- KO
4.
týden
1. Str. 46 – kap. 3.5.
 2. Průměrné materiálové složení vozu střední třídy lze vyjádřit následovně: ocel – 262 kg (30,9 %), ocelový plech - 249 kg (29,3 %), litina - 70 kg (8,2 %), guma - 70 kg (8,2 %), termoplasty - 42 kg (5 %), elektrická instalace - 37,5 kg (4,4 %), sklo - 27,5 kg (3,2 %), neželezné kovy - 22 kg (2,6 %), lak - 12 kg (1,4 %), reaktoplasty - 9,5 kg (11,1 %), ostatní - 48,5 kg (5,7 %) (str. 49).
 3. Str. 50 – kap. 3.8.
 4. Str. 61 – kap. 3.10.
- KO
5.
týden
1. Str. 76 – 77 - kap. 3.19.1 a 3.19.2.
 2. Str. 79 – kap. 3.20.
 3. Str. 81 – obr. 3.11.
 4. Str. 80 – kap. 3.20.2.
- KO
6.
týden
1. Lisování, dělení (stříhání, pálení), drcení a mletí.
 2. Třídění, rozduřování, odvodňování a jiné (speciální) postupy.
 3. Spékání – aglomerace, peletizace a briketace.
 4. Str. 87 – kap. 4.1.
- KO
7.
týden
1. *Mletí* je základním pracovním pochodem při úpravě a zpracování nerostných surovin, při výrobě cementu a v keramickém, chemickém a hutním průmyslu. Velký význam má mletí rovněž i v energetice, ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu, při výrobě pigmentů a barev, feritů, jaderných palivových článků, pevných paliv pro reaktivní rakety a v četných jiných výrobních odvětvích. Zcela mimořádný význam má mletí odedávna i v průmyslu potravinářském.
 2. ad 1.
 3. Nejvýznamnějším problémem je nízká energetická účinnost mlecího procesu a s ním spojená vysoká spotřeba energie. Velmi důležitou otázkou je i granulometrické složení vyráběných produktů. Kromě částic požadované velikosti obsahují vždy i částice větších i menších rozměrů, než jaké se mají získávat.
 4. I. Gravitační (kulový, tyčový, autogenní), II. vibrační, v nichž dochází k mletí nárazy a roztíráním pomocí mlecích těles uváděných do pohybu vibrací, III. běhounové (tíhové /kolový/, pružinové / kotoučový, kroužkový axiální, prstencový/, odstředivé / kyvadlový/), IV. válcové, V. rotorové (kladivové, tlukadlové, ventilátorové, úderové /košové, kolíkové, nosové, křížové/), VI. tryskové a metací, VII. zvláštní typy (stoupy, koloidní, míchadlové, válečkové).
- KO
8.
týden
1. Třídění je základní úpravnický pochod, kde se surovina třídí (dělí) podle velikosti zrna. V úpravě nerostných surovin je tato formulace třídění obecně platná, ale v oblasti zpracování určitých druhotných surovin (odpadů) může již při třídění docházet k rozduřování podle kvality – druhu materiálu. Třídíče se rozdělují podle konstrukčního uspořádání.
 2. Účelem rozduřování je oddělování jednotlivých materiálů (A a B popřípadě C ...) na základě jejich rozdílných vlastností, jako např. hustoty, smáčivosti, elektrických nebo elektromagnetických vlastností.
 3. Mechanické, hydraulické a pneumatické.
 4. Gravitační (na základě různé skutečné hustoty), magnetické (na základě rozdílné magn. susceptibility), elektrické (na základě rozdílné el. vodivosti složek) a flotace (na základě rozdílných povrch. vlastností zrn).

KO
9.
týden

1. Spékání – aglomerování, peletizace a briketace.
2. Podstatou *spékání* (především rud) je slnutí aglomerované hmoty působením teploty. Podle starší teorie se železné rudy spékají tím, že za přítomnosti uhlíku nastává částečná redukce a tvoří se FeO. Kysličník železnatý i jeho sloučeniny s SiO₂ jsou snadno tavitelné a stmelují tak zrnka rudy. Aglomerují se jemnozrnné rudy nebo koncentráty se zrny menšími než 3 až 5 mm. Pokud se při aglomeraci používá tuhých paliv, musí se dbát na to, aby obsah popela byl co nejmenší. Z tuhých paliv se nejlépe hodí koks o zrnění pod 15 mm. Protože palivo má být rozděleno rovnoměrně po celé vsázce, jsou nejúčinnějším podílem paliva zrnka velikosti 0,5 až 3 mm. Spotřeba paliva závisí na druhu spékávaných materiálů a na množství síry v nich obsažené.
3. Briketování, stejně jako předcházející technologie, se používá za účelem zkusování jemnozrnného materiálu. Jsou známy například rudné brikety, dřevěné brikety a možná nejnámější uhelné. Účelem briketování uhlí je především přeměna drobných tříd uhlí v kusové palivo větší použitelnosti a s možností dokonalejšího využití tepelné energie.
4. Tento způsob zkusování materiálů se podstatně liší od aglomerace. Aglomerace probíhá za tepla, kdežto tzv. *peletizace* nabalováním vlhkého prachu (jemné frakce) zpracovávaného materiálu v kuličky nebo válečky za obyčejné teploty. Peleta je název pro granuli kruhového průřezu s průměrem okolo 6 až 8 mm a délkou 10 až 30 mm. Pelety jsou vyrobeny výhradně z odpadového organického materiálu - biomasy (dřevní odpad, piliny, hobliny, průmyslové rostliny) bez jakýchkoliv chemických přísad. Lisováním pod vysokým tlakem se dosahuje vysoké hustoty paliva, což je velmi důležité pro minimalizování jeho objemu. V ČR jsou rozšířené dřevěné brikety, jejichž složení odpovídá složení pelet, avšak až výroba pelet umožnila kotle spalující biomasu částečně nebo úplně automatizovat.

KO
10.
týden

1. Skládkování (kap. 5.1), biologické způsoby (kap. 5.2), tepelné způsoby (kap. 5.3) a fyzikální a chemické způsoby (kap. 5.4).
2. Ve vztahu k úrovni terénu rozlišujeme skládky *podúrovňové* (v otevřených terénních prohlubních do úrovně terénu) nebo *nadúrovňové*, zakládáné nad úrovní terénu, či *kombinované* (se základem pod úrovní terénu s převýšením nad jeho úroveň). Zvláštním případem jsou skládky *podzemní*, využívající přirozené nebo uměle vytvořené dutiny pod povrchem země, přístupné pro ukládání tuhých, kašovitých či řídkých kapalných odpadů, nebo využívající schopnost nasákavost hornin pro injektované či volně nalévané kapaliny. Skládky na povrchu terénu mohou být provedené jako otevřené či jako zastřešené.
3. Průběh postupného biologického odbourávání organické hmoty odpadů deponovaných ve skládce je sledem několika oddělených fází s charakteristickými podmínkami i produkty. Tyto procesy v níže uvedeném sledu probíhají zcela samovolně: 1) aerobní stadium - organická hmota je v přítomnosti vzdušného kyslíku odbourávána aerobními mikroorganismy, 2) anaerobní stadium nemethanogenní - v této tzv. „kyselé“ fázi nebo též ve fázi „kyselinotvorného kvašení“ jsou anaerobními organismy produkovány alifatické kyseliny, 3) anaerobní stadium methanogenní nestabilizované - tj. počáteční stadium rozvoje methanogenních mikroorganismů, 4) anaerobní stadium methanogenní stabilizované - tj. stadium s bohatě rozmnoženou kulturou methanogenních mikroorganismů.
4. Druhy odpadů, které lze skládkovat, závisí především na stupni zajištění skládky. Na speciálně zajištěné skládky lze ukládat prakticky libovolné nebezpečné odpady. Kromě komunálních odpadů možno bezpečně ukládat na běžné řízené skládky rovněž četné druhy průmyslových odpadů, včetně kalů. Na skládky však nelze

ukládat takové materiály, které mohou vyvolávat dlouhodobé ekologické problémy nebo znehodnocovat půdu. Proto je z nich nutno vyloučit toxické a hořlavé látky. Odpady s vysokou toxicitou mohou zpomalit nebo úplně znemožnit normální biologický rozklad na skládkách nebo zvýšit nebezpečí ohrožení vod.

- KO
11.
týden
1. Kompostování je aerobní biologický rozkladný proces, jehož účelem je co nejrychleji a nejehospodárněji odbourat původní organické substance v odpadu a převést je na stabilní humusové látky, které jsou prospěšné rostlinám. Během tohoto procesu se znehodnocuje organická substance v odpadu pomocí aerobních mikroorganismů za přístupu kyslíku, který slouží jako živina a zdroj energie. Přitom se část uhlíku buněčné tkáně mikroorganismů váže a část se uvolňuje jako oxid uhličitý. Dochází k hydrolyze bílkovin, sacharidů a tuků. Produkty hydrolyzy - aminokyseliny, monosacharidy, alifatické alkoholy se částečně přeměňují za vývinu tepla na organické kyseliny (octovou, máselnou, propionovou) a oxid uhličitý. Kompostování odpadů je, ve srovnání se skládkováním, skutečným způsobem jejich zneškodnění.
 2. *Smyslem kompostování* je vyrobit humusové látky podobné půdnímu humusu, získat rostlinné živiny v pomalu působících formách uvolňovaných v půdě v rytmu růstu rostlin a čerpání živin z půdy za předpokladu výroby hygienicky nezávadného produktu. Protože kompostování je biologický proces, je třeba těchto cílů dosáhnout biologickými prostředky. Ve vztahu k úrovni terénu rozlišujeme skládky *podúrovňové* (v otevřených terénních prohlubních do úrovně terénu).
 3. V 1. fázi označované jako *mesofilní fáze* dochází k intenzivnímu rozvoji bakterií a plísní za rozkladu lehce rozložitelných látek (cukry, škroby, bílkoviny). V 2. fázi (*termofilní*) se nadále rozvíjejí bakterie a především aktinomycety. V této fázi jsou odbourávány obtížněji rozložitelné organické látky jako je celulóza a lignin a současně vznikají stabilní organické látky obsahující humus. Ve 3. *fázi dozrávací* dochází vlivem autochtonní mikroflóry ke stabilizaci organických látek - kompost se již nezahřívá, hmota je zcela homogenní a nezapáchá.
 4. Vstupní materiál musí obsahovat organické látky v takovém složení, aby byl pro výživu mikroorganismů dodržen potřebný poměr C:N 30:1 a dále musí být zastoupeny i biogenní prvky, vlhkost výchozího materiálu musí být upravena na 50 - 60 %, pH má být neutrální, dostatečná aerace po celou dobu humifikace zpracovávaného materiálu, čímž dojde k dostatečnému ohřátí veškeré hmoty na požadovanou teplotu a k hygienizaci kompostu (teploty 60 – 70 °C), vstupní suroviny musí být rozmělněny a homogenizovány.
- KO
12.
týden
1. Spalování odpadů, pyrolýza odpadů a jiné způsoby (vysokoteplotní zplyňování, termochemické zplyňování, termochemické zkapalnění, oxidace na mokré cestě apod.).
 2. Fyzikální (adsorpce, destilace, rozpouštědlová extrakce, membránová separace, vymrazování, stripování vzduchem a vodní parou, rozrážení emulzí), chemické (Neutralizace, oxidačně-redukční reakce, hydrolyzní procesy, srážení, cementace, elektrolytické procesy, použití ionexů, flokulace, procesy v taveninách solí, dehalogenace, fotolýza a speciální chemické metody), fyzikálně-chemické – kap. 5.4.3 atd..
 3. Str. 213 – kap. 5.3.1.3
 4. Str. 221 – kap. 5.3.2.
- KO
13.
týden
1. Podstata nové strategie ve výrobě a využívání produktů a omezování vzniku odpadů spočívá především v racionálnějších využívání těchto surovin, materiálů a

energie, ve snižování odpadů a ztrát ve výrobě, v recyklaci odpadů nebo jejich uplatnění jako druhotných surovin v jiných výrobcích, v prodloužení životnosti výrobků a výhledově zejména v zavádění máloodpadových či bezodpadových technologií. Tyto technologie se někdy označují společným názvem čisté technologie, případně čistší produkce.

2. Minimalizací odpadů se rozumí metoda či nástroj čistší produkce, který se snaží zamezit co nejvíce jak vzniku nebezpečných odpadů, tak i odpadů ostatních. Minimalizaci odpadů v odpadovém hospodářství lze posuzovat z kvantitativního hlediska (tzn. Snižování celkového množství odpadů) a z kvalitativního hlediska (snižování množství škodlivých či nebezpečných látek v odpadech). Zatímco kvantitativní minimalizaci se rozumí snižování množství odpadů určených k dalšímu zhodnocení či zneškodnění, kvalitativní minimalizace se týká spíše problematických produktů s krátkou dobou životnosti.
3. *Strategie zaměřená na zdroje* představuje veškerá opatření, která lze učinit u zdroje k zabránění nebo omezení úniku odpadů, ke zdokonalení výrob snadněji než recyklací vznikajících odpadů a omezení negativních vlivů způsobených při jejich zneškodňování. Tato opatření je ovšem třeba podniknout dříve než odpady vzniknou, případně bezprostředně po jejich vzniku. To zahrnuje takové procesy, jako je recyklování, separace, zpracování, konverze.
4. *Strategie zaměřená na účinek* uplatňující se od okamžiku, kdy jsou odpady uvolněny do prostředí a tříděny výrobcem až po konečné zpracování a zneškodňování. Zahrnuje rovněž recyklování a aplikaci metod použitých v místě vzniku nebo mimo místo vzniku. Z tohoto hlediska je třeba rovněž způsoby zneškodňování považovat za zdroj znečištění prostředí.

1 VZNIK A DRUHY ODPADŮ

1.1 Odpadové hospodářství

Veškerá výrobní i nevýrobní činnost dnešní společnosti je doprovázena vznikem odpadů. Otázka jejich zneškodňování nebo racionálního využití představuje dnes proto prvořadý úkol z hlediska ochrany životního prostředí i z hlediska ekonomického.

U většiny známých výrob i spotřebních postupů vznikají vedlejší produkty. Pokud výrobce nebo společnost neumí tyto vedlejší produkty dále zpracovat, tedy zařadit je do koloběhu společenské prospěšnosti, nazývá je odpadem.

Všechny systémy hospodářství se ve své podstatě zabývají přeměnou surovin na odpady. Látky, ve svých nalezištích vysoce uspořádané, se navzájem směšují a posléze rozptýlí na haldy odpadů a do emisí zplodin, což znemožňuje jejich recyklaci.

Růst výroby je doprovázen růstem entropie, a tedy poškozováním životního prostředí. Zvyšování entropie poškozují celou planetu.

Protože v odpady se i mění většina nedostatkových surovin, je nezbytně nutné omezit neúčelnou spotřebu surovin a nedostatkových materiálů. Je to nejdůležitější úkol péče o životní prostředí v příštích desetiletích.

Již před mnoha lety vznikl názor, že není daleko společnost, kde materiálová situace bude doslova obrácená. Všechnen odpad, který se nyní nazývá druhotnou surovinou, se stane hlavním zdrojem surovin a přírodní nenačaté zdroje budou rezervou spotřeby pro budoucnost.

Odpadové hospodářství je novým technologickým odvětvím, které se bezprostředně dotýká všech stupňů výrobního a spotřebního cyklu od těžby surovin přes jejich výrobu, dopravu a spotřebu produktů až po jejich zneškodnění, kdy po uplynutí doby jejich životnosti se z nich stávají tzv. spotřební odpady. Významný podíl odpadů tvoří vedlejší materiály, vznikající přímo při výrobě těchto produktů tzv. výrobní odpady. Odpadové hospodářství tak ovlivňuje všechny složky národního hospodářství.

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

- předcházet nebo omezovat vznik odpadů,
- pokud odpady již vzniknou, nakládat s nimi tak, aby byly maximálně využity jako druhotné suroviny v původní nebo upravené formě a aby minimálně narušovaly životní prostředí.

Na **obrázku 1.1** je uvedeno schéma základních činností v oblasti odpadového hospodářství [1]. Jednotlivé pojmy, zařazené jako součásti termínu nakládání s odpady, tvoří logickou posloupnost činností, přitom však jednotlivé činnosti se mohou navzájem překrývat, doplňovat a ovlivňovat.



Obrázek 1.1 – Schéma základních činností v oblasti odpadového hospodářství

Odpadové hospodářství představuje v celosvětovém měřítku komplex faktorů, které odrážejí především úroveň využívání surovinových vstupů a péče o životní prostředí.

Poválečný vývoj československého hospodářství byl poznamenán enormním nárůstem spotřeby surovin a materiálů, což bylo provázeno i nadměrnou produkcí odpadů všeho druhu. Souhrnné číselné údaje o produkci odpadů je možno v bývalém Československu podrobněji sledovat především z údajů jednorázových statistických šetření, uskutečněných v letech 1978, 1982, 1987. V Československu v té době vznikalo přes 650 mil. t odpadů ročně, a to včetně odpadů z povrchové těžby uhlí, jejichž hmotnost v roce 1987 převyšovala 500 mil.t.

Převážná část těchto odpadů vznikala na území České republiky. Nadměrné množství odpadů svědčilo o intenzitě neefektivních materiálových toků a o nízkém tempu zavádění máloodpadových technologií. Důsledkem toho byla nadbytečná otevřenost materiálových toků.

Návratnost odpadů do výrobního cyklu byla podle jednotlivých odvětví velmi rozdílná. Zatímco železná substance se vracela téměř z 90 %, u textilních materiálů činila okolo 65 %, u papírenských surovin asi jednu polovinu, u neželezných kovů podle druhu asi

10 až 38 %, u skla více než jednu třetinu, u mazacích olejů 29 %, u plastů přibližně 20 % a u pryže pouze 12 %. Vratnost zemědělských odpadů, jak je chápe současný katalog odpadů, byla vysoká, neboť byly plně využívány například ke krmení (sláma, cukrovarské řízky apod.) nebo ke hnojení apod.

Odpadové hospodářství zahrnuje v sobě podle platného členění oborové klasifikace ekonomických činností (OKEČ) především následující činnosti:

- zpracování druhotných surovin,
- velkoobchod s odpady a zbytky,
- odstraňování odpadů.

Odpady jsou produktem lidské společnosti a její činnosti v prvovýrobě, druhovýrobě i v terciální sféře. Základním účelem právní úpravy nakládání s odpady je ochrana prostředí před negativním působením odpadů a účelné využívání přírodních zdrojů.

Do roku 1991 byla problematika odpadů (s výjimkou odpadních vod, případně dalších speciálních odpadů) řešena zcela nedostatečně. Základní rámec ochrany tvořil zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, související vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 45/1966 Sb., o vytváření a ochraně zdravých životních podmínek a některé vyhlášky upravující otázky spojené s organizovaným sběrem vybraných druhotných surovin.

Prvním historicky platným zákonem na území České republiky byl zákon č. 238/1991 Sb., o odpadech, účinný od 1. srpna 1991. Tento hmotněprávní předpis doplnil zákon ČNR č. 3 11/1991 Sb., o státní správě v odpadovém hospodářství, účinný od 9. srpna 1991.

Třetím zákonem řešícím danou problematiku byl zákon ČNR č. 62/1992 Sb., o poplatcích za uložení odpadů, ve znění zákona č. 41/1995 Sb., účinný od 1. dubna 1992. Zmíněné zákony byly dále rozvedeny čtyřmi prováděcími předpisy, další dva prováděcí předpisy řešily speciální otázky související s odpady.

Druhým zákonem o odpadech byl komplexní zákon č. 125/1997 Sb., (účinný od 1.1.1998), o odpadech, ve znění zákona č. 167/1998 Sb., zákona č. 352/1999 Sb., zákona č. 37/2000 Sb. a zákona č. 132/2000 Sb. Tento zákon je rozveden jedním nařízením vlády a čtyřmi vyhláškami resortu životního prostředí. Jeden prováděcí předpis řeší speciální otázku související s nakládáním s odpady.

Nový zákon o odpadech 185/2001 Sb. (a s ním související změna některých dalších zákonů) byl v únoru 2001 schválen Poslaneckou sněmovnou s účinností (až na některé paragrafy) od 1. ledna 2002.

Zákon je rozdělen celkem do 89 ustanovení (paragrafů) a šesti příloh, dělí se na osmnáct částí.

1.2 Základní pojmy

V této kapitole jsou uvedeny základní pojmy z odpadového hospodářství podle zákona 185/2001 Sb.

Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu (**viz tabulka 1.1**).

Tabulka 1.1 – Seznam odpadů

Kód	Skupina odpadů
Q1	Zůstatky z výroby a spotřeby dále jinak nespecifikované
Q2	Výrobky, které neodpovídají požadované jakosti
Q3	Výrobky s prošlou lhůtou spotřeby
Q4	Použité, ztracené nebo jinou náhodnou událostí znehodnocené výrobky včetně všech materiálů, součástí zařízení apod., které byly v důsledku nehody kontaminovány
Q5	Materiály kontaminované nebo znečištěné běžnou činností (např. zůstatky z čištění, obalové materiály, nádoby atd.)
Q6	Nepoužitelné součásti (např. použité baterie, katalyzátory apod.)
Q7	Látky, které ztratily požadované vlastnosti (např. znečištěné kyseliny, rozpouštědla, kalciové soli apod.)
Q8	Zůstatky z průmyslových procesů (např. strusky, destilační zbytky apod.)
Q9	Zůstatky z procesů snižujících znečištění (např. kaly z praček plynů, prach z filtrů, vyřazené filtry apod.)
Q10	Zůstatky ze strojního obrábění a povrchové úpravy materiálu (např. třísky z obrábění a frézování, okraje apod.)
Q11	Zůstatky z dopravy a úpravy surovin (např. z dolování, dopravy nafty apod.)
Q12	Znečištěné materiály (např. oleje znečištěné PCB apod.)
Q13	Jakékoliv materiály, látky či výrobky, jejichž užívání bylo zakázáno zákonem
Q14	Výrobky, které vlastník nepoužívá nebo nebude více používat (např. v zemědělství, v domácnosti, úřadech, prodejnách, dílnách apod.)
Q15	Znečištěné materiály, látky nebo výrobky, které vznikly při sanaci půdy
Q16	Jiné materiály, látky nebo výrobky, které nepatří do výše uvedených skupin

Nebezpečný odpad - odpad uvedený v Seznamu nebezpečných odpadů uvedeném v prováděcím právním předpise a jakýkoliv jiný odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze č. 2 k tomuto zákonu (**viz tab.1.2**).

Tabulka 1.2 – Seznam nebezpečných vlastností odpadů

Kód	Nebezpečná vlastnost odpadu
H1	Výbušnost
H2	Oxidační schopnost
H3-A	Vysoká hořlavost
H3-B	Hořlavost
H4	Dráždivost
H5	Škodlivost zdraví
H6	Toxicita
H7	Karcinogenita
H8	Žíravost
H9	Infekčnost
H10	Teratogenita
H11	Mutagenita
H12	Schopnost uvolňovat vysoce toxické nebo toxické plyny ve styku s vodou, vzduchem nebo kyselinami
H13	Schopnost uvolňovat nebezpečné látky do životního prostředí při odstraňování
H14	Ekotoxicita

Komunální odpad - veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání,

Odpadové hospodářství - činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností,

Nakládání s odpady - jejich shromažďování, soustředování, sběr, výkup, třídění, přeprava a doprava, skladování, úprava, využívání a odstraňování,

Zařízení - technické zařízení, místo, stavba nebo část stavby,

Shromažďování odpadů - krátkodobé soustředování odpadů do shromažďovacích prostředků v místě jejich vzniku před dalším nakládáním s odpady,

Skladování odpadů - přechodné umístění odpadů, které byly soustředěny (shromážděny, sesbírány, vykoupěny) do zařízení k tomu určeného a jejich ponechání v něm,

Skládka odpadů - technické zařízení určené k odstraňování odpadů jejich trvalým a řízeným uložením na zemi nebo do země,

Sběr odpadů - soustředování odpadů právnickou osobou nebo fyzickou osobou oprávněnou k podnikání od jiných subjektů za účelem jejich předání k dalšímu využití nebo odstranění,

Výkup odpadů - sběr odpadů v případě, kdy odpady jsou právnickou osobou nebo fyzickou osobou oprávněnou k podnikání kupovány za sjednanou cenu,

Úprava odpadů - každá činnost, která vede ke změně chemických, biologických nebo fyzikálních vlastností odpadů (včetně jejich třídění) za účelem umožnění nebo usnadnění jejich dopravy, využití, odstraňování nebo za účelem snížení jejich objemu, případně snížení jejich nebezpečných vlastností,

Využívání odpadů - činnosti uvedené v příloze č. 3 k tomuto zákonu **viz tab. 1.3**,

Tabulka 1.3 – Způsoby využívání odpadů

Kód	Způsob využívání odpadů
R1	Využití odpadu způsobem obdobným jako paliva nebo jiným způsobem k výrobě energie
R2	Získání/regenerace rozpouštědel
R3	Získání/regenerace organických látek, které se nepoužívají jako rozpouštědla (včetně kompostování a dalších biologických procesů)
R4	Recyklace/znovuzískání kovů a kovových sloučenin
R5	Recyklace/znovuzískání ostatních anorganických materiálů
R6	Regenerace kyselin nebo zásad
R7	Obnova látek používaných ke snižování znečištění
R8	Získání složek katalyzátorů
R9	Rafinace použitých olejů nebo jiný způsob opětného použití olejů
R10	Aplikace do půdy, která je přínosem pro zemědělství nebo zlepšuje ekologii
R11	Využití odpadů, které vznikly aplikací některého z postupů uvedených pod označením R1 až R10
R12	Předúprava odpadů k aplikaci některého z postupů uvedených pod označením R1 až R11
R13	Skladování materiálů před aplikací některého z postupů uvedených pod označením R1 až R12 (s výjimkou dočasného skladování na místě vzniku před sběrem)

Materiálové využití odpadů - náhrada prvotních surovin látkami získanými z odpadů, které lze považovat za druhotné suroviny, nebo využití látkových vlastností odpadů k původnímu účelu nebo k jiným účelům, s výjimkou bezprostředního získání energie,

Energetické využití odpadů - použití odpadů hlavně způsobem obdobným jako paliva) za účelem získání jejich energetického obsahu nebo jiným způsobem k výrobě energie,

Odstraňování odpadů - činnosti uvedené v příloze č. 4 k tomuto zákonu **viz tab. 1.4**,

Původce odpadů - právnická osoba, při jejíž činnosti vznikají odpady, nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, při jejíž podnikatelské činnosti vznikají odpady.

Oprávněná osoba - každá osoba, která je oprávněna k nakládání s odpady podle tohoto zákona nebo podle zvláštních právních předpisů.

Tabulka 1.4 – Způsoby odstraňování odpadů

Kód	Způsob odstraňování odpadů
D1	Ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu (např. skládkování apod.)
D2	Úprava půdními procesy (např. biologický rozklad kapalných odpadů či kalů v půdě apod.)
D3	Hlubinná injektáž (např. injektáž čerpatelných kapalných odpadů do vrtů, solných komor nebo prostor přírodního původu apod.)
D4	Ukládání do povrchových nádrží (např. vypouštění kapalných odpadů nebo kalů do prohlubní, vodních nádrží, lagun apod.)
D5	Ukládání do speciálně technicky provedených skládek (např. ukládání do oddělených, utěsněných, zavřených prostor izolovaných navzájem i od okolního prostředí apod.)
D6	Vypouštění do vodních těles, kromě moří a oceánů
D7	Vypouštění do moří a oceánů včetně ukládání na mořské dno
D8	Biologická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12
D9	Fyzikálně-chemická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12 (např. odpařování, sušení, kalcinace)
D10	Spalování na pevnině
D11	Spalování na moři
D12	Konečné či trvalé uložení (např. ukládání v kontejnerech do dolů)
D13	Úprava složení nebo smíšení odpadů před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12
D14	Úprava jiných vlastností odpadů (kromě úpravy zahrnuté do D13) před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D13
D15	Skladování odpadů před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D14 (s výjimkou dočasného skladování na místě vzniku odpadu před shromážděním potřebného množství)

V zákoně o odpadech jsou také stanoveny speciální povinnosti pro nakládání s vybranými výrobky, vybranými odpady a vybranými zařízeními, která mohou znamenat ohrožení pro životní prostředí. Mezi ně patří:

- PCB (polychlorované bifenyly),
- odpadní oleje,
- baterie a akumulátory,
- kaly z čistíren odpadních vod,
- odpady z výroby oxidu titaničitého,
- odpady z azbestu,
- autovraky.

Pro výrobce nebo dovozce některých výrobků je stanovena od 23.2.2002 povinnost bezúplatného zpětného odběru.

Povinnost zpětného odběru se vztahuje na:

- minerální oleje a oleje ze živičných nerostů jiné než surové, přípravky jinde uvedené, ani nezahrnuté obsahující nejméně 70 % hmotnosti minerálních olejů nebo olejů ze živičných nerostů, jsou-li tyto oleje podstatnou složkou těchto přípravků,
- elektrické akumulátory,
- galvanické články a baterie,
- výbojky a zářivky,
- pneumatiky,
- chladničky používané v domácnostech.

1.3 Katalog odpadů

Původce a oprávněná osoba jsou povinni pro účely nakládání s odpadem odpad zařadit podle Katalogu odpadů. Odpady se zařazují pod šestimístní katalogová čísla druhu odpadů uvedené v Katalogu odpadů, v nichž prvé dvojčíslí označuje skupinu odpadů, druhé dvojčíslí podskupinu odpadů a třetí dvojčíslí druh odpadu. Přehled skupin odpadů je v **tab.1.5**.

Tabulka 1.5 - Přehled skupin odpadů

Třída	Druh odpadu
01 00 00	Odpady z geologického průzkumu, z těžby, úpravy a zpracování nerostů
02 00 00	Odpady z primární produkce zemědělské a zahradnické, z lesního hospodářství, z rybářství a z výroby a zpracování potravin
03 00 00	Odpady ze zpracování dřeva
04 00 00	Odpady z kožedělného a z textilního průmyslu
05 00 00	Odpady ze zpracování ropy, z čištění zemního plynu a z pyrolytického zpracování uhlí
06 00 00	Odpady z anorganických chemických výrob
07 00 00	Odpady z organických chemických výrob
08 00 00	Odpady z výroby, ze zpracování, z distribuce a z používání nátěrových hmot, lepidel, těsnicích materiálů a tiskařských barev
09 00 00	Odpady z fotografického průmyslu
10 00 00	Anorganické odpady z tepelných procesů
11 00 00	Anorganické odpady s obsahem kovů ze zpracování kovů, z povrchové úpravy kovů, z hydrometalurgie neželezných kovů
12 00 00	Odpady z tváření a z obrábění kovů a plastů
13 00 00	Odpady olejů (kromě jedlých olejů a olejů uvedených ve skupinách 05 00 00 a 12 00 00)
14 00 00	Odpady organických látek používaných jako rozpouštědla (kromě odpadů uvedených ve skupinách 07 00 00 a 08 00 00)
15 00 00	Odpadní obaly, sorbenty, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné tkaniny jinde

	neuvedené
16 00 00	Odpady jinde v Katalogu neuvedené
17 00 00	Stavební a demoliční odpady
18 00 00	Odpady z humánní a veterinární léčebné péče (bez odpadů z přípravy jídel)
19 00 00	Odpady ze zařízení na úpravu odpadů, ze zařízení ke zneškodňování odpadů, z čistíren odpadních vod a z vodárenství
20 00 00	Odpady komunální, podobné odpady ze živností, z úřadů a z průmyslu, včetně odděleně sbíraných složek těchto odpadů

V případech, kdy nelze odpad jednoznačně zařadit podle Katalogu odpadů, zařadí odpad ministerstvo na návrh příslušného okresního úřadu. Na toto řízení se nevztahuje správní řád.

Ministerstvo stanoví vyhláškou

- a) Katalog odpadů,
- b) postup pro zařazování odpadu podle Katalogu odpadů, a
- c) náležitosti návrhu okresního úřadu na zařazení odpadu podle Katalogu odpadů.

1.4 Předcházení vzniku odpadů

Každý má při své činnosti nebo v rozsahu své působnosti povinnost předcházet vzniku odpadů, omezovat jejich množství a nebezpečné vlastnosti; odpady, jejichž vzniku nelze zabránit, musí být využity, případně odstraněny způsobem, který neohrožuje lidské zdraví a životní prostředí a který je v souladu s tímto zákonem a se zvláštními právními předpisy.

Právnícká osoba a fyzická osoba oprávněná k podnikání, která vyrábí výrobky, je povinna tyto výrobky vyrábět tak, aby omezila vznik nevyužitelných odpadů z těchto výrobků, zejména pak nebezpečných odpadů.

Právnícká osoba a fyzická osoba oprávněná k podnikání, která vyrábí, dováží nebo uvádí na trh výrobky, je povinna uvádět v průvodní dokumentaci výrobku, na obalu, v návodu na použití nebo jinou vhodnou formou informace o způsobu využití nebo odstranění nespotebovaných částí výrobků.

1.5 Orgány veřejné správy v oblasti odpadového hospodářství

Veřejnou správu v oblasti odpadového hospodářství vykonávají

- a) Ministerstvo životního prostředí,
- b) Ministerstvo zdravotnictví,
- c) Ministerstvo zemědělství,
- d) inspekce,
- e) celní úřady,
- f) orgány ochrany veřejného zdraví,
- g) kraje,
- h) okresní úřady,
- i) obce.

1.6 Informační systémy o odpadech

Důležitým mezinárodním dokumentem o odpadech je tzv. Basilejská úmluva o kontrole pohybu nebezpečných odpadů přes státní hranice a jejich odstraňování. Byla přijata v březnu 1989 více než 100 státy a vstoupila v platnost v květnu 1992 po ratifikaci 20 státy včetně tehdejší ČSFR. Basilejská úmluva zavazuje každý stát ustanovit dva státní orgány, jejichž funkcí bude provádět kontrolu a dohled nad plněním opatření této úmluvy. V roce 1999 vyšla evropská směrnice EU 31/99 EC, která je již začleněna v naší legislativě. Ukládá členským státům EU, aby nejpozději v roce 2006 snížily množství biologicky rozložitelných odpadů putujících na skládky na 75 % množství skládkovaného v roce 1995. V roce 2009 už musí to být 50 % množství roku 1995 a v roce 2016 dokonce 35 % (více viz kap. 1.7).

Unie má cíl, aby v roce 2040 už v Evropě nebyla ani jedna reaktivní skládka odpadů a existovaly pouze skládky inertních materiálů. Důvodem je omezování vzniku skleníkových plynů, zejména metanu, který se z reaktivních skládek uvolňuje. Podle zahraničních pramenů i z dobře odplyněné skládky uniká 30 % metanu do ovzduší a metan je 17 ÷ 20 krát nebezpečnějším skleníkovým plynem, než je oxid uhličitý. Proto by se neměl biologicky rozložitelný odpad skládkovat, je lepší ho spálit nebo zkompostovat. Uvedené cíle jsou dosti přísné. Pro nás však platí klauzule, že státy, ve kterých bylo v roce 1995 skládkováno více než 80 % komunálních odpadů, mohou oddálit splnění cílů až o čtyři roky. Cílovými roky, kdy budeme muset vykazovat plnění směrnice, jsou tedy roky 2010, 2013 a 2020.

1.7 Plán odpadového hospodářství České republiky

Příloha k nařízení vlády č. 197/2003 Sb.

1.7.1 Opatření k předcházení vzniku odpadů, omezování jejich množství a nebezpečných vlastností

V zájmu splnění strategických cílů, kterými jsou snižování měrné produkce odpadů nezávisle na úrovni ekonomického růstu, maximální využívání odpadů jako náhrady primárních přírodních zdrojů a minimalizace negativních vlivů na zdraví lidí a životní prostředí při nakládání s odpady:

- a) iniciovat a podporovat všemi dostupnými prostředky změny výrobních postupů směrem k nízkoodpadovým až bezodpadovým technologiím a v případě vzniku odpadů k jejich vyššímu využívání;
- b) zpracovat analýzy možnosti náhrady materiálů a výrobků, které po ukončení životnosti při následném využívání nebo odstraňování, by mohly mít nepříznivý vliv na zdraví lidí a životní prostředí;
- c) nahrazovat, za předpokladu, že je to technicky a ekonomicky možné, nebezpečné materiály a složky používané jako suroviny méně nebezpečnými;
- d) minimalizovat objem a hmotnost výrobků při zachování jejich funkčních vlastností;
- e) vytvářet podmínky k podpoře vratných opakovaně použitelných obalů;
- f) podporovat všemi dostupnými prostředky zavedení systémů environmentálního řízení, především systém Mezinárodní organizace pro normalizaci, Národní program zavedení systémů řízení podniků a auditů z hlediska ochrany životního prostředí;
- g) využívat v rámci jednotlivých odvětví Národní program čistší produkce a programy Státního fondu životního prostředí České republiky pro šíření a podporu preventivních postupů k omezení vzniku odpadů a jejich nebezpečných vlastností;
- h) usilovat na všech úrovních veřejné správy o efektivní změny v řízení odpadového hospodářství vedoucí ke zvýšení kvality řízení a odpovědnosti při rozhodování;
- i) usilovat o změnu chování podnikatelské i občanské sféry směrem k upřednostňování výrobků příznivých z hlediska jejich vlivu na zdraví lidí a životní prostředí;

- j) naplňovat program environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty pro oblast odpadového hospodářství včetně zlepšení přístupu veřejnosti k informacím o stavu odpadového hospodářství;
- k) podporovat všechny formy dobrovolných aktivit výrobní a nevýrobní sféry;
- l) zpracovat realizační programy České republiky pro specifické skupiny odpadů na základě analýz zpracovaných podle tohoto plánu.

1.7.2 Zásady pro nakládání s nebezpečnými odpady

V zájmu splnění cíle snížit měrnou produkci nebezpečných odpadů o 20 % do roku 2010 ve srovnání s rokem 2000 s předpokladem dalšího snižování:

- a) zajistit zpracování Realizačního programu České republiky pro nakládání s nebezpečnými odpady řešící komplexně systém nakládání s nebezpečnými odpady;
- b) zajistit na základě analýzy zpracování Realizačního programu České republiky pro odpady ze zdravotnictví zohledňující možnosti zavádění nových ekologických technologií pro odstranění nebezpečných vlastností odpadů ze zdravotnictví;
- c) zajistit na základě analýzy zpracování Realizačního programu České republiky snižování zdravotních rizik v souvislosti s nakládáním s nebezpečnými odpady;
- d) zpracovat návrh na kritéria pro předcházení vzniku a omezování produkce nebezpečných odpadů pro strategické posuzování vlivu na životní prostředí;
- e) zajistit důsledné uplatňování kontroly výrobků a zařízení v souvislosti s omezováním jejich nebezpečných vlastností po celou dobu jejich životního cyklu;
- f) motivovat veřejnost k oddělenému sběru nebezpečných složek komunálního odpadu;
- g) zajistit průběžné roční vyhodnocování systému nakládání s nebezpečnými odpady.

1.7.3 Zásady pro nakládání s vybranými odpady a zařízeními podle části čtvrté zákona o odpadech

1.7.3.1 *Odpady s obsahem PCB a zařízení je obsahující*

V zájmu splnění cíle odstranění odpadů PCB a zařízení s obsahem PCB nebo jejich dekontaminace do roku 2010:

- a) zajistit dokončení a vyhodnocení inventarizace zařízení s obsahem PCB větším než 5 dm^3 a stanovit podmínky pro dekontaminaci zařízení s obsahem PCB o koncentraci vyšší než 50 mg.kg^{-1} PCB;
- b) připravit plány dekontaminací nebo odstranění inventarizovaných zařízení a PCB v nich obsažených;
- c) vypracovat metodiku pro sběr a následné odstraňování zařízení s obsahem PCB, které nepodléhají inventarizaci;
- d) zpracovat návrh na provedení pasportizace míst na území České republiky kontaminovaných PCB.

1.7.3.2 Odpadní oleje

- a) zajistit využití 38 % hmotnostních z ročního množství olejů uvedeného na trh do roku 2006 a 50 % hmotnostních z ročního množství olejů uvedeného na trh do roku 2012 a zvyšovat množství zpětně odebraných odpadních olejů;
- b) zabránit mísení odpadních olejů v místech jejich vzniku, soustředování a skladování, s ohledem na jejich následné využití;
- c) ukončit spalování odpadních olejů ve středních a malých stacionárních zdrojích znečišťování ovzduší k 1. červnu 2004;
- d) odpadní oleje nevhodné k materiálovému využití přednostně upravovat na paliva.

1.7.3.3 Baterie a akumulátory

- a) dosáhnout u použitých průmyslových Ni-Cd akumulátorů úplného využití kovové substance do 31. prosince 2005;
- b) dosáhnout do roku 2006 sběru použitých přenosných baterií v množství 100 g za rok na obyvatele, z toho materiálově využívat minimálně 50 % hmotnostních;
- c) zajistit do roku 2005 sběr a materiálové využití 85 % hmotnostních z celkového množství olovených akumulátorů uvedených na trh;
- d) zajistit do roku 2012 sběr a materiálové využití 95 % hmotnostních z celkového množství olovených akumulátorů uvedených na trh;
- e) uplatňovat při sběru, shromažďování a třídění použitých baterií a akumulátorů, postupy umožňující zvyšování účinnosti zpětného odběru a jejich využití.

1.7.3.4 Kaly z čistíren odpadních vod

- a) zajistit na základě analýzy zpracování Realizačního programu České republiky pro kaly z čistíren odpadních vod) (dále jen „kaly“) řešící podpory úpravy kalů včetně jejich hygienizace, použití upravených kalů na zemědělské půdě a jiné způsoby využití kalů;
- b) podporovat energetické využití bioplynu z čistíren odpadních vod s odpovídající produkcí kalů.

1.7.3.5 Odpady z výroby oxidu titaničitého

- a) snižovat měrný výskyt emisí z výroby oxidu titaničitého a jejich únik do jednotlivých složek životního prostředí;
- b) zvýšit objem průmyslového využívání odpadů z výroby oxidu titaničitého.

1.7.3.6 Odpady z azbestu

- a) zabránit rozptylu azbestu a azbestových vláken do složek životního prostředí;
- b) stanovit technické požadavky pro nakládání s odpady s obsahem azbestu při jejich ukládání na skládky.

1.7.3.7 Autovraky

Zpracovat Realizační program České republiky pro nakládání s autovraky, vzniklých z vozidel kategorie M1 a N1 a tříkolových motorových vozidel s výjimkou motorových tříkolek, k dosažení cílů:

- a) pro vozidla vyrobená po 1. lednu 1980 nejpozději od 1. ledna 2006 opětovně použít a využít nejméně v míře 85 % průměrné hmotnosti všech autovraku převzatých za kalendářní rok a opětovně použít a materiálově využít v míře nejméně 80 % průměrné hmotnosti všech autovraku převzatých za kalendářní rok;
- b) pro vozidla vyrobená před 1. lednem 1980 je míra opětovného použití a využití stanovena na 75 % a míra opětovného použití a materiálového využití na 70 % průměrné hmotnosti všech autovraku převzatých za kalendářní rok;
- c) nejpozději od 1. ledna 2015 opětovně použít a využít nejméně v míře 95 % průměrné hmotnosti všech autovraku převzatých za kalendářní rok a opětovně použít a materiálově využít v míře nejméně 85 % průměrné hmotnosti všech autovraku převzatých za kalendářní rok.

1.7.4 Zásady pro vytváření jednotné a přiměřené sítě zařízení k nakládání s odpady

V zájmu dosažení cíle vytvořit integrované systémy nakládání s odpady na regionální úrovni a jejich propojení do celostátní sítě zařízení pro nakládání s odpady v rámci vybavenosti území:

- a) vytvořit podmínky pro dobudování celostátní sítě zařízení pro nakládání s nebezpečnými odpady;
- b) navrhovat nová zařízení v souladu s nejlepšími dostupnými technikami jako nedílnou součást integrovaného systému nakládání s odpady na daném území;
- c) využívat stávající zařízení, která vyhovují požadované technické úrovni podle bodu b);
- d) podpořit výstavbu zařízení, u kterého bude ekonomicky a technicky prokázána účelnost jeho provozování na celostátní úrovni, vzhledem k přiměřenosti stávající sítě zařízení po předběžném projednání s krajem;
- e) upřednostňovat při výběru projektů odpadového hospodářství, projekty infrastruktury pro odvozový systém sběru tříděného komunálního odpadu před ostatními projekty nakládání s odpady;
- f) požadovat ekonomickou rentabilitu navrhovaného zařízení vzhledem ke kapacitě a provozu zařízení za daných podmínek financování investice a provozu;
- g) zpracovat postupně požadavky na vytváření sítě zařízení do souboru výstupů územního plánování jako důležitý podklad pro rozhodování o dalším rozvoji zejména průmyslových zón;
- h) neohrožovat provozem zařízení a dopravou odpadů lidské zdraví a jednotlivé složky životního prostředí;
- i) nepodporovat výstavbu nových spaloven komunálního odpadu ze státních prostředků;
- j) nepodporovat výstavbu nových skládek odpadů ze státních prostředků;
- k) stanovit podmínky pro materiálové využívání odpadů v jiných vhodných zařízeních, která nejsou vedena jako zařízení na využívání odpadů ve smyslu zákona;
- l) zajistit tříděný sběr využitelných složek komunálního odpadu prostřednictvím dostatečně četné a dostupné sítě sběrných míst, za předpokladu využití existujících systémů sběru a shromažďování odpadů, a pokud je to možné, i systémů sběru

vybraných výrobků, které jsou zajišťovány povinnými osobami tj. výrobci, dovozci, distributory;

- m) zajistit potřebné kapacity pro úpravu odpadů vhodných pro zpracování na palivo není-li vhodnější jejich materiálové využití;
- n) zajistit využití vhodných a dostupných technologií k využívání paliv vyrobených z odpadů;
- o) připravit návrh podpory pilotních projektů na ověření dosud v České republice neprovozovaných technologií a zařízení k nakládání s odpady.

1.7.5 Zásady pro rozhodování ve věcech dovozu a vývozu odpadů

V zájmu dosažení cíle neohrožovat v důsledku přeshraničního pohybu odpadů zdraví lidí a životní prostředí a zajistit při rozhodování ve věcech dovozu a vývozu odpadů soulad s mezinárodními závazky České republiky:

- a) usilovat o postupné odstranění překážek volného pohybu odpadů, které nevykazují nebezpečné vlastnosti a jsou určeny k využití jako druhotná surovina;
- b) usilovat o minimalizaci přeshraničního pohybu odpadů, které jsou určeny k odstranění;
- c) posuzovat všechny fáze nakládání s odpadem až do jeho předání do zařízení k využití nebo odstranění;
- d) povolovat dovoz odpadů za účelem využití pouze do zařízení, která jsou provozována v souladu s platnými právními předpisy a která mají dostatečnou kapacitu;
- e) povolovat vývoz odpadů za účelem jejich odstranění pouze v případě, že v České republice není dostatečná kapacita k odstranění určeného druhu odpadu, způsobem účinným a příznivým z hlediska vlivu na životní prostředí;
- f) spolupracovat zejména se sousedními státy na základě dvoustranných dohod v oblasti kontroly a metodiky dovozu a vývozu odpadů.

1.7.6 Podíl recyklovaných odpadů

V zájmu dosažení cíle zvýšit využívání odpadů s upřednostněním recyklace na 55 % všech vznikajících odpadů do roku 2012 a zvýšit materiálové využití komunálních odpadů na 50 % do roku 2010 ve srovnání s rokem 2000:

- a) stanovit nástroje pro podporu zvýšení materiálového využití odpadů s upřednostněním jejich opětovného použití pokud je to ekologicky a ekonomicky vhodné;
- b) zpracovat strategii na podporu trhu s recyklovanými výrobky;
- c) podporovat oddělený sběr a materiálové využití u všech skupin odpadů, kde je to s ohledem na ekologické, technické, ekonomické a sociální podmínky možné;
- d) podporovat rozvoj trhu s recyklovanými výrobky, upřednostnit výrobky z recyklovaných materiálů a ekologicky šetrné výrobky při zadávání zakázek na úrovni orgánů veřejné správy;
- e) požadovat při poskytování podpor uvolňovaných ze státních nebo komunálních rozpočtů v případech, kde je to vhodné, použití recyklovaných výrobků nebo výrobků vyrobených bezodpadovou nebo nízkoodpadovou technologií;
- f) zajistit zdravotní nezávadnost recyklovaných výrobků;
- g) zpracovat Realizační program České republiky pro obaly a odpady z obalů komplexně řešící nakládání s obaly a odpady z obalů zejména s prioritou prevence, opakovaného použití a recyklace;
- h) analyzovat způsoby nakládání se stavebními a demoličními odpady za účelem vytvoření podmínek pro splnění těchto cílů: využívat 50 % hmotnosti vznikajících stavebních a demoličních odpadů do 31. prosince 2005 a 75 % hmotnosti vznikajících stavebních a demoličních odpadů do 31. prosince 2012;
- i) zvýšit úroveň sběru tříděných vyřazených elektrických a elektronických zařízení na 4 kg na osobu za rok z domácností do 31. prosince 2006;
- j) dosáhnout u velkých domácích spotřebičů a automatických výdejních stojanů využití minimálně 80 % průměrné hmotnosti použitého spotřebiče a opětovně použít nebo recyklovat materiály, látky a součásti z nich v rozsahu minimálně 75 % průměrné hmotnosti spotřebiče do 31. prosince 2006;
- k) dosáhnout u zařízení informační technologie a komunikačních a spotřebitelských zařízení využití minimálně 75 % průměrné hmotnosti použitého spotřebiče

a opětovně použít nebo recyklovat materiály, látky a součásti z nich v rozsahu minimálně 65 % průměrné hmotnosti spotřebiče do 31. prosince 2006;

- l) dosáhnout u malých domácích spotřebičů, osvětlovacích zařízení, elektrických a elektronických nástrojů, hraček a přístrojů pro monitorování a regulaci využití minimálně 70 % průměrné hmotnosti použitého spotřebiče a opětovně použít nebo recyklovat materiály, látky a součásti z nich v rozsahu minimálně 50 % průměrné hmotnosti použitého spotřebiče do 31. prosince 2006;
- m) dosáhnout opětovného použití nebo recyklace materiálů, látek a součástí z výbojek v rozsahu minimálně 80 % hmotnosti použitého spotřebiče do 31. prosince 2006;
- n) zajistit na základě analýzy zpracování Realizačního programu České republiky pro vyřazená elektrická a elektronická zařízení za účelem vytvoření podmínek pro splnění cílů uvedených v písm. i) až m).

1.7.7 Podíl odpadů ukládaných na skládky

V zájmu dosažení cíle snížit hmotnostní podíl odpadů ukládaných na skládky o 20 % do roku 2010 ve srovnání s rokem 2000 a s výhledem dalšího postupného snižování:

- a) zvýšit provozní a technologickou úroveň provozovaných skládek;
- b) ukládat odpady na skládky jen v případě, že s odpady nelze v daném místě a čase nakládat jiným způsobem;
- c) uzavřít a rekultivovat skládky, které nejsou dlouhodobě schopny plnit zákonné požadavky na provoz a technický stav; skládky odpadů, které nesplňují podmínky stanovené zákonem o odpadech a prováděcím právním předpisem, provozovat nejdéle do 16. července 2009 na základě rozhodnutí krajského úřadu v souladu se schváleným plánem úprav skládky;
- d) zajistit pravidelnou kontrolu plnění povinnosti postupného omezování celkového množství odpadů ukládaných na skládky a dodržování zákazu ukládání vybraných druhů odpadů na skládky;
- e) vyhodnocovat pravidelně plnění cílů postupného omezování odpadů ukládaných na skládky a zákazu ukládání vybraných druhů odpadů na skládky, v případě potřeby doplnit vyhodnocení o nápravná opatření;
- f) provést prověrku provozu a technického stavu všech provozovaných skládek odpadů v termínu do 31. prosince 2004;

- g) pravidelně kontrolovat opatření stanovená v plánu úprav skládky u provozovatelů skládek s cílem sladit provoz a technický stav skládek s podmínkami stanovenými zákonem o odpadech a zvláštními právními předpisy do 31. prosince 2009;
- h) podporovat přeměnu stávajících skládkových areálů na centra komplexního nakládání s odpady.

1.7.8 Maximální množství organické složky ve hmotě ukládané do skládek

V zájmu dosažení cíle snížit maximální množství biologicky rozložitelných komunálních odpadů (dále jen „BRKO“) ukládaných na skládky tak, aby podíl této složky činil v roce 2010 nejvíce 75 hmotnostních, v roce 2013 nejvíce 50 % hmotnostních a výhledově v roce 2020 nejvíce 35 hmotnostních z celkového množství BRKO vzniklého v roce 1995:

- a) vytvářet podmínky k oddělenému shromažďování jednotlivých druhů biologicky rozložitelných odpadů vznikajících v domácnostech, živnostech, průmyslu a úřadech, mimo směsný odpad;
- b) omezovat znečišťování biologicky rozložitelných odpadů jinými odpady zejména mající nebezpečné vlastnosti;
- c) zvyšovat v maximální možné míře materiálové využití druhů odpadů tvořících BRKO vytříděných z komunálního odpadu, zejména papíru a lepenky;
- d) zpracovat Realizační program České republiky pro biologicky rozložitelné odpady komplexně řešící nakládání s těmito odpady, zejména se zaměřením na snižování množství BRKO ukládaného na skládky;
- e) navrhovat a vytvářet ekonomicky a technicky zdůvodněná společná řešení, v rámci dvou i více krajů, za účelem docílení požadovaného snížení množství BRKO ukládaného na skládky;
- f) podpořit vytvoření sítě regionálních zařízení pro nakládání s komunálními odpady tak, aby bylo dosaženo postupného omezení BRKO ukládaných na skládky; při vytváření regionální sítě se zaměřovat zejména na výstavbu kompostáren, zařízení pro anaerobní rozklad a mechanickobiologickou úpravu těchto odpadů;
- g) zpracovat na základě dat a informací zejména z krajských koncepcí nakládání s odpady analýzu kapacit, provozních podmínek a technologického vybavení současných zařízení pro materiálové využití BRKO a případně stanovit opatření pro jejich uvedení do souladu s právní řádem České republiky;

- h) upřednostňovat kompostování a anaerobní rozklad biologicky rozložitelných odpadů kromě odpadů podle písm. c) s využitím výsledného produktu zejména v zemědělství, při rekultivacích, úpravách zeleně; odpady, které nelze takto využít, upravovat na palivo a nebo energeticky využívat;
- i) dodržovat důsledně požadavek zákazu ukládat na skládky odděleně vytríděné biologicky rozložitelné odpady s výjimkou řešení krizových situací způsobených živelními pohromami a jinými mimořádnými událostmi;
- j) vyhodnocovat na základě ohlašování odpadů každý rok množství a úroveň snižování podílu BRKO ukládaného na skládky a zveřejňovat výsledky vyhodnocení za uplynulý kalendářní rok vždy ke dni 30. září následujícího roku ve Věstníku Ministerstva životního prostředí.

2 KOMUNÁLNÍ ODPADY

Komunální odpad je směsný odpad ze služeb a obchodů, veřejných úřadů a institucí, drobných řemeslných provozoven a odpad z bydlení (domovní odpad). Výskyt komunálního odpadu a jemu podobného odpadu v ČR podle evidence v roce 1998 představoval 4,5 mil. tun. Směsný komunální odpad se na tomto množství podílí téměř 65 % a činí 281 kg na obyvatele a rok. Zbývajících 35 % tvoří odděleně sebrané využitelné složky: 9,6 % (42 kg na obyvatele a rok), nebezpečné složky 0,5 % (2,3 kg na obyvatele a rok), kompostovaný odpad z údržby zeleně 3,2 % (14 kg na obyvatele a rok), dále odpad ze septiků a žump 16,5 % (72 kg na obyvatele a rok) a ostatní odpad z obcí [1].

Hlavní využitelné složky domovního odpadu analyzované v roce 1997 představovaly v průměru ČR : papír/lepenka 19 kg, sklo 14,5 kg, plasty 10,5 kg a kovy 8 kg na obyvatele za rok. Pozdější výzkumy skladby tohoto odpadu ukazují na podstatný nárůst výskytu plastů přibližně na 20 kg na obyvatele a rok a pokles výskytu skla přibližně na 9 kg na obyvatele a rok.

Odborné odhady ukazují na to, že využitelné složky odpadů tvoří ze 70 ÷ 80 % upotřebené obaly. Celkově v průměru ČR – vzhledem k vyššímu podílu popelovin v domovním odpadu – je podíl obalového odpadu odhadován na 15 ÷ 20 % ze souhrnného výskytu domovního odpadu.

Např. v oblasti spotřeby papíru a lepenky a ve využití sběrového papíru pro jejich výrobu rozvíjejícím se trhem s vysokým potenciálem: za posledních 5 let vzrostla spotřeba papíru ze 767 tis. tun na 926 tis. tun, což je o 21 %. Ještě vyšší byl nárůst ve využití sběrového papíru a to o 40 %, z 261 tis. tun na 366 tis. tun v roce 2000. Tento trend pokračuje, v dalších letech lze předpokládat mírnější růst. Vzhledem ke zvyšování spotřeby papíru a lepenky obecně se však bude stupeň využití sběrového papíru zvyšovat méně radikálně než spotřeba.

Papírny, zpracovávající sběrový papír na nové papírenské výrobky zpracovaly v roce 2000 celkem 216 tis. tun, což je téměř 60 % z celkové spotřeby.

Všichni rozhodující zpracovatelé sběrového papíru, vesměs členové Svazu průmyslu papíru a celulózy, usilují o dosažení stupně využití sběrového papíru v roce 2005 ve výši 50 %, což je navýšení o 5 % oproti roku 2000. Při předpokládaném nárůstu spotřeby papírů o 10 % to však představuje nárůst využití sběrového papíru ve hmotných jednotkách o téměř 100 tis. tun, což je o 8,2 %.

Komunální odpad je heterogenní materiál s časově proměnným množstvím i skladbou. Činnost v oblasti odstraňování komunálního odpadu lze rozdělit do dvou pracovních oblastí,

a to: *odvoz odpadu* přechovávání,
shromažďování a odvoz.
zneškodňování odpadu skládkování,
kompostování,
tepelné zpracování.

Nakládání s odpady tvoří v dnešní době již rozvinutý logický systém, jehož základními součástmi jsou shromažďování, sběr, výkup, třídění, přeprava a doprava, skladování, úprava, využívání a zneškodňování odpadu.

Původci odpadu jsou podle nového zákona mimo jiné povinni shromažďovat odpady utříděné podle jednotlivých druhů a kategorií, nevyužité odpady trvale nabízet k využití jiným subjektům, teprve nevyužité odpady mohou zneškodnit. Ve všech fázích manipulace s odpady musí být odpady zabezpečeny tak, aby nedošlo k jejich nežádoucímu znehodnocení, odcizení nebo úniku ohrožujícímu životní prostředí. Tyto podmínky musí splňovat i technické prostředky určené pro shromažďování, sběr a přepravu odpadu.

2.1 Shromažďování komunálních odpadů

Se separací odpadu z domácností mají zkušenosti občané většiny našich měst a obcí, a vezme-li se v úvahu výkup surovin (papíru a kovů), pak dokonce dlouhodobé. Komunální separační systémy však zatím dosahují nízké účinnosti (donáškový sběr maximálně 10 %).

Příčiny nízké účinnosti separace lze spatřovat v nedostatečné zahuštěnosti sběrné sítě, ale i v nevhodné volbě metod a způsobů sběru, v nedokonalé organizaci a propagaci sběru, v nevýrazném kontaktu s občany a v jejich minimální stimulaci ke sběru. Jedním z předpokladů pro vytvoření účinného systému odděleného shromažďování a sběru komunálního odpadu je znalost technických a ekonomických podmínek jednotlivých metod a způsobu sběru, vhodnosti jejich uplatnění pro konkrétní složky odpadu a v konkrétních obytných souborech.

Sběr komunálního odpadu lze v podstatě organizovat dvěma způsoby:

- donáškovým
- odvozovým

Uplatnění jednoho nebo druhého způsobu závisí především na druhu sbíraného odpadu, typu obytné zástavby a dalších faktorech, jako je požadovaná výtěžnost a kvalita sbíraných druhů, pohodlnost sběru pro občany aj. Nezanedbatelným momentem je množství finančních prostředků, které mohou obce pro zavedení systému uvolnit.

Uvedené způsoby sběru se v zásadě liší vzdáleností sběrného místa od obytného objektu, respektive v donáškové vzdálenosti odpadů pro občany a ve velikosti a typu sběrných nádob, kterými jsou vybavena sběrná místa. Odvozový způsob sběru je v ČR nejvíce užíván pro sběr směsného komunálního odpadu a donáškový způsob pak pro oddělený sběr využitelných složek.

2.1.1 Donáškový sběr

Donáškový způsob odděleného sběru je méně pohodlný pro občany a vyžaduje jejich větší aktivitu. Jeho použití je možné ve všech typech zástavby. S ohledem na velikost užívaných nádob je méně přijatelný pro starší zástavbu bytových domů v centru měst. Způsob je také vhodný pro všechny druhy využitelných složek (sklo, papír, plasty) s výjimkou odděleného sběru bioodpadu (běžného kuchyňského odpadu).

Při donáškovém způsobu sběru jsou používány nádoby větších objemů (kontejnery), obvykle od 0,66 do 2,5 m³. Nádoby jsou umístěny buď v tzv. hnízdech (více nádob pro jednotlivé druhy odpadu na sběrném místě), nebo jsou instalovány jako vícekomorové (do jedné nádoby je odděleně sbíráno více druhů).

Sběrná místa se při donáškovém sběru zřizují na veřejných prostranstvích v blízkosti obchodů a nákupních center, zastávek hromadné dopravy, škol, zdravotních středisek apod. Pro zajištění funkčnosti sběru se síť obvykle doplňuje o další sběrná místa v ulicích a na prostranstvích s vyšší frekvencí pohybu obyvatel.

Hustota sítě sběrných míst závisí na typu zástavby, ve které je oddělený sběr zaváděn. Za optimální je považováno napojení 200 obyvatel na jedno sběrné místo. Donášková vzdálenost by neměla být větší než $00 \div 150$ m. Obvykle se optimální síť sběrných míst vytváří postupně. Zpočátku při zavádění donáškového sběru, zejména ve vícepodlažní zástavbě, připadá $400 \div 600$ obyvatel na sběrné místo a postupným zahušťováním se tento počet snižuje, resp. dojde k přechodu na odvozový způsob sběru.

Jednou z forem donáškového způsobu sběru odpadu jsou sběrné dvory. Jejich zřizování v ČR je a bude obcemi rozšiřováno, především v souvislosti s odkládáním nebezpečných složek komunálního odpadu v návaznosti na nový zákon o odpadech, ale i jejich vhodnosti pro zpětný odběr určených obalů a výrobků.

Sběrné dvory jsou doplňkem celoplošných systémů odděleného sběru komunálního odpadu. V zahraničí jsou tato zařízení provozována i jako recyklační dvory. Vedle sběru je zde prováděna úprava (dotříd'ování, lisování, drcení), zpracování (demontáž elektrošrotu, štěpkování odpadu z dřevin) a prodej využitelných složek odpadu (použitelný nábytek a další zařízení do domácnosti, autosoučásti apod.). V rámci provozu těchto dvorů je zajištěn i odvoz objemného odpadu na vyžádání.

Sběrné dvory, jako centrální místa pro zachycování využitelných a nebezpečných složek komunálního odpadu, se zřizují pro větší sběrné oblasti. S ohledem na relativně vysoké náklady by měly být umístěny v oblastech s vyšší hustotou zalidnění. Umístění sběrných dvorů předpokládá počet obyvatel $2\ 000 \div 20\ 000$ podle druhu zástavby a funkce, kterou mají plnit v systému separace. Dojezdová vzdálenost do sběrných dvorů by se měla pohybovat v rozmezí $3 \div 5$ km.

2.1.2 Odvozový sběr

Při odvozovém způsobu sběru jsou sběrná místa zřizována v blízkosti domovních vstupů nebo uvnitř obytných objektů. Donášková vzdálenost ke sběrným nádobám by neměla přesáhnout $30 \div 50$ m. Tento způsob je proto vhodný zejména ve starší zástavbě bytových domů, kde sběrné nádoby jsou umístěny buď přímo v domě, nebo ve dvorech (tzv. vnitrobloky). Způsob sběru se uplatňuje také v zástavbě rodinných domů nebo v sídlištní zástavbě.

S ohledem na krátkou donáškovou vzdálenost je odvozový způsob sběru pro občany velmi pohodlný. Tento způsob však často vede k požadavkům na maximalizaci počtu odděleně shromažďovaných druhů, což vyvolává problémy spojené s odděleným skladováním sbíraných složek v domácnostech.

Odvozový sběr je běžně používán pro sběr směsného komunálního odpadu. Při odděleném sběru je určen pro všechny využitelné složky včetně bioodpadu. Ve srovnání s donáškovým způsobem sběru je investičně náročnější. Sbírané složky jsou odděleně shromažďovány do nádob menších objemů $80 \div 240$ litrů, ale i $1\ 100$ litrů v sídlištní zástavbě nebo do sběrných pytlů. Obdobně jako u donáškového sběru se pro sběr skla užívají nádoby menších objemů, větší nádoby pak pro sběr papíru a plastů.

Specifickým případem odvozového způsobu sběru je tzv. sběr dům od domu. Takto je prováděn např. ve venkovské zástavbě klasický výkup kožek, peří, ale i použitého nábytku.

Přednosti a nedostatky způsobu sběru komunálního odpadu jsou uvedeny v **tab. 2.1**.

Tabulka 2.1 – Přednosti a nedostatky způsobu sběru komunálního odpadu

ZPŮSOBY SBĚRU Z HLEDISKA ORGANIZACE SBĚRU				
Kritéria srovnání	Donáškový sběr		Odvozový sběr	
	<i>Přednosti</i>	<i>Nedostatky</i>	<i>Přednosti</i>	<i>Nedostatky</i>
1. Investiční náročnost	nižší			vysoká
2. Účinnost sběru		nižší	vysoká	
3. Kvalita sebraných druhů		nízká	vyšší	
4. Pohodlnost pro uživatele		nižší	vyšší	
5. Univerzálnost užití v typech zástavby		nižší	vyšší	
6. Univerzálnost pro sbírané druhy		nižší	vysoká	
7. Požadavky na organizaci sběru a svozu	nízké			vysoké
8. Ekonomická účinnost	nižší			vyšší
ZPŮSOBY SBĚRU Z HLEDISKA TECHNICKÉHO VYBAVENÍ SBĚRU				
Kritéria srovnání	Donáškový sběr		Odvozový sběr	
	<i>Přednosti</i>	<i>Nedostatky</i>	<i>Přednosti</i>	<i>Nedostatky</i>
1. Investiční náročnost		vysoká	nízká	
2. Účinnost sběru		nižší	vysoká	
3. Kvalita sebraných druhů		nižší	vysoká	
4. Pohodlnost pro uživatele	vyšší			nižší
5. Univerzálnost užití v typech zástavby	vyšší			nižší
6. Univerzálnost pro sbírané druhy	vysoká			nízká
7. Požadavky na organizaci sběru a svozu	nižší			vysoké
8. Ekonomická účinnost	nižší			vyšší
ZPŮSOBY SBĚRU NEBEZPEČNÝCH SLOŽEK KOMUNÁLNÍHO ODPADU				
Kritéria srovnání	Donáškový sběr		Odvozový sběr	
	<i>Přednosti</i>	<i>Nedostatky</i>	<i>Přednosti</i>	<i>Nedostatky</i>
1. Investiční náročnost	nižší			vysoká
2. Účinnost sběru		nižší	vysoká	
3. Kvalita sebraných druhů		nízké	vyšší	
4. Pohodlnost pro uživatele		nižší	vyšší	
5. Univerzálnost užití v typech zástavby		nižší	vyšší	
6. Univerzálnost pro sbírané druhy		nižší	vysoká	
7. Požadavky na organizaci sběru a svozu	nízké			vysoké
8. Ekonomická účinnost	nižší			vyšší

2.2 Prostředky sběru komunálního odpadu

Technické vybavení pro sběr papíru komunálního odpadu představují:

- prostředky pro shromažďování odpadu (nádoby, pytle),
- prostředky pro svoz (sběr) a přepravu odpadu.

2.2.1 Sběrné nádoby

Sběrné nádoby pro shromažďování komunálního odpadu mají vždy vícenásobné použití. Volby typu a velikosti nádob záleží na podmínkách sběrné oblasti a charakteru

sbíraného odpadu nebo jeho složek. Předimenzování velikosti nádob zejména v menších obcích vede ke zvyšujícímu se objemu sbíraných odpadů. Naopak nedostatečná velikost nádob zvyšuje nebezpečí vzniku „černých“ skládek. Velikost nádob má vliv i na další charakteristiky nakládání s komunálním odpadem, jako jsou:

- objemová hmotnost sbíraného odpadu (menší nádoby zvyšují objemovou hmotnost shromážděného odpadu s ohledem na pečlivější přístup obyvatel a nepřítomnost větších kusů odpadu),
- požadovaná frekvence svozu odpadu,
- množství svozových automobilů a pracovníků jejich obsluhy.

Podle způsobu nakládání s nádobami při svozu se rozlišují nádoby na přesypné a výměnné.

Přesypné nádoby jsou nejrozšířenějším vybavením pro shromažďování komunálního odpadu před jeho svozem. Normalizované nádoby různých objemů jsou používány ke sběru smíšeného odpadu i pro oddělený sběr jeho složek. Nádoby se odlišují především barevností, povrchovými úpravami, úpravami vík a rozsahem využitelných objemů.

Nejčastějším užívaným typem sběrných nádob v ČR pro:

- smíšený domovní odpad jsou nádoby objemů 70, 110, 240, 1100 litrů
- využitelné složky domovního odpadu jsou nádoby objemů 120, 240, 1100, 1 300, 1 500, 2 000, 2 500 litrů.

Nádoby pro oddělený sběr jsou pro jednotlivé sbírané složky barevně rozlišeny – obvykle modré na papír, bílé na čiré sklo, žluté na plasty, hnědé na odpad biologického původu.

2.2.2 Výměnné nádoby

Výměnné nádoby se uplatňují při sběru objemného odpadu a při výskytu komunálního odpadu ve větším množství na jednom místě. Sběr je prováděn do velkoobjemových nádob – přepravníků, označovaných jako kontejnery.

Použití výměnných velkoobjemových kontejnerů pro sběr smíšeného domovního odpadu není příliš vhodné a je přijatelné v rozptýlené zástavbě okrajových částí měst a v menších obcích. Do soustředěné městské zástavby je tento způsob sběru naprosto nevhodný z důvodu dopravní propustnosti komunikací a nedostatku vhodných veřejných

prostranství. V kontejnerech dochází ke smísení drobného odpadu s objemným odpadem a se stavební sutí. Z těchto důvodů jsou užívány uzavřené kontejnery s odklápacími víky nebo jinak upravenými vhazovacími otvory.

2.2.3 Pytlový sběr

Pytlový sběr je alternativou nádobového sběru. Pytlový sběr je zvláště vhodný při občasném výskytu odpadů, například po svátečních dnech, při jarním a podzimním úklidu, při úklidu veřejných prostranství po zvláštních příležitostech apod. Používány jsou pytle plastové, papírové nebo jutové o objemu 40 ÷ 120 litrů. Pytle mohou být užívány jak ke sběru směsného domovního odpadu, tak k oddělenému sběru vybraných využitelných složek. Při pytlovém sběru směsného odpadu, který je zaveden spíše v zahraničí, nakupuje pytel uživatel a v jeho ceně jsou zakalkulovány i náklady na sběr a zneškodnění odpadu. Tím je předem zajištěna účast uživatele na celkových nákladech odstraňování odpadu. Současně je tento způsob pro uživatele motivací k třídění odpadu a k omezování jeho vzniku. Pytlový sběr směsného odpadu se zásadně používá v zástavbě vytápěné jinak než tuhými palivy. Vhodný je pro obyvatele rodinných domů. Vzhledem k požadavkům na organizaci sběru je jeho použití ve vícepodlažní zástavbě velmi omezené (většinou v kombinaci se shozovými šachtami).

2.2.4 Svoz odpadu

Pro přepravu komunálního odpadu se používají různé, pro tento účel speciálně konstruované, automobily. Můžeme je rozdělit do tří skupin:

- a) svozové odpadové automobily pro sběr směsného komunálního odpadu, ale i odděleně z něj vytříděných složek shromažďovaných v normalizovaných nádobách na odpad,
- b) nosiče přepravníků (kontejnerů) pro svoz domovního a objemného odpadu shromažďovaného v přepravnících, ale i pro sběr směsného komunálního odpadu a odděleně vytříděných složek odpadu shromažďovaných v menších nádobách na odpad,
- c) přepravní odpadové automobily (přepravní soupravy) pro dálkovou přepravu komunálního odpadu z překládacích stanic.

Pro přepravu odděleně vytříděných složek komunálního odpadu po jejich úpravě (dotřídění, slisování, drcení apod.) jsou většinou používány běžné nákladní automobily.

Svozové odpadové automobily jsou převážně stavěny na částečně upraveném podvozku nákladního automobilu. Nástavba, která dělá z automobilu speciální automobil, sestává z nádrže na odpady, stlačovacího zařízení a vyklápěče nádob. Stlačovací zařízení slouží ke zhuštění odpadů v nádrži, aby byla co nejlépe využita nosnost automobilu. Používá se dvou rozdílných způsobů stlačování – rotačního a lineárního. S ohledem na hospodárnost odvozu nabízejí výrobci řadu velikostních typů nástaveb s objemy $5 \div 23 \text{ m}^3$ a užitečnou hmotností $2 \div 12$ tun. Užití velikostních typů pak závisí na dopravních podmínkách, druhu a plošném soustředění odpadu v konkrétním svozovém regionu aj.

Nosiče přepravníků nejsou určeny výhradně pro dopravu odpadu. Jsou konstruovány jako speciální nosiče, které mohou nakládat, přepravovat a vyklápět různé typy kontejnerů nebo i nástaveb. Podle způsobu manipulace s korbou – přepravníkem je můžeme dělit na: odstavovací sklápěče, navalovací a nákluzné sklápěče. Podle způsobu zavěšení přepravníků při nakládání: na lanové, řetězové a hákové.

Přepravní odpadové automobily jsou většinou soupravy tahače s návěsem nebo přívěsem s celkovou hmotností do 38 tun. Pro víceetapovou přepravu je výhodné použít přepravníky, do kterých je odpad plněn hutnicím zařízením. V tomto případě je možné použít k přepravě automobily a manipulační prostředky běžně používané pro kontejnerovou dopravu. Tahač může být vybaven i jako navalovací sklápěč (řetězový nebo hákový), který je pak schopen sám kontejnery nakládat, skládat, přesouvat na přívěs a vyklápět. Přepravníky k torņu účelu vyvinuté mají objem $16 \div 30 \text{ m}^3$ a hmotnost $2 \div 3$ tuny. Velikost kontejneru se volí podle typu automobilu a druhu odpadu.

3 PRŮMYSLOVÉ ODPADY

Na rozdíl od komunálních odpadů, ve kterých je většinou obsah nebezpečných látek jen nepatrný, lze prakticky veškeré odpady z chemického průmyslu i mnohých dalších průmyslových odvětví (metalurgie, strojírenství apod.) považovat za nebezpečné. Tyto odpady mohou být nebezpečné svým okamžitým působením (přítomnost toxických, výbušných či jiných látek) nebo potenciálně nebezpečné (možnost nekontrolovatelného průběhu chemických reakcí) [1].

Nejvýznamnější podíl nebezpečných odpadů z průmyslu tvoří chemické odpady. Chemické odpady vznikají ovšem nejenom v chemickém průmyslu, ale v celé řadě dalších průmyslových odvětví, ve kterých se používají toxické či jinak škodlivé chemikálie. Tuhé odpady v chemickém průmyslu představují jednak nezreagované suroviny, nečistoty v surovinách a jednak vedlejší produkty chemických reakcí a pomocné látky pro chemické nebo fyzikální procesy, případně další.

Nebezpečné průmyslové odpady obsahují zejména organické sloučeniny. Anorganické sloučeniny mohou být nebezpečné tím, že představují přímé ohrožení (jsou reaktivní nebo toxické) nebo tím, že obsahují toxické prvky, zejména těžké kovy. Například sloučeniny kadmia jsou většinou toxické. Selen je toxický ve vysoké koncentraci, ve stopových množstvích je však naopak esenciálním prvkem. Některé sloučeniny jsou velmi nebezpečné přesto, že sestávají z prvků, které se za nebezpečné nepovažují, např. KCN (vysoce toxický), HClO_4 (silně reaktivní, oxidační činidlo, zejména za vyšších teplot).

Nebezpečné organické látky, které se mohou vyskytovat v odpadech lze třídit podle funkčních skupin obsažených v jejich molekule [7].

Kyslíkaté sloučeniny - do této skupiny patří celá řada nebezpečných látek s nejrůznější strukturou jako alkoholy, fenoly, ethery, cyklické ethery, aldehydy, ketony, karboxylové kyseliny, estery. Jako příklady lze uvést allylalkohol, krotonaldehyd, kyselinu trichloroctovou, akrolein. Diethylether a ethylenoxid jsou výbušné i toxické. Ethery jsou nebezpečné zejména tím, že vytvářejí vysoce výbušné peroxidy. Rovněž ftaláty, používané jako změkčovadla plastů, se někdy považují za nebezpečné látky. Často se nacházejí v kontaminovaných půdách a vodách. Mezi nebezpečné kyslíkaté látky patří rovněž fenoly, zejména vzhledem ke své toxicitě.

Dusíkaté sloučeniny - za nebezpečné se považují zvláště aminy, nitrosloučeniny (např. vysoce výbušný trinitrotoluen), nitrily (zejména vysoce výbušný a toxický acetonitril) a nitrosaminy (s kancerogenním účinkem).

Sírné sloučeniny - četné z nich jsou potenciálně nebezpečnými látkami především pro silný, nepříjemný zápach (thioly, sulfidy).

Aromatické sloučeniny - nebezpečné mohou být jak základní uhlovodíky (benzen) tak i jejich deriváty (např. fenol, pyridin). Polyaromatické uhlovodíky jsou mnohdy kancerogenní (např. benzo(a)pyren).

Halogenované uhlovodíky - zejména chlorované, patří k nejrozšířenějším průmyslovým nebezpečným látkám. Jsou velmi používanými rozpouštědly (tetrachlorethylen, tetrachlormethan, chlorfluoruhlovodíky). Použitá rozpouštědla a kaly patří mezi nebezpečné odpady.

Polychlorbifenyly - tvoří zvláštní skupinu nebezpečných látek, protože se jen obtížně rozkládají v prostředí (patří mezi vybrané odpady dle § 25 Zákona o odpadech 185/2001 Sb.).

3.1 Nakládání s průmyslovými odpady

Vzhledem k velké rozmanitosti různých sloučenin, často neznámého původu a složení, vyžaduje nakládání s těmito odpady specifický přístup a vždy maximální množství informací o jejich složení a vlastnostech. Při nakládání s průmyslovými odpady je třeba vycházet z toho, že v podstatě není problém nějaký odpad zajistit, zpracovat, zneškodnit nebo uložit. Problém je však v tom, že je to třeba provést co nejbezpečněji, nejekonomičtěji a nejpromyšleněji.

Za nebezpečné lze považovat ty odpady, které ohrožují existenci organismů aktivním způsobem. Do této skupiny mohou spadat i odpady v podstatě neškodné, pokud vznikají pravidelně a ve velkém množství. Jinak se za hlavní nebezpečné odpady považují odpady radioaktivní, biologické a odpady s okamžitým nebo potenciálním chemickým působením.

Radioaktivní odpady - tvoří samostatnou kategorii a jejich zpracováním a zneškodněním se zabývají speciální pracoviště, protože vyžadují vzhledem ke své mimořádné nebezpečnosti specifické přístupy (kapitola 3.21).

Biologické odpady - tvoří rovněž specifickou skupinu, neboť jsou za určitých podmínek využitelné v zemědělství a jsou kompletně spalitelné. Na druhé straně jejich nebezpečnost, daná potenciální přítomností patogenních mikroorganismů, je odlišuje od jiných odpadů.

Odpady s okamžitým či potenciálním chemickým působením lze členit na:

- organické, spalitelné bez komplikací,

- organické, spalitelné se zachycováním škodlivin z exhalátů anorganické povahy,
- organické, vyžadující mimořádné postupy spalování,
- anorganické odpady.

Všechny rozpustné anorganické odpady je třeba považovat za nebezpečné i když jsou netoxické, protože svou existencí ve vodách či půdě nepříznivě ovlivňují biosféru.

Dalším kritériem posuzování problematiky průmyslových odpadů je jejich množství. Podle toho je lze dělit na globální a lokální. *Globální odpady* - jsou například odpady z elektráren, oceláren či jiných velkých podniků. Vyznačují se tím, že jejich produkce je velká, ale jejich složení je v podstatě konstantní. *Lokální odpady* - vznikají v jednotlivých provozech podniků, jejich množství je menší, ale jejich složení je značně proměnlivé, v závislosti na charakteru výrobního závodu.

Jiným kritériem je místo vzniku odpadů. U průmyslových odpadů rozlišujeme odpady primární a sekundární. *Primární odpady* - vznikají v souvislosti s technologickým výrobním procesem, *sekundární odpady* - při pomocných operacích jako je čištění, údržba, doprava, příjem surovin, balení a pod. Koncentrace jednotlivých složek je v sekundárních odpadech značně menší než v primárních, ale zpracování směsi látek v malé koncentraci (v odpadní vodě nebo neutralizačním kalu) je obtížné. Naopak z primárních odpadů lze téměř vždy získat druhotné suroviny. S odbytem druhotných surovin jsou však často problémy, protože podniky většinou dávají přednost primárním surovinám. Proto se některé druhotné suroviny od nás vyvázejí.

Řada problémů s odpady vznikajícími z užitím určitého výrobku se začínají řešit až nyní. Například problém opotřebovaných pneumatik, kde se nepatrná část pneumatik recykluje a určitá část se spaluje v cementárnách. Přitom opotřebované pneumatiky představují významný zdroj druhotných surovin a metody jejich recyklace jsou v dostatečné míře vyvinuty (kapitola 3.8.2).

Stejně tak se u nás začíná řešit způsob zneškodňování starých vyřazených automobilů. Tento problém se u nás stává obzvláště závažným, protože stáří (ø 13,5 roků) provozovaných automobilů je podstatně větší než ve vyspělých průmyslových zemích. V poslední době k tomu přistupuje rozsáhlý dovoz ojetých automobilů ze zemí západní Evropy, které by v těchto zemích již byly vyřazeny z provozu, a které samozřejmě představují zátěž pro životní prostředí.

3.2 Odpady z jednotlivých průmyslových odvětví

V následujících kapitolách je uveden stručný přehled odpadů z vybraných průmyslových odvětví a základní způsoby jejich zpracování. Značné množství odpadů, především nebezpečných (obsahujících celou řadu toxických, reaktivních a hořlavých látek) vzniká zejména v chemickém průmyslu (kapitola 3.3). Většina chemických procesů neprobíhá bez vedlejších reakcí, které jsou právě nejčastějším zdrojem odpadů. Rovněž suroviny pro chemický průmysl obsahují četné příměsi, ze kterých v průběhu vlastního procesu vzniká odpad. Při současných technologiích je prakticky nemožné zamezit vzniku těchto odpadů. Tuhé odpady v chemickém průmyslu obvykle představují menší nebezpečí z hlediska ochrany životního prostředí než kapalné a plynné odpady. Množství tuhých odpadů v chemickém průmyslu se však stále zvyšuje. Kromě toho při zavádění nových výrob vznikají takové odpady, které si z hlediska složení a vlastností vyžadují zvláštní pozornost i zvláštní způsoby zneškodnění.

3.3 Chemický průmysl

Problém odpadů chemické povahy je zcela odlišný od odpadů z mechanických operací. Mechanické odpady v podstatě pouze zabírají místo a řešení spočívá převážně v organizačních opatřeních. Chemické odpady zpravidla nejsou stálé, navzájem reagují a působí závažné změny v životním prostředí. Odhaduje se, že zhruba 90 % chemických operací se provádí v kapalné fázi a totéž platí i o povrchových úpravách kovů (moření a galvanizace). V důsledku toho je značná část primárních odpadů kapalných. Jejich smíšením vznikají pak sekundární odpady. Složení a množství vznikajících primárních odpadů (a tedy i sekundárních odpadů) jsou ovlivněny více než povahou základní technologie, kvalitou obsluhy nebo regulačních a automatizačních okruhů a stavem technologických zařízení.

3.3.1 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, chlór, kyselina fosforečná a kyselina dusičná. Všechny tyto chemikálie mohou znamenat nebezpečí pro zdraví člověka i prostředí. K nebezpečným

anorganickým látkám patří i některé pigmenty, např. chromová žlut' obsahující PbCrO_4 (a její modifikace), vyráběné reakcí $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, NaOH a PbNO_3 , molybdenová oranž, vyráběná z PbCrO_4 a PbMoO_4 a zinková běloba - nestechiometrická sloučenina vyráběná ze směsi ZnO , HCl , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ a KCl . Některé anorganické chemikálie jako H_2S jsou zápalné, jiné, jako N_2O jsou oxidačními činidly.

V anorganických výroách se v široké míře uplatňuje recyklace tuhých odpadů, kterých vzniká značné množství zejména ve formě různých nerozpustných solí, použitých katalyzátorů, kalů apod. Příkladem může být výroba kyseliny fosforečné, oxidu hlinitého a titanové běloby. Jako odpad se často vyskytuje síran vápenatý (např. při odsiřování spalin). Z hlediska nebezpečnosti jsou závažné především odpady obsahující fluor a jeho sloučeniny, vznikající při výrobě fluorovodíku, ve sklářském průmyslu, při výrobě polovodičů, hliníku a průmyslových hnojiv a odpadní kyselina sírová. Ta se používá k výrobě superfosfátu a dalších průmyslových hnojiv, není však nadále perspektivní. Je proto výhodné, vyrábět ze všech druhů odpadní kyseliny sírové standardní H_2SO_4 .

Mimořádně závažné jsou odpady obsahující kyanidy, které podle Basilejské úmluvy patří do skupiny zvlášť 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 zneškodňování kyanidových odpadů (oxidaci, 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 kyanidovým loužením (zejména zlata). Použití této technologie se v zahraničí postupně rozšiřuje.

Při výrobě produktů anorganických výro jsou nejnebezpečnějšími odpady většinou odplyny, které při ní vznikají. Nejdůležitějšími produkty jsou především *amoniak; kyselina dusičná; kyselina sírová; kyselina fosforečná a průmyslová hnojiva*

3.3.2 Odpady z chemických organických výro

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. Např. 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, jako korozivní NaOH pro zmýdelnění tuků a H₂SO₄ pro sulfonaci.

Při výrobě adhezních materiálů se používají některá hořlavá a toxická rozpouštědla, ve kterých jsou tyto adhezní látky rozpuštěny a nanášeny na povrch materiálů. Sem patří např. fenol a formaldehyd, sloužící ve fenol-formaldehydových pryskyřicích nebo fenol-močovinných pryskyřicích jako pojivo. Rovněž výroba papíru a zpracování dřeva vyžaduje četné nebezpečné chemikálie, například fenol a formaldehyd pro výrobu pojivových pryskyřic či NaOH a Na₂S při zpracování buničiny. Sortiment výrobků organického průmyslu je neobyčejně široký a odpady z jednotlivých výrob se značně liší ve svém vlivu na životní prostředí. Proto je obtížné navrhnout univerzální způsob jejich zneškodnění.

Organický průmysl zahrnuje jednak základní výroby (zpracování ropy, petrochemie, chemické využití uhlí) jednak výroby finálních speciálních látek (včetně meziproduktů) jako jsou tenzidy a detergenty, organická barviva a pigmenty, léčiva, pesticidy, aditivy do polymerů a pod. Vedle toho představuje samostatnou výrobní i spotřebitelskou oblast výroba celulózy a papíru. Odpady z průmyslu zpracování ropy a uhlí představují ve vyspělých průmyslových zemích až 50% z celkového množství všech průmyslových odpadů, a je jim proto věnována větší pozornost.

Odpadní – sběrový papír. Recyklovaný papír se používá především na výrobu obalových a toaletních papírů, kartónů a jiných druhů papíru s nižší kvalitou. V některých zemích se používá také na výrobu novinového a kancelářského papíru. Výroba papíru ze dřeva je technologicky i energeticky náročný proces. Použitím recyklované suroviny se ušetří podstatná část energie. Jedna tuna sběrového papíru nahradí až 2,5 m³ vytěžené dřevní suroviny. *Platí zásada, že papíry na přímé balení potravin se nesmí vyrábět z recyklované (sekundární) suroviny.*

Speciální (finální) organické výrobky. 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.

Tenzidy a detergenty 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.

3.3.3 Zpracování koncentrovaných primárních odpadů

Prvním cílem je buď recyklace nebo regenerace. Regenerace spočívá v odstranění zplodin brzdících požadovaný proces. Provádí se krystalizací (FeSO_4 , $7\text{M}_2\text{O}$), separací (tuhé nečistoty), zachycováním na ionexech (kovy), elektrolytickým vylučováním, kapalinovou selektivní extrakcí (kapalné membrány), difúzní dialýzou nebo zachycením účinné složky na speciálním ionexu a uvolněním této složky již bez nežádoucích příměsí. Regenerát se vrací do funkčního roztoku. Řada těchto regeneračních postupů se stane ekonomicky výhodnými vzhledem k očekávanému podstatnému zvýšení cen regenerovaných složek a zvýšení poplatků za produkci odpadů. U organických výrob nehraje tuhý odpad tak významnou úlohu jako plynný a kapalný. Tuhé odpady se často zpracovávají pyrolýzou na základní uhlovodíky. Tento způsob se využívá zejména v závodech na výrobu plastů.

3.4 Hutnictví

Hutnictví jako celek, od výroby surového železa až po výrobu a zpracování oceli, můžeme zařadit mezi hlavní znečišťovatele životního prostředí. Patří mezi stěžejní průmysl naší republiky ve kterém je na jedné straně zpracováváno značné množství odpadů, ale na straně druhé zde nemalé množství odpadů také vzniká.

3.4.1 Výroba surového železa

Výroba surového železa je považována za oblast hutnictví, která je významným znečišťovatelem životního prostředí. Méně je známo, že tato oblast zpracovává velké množství odpadů obsahujících železo. Různé druhy odprašků, kalů, strusek a okujů z hutních provozů, strojírenství, chemie a dalších odvětví se při výrobě železa využívá jako druhotná surovina. Využívá se též méněhodnotného ocelového šrotu [7].

Výrobu surového železa je možno rozdělit do několika provozů charakteristických mimo jiné i způsobem a mírou znečišťování životního prostředí. První fází vysokopečního procesu je *příprava vysokopeční vsázky*. Zahrnuje dopravu surovin, jejich vykládku, rozmrazování, mletí, třídění a homogenizaci. Nejpodstatnější součástí přípravy vysokopeční vsázky je aglomerace (kap. 3.4.2), tj. spékání rud na spékacích pásech. Relativně samostatnou částí přípravy vsázky je peletizace (viz kap. 4.3.2). Výroba pelet však obvykle neprobíhá v hutním podniku, ale na území těžebního závodu.

Vlastní vysoká pec slouží k redukci oxidů železa, k tavení, úpravě a vypouštění železa a k oddělení a vypouštění strusky. Vyrobené surové železo se dopravuje v tekutém stavu do ocelárny, jen část železa se zpevňuje na licím stroji. Vysokopecní struska (kapitola 3.4.4.2) se v pánvích dopravuje ke granulaci.

Kromě vsázky se do vysoké pece dopravuje přes výfučny ještě ohřátý vzduch, tzv. vysokopecní vítr. Vzduch se stlačuje na potřebný tlak v dmýchadlech, vlhčí se a ohřívá na 1100 až 1200 °C v ohřívacích větru. Vysokopecní plyn se ochlazuje a čistí v plynočistírně a dopravuje se přes plynojem do energetické sítě.

Poměrně nepříznivé působení vysokopecní výroby železa na životní prostředí vede ke snahám nahradit tento způsob výroby jiným, ekologicky příznivějším. Hlavním znakem těchto snah je vyřazení koksu z procesu výroby. Přímá výroba železa z rud (výroba železné houby) je způsobem výroby železa v pevném stavu, tj. při teplotě nižší, než je teplota tavení, bez použití koksu, mimo vysokou pec (Midrex, HyL, Fastmet atd.). Druhou používanou technologií jsou metody tavné redukce. Jedná se o výrobu tekutého surového železa bez koksu a mimo vysokou pec (COREX, HISMELT, DIOS atd.). Tyto technologie se však zatím pro vysokou energetickou a investiční náročnost mimo procesu COREX ve větší míře neuplatnily.

3.4.2 Aglomerace

Aglomerace neboli spékání železných rud je zahřívání prachové aglomerační směsi (rudná část, palivo, přísady) na takovou teplotu, že dojde k natavení povrchu jednotlivých zrn vsázky a vzniklá tavenina vytvoří mezi zrny kapalinové můstky, které po ztuhnutí zajistí vznik pevného pórovitého materiálu – *aglomerátu* (viz. kap. 4.3.1). Celkově je možno aglomeraci rozdělit na tzv. studený úsek zahrnující výklopníky surovin, drcení, mletí a třídění skládky a homogenizaci surovin. Teplý úsek zahrnuje skladování a dávkování surovin, jejich míchání a předpeletizaci, vlastní spékací pás s příslušenstvím, drcení, třídění a chlazení vyrobeného aglomerátu. Patří sem i odsávací soustava s čištěním spalin.

Studený úsek znečišťuje životní prostředí většinou jen tuhými prachovými emisemi, které mají lokální charakter a spíše představují zdroj zhoršení pracovního prostředí než významný zdroj znečišťování atmosféry.

Teplý úsek aglomerace je hlavním zdrojem znečišťování životního prostředí při výrobě surového železa a je příčinou toho, že aglomerace je považována za největšího znečišťovatele v rámci celého hutnictví (bez energetiky). Spékání rud je pyrometalurgický proces založený

na hoření prachového koksu obsaženého ve vsázce. Vzniklé spaliny mění své chemické složení podle průběhu chemických reakcí ve vsázce, strhávají drobné částičky vsázky a jsou odsávány přes odprašovací zařízení do komína. Množství tuhých znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší závisí kromě technologických faktorů hlavně na způsobu a účinnosti odlučovacího zařízení. Staré, mechanické odlučovače prachu - multicyklony, které se používaly v minulosti, nebyly schopny vyčistit spaliny z počáteční hodnoty znečištění 1 až 3 g.m⁻³ pod hodnotu 300 mg.m⁻³ spalin. Elektrostatické odlučovače prachu používané v současnosti většinou bez problémů plní emisní limit, který je pro tuhé znečišťující látky 100 mg.m⁻³. Stejný limit platí i pro plyny u výstupu z elektrostatických odlučovačů chlazení aglomerátu.

Kromě tuhých znečišťujících látek je velmi důležité i chemické složení vypouštěných spalin. Když nepovažujeme za nečistotu CO₂, i když je to skleníkový plyn, má největší význam obsah CO ve spalinách. Z technologického principu procesu spékání vyplývá, že asi 20 % uhlíku koksu hoří na CO, zbytek na CO₂. Podíl CO v aglomeračních spalinách není tedy možné snižovat tak jako u energetických zařízení, proto by i emisní limity měly být různé. Určitou možností snižování obsahu CO ve spalinách je jejich recirkulace. Současný emisní limit pro obsah CO v aglomeračních spalinách je 6000 mg.m⁻³.

Další škodlivou látkou produkovanou při spékání je SO₂. Síra je do procesu spékání vnášena palivem (koksem), v menší míře ostatními složkami vsázky. V průběhu spékání se síra až z 90 % oxiduje a přechází do spalin. Současný emisní limit je 400 mg.m⁻³ SO₂ spalin. Oxidační charakter spékání je příčinou vzniku další plynné škodliviny - NO_x. Emisní limit pro obsah NO_x ve spalinách je 400 mg.m⁻³.

3.4.3 Vysokopecní výroba surového železa

Vysokopecní provoz znečišťuje životní prostředí podstatně méně než příprava vysokopecní vsázky. Vysoká pec i ohříváče větru jsou konstruované jako uzavřené tlakové nádoby, proto jsou možnosti emisí omezené.

Tuhé prachové emise vznikají hlavně při manipulaci se vsázkovým materiálem, tj. při dopravě, skladování, třídění a dávkování surovin. Tyto prostory jsou odprašovány mechanickými, nebo elektrostatickými odlučovači. Dalším zdrojem prachových i plynných emisí je sazebná vysoké pece. Bezzvonová i zvonová sazebná obsahuje prostor, který je střídavě spojený s atmosférou a s pecním prostorem. Objem tohoto prostoru naplněného znečištěným vysokopecním plynem se u starších vysokých pecí v pravidelných intervalech

odpouštěl do vzduchu. U moderních pecí se tento plyn přečerpává do plynového řádu. Nepravidelným zdrojem emisí vysokopecního plynu je jeho odfuk. Tento se provádí při poruchách, opravách a odstávkách vysoké pece. Netěsnosti sazebního zařízení jsou poslední možností úniku vysokopecního plynu na sazebně. Produkce vysokopecního plynu může dosahovat až 2000 m³ na tunu vyrobeného surového železa a obsah prachu při výstupu z pece je až 30 g.m⁻³ plynu. Celkové množství vysokopecního plynu, které unikne sazebnou do atmosféry, se odhaduje na 0,1 až 0,4 % vyrobeného plynu. Protože vysokopecní plyn obsahuje víc než 20 % CO, musí být ventily pro odfuk opatřené spalovacím zařízením.

Odpadní vody ve vysokopecní výrobě surového železa vznikají při chlazení vysoké pece, při čištění vysokopecního plynu a při granulaci strusky. Na chlazení vysoké pece o užitečném objemu 2400 m³ a horkovzdušných armatur se spotřebuje až 3000 m³ vody za hodinu. Ohřátá voda se chladí v chladících věžích, filtruje se a znovu se používá. Odparné chlazení podstatně snižuje spotřebu vody, vyžaduje však chemickou úpravu vody.

Čištění vysokopecního plynu probíhá většinou ve 3 stupních. První stupeň je suchý v prašniku a nepotřebuje vodu. Druhý stupeň ve vodních pračkách a třetí stupeň ve Venturiho pračkách spotřebuje 5 až 6 m³ vody na 1000 m³ plynu. Použitá voda se musí upravovat v usazovacích nádržích a částečně i chemicky.

Tekutá vysokopecní struska (kapitola 3.4.4.2) o teplotě asi 1450 °C se granuluje většinou mokřím způsobem, kdy se horká struska lije do vody a prudkým ochlazením dochází k její granulaci. Znečištěná voda obsahuje nerozpustné látky, které se musí odstranit. Při granulaci dochází k značné ztrátě vody odpařením, rozstříkem a přechodem do granulátu. Tyto ztráty vody dosahují až 1 m³ na 1 tunu strusky.

Produktem čištění vysokopecního plynu jsou kromě vyčištěného plynu dva druhy odpadu. *Vysokopecní výhoz* je produktem hrubého čištění plynu v prašniku, kde se zachytí až 70 % prachových částic. Jedná se o suchý prachový odpad s poměrně vysokým obsahem uhlíku a nízkým obsahem škodlivin (Pb, Zn, Cd atd.). Veškerý výskyt vysokopecního výhozu se bez problémů zpracovává na aglomeraci. Druhým odpadem je *vysokopecní kal*, který je produktem polojemného a jemného čištění vysokopecního plynu. Vysokopecní kal obsahuje vyšší množství škodlivin, hlavně zinku, olova, kadmia a alkálií. Z tohoto důvodů se vysokopecní kal recykluje jen částečně.

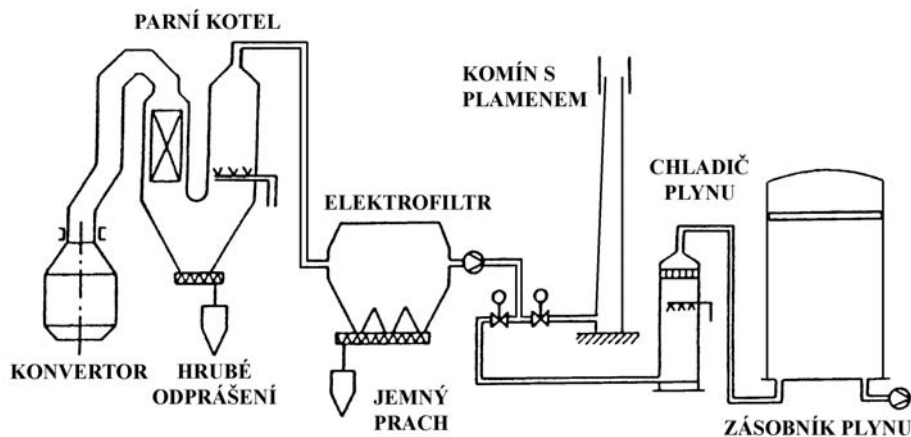
3.4.4 Výroba oceli

Výroba oceli je zkujňovací proces, který spočívá ve snížení obsahu uhlíku a některých dalších prvků oxidací. K oxidaci se používá vzduchu, kyslíku nebo oxidů železa (rudy). Zároveň se upravuje chemické složení ocele a její struktura. V současnosti se ocel vyrábí hlavně třemi technologickými postupy:

1. v nístějových pecích typu Siemens-Martin a v tandemových pecích,
2. v konvertorech s dmýcháním shora, zdola nebo kombinovaně,
3. v elektrických obloukových a indukčních pecích.

Konvertory se používají pro hromadnou výrobu ocelí, elektrické pece pro výrobu jakostních ocelí, tandemové pece jsou v moderních ocelárnách spíše výjimkou, v České republice však tuto technologii používá největší výrobce oceli - NH Ostrava. Výroba v Siemens-Martinských pecích, v minulosti nejrozšířenější, se dnes v moderních ocelárnách nepoužívá. Protože při výrobě oceli tvoří významnou část vsázky ocelový šrot, znečištěný neželeznými kovy, plasty a dalšími látkami, projeví se to i ve složení emisí a produkovaných odpadů.

V kyslíkových konvertorech se v současnosti vyrábí převážná část oceli. Environmentální důsledky této technologie jsou podstatně nižší než u nístějových pecí. Na **obrázku 3.1** je znázorněná ocelárna s konvertorovou výrobou plynu. Množství plynů opouštějící konvertor se pohybuje v rozsahu 70 až 90 m³.t⁻¹ oceli. Plyn obsahuje velké množství CO a vysokou teplotu, proto se dospaluje v energetickém zařízení, kde se odstraňuje CO a snižují se i ostatní emise. Tuhé emise se dospalováním snižují z původních 200 až 400 g.m⁻³ na 15 až 40 g.m⁻³. Plyn se po dospalování čistí elektrostaticky nebo mokrou cestou obvykle ve dvou stupních. Emisní limit je 50 mg.m⁻³.



Obrázek 3.1 – Schéma ocelárny s konvertorovou výrobou plynu

Plynné emise jsou tvořeny SO₂ a NO_x. Obsah SO₂ v konvertorovém plynu závisí na obsahu síry v surovém železe a bývá 20 až 100 mg.m⁻³. Oxidy dusíku vznikají prakticky až při dospalování a jejich hodnoty se pohybují v rozmezí 100 až 300 mg.m⁻³.

K výrobě nejkvalitnějších ocelí se používá elektrických obloukových pecí. Množství vznikajících plynů je 80 až 200 m³.t⁻¹ oceli. Plyn se čistí v tkaninových filtrech nebo ve Venturiho pračkách. Emisní limit tuhých látek je 75 mg.m⁻³. Plyn se dospaluje, proto neobsahuje CO, ale jen minimum SO₂ a okolo 400 mg.m⁻³ NO_x.

Při výrobě oceli vznikají odpadní vody při mokřém čištění plynu a při chlazení krystalizátoru plynulého odlévání oceli. Při mokřém čištění plynu se spotřebuje asi 4,5 až 6,5 m³ vody na 1 t oceli. Znečištěná voda se čistí v kruhových usazovacích nádržích, chladí se v chladicích věžích a znovu se používá. Tuhé odpady vznikající při výrobě oceli tvoří ocelářská struska a kaly, případně odprašky z čištění plynu.

Ocelářské, dnes hlavně konvertorové kaly mají vysoký obsah zinku, olova a jiných škodlivých látek, což znemožňuje jejich recirkulaci. Jen výjimečně se část hrubých kalů používá při výrobě železa. Část ocelářských kalů se využívá ve stavebnictví, při výrobě cementu, betonu apod.

3.4.4.1 Zpracování kovového šrotu

Při výrobě oceli popřípadě při zpracovávání jiných kovů stále hraje důležitou roli kovový odpad - šrot. Recyklace kovového šrotu je velmi výhodná, protože při ní odpadáva tavba rud a jejich náročná úprava. Kovový odpad je vlastně energetickou surovinou, protože ušetří množství primární energie, kterou je třeba vložit do výroby daného kovového produktu.

Jak je patrné z tabulky 3.1, kovový odpad je velmi bohatou surovinou v porovnání s rudou, navíc také doprava a manipulace s ním je podstatně snadnější. Investiční náklady na výstavbu závodu na produkci kovů z odpadů představuje pouze 16 až 20 % nákladů potřebných na výstavbu závodu založeného na zpracování primární suroviny - rudy. Kromě toho je výrobní technologie založená na zpracování odpadů jednodušší. Důležitý je systém sběru odpadu. Odpad je nutné separovat už v místech jeho vzniku, protože druhové míchání snižuje jeho hodnotu a vyžaduje dodatečné náklady na třídění a manipulaci.

Tabulka 3.1 - Spotřeba energie pro výrobu 1 t kovu z rudy a z odpadu

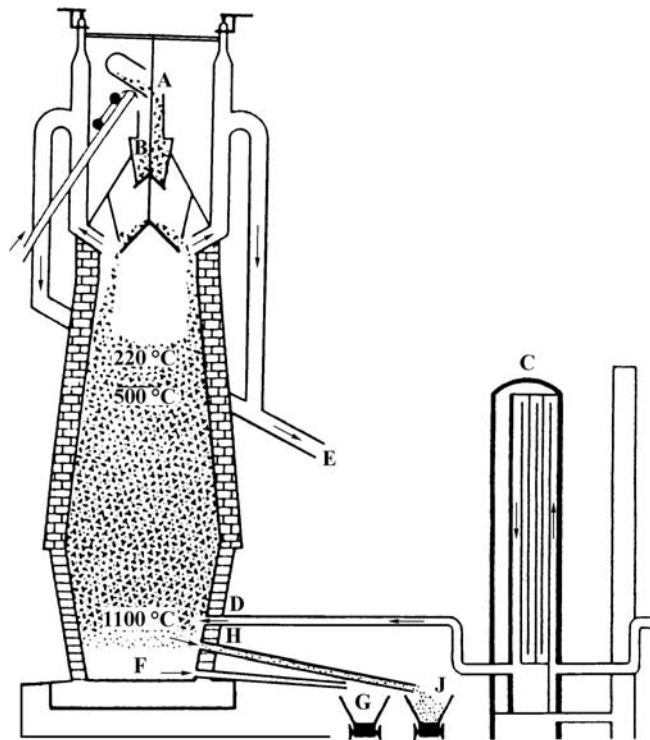
Druh kovu	Spotřeba energie při výrobě [MWh/t]		Úspora energie [MWh/t]	Zpracování odpadu [% hm]
	z rudy	z odpadu		
Měď	13,5	1,7	11,8	87
Olovo	9,5	0,5	9,0	95
Zinek	10,0	0,5	9,5	95
Hliník	65,0	2,0	63,0	97
Hořčík	90,0	2,0	88,0	98
Titan	126,0	52,0	74,0	58,5

3.4.4.2 Struska

Jak již bylo uvedeno, při výrobě surového železa a oceli vznikají také tuhé odpady, mezi které patří struska, která je cennou druhotnou surovinou. Ocelářská struska obsahuje víc než 20 % železa, kolem 6 % Mn, 1 % P a je obvykle zásaditá. Používá se jako náhradní surovina při výrobě surového železa. Její využití pro tento účel omezuje obsah fosforu někdy chrómu. Tvorbu strusky znázorňuje **obr. 3.2** představující schéma vysoké pece.

Do vysoké pece se svrchu střídavě dává železná ruda, koks a vápenec a zespu se přes dýchací trubky vhání horký vzduch. Koks se zapaluje při teplotě 600 až 800 °C. Rozložení teplot v peci dle výšky je znázorněné na **obr. 3.2**, ve spodní části teplota dosahuje 1500 až 1800 °C, směrem nahoru klesá pod 400 °C. K tvorbě železa dochází redukčním účinkem uhlíku a oxidu uhelnatého z koksu. Zároveň rozkladem vápence se tvoří CaO, který působí jako tavivo, snižuje teplotu tavení oxidů křemíku a hliníku (nečistoty), a tím i spotřebu koksu na tavení vsázky. Z dolní části pece vytéká surové železo a struska, z vrchní části odchází vysokopecní (kychtový) plyn.

Na 1 tunu vyrobeného surového železa připadá 600 kg vyprodukované vysokopecní strusky. Ta se skládá z 38 až 40 % hm. oxidu křemičitého, 40 % hm. oxidu vápenatého, 10 až 12 % hm. oxidu horečnatého a 7 až 8 % hm. oxidu hlinitého.



Obrázek 3.2 - Schéma vysoké pece

A – násypka; B – uzávěr; C – ohříváč vzduchu; D – přívod horkého vzduchu; E – odvod vysokopecního plynu; F – vrstva tekutého železa; G – vana na tekuté železo; H – potrubí na odvod strusky; J – vana na strusku

Dalším zpracováním vysokopecní strusky vznikají tyto výrobky: *granulovaná struska* (granulát). Po odvodnění, drcení a třídění se granulát používá na výrobu stavebních materiálů, přidává se do portlandského cementu; *strusková pemza*, která se používá ve stavebnictví jako tepelná izolace; *strusková drť*, který se používá se na stavbu cest a autostrád jako podkladový materiál pod asfalt a *strusková vlna* používaná na izolace ve stavebnictví. Vysokopecní strusku je možné použít také jako přísadu do hnojiv. Protože struska má zásaditou povahu, toto hnojivo je vhodné především na neutralizaci kyselých a těžkých půd [1].

3.4.5 Tváření kovů

Vyrobená ocel ve formě ingotů nebo různých profilů z kontilitů se dále zpracovává v hutním podniku především válcováním. Produkt má formu různých profilů, pásků, plechu, trubek, drátů a pod. Často se používá též kování a lisování, drát se vyrábí většinou tažením. Ostatní tvářecí technologie patří spíše do oblasti strojírenství. Kvůli snížení přetvárného odporu se materiál většinou ohřívá v pecích různé konstrukce. Jako paliva se používá plyných a tekutých paliv, jejichž hořením vznikají hlavně emise typické pro spalovací

procesy. Tuhé emise jsou při tvářecích procesech velmi malé. Emise SO_2 závisí na druhu a složení použitého paliva.

Odpadní vody vznikají při válcování, při chlazení ohřívacích pecí nebo jiného zařízení a z přímého chlazení válcovacích stolic s příslušenstvím. Odpadní vody prvního typu jsou znečištěny jen málo a po úpravě usazováním a filtrací se znovu používají. Odpadní vody z chlazení válcovacích stolic jsou znečištěny okujemi a organickými látkami z mazacích prostředků. Tyto vody se čistí podstatně složitěji a po čištění obsahují jemné okuje v koncentraci pod 600 mg.t^{-1} . Celkově spotřebují válcovny až 50 m^3 vody na tunu vývalku.

Tuhé odpady z válcoven tvoří hrubé okuje, které jsou bez problémů recyklovány v hutích a okujové kaly z čištění odpadních vod. Recyklace těchto kalů přes aglomeraci výrazně omezuje velký obsah organických látek, které činí vážné problémy při čištění aglomeračních spalin v elektrostatických odlučovačích. Úprava zaolejovaných okují je možná buď chemickou cestou, odmašťováním nebo pyrometalurgicky. Obě tyto technologie jsou však z ekologického hlediska problematické a ekonomicky náročné. V současnosti se ověřuje možnost dmýchání zaolejovaných okují do níštěje vysoké pece, kde se využije jak kovoносná část, tak i organické látky jako palivo a redukční prostředek.

3.4.6 Slévárenství

Slévárny produkují hotové výrobky litím tekutého kovu do připravené formy. Celý proces je možno rozdělit na přípravu tekutého kovu, přípravu forem, vlastní lití a úpravu odlitků. Zdrojem tuhých emisí jsou hlavně kuplovný pro tavení litiny a manipulace se slévárenskými formovacími hmotami. Množství spalin u kuploven bývá 500 až $1500 \text{ m}^3.\text{t}^{-1}$ odlitku. Z plynných emisí má největší význam CO ve spalinách kuploven nebo elektrických pecí. Spaliny se proto mají dodatečně spalovat. Emisní faktor je 150 až 250 kg.t^{-1} odlitku. Emise SO_2 závisí na spotřebě koksu a jeho složení. Při přípravě formovacích směsí a jejich sušení dochází k rozkladu organických složek směsi a uvolněné plyny mohou působit karcinogenně.

Ve slévárnách vznikají odpadní vody při dopravě, úpravě a regeneraci použitých formovacích směsí, při čištění odlitků a při čištění spalin z kuploven. Složitě je čištění vod hlavně z regenerace formovacích směsí. Hlavním tuhým odpadem ve slévárnách je použitý slévárenský písek, který bývá znečištěný organickými pojivy. Regenerace těchto písků je poměrně složitá, nákladná, ale z hlediska ekologického a hygienického velmi důležitá.

3.4.7 Odpady ze strojírenství

Ve strojírenství vzniká celá řada odpadních chemikálií a materiálů i znečištěných zařízení. Jsou to zejména použité přípravky na povrchovou úpravu kovů (cementační prášky, kalírenské soli), chlorované uhlovodíky s vysokým obsahem chloru (chlorované bifenyly, dioxiny, furany) samostatně i jako příměsi v jiných materiálech, použité chladicí kapaliny a řezné emulze z obráběcích provozů, včetně jimi znečištěného kovového odpadu (třísky, piliny a pod.), zbytky barev z lakoven a stříkacích boxů, zbytky barev v plechovkách, použité čisticí prostředky (hadry, čisticí vlna, piliny a pod.), upotřebené olejové filtry, použité mazací tuky z demontovaných strojů a zařízení, zbytky z odmašťovacích zařízení po redestilaci organických rozpouštědel, olejové kaly z kalících lázní se zbytky okují a další.

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.

3.4.8 Kovonosné odpady

Při výrobě železa a oceli se používá celá řada chemikálií a vzniká při ní velké množství vedlejších nebezpečných produktů. Povlaky oxidů železa z povrchů se odstraňují mořením kyselinami (sírovou, dusičnou, chlorovodíkovou). Do mořících roztoků se přidávají inhibitory zabraňující 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 značného množství odpadů. Tento odpad může být čistě kovový nebo kovonosný, obsahující kovy ve formě sloučenin a další anorganické i organické látky účelově přidávané při jednotlivých procesech metalurgické výroby nebo těmito procesy produkované. Většina kovonosných odpadů je vzhledem ke svým vlastnostem, zejména toxicitě a karcinogenitě, 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. 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, a někdy se bez obtíží vracejí do výrobního procesu. Jsou to např. obrusy, výseky, rafinační stěry, sole, vyčerpané mořicí a pokovovací lázně, oplachové vody i zmetkové polotovary a výrobky.

Amortizační odpady - se jednak vyskytují samostatně, jednak jako součást tuhého komunálního odpadu. Patří sem použité kabely, plechovky, elektrošrot, výbojky, baterie i komplexní odpady jako jsou ledničky, telefonní automaty, počítače, akumulátory, autovraky i použité filmy, ustalovače, apod. Z amortizačních odpadů je v ČR nejvýznamnější odpad olověných akumulátorů (kap. 3.5), autovraky (kap. 3.6) nebo také stříbro (kap. 3.7).

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.

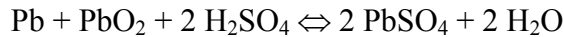
Novým typem kovonosných odpadů jsou druhotné produkty vznikající, při některých postupech zneškodnění tepelnou úpravou - spalováním či vitrifikací. Např. při spalování zbytků barev vznikají popelé s obsahem až 10 % Zn a menšího množství dalších kovů.

3.5 Olověné akumulátory

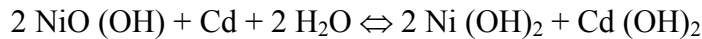
Akumulátory jsou galvanické články, produkující elektrickou energii. Používají se především na startování spalovacích motorů, na pohon aut ve městech v kombinaci se spalovacím motorem (obvykle dieslovým), jako i na pohon malých vozíků určených na vnitropodnikovou dopravu materiálů apod. Nejrozšířenější jsou dva druhy akumulátorů:

- *olověný s olověnými elektrodami*, přičemž elektrolyt tvoří zředěná kyselina sírová,
- *nikl-kadmiový*, přičemž elektrolyt tvoří zředěný roztok hydroxidu draselného.

Zneškodňování použitých autobaterií může představovat nebezpečí pro životní prostředí. Vyplývá to z reakce probíhající v oloveném akumulátoru [7]:



Levá strana reakce představuje nabíjení akumulátoru, pravá jeho vybití. Kdyby se akumulátor úplně vybil, všechnen elektrolyt by se přeměnil na vodu. Běžně však dojde pouze k silnému zředění kyseliny sírové - úplně nabitý akumulátor má hustotu elektrolytu 1,275 kg. dm⁻³, po jeho úplném vybití klesne hustota elektrolytu na hodnotu 1,125 kg. dm⁻³. Chemickou reakci probíhající v Ni-Cd akumulátoru můžeme popsat rovnicí:

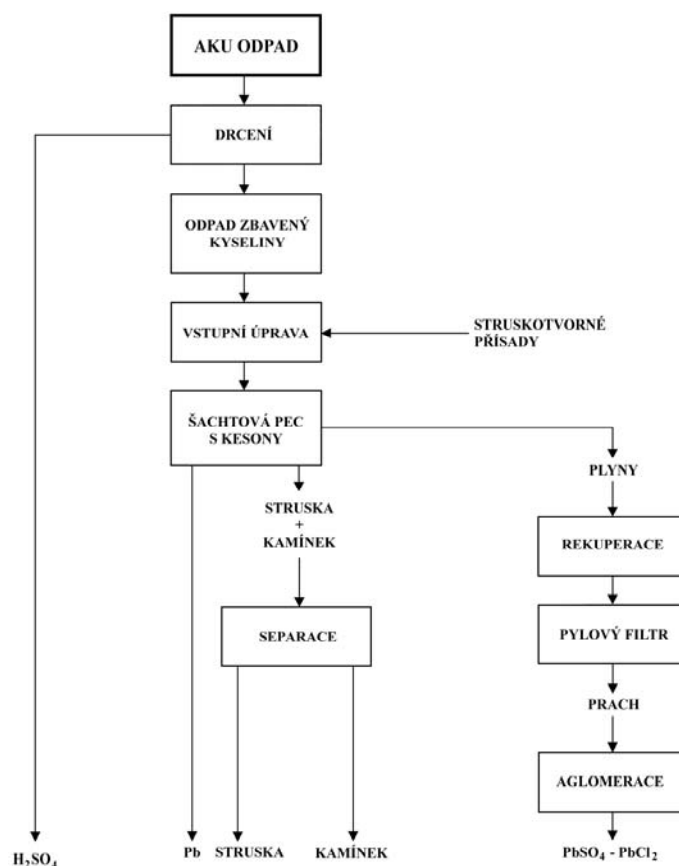


Tady se při vybití akumulátoru spotřebovává voda a stoupá hustota elektrolytu.

Akumulátory mechanicky zbavené kyseliny jsou míchány spolu s ostatními olovenými odpady, vratnou silikátovou struskou, struskotvornými přísadami a koksem a tato směs je dávkována do šachtové pece. Hořením koksu a ostatních organických komponent vsázky jsou taveny a redukovány kovové podíly vsázky a olovo z pece plynule vytéká spodní výpustí. Periodicky je odpichována struska s kamínkem, který je produktem odsíření vsázky, neboť v redukčních podmínkách šachtové pece jsou sírany redukovány a vzniklá síra je vázána na železo obsažené ve vsázce. Kamínek je těžší než struska a tuhne odděleně ve spodní části kokily, je mechanicky oddělen a skládkován.

Plyny obsahující organické látky jsou zavedeny do dohořivací komory, kde za pomoci plynových hořáků dohoří při teplotě nad 900°C a jsou filtrovány na pytlovém filtru. Zachycené úlety jsou taveny se sodou na krátkých bubnových pecích. Surové olovo je dále zpracováváno v rafinaci a po dolegování na požadované slitiny je prodáváno především opět pro výrobu akumulátorů. Dalšími odpady zmíněné technologie (**obr. 3.3**) jsou:

- *silikátová struska a kamínek*; vyhovují parametrům pro zařazení mezi ostatní odpady s možností využití silikátové strusky pro stavební účely (stavba silnic apod.)
- *sodná struska ze zpracování úletů*; je nebezpečným odpadem a je jedinou tuzemskou reálnou možností vývodu chloru z procesu. Je daní placenou za používání PVC separátorů k výrobě akumulátorů v minulých letech.



Obrázek 3.3 - Technologie zpracování akumulátorových baterií

3.6 Odpad ve formě autovraků

Ještě nedávno vyráběné a stále provozované automobily všech značek mají ve svých útrokách nemalý podíl materiálů a látek, které, aniž bychom si to uvědomovali, jsou zdraví škodlivé. Do kategorie ohrožující zdraví lze zařadit i mnohé dřívější výrobní postupy, při nichž se používaly pro zdraví nebezpečné nebo i jedovaté látky - např. rozpouštědla v lakovnách či jedovaté kadmium. Podobně tomu bylo s podílem azbestu v obložení brzd a spojek či v tepelně zvlášť namáhaných těsněních, která se dříve bez azbestu neobešla. Kadmium ani azbest se už delší čas na vozích významných světových firem, ani při jejich výrobě, nepoužívají [7].

Samostatnou kapitolu ve vztahu k životnímu prostředí představují plasty (kapitola 3.8). Jen pro ilustraci je možno připomenout, že automobily střední třídy obsahují cca 100 kg plastových, respektive nekovových dílů. Vzhledem k tomu, že prakticky všechny termoplasty

jsou dále zpracovatelné, z dnes vyráběných automobilů je už možné znovu zpracovávat většinu plastových a nekovových dílů používaných v těchto vozech.

Staré automobily představují velice různorodý zdroj dále využitelného materiálu, který je možno při vhodném vyřídění a po dalším zpracování použít jako vstupní surovinu pro další výrobu. Průměrné materiálové složení vozu střední třídy lze vyjádřit následovně: ocel – 262 kg (30,9 %), ocelový plech - 249 kg (29,3 %), litina - 70 kg (8,2 %), guma - 70 kg (8,2 %), termoplasty - 42 kg (5 %), elektrická instalace - 37,5 kg (4,4 %), sklo - 27,5 kg (3,2 %), neželezné kovy - 22 kg (2,6 %), lak - 12 kg (1,4 %), reaktoplasty - 9,5 kg (11,1 %), ostatní - 48,5 kg (5,7 %).

Prvním krokem po převzetí vozu k recyklaci je jeho vysušení, tj. odstranění všech provozních kapalin, což je zvláště důležité z hlediska kontaminace povrchových a podzemních vod a půdy při dalším zpracování. Demontáž opravitelných dílů a materiálů vhodných k recyklaci před rozdrčením zbytku vozu ve shredderu se jeví jako další nezbytný krok vedoucí ke snížení množství odpadu ukládaného do skládek a současně přispívá k zajištění ekonomické efektivity celého procesu. Demontáž a třídění materiálů vhodných k recyklaci, které nelze ve shredderech spolehlivě oddělit, je též nutno provádět v této fázi a tak napomoci snížení odpadu po shredderování. Též vyřídění dílů obsahujících olovo a měď jako akumulátorů, elektrické instalace a kabelů přispívá k získání čisté suroviny pro následné zpracování. Poměrně cenný zdroj vzácných kovů představují katalyzátory výfukových plynů, ze kterých je možno zpětně vytěžit platinu i rhodium.

Posledním krokem při zpracování autovraku je sešrotování všech dále nepoužitelných částí (karosérie, neopravitelné agregáty, podvozek) na shredderovacím zařízení. Tak je již dnes zpracovááno ve vyspělých státech okolo 80 % starých vozů společně s dalším odpadem. Výtěžnost železa a oceli činí okolo 75 % hmotnosti odpadu, zbytek se většinou dále netřídí a je ukládán na skládky nebo pálen. Cílem veškerého úsilí je tento podíl co nejvíce minimalizovat.

3.7 Odpady s obsahem stříbra

Stříbro je dalším amortizačním odpadem. Kromě šperků se používá na výrobu filmů, různých strojních součástek (jističe, relé, termostaty a pod.), zrcadel, skleněné bižuterie, potřeb pro stomatologické laboratoře, nosiče pro katalyzátory, atd. Odpady jsou cennou

druhotnou surovinou tohoto drahého kovu. Kromě už uvedených výrobků se odpadové stříbro nachází také v ustalovačích používaných na vyvolávání filmů. Z těchto odpadů je možné získat čisté stříbro čistoty až 99,9 %.

Stříbrný odpad je nutné napřed upravit - např. vysrážením stříbra z roztoku, spálením rentgenových filmů, mechanickou úpravou, atd [7]. Z prachu a z kovového odpadu s obsahem nad 95 % hm. stříbra se vyrobí stříbrné anody. Ty se potom zabalí do celulózového vaku, navrch se dává látkový filtrační vak, na jehož dně se zachytí vznikající anodový kal. Takto upravená anoda se zavěsí do keramické vany se zředěnou kyselinou dusičnou, která tvoří elektrolyt. V něm se aniony čistého stříbra dostávají na katodu z nerezivějící oceli, kde se vylučují ve tvaru dendritů (stroměčkovité útvary) s čistotou 99,9 % stříbra. Stěrače lámou a hrnou dendrity na dno vany, odkud se vybírají lžicemi po skončení rafinace. Kovové odpady s koncentrací stříbra od 10 do 96 % hm. přecházejí přes tavírnu do hutě, kde se připravuje surovina na uvedené stříbrné anody. Prach a popel s koncentrací pod 10 % hm. stříbra se přetavuje v šachtové peci.

3.8 Průmysl plastických hmot a gumárenství

Nebezpečné chemikálie, používané při výrobě a zpracování plastů, jsou zejména monomery pro výrobu polymerů, jako je ethylen, fenol, formaldehyd, propylen, styren, vinylchlorid, a rovněž ftaláty sloužící jako plastifikátory. Rovněž výroba a zpracování pryže zahrnuje četné hořlavé monomery jako je styren, butadien a isopren, sloužící k polymeraci, a dále různá plniva, antioxydanty 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, brusy a pod.) jako tzv. vratný či technologický odpad nebo až po upotřebení výrobku - tzv. sběrový (komunální) odpad. Vratný odpad se převážně zpracovává ve výrobních nebo zpracovatelských závodech.

Na druhé straně je předností syntetických polymerů 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.

Polymerní odpady se rozdělují na:

1. Odpady ze zpracování plastů (kap. 3.8.1),
2. Odpady ze zpracování pryže a kaučuku (kap. 3.8.2).

Způsoby využití polymerních odpadů:

a) tepelná degradace a spalování

- *pyrolýza* - zdroj doplňkového paliva (topný olej),
- *hydrolyza* - druhotné suroviny pro průmysl plastů,
- *spalování* - zdroj tepla (kromě 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. Hydrolyzou či alkoholýzou lze například z polyamidů získat znovu polymerizovatelný monomer, z polyaminů diaminy, z polykarbonátů bisfenol, z polyethylenglykoltereftalátů kyselinu tereftalovou a ethylenglykol, a odpovídající kyselinu apod.

Spalování je speciální případ oxidační degradace polymerů, při níž nejdříve vznikají těkavé organické produkty, které se v plynné fázi prudce oxidují. Tento radikální způsob zneškodňování polymerních odpadů je snadno proveditelný a celkem běžný především proto, že všechny polymerní materiály jsou v podstatě snadno spalitelné při teplotách kolem 900°C.

3.8.1 Odpady ze zpracování plastů

Plastické látky (plasty) jsou velmi odolné proti přirozenému rozkladu. Plasty můžeme rozdělit do tří hlavních skupin. *Termoplasty*, které tvoří lineární nebo rozvětvené polymerní látky. Zahříváním měknou, po ochlazení získávají původní pevnost. Po roztavení je můžeme regenerovat nebo přepracovat. *Duroplasty* složené z tekutých monomerů si zachovávají určitou konzistenci po mezní teplotu, charakteristickou pro každý jednotlivý druh těchto plastů. Po roztavení nejsou regenerovatelné. *Elastomery* se skládají z rozvětvených polymerů a při běžné teplotě mají stejnou pružnost jako guma. Na teplo reagují podobně jako duroplasty. Z uvedeného přehledu vyplývá, že recyklovat můžeme pouze první skupinu plastů. Další dvě skupiny můžeme jako odpad zhodnotit pouze pyrolýzou nebo spalováním.

Do skupiny termoplastů patří tyto látky: polyetylén (PE), používá se na balicí fólie a užitkové předměty vyrobené formováním; polypropylén (PP), používá se na balicí fólie, na výrobu trubek a tvarovek a různých technických součástí; polyvinylchlorid (PVC), používá se na výrobu trubek, tvarovek, izolace elektrických vodičů a kabelů; polystyrén (PS), používá se na výrobu tepelně-izolačních desek, nádob, apod. a polyamid (PA), použití nachází v elektrotechnickém a textilním průmyslu.

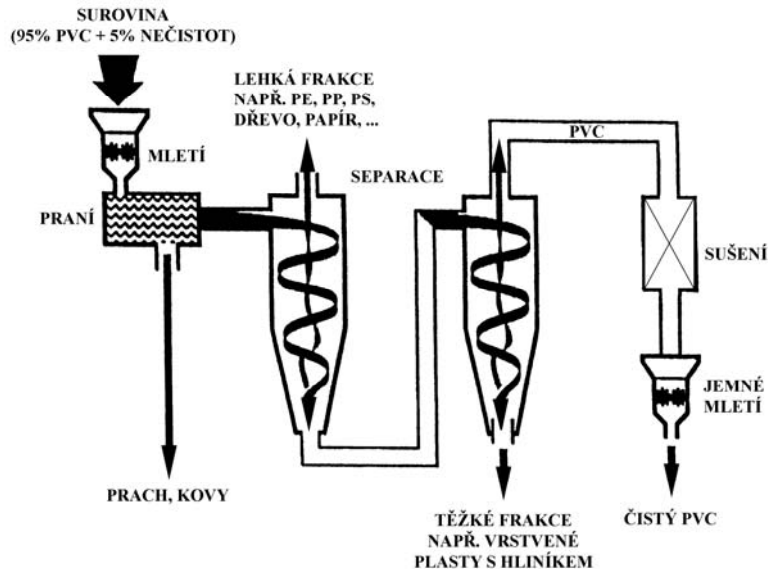
Mezi duroplasty řadíme: polyester (UP), používá se ve stavebnictví a při výrobě laků; epoxidové živice (EP), používají se ve stavebnictví, při výrobě lepidel a laků; fenolové živice (PF), používané ve stavebnictví, výrobě laků a izolačních látek a polyuretan (PUR), uplatňuje se ve stavebnictví a výrobě laků.

Skupinu elastomerů tvoří: přírodní kaučuk (NR), aplikaci nachází ve výrobě hadic, těsnění, měkké i tvrdé gumy; polybutadien (BR), aplikovaný ve výrobě izolace a automobilových pneumatik a polychloroprén (CR), vyrábějí se z něj ochranné oděvy a guma.

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 polyuretanový odpad jako přísada do směsí z termoplastických polyuretanů. 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.

Na **obr. 3.4** je schéma linky na mechanické zpracování odpadů z fólií PVC. Z plastového odpadu, končícího většinou na skládkách, se získávají cenné suroviny.



Obrázek 3.4 – Linka na zpracování PVC odpadu

Kusy PVC fólií se nejdříve hrubě podrtí, a potom se melou v mlyně. Na uvolnění nečistot se do mlýna přidává prací voda. V procesu mletí vznikají stříhová namáhání, a to v součinnosti s přidávanou vodou přispívá k efektivnímu odstraňování nečistot. Nejjemnější nečistoty odcházejí spolu s prací vodou přes bubnové síto. Prací voda se po odseparování částecek prachu a kovů vrací zpět do linky. Hrubší nečistoty (dřevěné třísky, papír, skleněné střepy, kov, jiné druhy plastů, atd.) se separují ve dvou dodatečných technologických stupních v hydrocyklonech.

Popsaná recyklační linka vytváří uzavřený koloběh hodnotných surovin z fóliových odpadů, ze kterých se mohou opět vyrábět fólie. V budoucnosti bude možné úspěšně řešit také zhodnocení starých podlahových materiálů, gramofonových desek, nápojových lahví, okenních rámců, šekových a telefonních karet jako i jiných plastových vyřazených produktů. Především PVC odpady ze stavebnictví, kterých bude v blízké budoucnosti velké množství.

Zpracování polyesterových (PET) lahví

Základní surovinou na výrobu těchto lahví je polyethyltereftalát, který je nejrozšířenější polymer z polyesterových polymerů. Polyesterové lahve jsou průhledné a hygienicky neškodné [1]. Vývoj jejich produkce dokumentuje **tab. 3.2**.

Tabulka 3.2 – Produkce PET lahví ve světě

	Vývoj výroby PET polymerů pro lahve ve světě [kt/rok]					
Rok	1995	1997	1999	2001	2003	2005
Množství	3250	4000	5250	6250	8000	9750

Recyklací těchto lahví se zabývá sdružení evropských firem Petcore. Podle údajů této organizace je množství zpracovaného odpadu takovéto:

Tabulka 3.3 – Zpracované množství PET lahví ve světě

	Množství zpracovaného odpadu podle údajů Petcore [kt/rok]								
Rok	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Množství	13	18	23	28,3	36	61	80	170	219

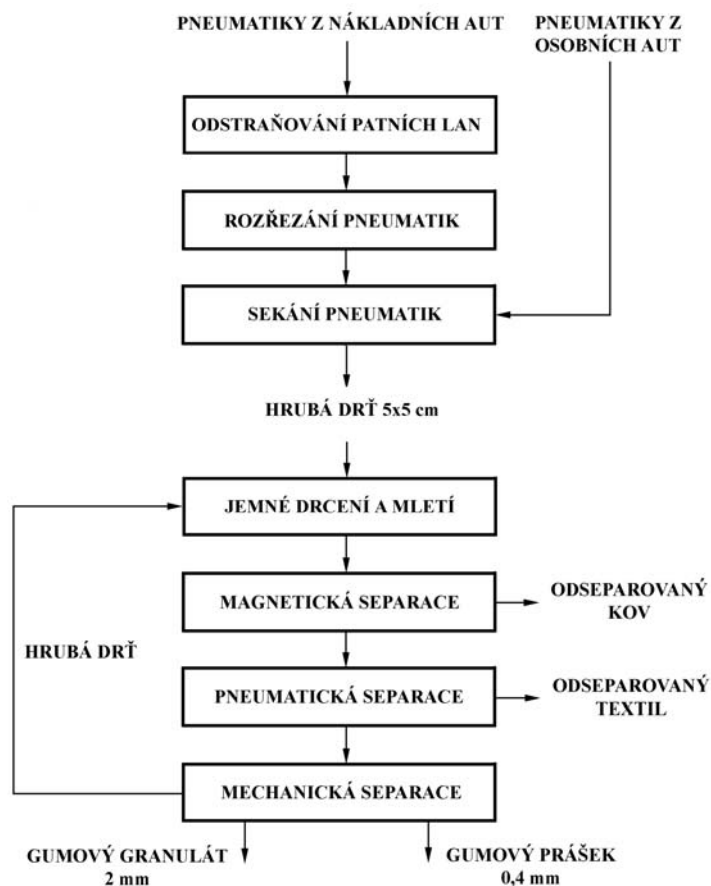
Způsoby recyklace PET lahví:

1. *Mechanický*. Jeho výsledným produktem jsou vločky, které se dále přímo používají na výrobu vláken. Schéma zpracování:
Dopravník ⇒ Nožový mlýn ⇒ Praní a separace ⇒ Vločky ⇒ Zprac. na vlákna
2. *Termický*. Používá se tam, kde není možné vločky zpracovat přímo na vlákna. PET vločky se nejdříve přetaví a připraví se z nich regranulát.
3. *Chemický*. Při tomto způsobu se polyethyltereftalát chemickým způsobem rozloží až na východiskové monomery (kyselinu tereftalovou a etylénglykol). Může se toho dosáhnout několika způsoby, a to:
 - rozkladem metanolem (proces se nazývá metanolýza), která probíhá při teplotě 180 °C a tlaku 2,6 MPa,
 - rozkladem etylénglykolem (proces se nazývá glykóza) a probíhá při teplotě varu této sloučeniny, tj. při teplotě 197 °C,
 - rozkladem hydroxidem sodným.

Regranulát se nejčastěji využívá na výrobu vláken, fólií, pásek, ale v poslední době narůstá jeho využití jako surovina na výrobu PET lahví. Je to dáno také vývojem nových technologií na výrobu lahví, které jsou dnes schopné vyrábět lahve tak, že hmota z recyklátu je obalena hmotou, která z recyklátu nevzešla – primární PET materiál. Prognózu spotřeby recyklovatelného PET v Evropě znázorňuje **tabulka 3.4**.

Tabulka 3.4 – Spotřeba recyklovatelného PET v Evropě

Rok	Vlákna	Fólie	Lahve	Pásky
	[kt/rok]	[kt/rok]	[kt/rok]	[kt/rok]
1996	40	11	4	3
2002	100	20	85	18



Obrázek 3.5 – Schéma zpracování pneumatik

3.8.2 Odpady ze zpracování pryže a kaučuku

Hlavním představitelem odpadní pryže jsou opotřebované – ojeté pneumatiky. Ojeté pneumatiky, gumový a pryžový odpad jsou závažným problémem na celém světě. V důsledku stále narůstajícího motorismu celé společnosti se každoročně zvyšuje podíl ojetých pneumatik, ale také podíl plastových dílů využívaných nejen při výrobě automobilů a ostatních gumových a plastových odpadů vznikající mimo dopravní sféru. Uvedené odpady nejsou biodegradovatelné a proto všechny akce směřují k jejich likvidaci a hlavně dalšímu

využití. Nakládání s opotřebenými pneumatikami, gumovým a pryžovým odpadem je předmětem diskuse již řadu let. Tyto odpady zatěžují životní prostředí, „zabírají“ místo na skládkách a jsou potencionálním zdrojem požárů. Obsahují velké množství energie, kterou lze částečně nahradit výrobou energie z fosilních paliv a tím snížit primárně dopady na životní prostředí [6].

Nebudeme-li se zabírat estetickým aspektem vzhledu krajiny při současném způsobu skládkování, je nutno se na problém likvidace podívat ze zcela jiného pohledu, což znamená nakládat s tímto odpadem jako výchozí surovinou pro možné další zpracování a využití, a to z hlediska gumového odpadu jako strategické suroviny.

Dnes jsou používány čtyři směry při likvidaci pneumatik:

- *protektorování*. Protektorování pneumatik - což je navrácení k původnímu účelu. Proces je dočasný a ojeté protektorované pneumatiky se po ojetí stávají odpadem,
- *spalování v cementárnách*. Nejvýznamnějšími zpracovateli u nás jsou Cementárna Čížkovice s roční kapacitou 9 tisíc tun za rok a Cementárna Mokrá u Brna s kapacitou 18 tisíc tun za rok. Jedná se zde o současné využití odpadu jako paliva a zároveň jako chemického činidla. Cementárny jsou jistě přínosem pro likvidaci pneumatik, ale jejich kapacita je omezena,
- *mechanické drcení a následné zpracování*. Mechanické drcení, při kterém se převádí odpad na surovinu (**obr. 3.5**). Na českém trhu působí tři recyklační linky, které pracují na bázi mechanického drcení, s roční kapacitou 13 kt za rok. Podniky provedou mechanickou destrukci pneumatik, při které rozloží pneumatiku na gumový granulát, ocelové a textilní vlákna. Gumový granulát je vyráběn v široké škále frakcí: granuláty od 0 - 10 mm, floky od 10 - 30 mm a gudreny od 30 - 100 mm. Vyrobený pryžový granulát pak odebírají od výrobců zpracovatelské podniky. Granulát je vhodný pro výrobu elastických povrchů, podkladových pásů, zámkové dlažby, rohoží, dále ho lze využít jako modifikant při výrobě asfaltových povrchů (úspěšná technologie RUBIT, která je v ČR licencovaná a úspěšně testována), a také rovněž lze jemný granulát použít jako absorpční látku pohlcující ropné produkty.
- *skládkování*. V České republice jsou na skládkách desetitisíce tun ojetých pneumatik a podle statistik se ročně tento počet zvyšuje. Část pneumatik na skládkách se využívá jako zátěžový prvek pro krycí fólie, čímž se navždy

surovin v ojetých pneumatikách ztrácí. Ostatního plastového odpadu vzniká ročně více než 3x tolik než uvedeného množství znehodnocených pneumatik.

Surovinové využití se potýká s vysokým energetickým nárokem a výrobci vyrábějící výrobky z drtě se potýkají s odbytem produkovaných výrobků. Pro výše popsané použití lze využít poměrně malou část takto zpracovaných pneumatik.

V oblasti odpadních plastů je situace daleko horší, z množství 200 - 250 tisíc tun roční produkce většina končí na skládkách, část ve spalovnách a nepatrná část čistých obalových materiálů se vrací k recyklaci do výrobních závodů.

Ke komplexnímu dořešení využití likvidace pneumatik, gumového a pryžového odpadu můžeme zařadit *pyrolýzní technologii*, která je schopná zajistit likvidaci těchto odpadových surovin v neomezené míře v rozsahu daného trhu. Pyrolýzní technologie zajišťuje jak energetickou tak surovinovou likvidaci odpadu bez podstatného vlivu na životní prostředí. Lze si zvolit prioritu z hlediska množství surovin, energií a produktů: *plynné* (pyrolýzní plyn); *kapalné* (oleje, benzen, toluen, xylen, výševroucí uhlovodíkové frakce) a *pevné* (dehet, saze).

3.9 Zemědělství

V poslední době je stále více diskutována v odborné i laické veřejnosti otázka znečišťování prostředí ze zemědělské výroby. Je zcela jasné, že v moderní zemědělské výrobě vznikají určitá ekologická rizika a dochází k narušování životního prostředí.

3.9.1 Rostlinná výroba

Rostlinná výroba má řadu negativních účinků na životní prostředí. Vedle necitlivého scelování pozemků, meliorace rozsáhlých ploch a značného stupně chemizace je z ekologického hlediska závažná zejména intenzita hnojení jak průmyslovými tak i statkovými hnojivy. Neustálé zvyšování dávek biogenních prvků vedlo, při snižování obsahu humusu v půdě a tím její sorpční schopnosti, k jejich pronikání do povrchových i podzemních vod. Tím se zvyšuje obsah dusíkatých látek, sloučenin fosforu a dalších prvků ve vodách, v půdě a nakonec i v rostlinách. Zcela specifickým problémem jsou pak těžké kovy.

Hlavními nebezpečnými odpady z rostlinné výroby jsou:

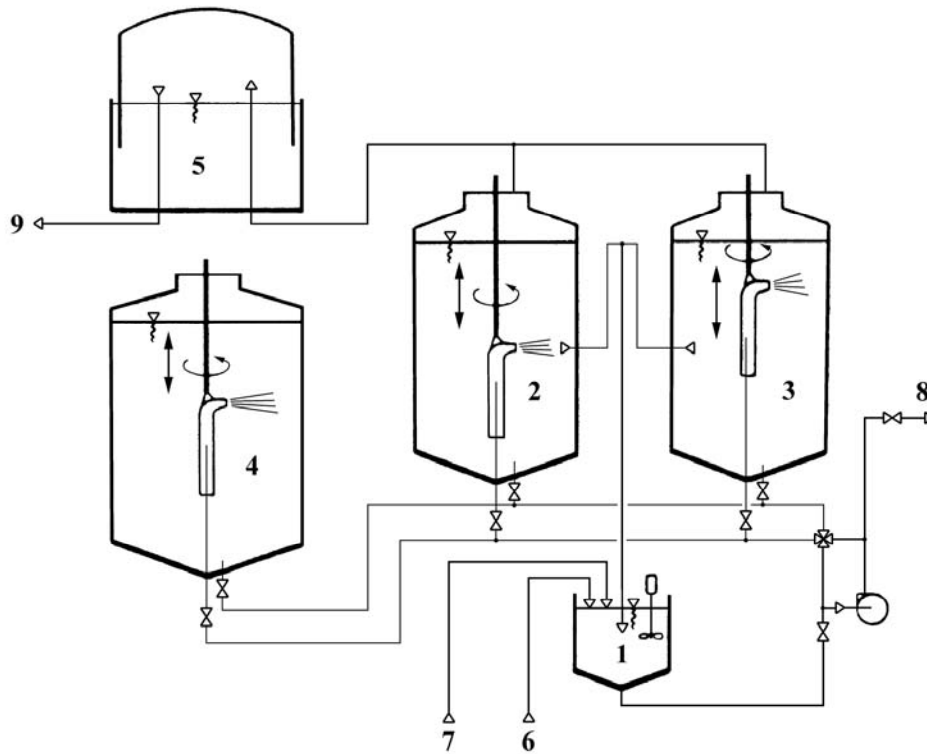
- odpady z moření osiv se zbytky mořidel obsahující Hg,
- obaly z plastů a papíru (pytle) znečištěné mořidly osiv s obsahem Hg,
- zbytkové zásoby jiných anorganických agrochemikálií obsahujících těžké kovy a toxické prvky (Cu, As),
- zbytky organických pesticidů a jiných agrochemikálií.

Způsoby zpracování těchto odpadů nejsou u nás systematicky vyřešeny, jsou známy jen jednotlivé případy řešení, např. spálení zbytků namořených osiv a obalů od nich ve spalovacím zařízení, speciálně vybaveném na zachycení rtuťových par.

3.9.2 Živočišná výroba

V živočišné výrobě je dnes typickým jevem velká koncentrace zvířat v jednotlivých závodech. V těchto závodech došlo ke změně u nás tradičního ustájení stelivového na provozy bezstelivové. Takto je u nás ustájeno asi 12 % skotu, více než 90 % prasat a asi 70 % slepic. Ze stelivových provozů je hlavním z vedlejších produktů *chlévká mrva*, která po správné fermentaci byla vždy pro zemědělství cenným hnojivem. Docházelo zde téměř k dokonalé recyklaci živin a tedy k bezodpadovému provozu. Z hlediska ekologického nepředstavuje tento substrát žádné závažnější riziko, pokud je ovšem správně skladován a používán v odpovídajícím množství. U nás však nyní vzhledem k nevhodným skladovacím prostorám, které nejsou vybaveny zpevněnými nepropustnými plochami s jímkami, dochází ke značným ztrátám organických látek a k ohrožení životního prostředí [7].

Jiným výhodným využitím chlévké mrvy je její řízené fermentování za současného jímání a využívání vznikajícího bioplynu (**obr. 3.6** - 1 - sběrná nádrž s míchadlem, 2, 3 - vyhnívací komory, 4 - nádrž na hnojivo, 5 - plynojem, 6 - přívod tekutého hnoje, 7 - přívod přísad, 8 - odvoz vyhnílého kalu, 9 - odvod bioplynu). K ověřování této technologie bylo u nás vybudováno v Hustopečích zařízení, kde se chlévká mrva po předchozím uložení a samozahřátí na 60 °C na volných hromadách překládá do košů o objemu cca 170 m³ a hmotnosti cca 140 tun. Koš je po naplnění zakryt tepelně izolovaným zvonem a po spotřebování kyslíku začne probíhat anaerobní fermentace. V první fázi se uvolňuje hlavně CO₂ a vodní pára a rychle se zvyšuje podíl metanu až na 50 %. Plyn je jímán v plynojemech a využíván v energetickém hospodářství farmy. Významné je, že ztráty organické hmoty v konečném produktu, tj. fermentovaném hnoji, nejsou vyšší než 25 %, ve srovnání s 70 % při nedokonalém skladování.



Obrázek 3.6 - Vyhňivací systém pro velkochovy hospodářských zvířat

Z bezstelivových provozů vzniká zcela nový substrát, tzv. *kejda*. Základním požadavkem by mělo zůstat její zemědělské využití jako hnojiva, což je v současnosti nejvíce rozšířený způsob. Tento zdánlivě jednoduchý způsob však přináší řadu problémů provozních i hygienických. V mnoha závodech nejsou vybudovány skladovací prostory na kejdu, což nutně vede k jejímu vyvážení během celého roku, tedy i na půdu zasněženou, zmrzlou a silně propustnou. V zemích západní Evropy jsou striktně vymezena období, kdy se kejda nesmí na pole vyvážet (říjen - březen) a z toho vyplývající nutné budování skladovacích jímek až na 8 měsíců.

Kejda z velkochovu prasat má často tak malý obsah sušiny (ředění vodou), že její hnojivá účinnost je minimální. Kejdou se šíří semena plevelů a tím se zvyšuje zaplevelení vyvolávající nutnost dalšího používání herbicidů. Rovněž při jejím zavážení na pole dochází ke značným pachovým zátěžím, jimž lze čelit pouze injektáží do půdy. Odpovídající zařízení se u nás dosud však nevyrábějí. Zejména nebezpečná je možnost šíření nálezů zvířat a lidí. Kejda může obsahovat i patogenní mikroorganismy (např. salmonely), ale i některé viry a vajíčka parazitů. Proto je třeba kejdu v některých případech desinfikovat, což je technicky (v nádržích objemu až 1800 m³) velmi obtížné. Přímé použití kejdy jako hnojiva se ukázalo

natolik problematické, že se hledají cesty jejího vhodného zpracování, kterým by se vyloučily nebo omezily tyto faktory.

Fyzikální způsob zpracování, tj. separace pevného a tekutého podílu však neřeší podstatu problému a nelze jej považovat za reálný. Stejně tak sušení, vzhledem k vysokým energetickým nákladům na odstranění vody, není perspektivní. Mnohem slibnější jsou biologické postupy, s jejichž uplatněním jsou již u nás určité zkušenosti.

Exkrementy jsou bohaté na bílkoviny. Jsou to především odpady z velkochovů prasat, ovcí a ryb, avšak na jejich úpravu jsou potřebné vysoké náklady. Kachní exkrementy jsou využívány na přikrmování kaprů v rybnících, sušené slepičí exkrementy se také přidávají do krmiv. Někde je však přidávání exkrementů do krmiv zakázané - patogenní mikroorganismy, které jsou v nich obsažené mohou ohrozit zdraví konzumujících zvířat a následně také lidí. Exkrementy je možné zpracovat i anaerobní fermentací, přitom vzniká metan.

Kromě organických zbytků z polí používaných na kompostování a zmíněných exkrementů vznikají v zemědělství také další odpady, které jsou cennými sekundárními surovinami. Z nich je nutné uvést především slámu, kukuřičné oklasy apod.

Slámu je možné využít jako: *krmivo; palivo; na výrobu etanolu; na pěstování dřevokazných hub a na podestýlku pro dobytek.*

Objevují se výzkumné práce zaměřené na biochemickou produkci bílkovin ze zemědělských odpadů. Ty mají zajistit plnohodnotnou výživu lidí, dále produkci krmných kvasnic pro dobytek, produkci etanolu jako přísady do kapalných paliv a metanolu pro chemický průmysl.

Přínos produkce bílkovin ze slámy je možné názorně dokumentovat tímto příkladem: kdyby se biochemickou cestou vyráběly bílkoviny ze slámy produkované v bývalém Západoslovenském kraji, stačilo by to pokrýt spotřebu bílkovin pro všechny obyvatele Slovenské republiky. Zároveň by se získaly i jiné produkty a fermentační zbytek by byl se svým obsahem organických a minerálních látek vysoce kvalitním hnojivem. V neposlední řadě je to také zmíněná výroba bioplynu.

3.10 Potravinářský průmysl

V potravinářském průmyslu 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. V potravinářském průmyslu jsou problematické zejména následující látky a odpady [7]:

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

Recyklace těchto odpadů je velmi důležitá, protože jde převážně o organický odpad, který tvoří cennou druhotnou surovinu vhodnou především na biochemické zpracování. Je možné jej použít i na krmiva pro dobytek. Potravinářský průmysl je charakterizovaný rozdílností jednotlivých provozů, proměnlivými vlastnostmi surovin, převážně sezónností výroby, jako i rozmanitostí produktů a jejich častou obměnou. Suroviny se obvykle rychle kazí (znehodnocují).

Důležitými odvětvími potravinářského průmyslu je výroba cukru, zpracování mléka a výroba mléčných výrobků, výroba chleba a pečiva, výroba sladu a piva, masná výroba, výroba nápojů, jedlých olejů a tuků, výroba škrobu a droždí, výroba čokolády a cukrovinek, zpracování zeleniny a ovoce, výroba alkoholických a nealkoholických nápojů. Ve všech těchto provozech se produkuje množství odpadů, které je možno účelně zpracovat a zužitkovat. Tyto odpadové látky jsou většinou biologicky rozložitelné a netoxické. Jejich likvidace je jednodušší než likvidace odpadů z chemického průmyslu.

Odpady z potravinářského průmyslu můžeme zužitkovat takto:

- zpracováním na *krmiva*,
- zpracováním na *aditiva do potravin*,
- zpracováním na různé *průmyslové výrobky* (peří, kůže, rohovina, atd.),
- *jako živiny* (substráty) na kultivaci mikroorganismů - fermentační cestou se takto získají např. organické kyseliny, droždí, etylalkohol, aminokyseliny (z melasy) polysacharidy (ze syrovátky), a pod. Z některých vnitřností hospodářských zvířat se vyrábějí hormony,

➤ na kompost a hnojivo.

Důležitá poznámka: potravinářské odpady není vhodné vypouštět do odpadových vod, nadměrně se tím zatěžují ČOV!

3.10.1 Cukrovarnictví

Cukrovarnická výroba je typickým příkladem komplexního využití suroviny - cukrové řepy. Skrojky listů řepy a vyluhované řepné řízky představují hodnotné krmivo. Odloučenou zeminu je možné vrátit zpět na pole. Saturační kal se používá na vylepšení pH kyselých půd. Nejdůležitější látkou vznikající při cukrovarnické výrobě je melasa, která představuje pro cukrovary odpad, ale pro kvasný průmysl je velmi hodnotnou surovinou. Používá se na výrobu etanolu, kyseliny citrónové, pekařského droždí, krmného droždí atd..

3.10.2 Zpracování mléka

Tady je velmi hodnotnou druhotnou surovinou syrovátka, vznikající jako odpad při výrobě sýrů. Část syrovátky se zkrmuje, část se někde používá na výrobu laktózy, případně se syrovátka přidává do osvěžujících nápojů. Většina mlékáren však má velký problém, jak naložit s touto cennou surovinou. Například mlékárna Milsy v Bánovcích nad Bebravou produkuje 70 tisíc litrů syrovátky denně a pouze 10 % z tohoto množství odebírají zemědělci na krmení domácích zvířat. Zbytek vypouštějí do kanalizace, přičemž se tímto zatěžuje komunální ČOV a zároveň se ztrácí možnost produkovat cenné látky. Fermentací syrovátky je možné vyrobit etanol, kvasniční biomasu a polysacharidy. Z nich je velmi cenným produktem xantánová guma (Xantán). Xantán se používá v potravinářském průmyslu ve výrobě kečupů, mražených pokrmů a krémů, dresingů, hotových jídel, v kosmetickém průmyslu, při těžbě ropy na její vytlačování ze skalních podloží, atd. V lidském těle má více příznivých účinků - snižuje hladinu cholesterolu v krvi, zlepšuje stolici, působí proti střevní rakovině. Fermentace s cílem vyrobit krmné droždí ukázala dobré výsledky.

3.10.3 Pivovarnictví

Hodnotnou druhotnou surovinou jsou tady kaly a mláto, které obsahují aminokyseliny. Používají se jako přísada do krmiv pro dobytek. Při fermentaci piva se produkují pivovarské kvasinky, také bohaté na aminokyseliny. Proto jsou vhodné jako přísada do krmiva, ale použití nacházejí i při výrobě léků (např. Pangamin) a v kosmetickém průmyslu.

3.10.4 Vinařský průmysl

Cennou druhotnou surovinou jsou hroznové výlisky. Jejich zrníčka obsahují bílkoviny a tuky. Je možné je použít jako přísadu do krmiva, nebo extrakt po extrakci barviv a cukru vroucí okyselenou vodou. Získaný extrakt se nechá vykvasit a destilačním procesem se z něj získává brandy. Dále jsou to kvasnicové kaly vznikající při kvašení hroznového moštu. Fermentací se z nich získávají destiláty a kyselina vinná. Mají i vysoký obsah bílkovin a vitamínů (A, B, E). Nejsou však vhodnou přísadou krmiv, protože dobytek jejich konzumaci odmítá kvůli vysokému obsahu kyseliny vinné.

3.10.5 Masný průmysl

Tento průmysl produkuje více druhů vedlejších produktů - krev, kůži, droby, střeva, kosti, chrupavky, šlachy, chlupy a rohovinu jako i odpady, které se dělí na:

- obligátní konfiskáty (oční a nosní výkroje, hrtan, atd.),
- neobligátní konfiskáty (hygienicky škodlivé části jatečných zvířat),
- odpady ze zpracování masa,
- tukové odpady,
- obsahy žaludků,
- mořidla.

Mezi nejhodnotnější vedlejší produkt patří *krev*, která se však ještě stále považuje většinou za odpad. Krev je hodnotným zdrojem bílkovin a je možné ji použít jak na potravinářské, tak i na krmné účely. Důležitý je hygienický odběr krve při porážce zvířat a její co nejrychlejší zakonzervování. V tomto směru se ukazuje jako perspektivní metoda desolfatace, při které se v odebrané krvi nahradí voda jiným rozpouštědlem - výhodné je použít etylalkohol. Mezi důležité suroviny dále patří technické *kosti* (hovězí nohy bez paznehtů, kosti z hlav, koňské nohy bez kopyt). Vyrábí se z nich kostní moučka, různé druhy želatiny, hnojiva, atd. *Kůže* představuje cennou surovinu pro kožedělný průmysl. Vyrábějí se z ní kožené oděvy, opasky, kožená galanterie, kvalitní obuv.

3.10.6 Kožedělný průmysl

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 zužitkovat a zhodnotit [1].

3.11 Těžba dřeva

Lesy poskytují důležitou dřevní surovinu, která se používá v různých oblastech národního hospodářství. Při těžbě dřeva vzniká značné množství odpadu, který můžeme vhodným způsobem recyklovat. Jsou to větve, větvičky, kůra, piliny a odřezky, listí, jehličí a pařezy s kořeny. Tyto odpady můžeme zpracovat přímo v lese, nebo ve specializovaných střediscích, do kterých se odpad sváží [7].

Z kůry a listí můžeme připravit kvalitní kompost. Větve a větvičky je vhodné posekat přímo na místě těžby a připravit z nich dřevní štěpky, ze kterých se potom vyrábí buničina, aglomerované plošné vláknité materiály a po chemickém zpracování i různé organické sloučeniny a bílkoviny. Na tento účel jsou vhodné speciální pojízdné sekačky.

Stromovou zeleň (obsahuje bílkoviny a vitamíny) můžeme použít jako přísadu do krmných mouček. Z pařezů, kořenů a větví vytěžených stromů se extrakcí získávají látky pro farmaceutický a kosmetický průmysl. Pilařské odřezky se zpracovávají na dřevotřískové nebo dřevovláknité desky. Z odpadu se lisováním mezi válci vyrábějí palivové brikety. Jejich výhřevnost se rovná výhřevnosti hnědého uhlí (14 až 17 MJ.kg⁻¹), nevýhodou je vyšší cena v porovnání s klasickým palivem.

Část odpadu z těžby dřeva je však nutné ponechat v lese. Tady se přirozeným rozkladem listů, jehličí, kůry a tenkých větviček vytvářejí živiny potřebné pro růst stromů a lesních rostlin. Tento technicky nejméně využitelný odpad vrací půdě nejvíce živin.

Štěpky z větviček jehličnatých stromů je možno zpracovat na krmnou vitaminovou moučku. Ve výrobě se jehličí oddělí od větviček a větví a vysuší se na moučku. Větve se spalují a vzniklé teplo se používá na ohřev výroby a sušírny.

Z odřezků a podrcených zbytků můžeme vyrobit i dřevobetonové panely vhodné na bytovou výstavbu. Panely mají dobré tepelně-izolační vlastnosti. Dřevěné piliny se také používají na výrobu strojových součástí. Na piliny se působí vodným roztokem močoviny a formaldehydu při teplotě 80 °C. Vzniklá hmota se po předběžném vysušení lisuje při teplotě 140 °C a tlaku 60 MPa. Výlisky mají dobré mechanické a fyzikální vlastnosti.

Jehličí některých dřevin obsahuje až 6-krát více vitamínu C než citróny, více karotenu než mrkev, je zdrojem E vitamínu a esenciálních aminokyselin. Jehličí a listy stromů obsahují chlorofyl.

Jestliže se uvažuje použít odpad jako krmivo pro dobytek, je potřebné narušit strukturu celulózy, která představuje krystalickou formu sacharidů. Můžeme to provést částečným pařením a dodatečným rozvlákněním. U odpadu z bukového dřeva můžeme takto docílit až 55 % stravitelnosti.

Kůru, piliny a podrcené větve můžeme využít jako substrát na pěstování hub, případně na produkci krmných kvasnic povrchovou fermentací. Pěstování jedlých hub na dřevěném odpadu je rozšířené především v Japonsku.

Pařezy a podzemní část stromů tvoří 10 až 26 % hm. z celkové hmotnosti dřevin. Kromě extrakce látek pro farmaceutický a kosmetický průmysl je můžeme využít na topení. Takovýto odpad z 1 ha vykáceného lesa dokáže energeticky nahradit 11 až 36 t hnědého uhlí.

3.12 Zpracování vytěžené dřevní hmoty

Jak jsme již uvedli v předcházející kapitole, přibližně dvě třetiny vytěžené dřevní hmoty je primární surovinou pro nábytkářský, chemický, palivový, stavební, strojírenský, elektrotechnický a báňský průmysl. Už z tohoto přehledu je patrné, jak je dřevní hmota všestranně použitelná. Dřevo zabezpečuje energii, výživu i surovinu pro různé odvětví průmyslu.

Množství jednotlivých druhů odpadů vyjádřené v procentech jsou:

- *odřezky a štěpky* 40 %,
- *piliny* 30 %,
- *ostatní odpad* 30 %.

Tento odpad je možné zpracovat na:

- výrobu tvrdých dřevovláknitých desek,
- výrobu dřevopilinových desek,
- výrobu generátorového plynu (**obr. 3.7**),
- výrobu oleje.

Hlavní výskyt odpadů, kromě zbytků dřeva (kůra, piliny) je při chemickém zpracování, především ve vyluzích z výroby vláknin, dále ve formě odpadních vod, kalech a exhalátech. Tím se snižuje využití dřevní hmoty, zhoršuje životní prostředí a snižuje se i hospodárnost výroby.



Obrázek 3.7 – Výroba generátorového plynu

Při výrobě buničiny se dřevo vaří v roztocích obsahujících chemikálie, přičemž do varného roztoku přechází cca 50 % hmotnosti dřeva, zejména necelulóзовých složek (hemicelulózy, lignin, tuky, vosky, třísloviny a pod., a popel). Výluhy lze po zahuštění ve speciálních kotlích spálit a tím významně zvýšit hospodárnost využití dřevní hmoty. Tím se sice sníží množství tekutých odpadů, avšak zvětší se množství exhalátů a to v takové míře, že je lze považovat za jedno z nejzávažnějších a limitujících kritérií současného rozvoje výroby buničiny z hlediska ohrožení životního prostředí. Při výrobě buničiny sulfitovým loužením

vzniká značné množství oxidu siřičitého (až 20 kg síry na 1 tunu sušiny buničiny). Při denitrifikačním sulfátovém procesu vznikají dále merkaptany a sulfidy.

Výhledově budou výluhy z výroby buničiny využívány i jako zdroj chemikálií, např. vanilinu, dimethylsulfidu, dimethylsulfoxidu a dalších. Z ekologického hlediska je závažné rovněž bělení buničiny. Počítá se proto se zaváděním bezchlorových chemických postupů bělení, tj. takových, které nebudou používat volný chlor. Důvodem je snaha odstranit z bělírnských vod chlorované uhlovodíky, které mají toxické, mutagenní a kancerogenní vlastnosti. Z odpadů pro něž není zatím využití, je možno sice získávat energii spalováním, jejich energetický přínos není ale zatím významný. Proto se hledá vhodnější řešení.

3.13 Biomasa

Jelikož toto slovíčko je v posledních několika letech skloňováno všemi pády, zařadili jsme tento druh odpadu do kapitoly Průmyslové odpady, i když by se dalo polemizovat, jestli se jedná o tento druh odpadů. Pokud však můžeme zemědělství, těžbu a zpracování dřeva, potravinářství apod. považovat za průmysl, pak biomasu můžeme právě tak považovat za stejný druh odpadů, i když nevzniká jen zde, ale také v komunální sféře apod.

Biomasa je organická hmota rostlinného nebo živočišného původu. Jak už bylo uvedeno, je získávána jako odpad ze zemědělství, potravinářství, průmyslové činnosti, ale také jako komunální odpad. Biomasa může být i výsledkem záměrné výrobní činnosti v zemědělství, lesnictví. Je nejstarším, lidmi využívaným zdrojem energie a má obnovitelný charakter. Efektivní a ekologické využití biomasy má minimální negativní vliv na životní prostředí.

Biomasu je možné využívat přímým spalováním i k výrobě ušlechtilých paliv, které podstatně méně zatěžují životní prostředí než klasická paliva (černé a hnědé uhlí, lignit, ropa a jiné). Její výroba je pro životní prostředí spíše přínosem (likvidace odpadů, zalesňování nevyužitých a často nevyužitelných půd), než dobývání fosilních paliv.

V České republice jsou vzhledem k velké rozloze půdy, která je využívána k zemědělským a lesnickým účelům (asi 87% z celkové rozlohy), dobré podmínky pro energetické využití biomasy. K energetickým účelům je možné využít asi 8 mil. tun pevné biomasy. U nás jsou velké rezervy ve využití biomasy v komunální energetice, domácnostech,

průmyslu, zemědělství oproti některým evropským státům (Rakousko, Nizozemí, Dánsko, Německo).

Využití biomasy:

- *výroba tepla* přímým spalováním v topeništích (dřevo, dřevní odpad, sláma, atd.).
- *zpracování na kvalitnější paliva* tzv. fytopaliva (pelety, brikety, bioplyn, etanol, bionafta).
- *výroba elektřiny* (kombinovaná výroba elektrické energie a tepla).

Způsob získávání energie z biomasy je podmínován fyzikálními a chemickými vlastnostmi biomasy (např. vlhkost). Množství vody a sušiny má vliv na zpracování biomasy, tedy i na způsob získávání energie. Hodnota 50 % sušiny je přibližná hranice mezi mokkými procesy a suchými procesy.

Suché procesy - termochemické přeměny biomasy: spalování; pyrolýza a zplynování.

Mokré procesy - biochemické přeměny biomasy: alkoholové kvašení a metanové kvašení.

Fyzikální a chemické přeměny biomasy: mechanické (štípání, drcení, lisování, briketování, peletování, mletí, atd.) a chemické (esterifikace surových bioolejů).

Získávání odpadního tepla při zpracování biomasy: kompostování; čištění odpadních vod a anaerobní fermentace pevných organických odpadů, ...

Biomasa záměrně pěstovaná. Energetické rostliny je možné rozdělit na rychlerostoucí dřeviny a rostliny bylinného charakteru. Výhodou energetických bylin je krátké vegetační období, snadnější výsev, možnost zpracování i na neenergetické účely, možnost rychlé změny druhu rostlin:

- výroba etylalkoholu: cukrová řepa, obilí, brambory, atd.,
- výroba olejů a metylesterů: řepka olejná, slunečnice, len, atd.,

Výroba paliva:

- energetické byliny: řepka, konopí, amaranthus, šťovík, topinambur, komonice bílá, lesknice, psineček, ovsík, kostřava, atd.,
- energetické dřeviny: vrba, topol, olše, akát, platan, líska, atd.,

3.13.1 Biomasa odpadní

- rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby: kukuřičná, obilná, řepková sláma, zbytky po likvidaci křovin a lesních náletů, odpady ze sadů a vinic, luk a pastvin,
- odpady z živočišné výroby: exkrementy hospodářských zvířat, zbytky krmiv,
- lesní odpady: dřevní hmota z lesních probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny, palivové dřevo, manipulační odřezky, klest,
- komunální organické odpady: kaly z odpadních vod, organický komunální odpad, zbytky z údržby zeleně a travnatých ploch,
- organické odpady z potravinářské a průmyslové výroby: odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, z dřevařských provozoven.

3.13.2 Výhody využití biomasy

- biomasa má jako zdroj energie obnovitelný charakter,
- je tuzemským zdrojem energie, který není vázán jen na určitou lokalitu, což znamená úsporu finančních prostředků a energie za dopravu,
- pěstováním energetických plodin je možné využívat přebytečnou zemědělskou půdu. Půdy, které se nehodí nebo nejsou potřebné k potravinářské výrobě,
- likvidace odpadů, zbytek po zpracování lze využít jako hnojivo,
- spalování pevných komunálních odpadů (na jednu osobu připadá cca 500 – 800 kg pevných odpadů za rok),
- energetické využití biomasy má menší negativní dopady na životní prostředí,
- bionafta je zatížena 5% DPH (daň z přidané hodnoty), po dobu 5 ti let je výrobce osvobozen od daně z příjmu, které plynou z výroby bionafty.

3.13.3 Nevýhody využití biomasy (závisí na typu biomasy)

- větší obsah vody a tudíž nižší výhřevnost (dřevní hmota),
- větší objem paliva, vyšší nároky na skladovací prostory,
- nutnost úpravy paliva (sušení, tvarování, atd.) vyžadují investice do nových zařízení,
- u výroby a využití bioplynu poměrně vysoké investiční náklady na technická zařízení, což zvyšuje cenu vyrobené energie,

- poměrně složitá manipulace s palivem ve srovnání s plynem, elektřinou, LTO,
- nutnost likvidace popela,
- lokální využití paliva.

3.14 Kaly z městských čistíren odpadních vod

V čistírnách odpadních vod (ČOV) podle jejich velikosti a typu, přicházejí v úvahu následující druhy kalů:

Surové kaly (z primární sedimentace; biologické kaly (přebytečný aktivovaný kal) a směsné surové kaly.

Stabilizované kaly, to jsou kaly, které prošly procesem stabilizace (aerobní, anaerobní) takže již dále nepodléhají biologickému rozkladu (po anaerobní stabilizaci; aerobně stabilizované kaly a tepelně stabilizované kaly). Tyto kaly jsou buď tekuté (93 - 98% vody) nebo odvodněné (30 - 50% vody) [7].

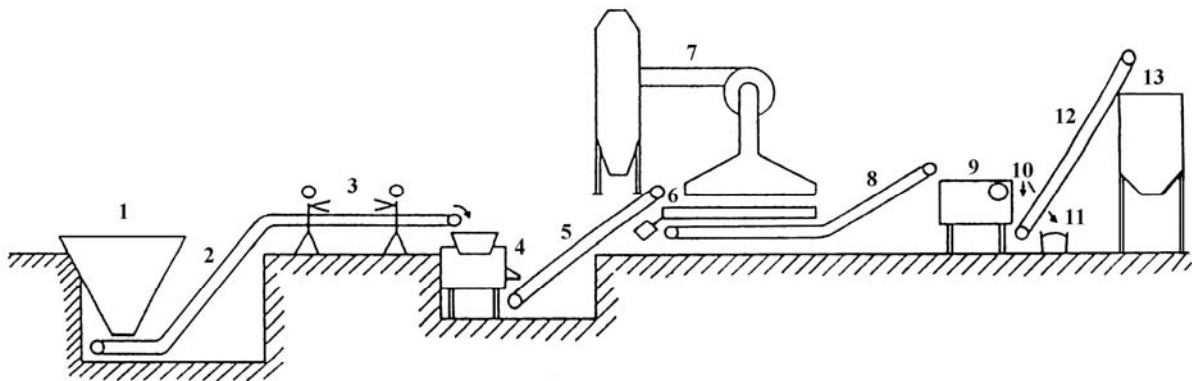
Čistírenské kaly jsou složitou heterogenní suspenzí anorganických a organických látek odseparovaných z odpadních vod nebo vzniklých při technologických procesech čištění odpadních vod. Surové kaly obsahují různorodé patogenní mikroorganismy, produkty biologického rozkladu a ve zvýšených koncentracích těžké kovy (Zn, Cu, Co, Pb, Hg, Cr, Cd). Čistírenské kaly se zpracovávají: zahušťováním; stabilizací (biologickou, chemickou, termickou); odvodněním (flotace, odstředění) a desinfekcí.

Nejrozšířenější metodou biologické stabilizace kalů je anaerobní stabilizace, při níž vzniká jako vedlejší produkt bioplyn. V zahraničí se stále více používají ke stabilizaci a zpracování čistírenských kalů termické procesy (spalování, pyrolýza s výrobou paliv a tavení zbytků po pyrolýze na škváru, ve které jsou pevně vázány těžké kovy a kterou lze využít jako stavební materiál).

3.15 Odpady ze sklářských provozů

Navzdory explozi plastických látek v oblasti obalových materiálů má sklo svoje nezastupitelné místo, ba dokonce je možno říci, že jeho spotřeba začíná růst. Proto je velmi důležitý sběr skleněných střeptů, které jsou významnou složkou sklářského kmene, protože

ulehčují tavící proces. Do vsázky se jich přidává až 40 % hm. ze sklářského kmene. Tímto se šetří nejen primární suroviny (především soda), ale i energie na tavení. Platí, že každé procento střeptů ve vsázce snižuje asi o 0,3 % spotřebu energie na tavení. To znamená, že přidáním uvedeného množství skleněných střeptů se sníží spotřeba energie na tavení minimálně o 10 %. Důležité je však separovat sklo podle barvy, v komunální sféře to vyžaduje separované kontejnery. Navíc, střepty nesmí obsahovat cizorodé nečistoty, jejich rozměr nemá přesahovat 5 cm, zároveň to však nesmí být skleněný prach. Velmi důležitým faktorem je dále čistota střeptin – skleněný odpad má být bez nečistot, kterými mohou být kovy (železo a hliník), anorganické látky (porcelán, šamot) jako i organické látky (papír, plasty a pod.) [12].



Obrázek 3.8 – Linka na zpracování odpadového obalového skla

1 – zásobník; 2 – dopravník; 3 – ruční odstraňování keramiky, kamenů a plastů; 4 – válcový drtič odpadů; 5 – dopravník; 6 – vibrační síto; 7 – vzduchotechnické zařízení s cyklónem; 8 – dopravník; 9 – separátor neželezných a železných částí; 10 – čisté skleněné střepty; 11 – kovové části; 12 – dopravník; 13 – zásobník čistých skleněných střeptů.

Dalším důležitým faktorem přidávání střeptů do sklářského kmene je, že při jejich absenci je třeba teplotu ve sklářské peci zvýšit až na 400 °C, což se nepříznivě odrazí na její životnosti. Při optimálním přídávku střeptů (40 % na hmotnost vsázky) je životnost tavící pece asi 20 měsíců, při polovičním přídávku pouze 16 měsíců. Význam recyklace odpadového skla je možné dokumentovat následujícím příkladem: když se vrátí do sklárny 100 mil. odpadových lahví a jiných výrobků, ušetří se 30 kt sklářského písku, 100 kt sody, 6 kt topného oleje, 18 tisíc MWh elektrické energie a 76 milionů m³ zemního plynu.

Nejjednodušší je recyklace odpadů (střeptů) v rámci sklárny. Z tohoto hlediska je možné sklářskou technologii považovat za velmi čistou (z hlediska tvorby odpadů). Odpadové sklo z komunální sféry musí být roztríděné - vyžaduje je to separovaný sběr podmíněný disciplinovaností obyvatelstva a zbavením nečistot. Sklo se třídí podle barvy do samostatných sběrných nádob. Separované sklo je třeba potom zpracovat. Na tento účel je vhodná např.

linka, která je vyobrazena na **obr. 3.8**. Linka má být zastřešená. Obalové odpadové sklo se ze zásobníku vede dopravníkem na ruční třídění. Tady se odstraní keramické střepy, kamení, plasty a velké kusy kovů. Vytríděné sklo se drtí ve válcovém drtiči a třídí se na vibračním síti. Tu se z něj odsává papír a jiné lehké příměsi. Kovový podíl se odstraňuje v separátorech na neželezné a železné kovy. Čistý skleněný produkt se dopravuje do zásobníků, ve kterých je připravený na odvoz do sklárny.

Za nebezpečné odpady ze sklářských výrob je možné považovat [7]:

- 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).

Hlavním problémem recyklovaných skleněných střepů je tedy 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 jsou dále odpadní kaly z neutralizace kyselin používaných k leptání skla (směs HF a H₂SO₄).

3.16 Odpady z textilního průmyslu

Textilní průmysl zpracovává celou řadu nebezpečných chemikálií pro výrobu syntetických polymerních vláken. V některých případech se textilní polymery, zejména při zvlákňování, rozpouštějí v potenciálně nebezpečných rozpouštědlech. Četné další chemikálie se využívají v různých textilních výrobcích, jako je bělení, odtučňování vlny, odšlichtování, barvení a jako maziva a antistatická činidla. Mnohé z těchto barviv jsou škodliviny či toxické látky, např. nitroso sloučeniny, nitrofenoly, azosloučeniny, aromatické aminy a sirné sloučeniny. Jsou to zejména odpady mající charakter: vláken (textilní vlákna vznikající jako odpad při výrobě, v čistírnách, mykárnách a doprácích strojích); nití (vznikající zejména v průběhu výroby přízí); plošných textilních útvarů (odstřižky tkanin, pletenin, netkaných textilií) a nesortimentních odpadů (prach a pod.).

3.17 Odpady z energetického průmyslu

Odpady z energetického průmyslu mají zcela jiný charakter než z většiny ostatních průmyslových odvětví, jak co do složení tak i způsobu zneškodňování a možností využití. Hlavní druhy odpadů z energetického průmyslu jsou ze všech typů výroby energie (tepelné elektrárny, teplárny, kotelny) shodné, tj. popel, popílek a škvára. Nepříznivé vlivy popílku jsou chemické a zejména mechanické. Z chemických vlivů je to především jeho sklon k cementování. U vod vzrůstá působením popílku jejich tvrdost a alkalita. Z mechanických účinků je to hlavně vysoká brusnost zrníček popela, které vyvolávají často oční záněty. Částice o velikosti 0,2 - 5 μm pronikají do plic a při vyšším obsahu SiO_2 způsobují zaprášení plic (silikózu).

Popel obsahuje desítky procent oxidu křemičitého, hlinitého a železitého, stopy oxidu hořečnatého, fosforečného, alkalit, atd. Významné je uplatnění popela v zemědělství. Zde se používá na zaorávání do těžkých půd, přičemž se mění fyzikální vlastnosti půdy. Snižuje se odpor při její obrábění, zvyšuje se propustnost pro vlhkost, klesá hustota a zvyšuje se pórovitost. Popel příznivě ovlivňuje i chemické vlastnosti půdy, snižuje se odběr dusíku, o trochu se zvyšuje odběr fosforu a výrazně roste odběr draslíku [7]. Tímto se dosáhne zvýšení hektarových výnosů. Popel je možné přidávat i do kompostů. V některých zemích (USA, Velká Británie, Francie, Holandsko, a jiné.) se přidává do násypů a zemních konstrukcí, aby se tyto stavby zhutnili.

Hlavní použití popílku je ve stavebnictví, kde se využívá jak v průmyslové výrobě stavebních hmot, tak i ve stavební výrobě (stavební práce na stavbách). Technicky nejrozšířenějším způsobem využívání popílku je jeho zpracování při výrobě pórobetonu, kde kapacita jeho výroby již plně kryje potřeby našeho stavebnictví. Nadějná je také možnost využívání popílku v cihlářské výrobě. Popílek a struska zde slouží jako ostřívo, které zlepšuje podmínky při sušení a příznivě ovlivňuje i jakost konečného výrobku.

Největší rezervy v oblasti výroby stavebních hmot jsou v rozšíření použití popílku k výrobě cementu. Značné možnosti jeho uplatnění jsou při výstavbě vozovek, kde lze také dosáhnout velkých úspor cementu. V současné době se úspěšně rozvíjí využití popílku jako částečné náhrady cementu při výrobě betonu ve velkých stavebních závodech. Přídavkem 50 kg kvalitního popílku na 1 m^3 betonové směsi lze dosáhnout úspory až 20 kg cementu třídy 250. Částečnou nevýhodou jsou zvýšené požadavky na kvalitu popílku ve výrobě maltovin.

V těchto případech se požaduje obsah spalitelných látek pod 5 %, obsah síry menší než 3 % a vyhovující granulometrické složení.

Vzhledem ke snaze zneškodňovat co největší množství elektrárenských popílků, hledají se praktické možnosti jeho využití v zemědělství. Podmínkou jeho využití je ovšem znalost účinků různých druhů popílku na zemědělské plodiny a jejich vlivů na výživný režim půdy. Podstatný rozdíl je mezi popílky odebranými ze složiště, které nejsou většinou toxické pro rostliny, a mezi popílky čerstvě odebranými od odlučovačů v elektrárně, které zpravidla poškozují řadu zemědělských plodin již při nízkých dávkách. Každé složiště popílku však představuje zdroj významného znehodnocení životního prostředí, především pro svou prašnost.

Škvára, jako další energetický odpad, se běžně používá jako stavební materiál u nás i v zahraničí po mnoho let. U nás je v provozu několik závodů postupně zpracovávajících staré haldy škváry, které se tvořily po dobu desítek let, tím současně přispívají k ochraně životního prostředí. Škvára se dále využívá k přípravě betonových směsí pro různé druhy škvárového betonu a to k výrobě výplňových, izolačních nebo nosných betonových prvků. Škvára musí být ovšem před použitím do škvárového betonu volně uložena alespoň šest měsíců, nejlépe na nekrytých odvalech nebo skládkách. Použití čerstvé škváry se nepovoluje.

3.18 Odpady ze stavební činnosti

Odpady ze stavební činnosti lze rozdělit podle druhů výstavby a podle druhů materiálu na: odpady z pozemních staveb a odpady z dopravních a inženýrských staveb a jejich provozů.

Převažující složkou stavebních odpadů jsou zeminy a další výkopové materiály. Jsou to materiály inertního charakteru, což usnadňuje jejich další využití ve stavební činnosti pro méně náročná použití. Hlavní možností využití zemin a výkopových materiálů je přímo na stavbě pro zásypy výkopů a násypů u zemních prací. Další možností je jejich využití k vytváření protihlukových valů u komunikací, případně terénních valů. Zatím se tyto možnosti využívají jen zřídka [1].

Stavební suti vznikají při bourání *pozemních staveb* a jejich složení závisí na druhu, provedení a stáří staveb. Obsahují zejména: cihlové zdivo, zeminu, beton nebo železobeton, vápenopískové materiály, maltu, sádku, keramické materiály, dřevo, plasty, kovy, papír,

asfalt, dehet, barvy, lepidla. Úprava stavebních sutí je ekonomicky výhodná tehdy, jestliže z těchto odpadů vzniknou hodnotné, konkurenceschopné výrobky. Cihelné a betonové drti lze např. použít jako přísadu do betonu, vyžaduje to ovšem předběžné rozdělení materiálů podle druhů [14].

Při demoličních pracích u pozemních staveb vznikají i odpadní materiály, které sice nelze zahrnout mezi stavební sutě, ale přesto mohou být účelně využity, např. zlomkové cihly z demolic, stavební dřevo, stavební sklo, stavební a betonářská ocel, plasty a jiné materiály. Silniční demoliční materiály mohou být na bázi asfaltů či hydraulických pojiv a mohou obsahovat složky dehtové, obrubníky, dlažební kostky, beton, písek, štěrk, zeminu a pod. Lze je bez další úpravy použít jako sytný materiál pro protihlukové valy a k vylepšení základní vrstvy a vrstvy spodní stavby komunikací.

Stavební odpady ze stavenišť jsou všechny zbytky, které vznikají při provozu v nové výstavbě a asanaci staveb. Největší podíl tvoří inertní materiály jako písek, kamenivo, zemina, zbytky betonu. Z ekologického hlediska nejsou stavební odpady většinou nebezpečné pro své okolí, protože neobsahují zdraví škodlivé ani toxické látky, pro velké objemy však značně zatěžují skládky. Některé stavební odpady, zejména ty, které jsou kontaminovány asbestem, dehtovými či jinými chemickými látkami, mohou však být i odpady zvláštními či nebezpečnými.

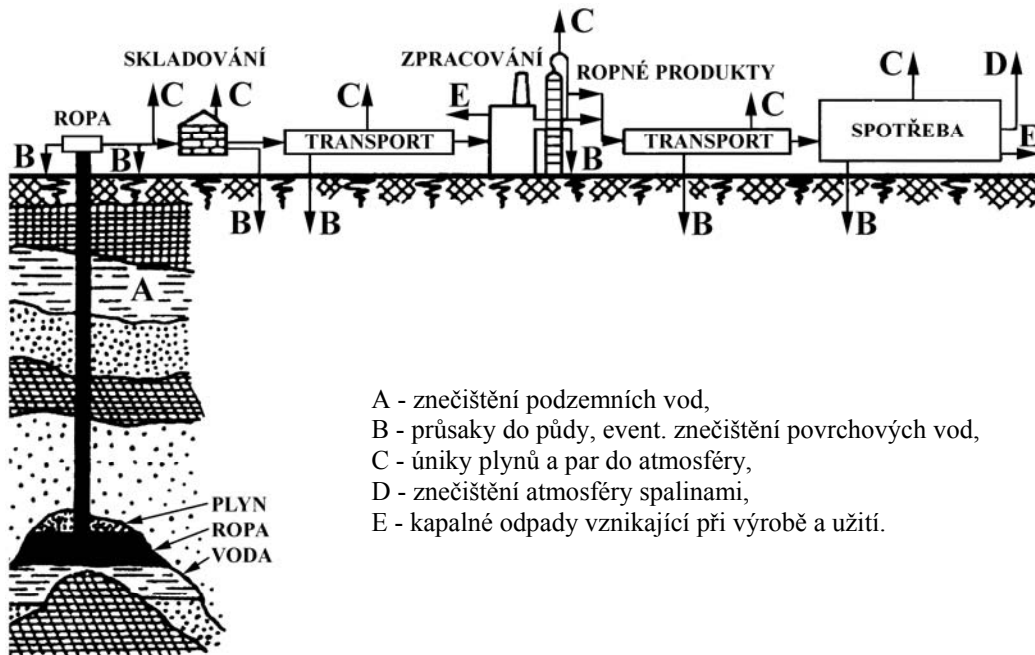
Stavební odpady se dosud většinou vyvážejí na skládky, kde se ukládají společně s ostatními odpady. Teprve v posledních letech se začíná prosazovat snaha o jejich recyklaci – opětovné využití, zejména vzhledem k nedostatku skladovacích prostor a zvýšení cen přírodního kameniva. Předpokladem dalšího využití stavebních odpadů je, aby jejich technická kvalita vyhovovala kvalitě primárních stavebních materiálů.

U odpadů ze stavenišť určených pro úpravu je třeba dbát na to, aby nebyly znečištěny cizími odpady, protože odstraňování znečištění značně prodražuje jejich zpracování. Z celkového množství stavební sutě lze až 40 % využít jako inertní materiál, ostatních materiálů (dřevo, kovy) se vytřídí asi 10 %, zbytek třeba ukládat na skládky.

Úpravny pro třídění stavebních odpadů mohou být mobilní nebo stacionární. *Mobilní úpravny* se používají pro přímé nasazení na staveništích a lze na nich zpracovávat výkopové zeminy, asfalt, zlomkový beton a cihly či sutě z demolic. *Stacionární úpravny* umožňují vzhledem ke své velikosti a vybavení přípravu kvalitních výrobků při vysokém výkonu. Vedle těchto zařízení používají se i mokré úpravny, ve kterých probíhá rozdruzování a část nebo celý proces třídění za mokra, přičemž procesní voda cirkuluje.

3.19 Odpady z těžby, dopravy a zpracování ropy

Ropa je stále jednou z nejvýznamnějších a prozatím zcela nepostradatelných průmyslových surovin. Ve světě se jí těží a zpracovává zhruba 3 miliardy tun ročně. Rozhodujícím způsobem se podílí na světové výrobě energie [7]. V automobilové a letecké dopravě mají výrobky z ropy naprosto výsadní postavení, které si nesporně udrží ještě několik dalších desetiletí. Lze však očekávat, že podíl energetického zpracování ropy bude postupně klesat a zvyšovat se bude její využívání jako ušlechtilého zdroje uhlíku pro chemický průmysl (petrochemie), které činí prozatím pouze cca 17 % z množství těžené ropy. Bohužel, ve všech fázích kontaktu s ropou, počínaje průzkumnými vrty a konče užitím ropných výrobků, vznikají plynné, kapalně a v určitých případech i tuhé odpady. Místa jejich vzniku v uvedené linii jsou zřejmá z obr. 3.9.



Obrázek 3.9 - Znečištění prostředí ropou, ropnými výrobky a produkty jejich užití

3.19.1 Odpady z těžby a dopravy ropy

Při průzkumu nových nalezišť a při těžbě ropy není prakticky možné zcela vyloučit kontaminaci prostředí ropnými látkami. Hlavními zdroji kontaminace jsou zaolejované výplachové kapaliny vynášející odvrtnou zeminu z vrtu, hlubinné vody s vysokou solností, pomocné chemikálie a plynné exhalace zemního plynu, uhlovodíků a sulfanu. Dnes je již zřejmá snaha minimalizovat ekologické dopady z vrtných prací a těžby. Používají se méně toxické, lépe odbouratelné přísady do výplachových kapalin. Zatěžovací složky výplachu jsou

např. na bázi netoxických kovů, povrchově aktivní látky výplachu jsou biodegradabilní, ropné odpady se shromažďují ve zvláštních prostorech, apod. Kapalné odpadní proudy z těžby ropy se již léta úspěšně zpracovávají tak, že se na vhodném místě, např. některou z průzkumných sond v okolí těžního vrtu, vracejí do podzemí.

Ropné kaly vznikající při dopravě a skladování ropy a další směsi ropných látek získávané při likvidaci ropných havárií představují velmi složitou směs látek z hlediska fyzikálního (složitě disperzní systémy) i chemického (přítomnost organických anorganických i komponent a vody). Jedná se zpravidla o heterogenní směs vody, asfaltických a pryskyřičnatých ropných zbytků s obsahem vylučujících se vyšších parafinů a s příměsí minerálních látek. Nejde však o nebezpečný odpad a lze jej zpracovávat například spalováním po úpravě ropných kalů. Pro lepší manipulaci se používají technologie briketování a granulace. Při spalování ropných kalů je třeba vzít v úvahu, že se v nich koncentruje síra, dusík, vanad a nikl v podobě organických sloučenin. Spaliny jsou tedy kyselé a v popelovinách jsou vysoké obsahy vanadu a niklu. Jinou možností je nízkoteplotní pyrolýza ropných kalů a jiných organických odpadů při 450 – 600 °C, při které se získávají využitelné hořlavé plynné podíly a kapalné frakce, přičemž zpevnělé zbytky lze spalovat, či použít pro výrobu sazí. Ropné kaly lze také podrobit oxidaci, podobně jako se provádí u asfaltů, přičemž se získají podobné produkty použitelné pro izolační a stavební účely.

3.19.2 Odpady ze zpracování ropy

Při zpracování ropy vznikají jednak *plynné emise*, a jednak *kapalné odpady*.

Emise plynů a par v rafineriích vznikají z menší části jako odpady z technologických procesů a z větší části jako úniky při skladování a manipulaci s ropou a směsmi ropných látek.

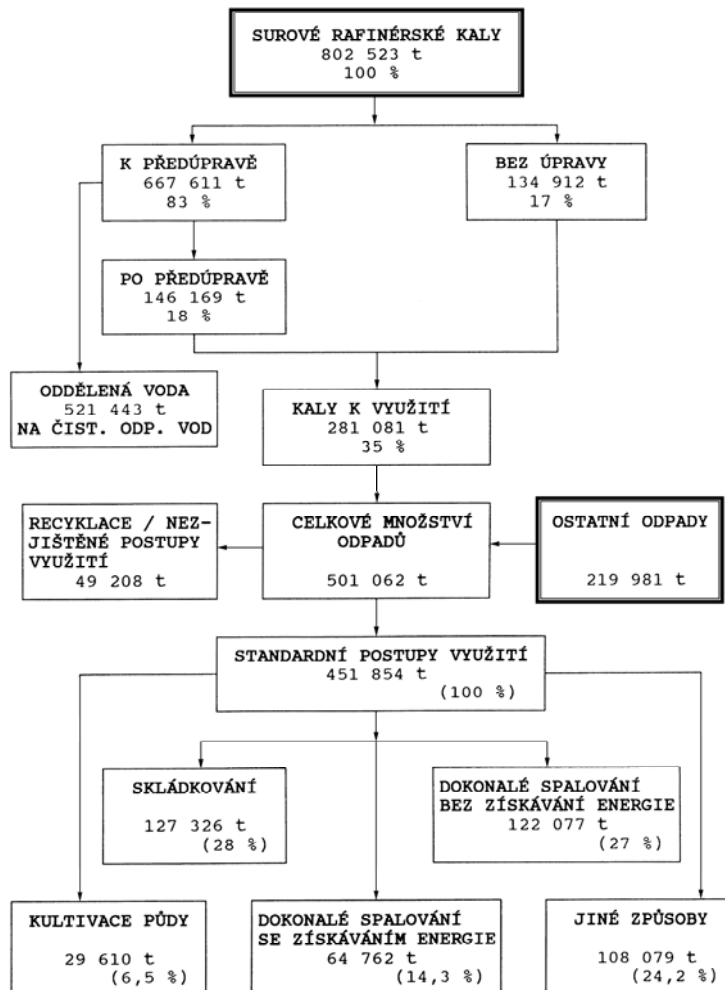
Při skladování a manipulaci s těkavými ropnými frakcemi přesahují úniky uhlovodíkových par mnohokrát emise technologické. Ztráty uhlovodíků nepříznivě ovlivňují výkyvy teploty, proto se preferují podzemní nádrže. Ty jsou však snadněji napadány korozí, jsou obtížně kontrolovatelné a případné úniky ropné frakce do prostředí se nesnadno identifikují.

Účinky emisí závisejí na meteorologických podmínkách, topografii terénu a přítomnosti jiných reaktivních složek v ovzduší. Většina exhalací, které produkují závody na zpracování ropy, jsou fotochemicky neaktivní, tvorbě smogu přispívají jen olefiny, acetyleny a některé aromatické uhlovodíky tvořící asi 6,5 % z uhlovodíkových úniků. Uhlovodíky obecně mají však nepříznivý účinek na stabilitu ochranné ozónové vrstvy Země.

Kapalné odpady vznikající v závodech na zpracování ropy se obvykle třídí do následujících skupin:

- rafinérské kaly,
- různé kapalně zbytky a polotuhé nebo tuhé odpady, z nichž část vzniká ve vlastním technologickém procesu a část při předúpravě kalů,
- upotřebená rafinační činidla a chemikálie.

Celkové bilanční schéma odpadů a způsob jejich zpracování uvedené na **obr. 3.10** charakterizují stav v 75 evropských rafineriích v roce 1986.



Obrázek 3.10 - Vznik rafinérských odpadů a způsoby jejich zpracování

3.20 Vznik a zneškodňování odpadů vznikajících při užití ropných výrobků

Jak již bylo dříve uvedeno, převážná část těžené ropy (cca 83 %) se ve formě vyráběných produktů spaluje, a to jako paliva pro dopravní mechanismy (uhlovodíkové plyny, benzín, letecké palivo, motorová nafta), tak jako topné oleje. Vedle dalších zdrojů fosilního uhlíku, jako jsou zemní plyn a u nás hlavně uhlí, se tak podílejí na efektu, který je stále intenzívně sledován, a to postupným zvyšování obsahu CO₂ v atmosféře (skleníkový efekt).

Vedle produktů spalování, jsou v poslední době stále více sledovány, zejména v souvislosti se stavem ozónové vrstvy Země a ochranou čistoty vod a půdy, následující odpady:

- *těkavé organické látky* (Volatile Organic Compounds - VOC),
- *upotřebené mazací oleje* (UMO).

3.20.1 Těkavé organické látky

Skutečnost, že emise par organických látek do prostředí by mohla výrazněji ovlivnit kvalitu ovzduší, byla zjištěna v USA až podrobným výzkumem provedeným v 70. letech. I když se nejdříve soudilo, že emise jsou ovlivněny především odpařováním lehkých složek automobilových benzínů, zjistilo se v USA a později i v Evropě, že skladba těchto látek je následující (tabulka 3.5):

Tabulka 3.5 - Roční ztráty těkavých organických látek v západní Evropě

Zdroje	Podíl na ztrátách odparem [%]
Organická rozpouštědla	40
Uhlovodíky ve výfukových plynech	25
Provozní ztráty odparem v automobilech	10
Ztráty při plnění automobilů	2
Distribuce benzínu	3
Rafinerie	3
Ostatní	17
Ztráty odparem celkem	10 000 kt / rok

Přestože je z uvedené tabulky zřejmé, že užití rafinérských produktů není převažujícím zdrojem znečištění, přesto představuje velmi významnou kontaminaci prostředí organickými látkami.

3.20.2 Upotřebené mazací oleje

Upotřebené mazací oleje (dále jen UMO), představují dnes druhotnou surovinu se specifickou vazbou na recyklaci z užití zpět do rafinerie a s mimořádně významným ekologickým dopadem této vazby.

Výroba mazacích olejů a dalších typů maziv se podílí již řadu desetiletí pouze zhruba 1 % na spotřebě těžené ropy. Charakteristickým rysem této skupiny výrobků z ropy je však šíře jejich sortimentu a národohospodářský význam projevující se v možnostech snížení výrobních ztrát způsobených třením, opotřebováním zařízení a korozí, které se v průmyslově vyspělých státech podílejí až 4,5 % na vytvořeném hrubém národním produktu. Vedle toho jde o výrobky, které se vesměs při svém užití spotřebovávají jen zčásti. V minulosti se nabízela možnost, a nyní se prosazuje stále větší nezbytnost, vracet použité oleje zpět do procesu výroby původních výrobků, nebo je jinak využít.

Využití UMO prošlo za období od 20. let minulého století, kdy se v USA začalo s jejich systematictější využíváním, výraznými zvraty, až do dnešní doby kdy je ve světě vyvinuto komplexní schéma využívání UMO do natolik efektivní podoby, že tuto velmi cennou druhotnou surovinu lze shromažďovat, zpracovávat a znovu distribuovat do užití ekologicky naprosto „čistým“ způsobem, a to ve všech fázích tohoto procesu.

Jsou to:

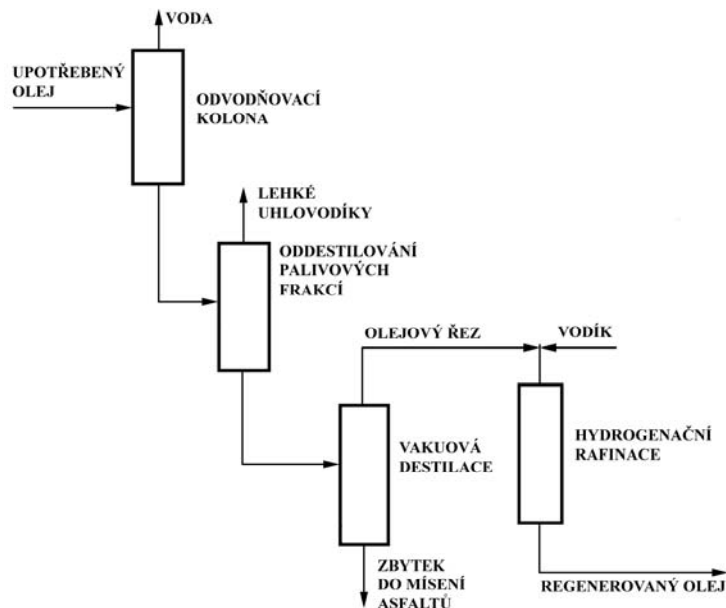
a) *organizovaný sběr* UMO s potřebnou soustředovací a dopravní infrastrukturou. Touto činností se zabývá poměrně malý počet specializovaných firem, tvořících odnože velkých petrolejářských koncernů,

b) *technologie regenerace* UMO se přizpůsobila míře jejich kontaminace, která je stále rozmanitější a vzniká v podstatě dvojím způsobem: *genetickým vznikem a hromaděním nečistot a sekundárním znečištěním*

Je zřejmé, že pro racionální využívání UMO jako druhotné suroviny je nezbytné disponovat co nejpodrobnějšími údaji o jejich složení. Zároveň se přitom vychází z moderních přístupů ke sběru UMO, jejich analytického hodnocení i volby sledu technologických operací regenerace, který se ve světě ustálil na následujícím schématu, zabezpečujícím eliminaci těžkých kovů i eventuálně přítomných chlorovaných organických látek (viz **obr. 3.11**):

- *odvodnění,*
- *oddestilování lehkých podílů,*

- *vakuová destilace,*
- *hydrogenační rafinace.*



Obrázek 3.11 - Blokové schéma regenerace UMO

I když tomuto postupu patří nesporně budoucnost, stále přežívá i kyselinová rafinace a kontaktní dočištění hlinkou, samozřejmě s dokonalým zneškodněním vznikajících odpadů, včetně odplynů, především kontrolovaným spalováním.

Regenerovaný olej se pak rozdestilovává, frakce se mísí a aditivují podle normovaných ukazatelů tak, že finální výrobek se minimálně vyrovná produktu vyráběnému přímo z ropy.

3.21 Radioaktivní odpady

Radioaktivní odpady (dále jen RAO) se liší od ostatních nebezpečných odpadů především tím, že jimi produkované ionizující záření může působit na okolí i tehdy, je-li zajištěno, aby v odpadech obsažené radioaktivní látky nemohly do tohoto okolí přecházet. Toto nebezpečí tzv. vnějšího ozáření okolních organismů a věcí je však spíše zdrojem technických komplikací při manipulaci s RAO, než významnou složkou celkového rizika z existence RAO. Lze je totiž celkem snadno eliminovat s využitím tří možností: *vzdálenost, stínění a omezení doby expozice* [7].

Obtížnější je zamezit průniku radionuklidů z RAO do životního prostředí. Situace je zde podobná, jako při nakládání s toxickými odpady; jsou zde však i dva významné rozdíly. První se uplatňuje zejména u odpadů s vyšší měrnou aktivitou a spočívá v tom, že ionizující záření způsobuje chemické změny i v neživém okolí, takže např. při inkorporaci RAO do inertních materiálů je nutné volit matrice tak, aby po potřebnou dobu odolávaly radiačním vlivům. Absorpce ionizujícího záření dochází k zahřívání RAO i produktů jejich zpracování; u vysoce aktivních RAO tento efekt nelze zanedbat. Druhou odlišností RAO je, že díky samovolnému rozpadu v nich obsažených radionuklidů jejich měrná aktivita a tím i nebezpečnost s časem klesá. Existují RAO (zejména ve skupině tzv. institucionálních odpadů), u nichž stačí k jejich zneškodnění využít výhradně tohoto tzv. *vymírání*.

Podle bilancí, provedených v SRN a USA, podílejí se RAO na celkovém riziku, které pro celou populaci představují veškeré nebezpečné odpady, asi jedním procentem.

Hlavním „producentem“ radioaktivních odpadů jsou jaderné elektrárny včetně navazujících výrob a úprav (palivové články, chladicí média apod.). Z hlediska typů vznikajících RAO lze rozdělit palivový cyklus jaderných elektráren na několik základních částí: těžba a zpracování uranových (případně thoriových) rud; výroba palivových materiálů a paliva; provoz jaderné energetických zařízení a přepracování vyhořelých jaderných paliv.

3.22 Odpady z jiných výrob a provozů

- náplně elektrických zařízení obsahující PCB (Delor, Delotherm, atd.), kondenzátory znečištěné PCB,
- směsi chemikálií z výroby fotomateriálů (anorganické i organické sloučeniny),
- pevné a kapalné zbytky z výroby elektrografických materiálů (hořlavé!),
- kalový koláč z odsiřovacích zařízení energetických provozů, obsahující těžké kovy; hlavní podíl tvoří CaSO_4 ,
- odpadové obaly z neměkčeného PVC,
- odpady z výrob světelných zdrojů obsahující Hg, luminofory a skleněné střepy,
- elektrotechnické součástky a díly (výkonové elektrotechnické součástky, nízkovýkonové elektronické součástky, hybridní obvody s keramickým substrátem, tištěné spoje obsahující měď a textil, obrazovky barevné

i černobílé, chemické zdroje proudu jako Ni-Cd akumulátory, pojistky, jističe, stykače apod.).

3.23 Ekologické aspekty průmyslových odpadů

Nebezpečné průmyslové odpady mohou způsobovat akutní i dlouhodobé ohrožení životního prostředí:

- *krátkodobé* (akutní) nebezpečí představuje např. akutní toxicita při jejich vdechování, požití nebo průnikem kůží, korozivita, poškození kůže či očí při kontaktu s nimi, nebo nebezpečí požáru či exploze,
- mezi *dlouhodobá* nebezpečná působení na životní prostředí lze zahrnout chronickou toxicitu při dlouhodobé či opakované expozici, karcinogenitu, odolnost vůči detoxikačním procesům jako je biologická rozložitelnost nebo potenciální nebezpečí znečištění povrchových nebo podzemních vod.

Četné odpady, které nepředstavují akutní nebezpečí, mohou však způsobovat dlouhodobá ohrožení vzhledem k jejich fyzikálním nebo chemickým vlastnostem. Např. akutní nebezpečí některých halogenových uhlovodíků je malé, protože jsou nehořlavé a mají jen malou akutní toxicitu. Mohou však představovat závažné nebezpečí na skládkách, protože vzhledem ke značné odolnosti proti rozkladu mohou ohrozit podzemní vody.

Jejich dlouhodobé nebezpečí závisí na zvoleném způsobu jejich uložení či zneškodnění, protože odpady, obsahující škodlivé kontaminanty mohou být nebezpečné jen tehdy, jestliže mohou proniknout do prostředí. Nebezpečné odpady se zpracovávají a zneškodňují různými postupy, z nichž mnohé nemusí být ekologicky nezávadné. Mezi používané ekologicky nevhodné postupy patří zejména: ukládání na místech nedostatečně zajištěných proti kontaminaci povrchových a podpovrchových vod; skládkování kalů na skládkách, při kterém průsaky mohou ohrozit podzemní vody; spalování bez kontroly emisí toxických či korozivních plynů do ovzduší a také vypouštění do vodotečí nebo čistících systémů takových odpadů, u kterých není známo jejich potenciální nebezpečí pro prostředí.

3.24 Odstraňování nebezpečných odpadů

Základ koncepce odstraňování nebezpečného odpadu spočívá ve: vybudování sítě regionálních sběrů nebezpečného odpadu; vybudování ústředních zařízení na odstraňování odpadu a vybudování ústředních skládek. Důležitou roli hraje také transport nebezpečných odpadů. Hlavním problémem dopravy tohoto druhu odpadů je výběr vhodných dopravních prostředků, dostatečné využívání jejich kapacit a minimalizace dopravních nákladů. To vše musí být podřízeno požadavku bezpečnosti přepravy, tj. technickému a organizačnímu zabezpečení přeprav proti ekologickým haváriím. Souběžně s tím je třeba řešit způsoby odstraňování následků případných havárií dopravních prostředků, spojených s poškozením nákladu.

V systému nakládání s nebezpečnými odpady by měla být přeprava omezena na míru nezbytně nutnou. Přepravovat by se měly pouze odpady upravené, balené, solidifikované atd. s cílem snížit možná ekologická rizika. Kapalné odpady by se neměly vůbec přepravovat s výjimkou svozu menších množství kapalných odpadů v bezpečných obalech od drobných producentů do míst jejich zpracování nebo zneškodnění.

Důležitým faktorem ovlivňujícím značně činnost přepravy odpadů je volba způsobu manipulace s odpadem, která je zase závislá na rozsahu třídění odpadů, způsobu sběru odpadů a ovlivňuje velikost přepravních obalů. Vlastní sběr se provádí do lehkých a poměrně jednoduchých přepravních prostředků do obsahu cca 1m³, zatímco přeprava odpadů ze shromažďovacích stanic se uskutečňuje převážně většími přepravními prostředky.

3.25 Základní koncepce nakládání s průmyslovými odpady

Z hlediska nakládání s odpady jsou nejvýhodnější takové technologie, při nichž lze zamezit vzniku odpadů přímo ve výrobě, případně takové, u kterých lze vznikající odpady recyklovat.

Například moderní zpracovatelský chemický závod (a nejen ten, i ostatní průmyslové závody, respektive odvětví) by měl vzniklé odpady recyklovat přímo ve výrobě. Jedná-li se o nebezpečné odpady (ať již z výroby či recyklační jednotky), je třeba je dopravit do střediska jejich zneškodnění. Nebezpečné odpady vznikají zvláště při těch výrobcích, ve kterých se zpracovávají toxické chemikálie.

Nakládání s odpady musí být technologicky, technicky i legislativně řízeno podle následujících zásad, seřazených podle klesající priority.

U producenta:

1. odpady nevznikají vůbec - bezodpadová či máloodpadová technologie,
2. nevznikají nebezpečné odpady,
3. nevznikají zvláštní odpady,
4. vzniká pouze minimální množství odpadů,
5. odpady se vracejí do výroby přímo,
6. odpady se vracejí do výroby po vytřídění,
7. odpady se třídí a prodávají jako druhotné suroviny,
8. toxické odpady se detoxikují,
9. objem odpadů se zmenšuje drcením, lisováním, oddělením vody.

Ve specializovaných provozech a zařízeních:

10. odpady se přepracovávají do formy využitelné v národním hospodářství,
11. odpady se fyzikálně, chemicky nebo biologicky přepracovávají za vzniku energie či produktů využitelných v národním hospodářství,
12. odpady se detoxikují za účelem jejich ukládání,
13. odpady se zpevňují za účelem ukládání,
14. odpady se ukládají v původní nebezpečné formě, protože žádná úprava není možná.

3.26 Základní postupy zpracování a zneškodňování průmyslových odpadů

K základním způsobům zpracování a zneškodňování průmyslových odpadů patří vedle skládkování postupy *tepelné, fyzikální, fyzikálně chemické, chemické a biologické*.

Tepelné způsoby: spálení organických odpadů se zajištěným výstupem spalin podle stupně nebezpečnosti; pyrolytický rozklad organických odpadů; tavení do strusky nebo škváry a tepelný rozklad (např. kyanidů).

Fyzikální způsoby: odpařování; destilace; extrakce kapalným či plynným médiem; filtrace a tepelná sublimace.

Chemické způsoby: oxidace; neutralizace a srážení; redukce a chemické rozrážení.

Fyzikálně-chemické způsoby: speciální technologie; elektrodekontaminace; odsolování a rozklad pomocí ionizujícího záření.

Biologické způsoby: anaerobní rozklad a bakteriální dekontaminace.

Účinný zpracovatelský postup musí být vždy kombinací několika základních postupů, aby procesem bylo dosaženo:

- maximálně možné využití odpadu jako druhotné suroviny nebo energetického zdroje,
- produkce minimálního množství druhotných, tzv. konečných odpadů,
- tvorba takových konečných odpadů, které není třeba dále upravovat před uložením, tj. odpadů tuhých (nejvýše pastovitých), nerozpustných, nehořlavých, neobtnavých, nesublímujících atd.

Na celkovou inventarizaci produkovaných odpadů u jednotlivých původců musí nutně navázat další informační blok, který určí:

- všechny možnosti dalšího nakládání s jednotlivými odpady,
- výstupní produkty - využitelné složky a konečné odpady,
- způsob nakládání s konečnými odpady.

4 ZÁKLADNÍ POSTUPY ÚPRAVY ODPADŮ

Intenzifikace průmyslové výroby, vzrůstající životní úroveň občanů, rozšiřování spotřebního sortimentu znamenají v cyklu výroba – spotřeba neustále se zvyšující výskyt odpadního materiálu, který svou podstatou musí být považován za zdroj užitkových surovin a to ve všech odvětvích lidské činnosti. Netypický stav a složení těchto materiálů (odpadů, respektive druhotných surovin) klade pro využití jejich cenných složek vysoké technické nároky na jejich úpravu. Vzhledem k rozmanitosti druhů těchto surovin se rozsah úpravnických postupů stále rozšiřuje, modifikuje, a tím specializuje. Úpravnictví pro tuto specifickou oblast surovin by mělo být neoddelitelnou součástí moderních výrobních postupů, aby se přepracováním odpadů vznikajících přímo ve výrobě dospělo k bezodpadovým technologiím [1].

Dosavadní úprava a zpracování vychází z klasických úpravnických postupů aplikovaných při zpracování uhlí, rudných i nerudných surovin apod. Cílem úpravy je dosažení potřebné konzistence, tvaru, objemu, atd. daného zpracovávaného – upravovaného materiálu. Volba úpravnických pochodů a zařízení k zajištění tohoto cíle musí vždy respektovat stav a původ zpracovávané suroviny a způsob dalšího – navazujícího způsobu zneškodňování (odpadů) nebo úpravy (druhotné suroviny, nerostné suroviny apod.).

Souhrnně se při zpracovávání surovin uplatňují tyto směry úpravy:

1. Zmenšování kusovosti – mechanické zdrobňování:
 - a) lisování,
 - b) dělení (stříhání, pálení),
 - c) drcení (kap. 4.1.1), mletí (kap. 4.1.2).
2. Odlučování jednotlivých složek materiálů:
 - a) základní postupy: třídění (kap. 4.2.1), rozdružování (kap. 4.2.2),
 - b) odvodňování
 - c) jiné (speciální) postupy (kap. 4.2.3).
3. Zkusování:
 - a) spékání – aglomerace (kap. 4.3.1),
 - b) peletizace (kap. 4.3.2),
 - c) briketace (kap. 4.3.3).

Celá oblast úpravnictví je předmětem intenzivního vývoje ve směru vypracování nových technologií i výroby nových strojů.

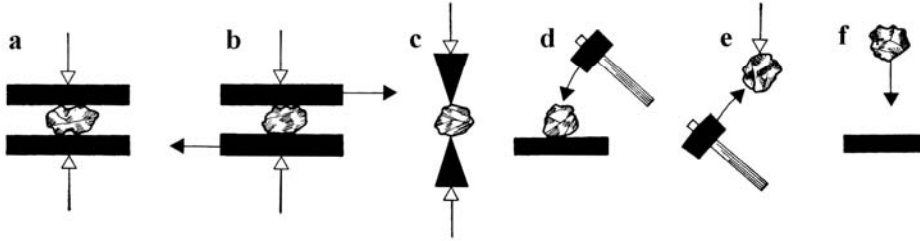
4.1 Mechanické zdrobňování

Při úpravě, respektive likvidaci průmyslových a městských odpadů se používají kromě běžných typů drtičů a mlýnů i různé speciální zdrobňovací stroje a mechanismy. Složení odpadů z domácností je poměrně stálé a převládají v nich kromě odloženého papíru různé organické a minerální látky. Dále se v nich vyskytují různé obaly z plastů, láhve, skleněné střepy a různé vyřazené kovové předměty. Na rozdíl od městských odpadů je složení průmyslových odpadů z různých závodů velmi rozmanité. Způsoby jejich likvidace a zpracování závisí na konkrétních podmínkách. Při zdrobňování průmyslových odpadů se používají speciální jednoúčelové stroje.

Stroje používané při likvidaci průmyslových a městských odpadů musí svou konstrukcí a robustním provedením odpovídat druhu a vlastnostem zdrobňovaných surovin. Způsob, jakým tyto stroje zpracovávají odpady zdrobňují, je zpravidla značně vzdálený průběhu drcení nebo mletí v běžně používaných drtičích a mlýnech avšak svou konstrukcí a principem se k těmto drtičům blíží [2], [3].

Pracovní elementy těchto strojů mívají podobu trhacích zubů, nožů, hrotů, nůzek nebo pil. Nože a nůzky se mohou používat při zdrobňování plasticky deformovatelných materiálů. Pracovní elementy na způsob pil se uplatňují jen při křehkých odpadech. Plastické odpady, jako je pryž nebo plasty, se zdrobňují snadněji řezáním. Podobně se likvidují i některé vláknité materiály. Pracovní elementy strojů, kterých se používá při likvidaci průmyslových a městských odpadů, se vyrábějí z oceli s 0,8 až 1,5 % uhlíku. Příklad 0 až 2 % manganu nebo chromu nebo 0,2 % vanadu zvyšuje podstatně tvrdost pracovních elementů. Vynikající vlastnosti mají slitiny obsahující 3 až 6 % wolframu.

Při zdrobňování je materiál drcen a rozrušován působením vnějších sil, přičemž se nejvíce uplatňuje namáhání tlakem a smykem. Z části jsou drcené kusy namáhány i na ohyb. Namáhání zrn na ohyb se uplatňuje obvykle jen v malé míře. Zdrobňované materiály jsou v pracovním prostoru drtičů a mlýnů rozmačkávány, roztírány nebo štěpeny tlakem, smykem, úderem nebo nárazem. Základní způsoby zdrobňování jsou znázorněny na **obr. 4.1**.

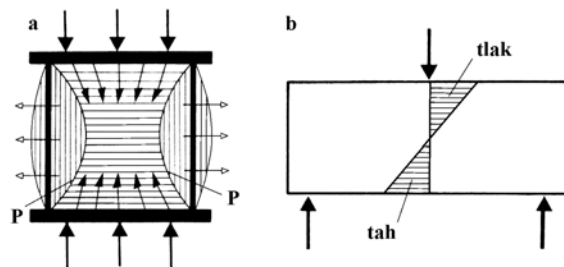


Obrázek 4.1 - Základní způsoby zdrobňování

V drtičích a mlýnech se uplatňují zpravidla různé způsoby namáhání jednotlivých zrn současně. V čelistových drtičích různých typů je hornina rozmačkávána tlakem mezi dvěma čelistmi, z nichž jedna je pohyblivá (**obr. 4.1a**). Hornina může být zdrobňována i takovým způsobem, že na drcené kusy ležící na nepohyblivé podložce se udeří kladivem nebo jiným nástrojem (**obr. 4.1d**). V drtičích s rýhovanými čelistmi nebo jinými drtičícími elementy opatřenými různými výstupky nebo hroty je materiál nejen rozmačkáván, ale současně i štěpen (**obr. 4.1c**). Při vzájemném pohybu drtičích ploch kolmo ke směru tlakových sil je materiál zdrobňován roztíráním (**obr. 4.1b**). Početnou skupinu zdrobňovacích strojů tvoří takové drtiče a mlýny, v nichž jsou volně padající kusy nebo zrna zdrobňována rázy rychle se pohybujících kladiv nebo lišt (**obr. 4.1e**), nebo takové, v nichž je zdrobňovaný materiál vrhán prudce na nepohyblivé pancéřové desky (**obr. 4.1f**). V drtičích a mlýnech se kombinuje obvykle několik současně působících způsobů zdrobňování. Výjimku tvoří např. nyní již nepoužívané stoupy, v nichž byly rudy zdrobňovány pouze údery dopadajících pěcholů (**obr. 4.1d**) [2], [3].

Skutečný průběh zdrobňování se liší od právě uvedených schémat především tím, že se v provozních drtičích nebo mlýnech nezdrobňují nikdy jednotlivé kusy. Zdrobňuje se vždy současně velký počet kusů nebo zrn, přičemž dochází i k jejich vzájemným nárazům a vzájemnému otírání. V některých průmyslových oborech se místo názvu zdrobňování používá velmi často nevhodné a věcně nesprávné označení rozpojování nebo též mechanické rozpojování. Zaměřují se přitom dvě zcela rozdílné věci. Zdrobňování je pracovní pochod, jehož účelem je zmenšit velikost kusů nebo zrn nerostných surovin, nebo jiných materiálů. Cílem rozpojování však není zmenšení velikosti kusů dobývaných surovin, ale jejich uvolnění z ložiska (sloje, žíly nebo vrstvy) pomocí trhavin, tlakem vody nebo působením klínů, nožů apod. Při rozpojování bývá zpravidla zdrobnění dobývané suroviny nežádoucí, nebo dokonce škodlivé.

Při tlakových zkouškách pevnosti v lisu vznikají ve vzorku charakteristické smykové plochy P, podél kterých dochází k odlamování drolicích se kousků na jeho bocích (**obr. 4.2a**). Jestliže je zrno namáháno na ohyb, vyvolávají ohybové síly tlak i tah (**obr. 4.2b**). Vzhledem k tomu, že pevnost hornin v tahu je mnohem menší než pevnost v tlaku, bylo by výhodné, kdyby bylo možno je drtit nebo rozemílat tím, že by byly namáhány především na ohyb. To však není proveditelné, neboť poloha jednotlivých, současně zdrobňovaných zrn mezi drtícími čelistmi nebo při doteku s drtícími nebo mlecími tělesy je zcela nahodilá. Přesto však při drcení zrn protáhlého tvaru mezi čelistmi některých drtičů může být podíl zdrobňovaných zrn zčásti namáhaných na ohyb dosti značný.



Obrázek 4.2 – Mechanické zatěžování materiálu (a – tlak, b – ohyb)

Hranici mezi drcením a mletím určuje velikost rozpojeného zrna a je uvedena v tabulce č. 4.1, která obsahuje také údaje o volbě typu drtiče a mlýna.

Tabulka č. 4.1 – Hranice velikosti zrna při zdrobňování

Stupeň rozpojování		Zrnitost produktu	Optimální typ drtiče nebo mlýna
[-]		[mm]	[-]
Drcení	hrubé	nad 125	čelistový, kuželový ostroúhlý drtič
	střední	nad 25	kuželový tupoúhlý drtič
	jemné	do 25	kladivový, odrazový, válcový drtič
Mletí	hrubé	do 3 (do 6)	tyčový, autogenní mlýn
	střední	0,08 – 0,8	kulový, bubnový, autogenní mlýn
	jemné	0,03 – 0,08	kulový – troubový mlýn
	velmi jemné	0,01 – 0,03	kulový – troubový, vibrační mlýn
		0,003 – 0,01	tryskový, koloidní mlýn

Pro volbu drtiče nebo mlýna jsou rozhodující především: fyzikální vlastnosti zdrobňovaného materiálu; velikost zrn produktu před zdrobňováním; velikost zrn produktu po zdrobňování a požadovaný výkon v ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) nebo ($\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$).

Jednou z hlavních technických charakteristik drtičů a mlýnů různých typů je stupeň zdobnění (u drtičů stupeň drcení, respektive stupeň mletí u mlýnů). Je určen poměrem maximální velikosti zrna před a po zdobňování [2], [3]:

$$s = \frac{z_1}{z_2} \quad (4.1)$$

kde s je stupeň zdobnění; z_1 – maximální velikost zrna před zdobňováním a z_2 – maximální velikost zrna po zdobňování.

Potřebný stupeň drcení z hlediska technologického ovlivňuje volbu vhodného zdobňovacího zařízení, přičemž vyšší stupeň drcení nebo mletí umožňuje zdobňovat na žádanou velikost při menším počtu strojů zařazených za sebou. Podle konstrukčně vymezeného stupně drcení a mletí lze sestavit posloupnost uvedenou v **tabulce č. 4.2**.

Tabulka č. 4.2 - Stupeň zdobnění drtičů a mlýnů

Druh zdobňovacích strojů	Stupeň zdobnění
Čelistové drtiče	3 až 6
Kuželové drtiče	5 až 7
Kuželové drtiče tupouhlé	5 až 20
Válcové drtiče s hladkými válci	3 až 4
Válcové drtiče s ostnatými válci	8 až 10
Kladivové drtiče jednorotorové	10 až 15
Odrazové drtiče a mlýny	10 až 40
Tyčové mlýny	12 až 30
Kulové mlýny	větší než 50 až 100
Autogenní mlýny	větší než 80 až 200

Obdobně lze zdobňovací efekt vyjádřit redukčním poměrem podle vztahu [2], [3]:

$$R_{80} = \frac{D_{80}}{d_{80}} \quad (4.2)$$

kde R_{80} je redukční poměr; D_{80} – okatost síta, jímž propadne 80 % (hmotnostních) materiálu před zdobňováním (mm) a d_{80} – okatost síta, jímž propadne 80 % materiálu po zdobňování (mm).

Drcení a mletí patří k nejdražším pracovním postupům. Například při úpravě klasických nerostných surovin, konkrétně v úpravách rud dosahují provozní náklady až 45 % celkových nákladů na úpravu. Při provozu mlýnic a drtíren je proto potřebné nadměrné rozpojování omezovat navíc také proto, že zbytečné předrcení a přemílání vede prakticky vždy v následném rozduřování k technologickým ztrátám užitkové složky. K potlačení

zbytečného drcení a přemílání slouží samozřejmě správná volba typu drtiče nebo mlýna včetně využití principu selektivní drtitelnosti a melitelnosti.

4.1.1 Drcení

Na rozdíl od různých nerostných surovin, jejichž úprava nebo další zpracování vyžaduje, aby byly jemně zdrobňovány, mohou být některé jiné suroviny, jako kamenivo, stavební odpady, pryž apod., zužitkovávány po pouhém rozdrobení. Množství drcených a dále již nezdrobňovaných surovin je v poměru k množství surovin, které musí být rozemílány, poměrně velké. Proto, ačkoli je měrná spotřeba energie při drcení mnohem menší než při mletí, dosahuje světová spotřeba energie na drcení různých materiálů téměř jednu čtvrtinu veškeré energie spotřebované při drcení a mletí. Podíl energie spotřebované při drcení různých nerostných surovin je tedy poměrně velký.

Drcení je důležitým pracovním procesem v četných průmyslových oborech. Aby bylo možno vyhovět rozdílným požadavkům zainteresovaných závodů a podniků, vyrábí se v současné době mimořádně velký počet různých typů drtičů. Vzhledem k nedostatečnému poznání podstaty zdrobňovacího procesu vychází se při konstrukci drtičů jen zčásti z teoretických poznatků. Rozhodující význam mají dosud zpravidla empirické zkušenosti. Rovněž i při projektování drtíren a při volbě drtičů se vychází především z praktických zkušeností.

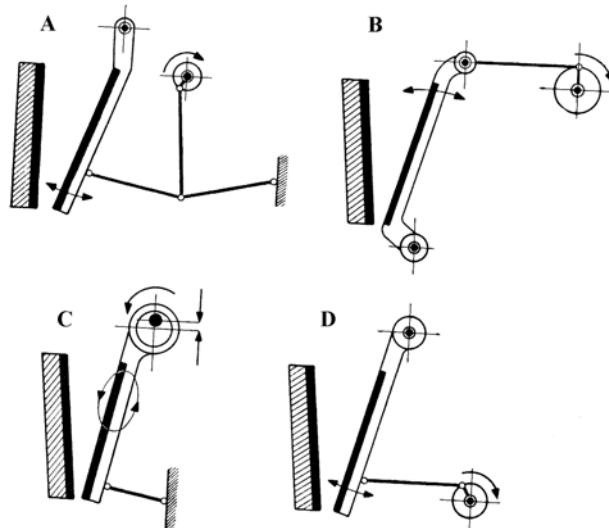
Při volbě drtičů rozhodují tyto faktory: mechanické a fyzikální vlastnosti zdrobňovaných hornin; maximální rozměry drcených kusů a zrnitostní složení přívodu; obsah přimíšené vody v drcených horninách; obsah lepidivých příměsí v drcených horninách; velikost zrn, jež se mají získávat, a požadované zrnitostní složení produktu; přípustný obsah nedostatečně rozdrobených nebo naopak příliš rozdrobených zrn v produktu; měrná spotřeba elektrické energie a potřebný instalovaný výkon hnacího elektromotoru; náročnost na údržbu a obsluhu; hmotnost a rozměry stroje; požadovaný výkon drtiče a také cena drtiče.

Na rozdíl od mlýnů, jejichž výkony se uvádějí obvykle v $t \cdot h^{-1}$, bývají výkony drtičů udávány jak již bylo uvedeno v $t \cdot h^{-1}$, a nebo v $m^3 \cdot h^{-1}$. Údaje týkající se výkonů drtičů se proto musí někdy přepočítávat. Při výpočtu příkonu drtičů se používají různé empirické vzorce, resp. vzorce zatížené empirickými součiniteli nevystihujícími spolehlivě drtitelnost zdrobňovaných materiálů. Například drtitelnost hornin nezávisí jenom na jejich petrografickém složení, ale i na tektonických pochodech, které působily při jejich vzniku, na stupni jejich zvětrání, popřípadě na způsobu, jakým byly dobývány. Výkony drtičů závisí

však jen v poměrně menší míře na druhu a vlastnostech drcených surovin. Snazší nebo obtížnější drtitelnost zdrobňovaného materiálu se projevuje především sníženou nebo zvýšenou spotřebou energie. Naproti tomu v kulových mlýnech je spotřeba energie prakticky konstantní a rozdílná melitelnost rozemílaného materiálu se projevuje sníženým nebo zvýšeným výkonem mlýna [2], [3].

Podle konstrukce a způsobu rozpojování můžeme drtiče rozdělit na následující základní druhy:

- I. čelistové
 - a) dvouvzpěrné,
 - b) jednovzpěrné,
 - c) zvláštní typy,
- II. kuželové
 - a) ostroúhlé,
 - b) tupoúhlé,
 - c) zvláštní typy,
 - d) inerční,
- III. válcové
 - a) dvouválcové hladké,
 - b) dvouválcové ozubené,
 - c) jednoválcové,
 - d) dvoustupňové,
- IV. kladivové,
- V. odrazové,
- VI. metací,
- VII. desintegrátory (svorníkové),
- VIII. zvláštní typy.



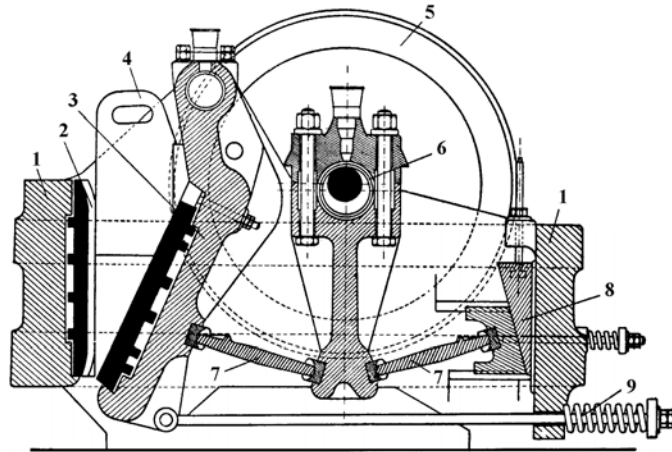
Obrázek 4.3 – Schéma čelistového drtiče

4.1.1.1 Drtiče čelistové

V čelistových drtičích je surovina rozmačkována a lámána mezi dvěma čelistmi. Jedna z obou čelistí je pohyblivá, druhá je uložena pevně v rámu stroje. Výjimečně bývají v čelistových drtičích zvláštního typu obě čelisti pohyblivé.

Čelistové drtiče se používají při hrubém a středním drcení velmi pevných a těžce drtitelných materiálů. Nejvíce rozšířenými čelistovými drtiči jsou čelistové drtiče *dvouvzpěrné* (obr. 4.3 A) a v menší míře i čelistové drtiče *jednovzpěrné* (obr. 4.3 B, C, D). Z poměrně velkého počtu různých speciálních čelistových drtičů se uplatňují jenom některé, jejichž použití se omezuje na poměrně ojedinělé případy.

■ Ve *dvouvzpěrném* čelistovém drtiči je jedna čelist uložena pevně v loži (rámu), kdežto druhá čelist je pohyblivá (obr. 4.4). Pohyblivá čelist je upevněna na kyvadlu a vykonává spolu s ním kývavý pohyb. Obě čelisti s postranními klíny tvoří tlamu drtiče. Lože drtiče bývá odlévané z oceli na odlitky nebo svařované. Kývavý pohyb čelisti je vyvoláván nepřímo pákovým mechanismem složeným z ojnice a dvou vzpěrných desek. Ojniční hlava je nasazena na výstředníkové hřídeli.



Obr. 4.4 - Dvouzpěrný čelistový drtič

1 rám; 2 - pevná čelist; 3 - pohyblivá čelist; 4 - postranní klíny; 5 – setrvačnick; 6 – výstředníková hřídel;
7 - vzpěrné desky; 8 – klín; 9 – pružina

Surovina nacházející se v drticím prostoru je zdrobňována při vzájemném přibližování čelistí. V období, kdy se čelisti od sebe vzdalují, klesá drcená hornina směrem k výpustní štěrbině a zrna menší, než je šířka této štěrbiny, z drtiče vypadávají. Zpětný pohyb pohyblivé čelisti je vyvoláván táhlem s ocelovou pružinou. Obě vzpěrné desky jsou tedy namáhány pouze na vzpěr, nikoli na tah.

Výkon čelistových drtičů závisí na typu a velikosti stroje, na velikosti drcených kusů, na stupni drcení a na drtitelnosti zdrobňovaných materiálů. K rychlému odhadu výkonu dvouzpěrného čelistového drtiče lze použít tento empirický vzorec [2], [3]:

$$Q = 0,1 \cdot l \cdot s \quad [\text{t} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4.3)$$

kde l je délka vstupního otvoru drtiče [cm]; a s je šířka otevřené výpustní štěrbiny [cm]. K orientačnímu výpočtu výkonu drtiče se používá též jednoduchý empirický vzorec [2], [3]:

$$Q = 5 \cdot k \cdot s \cdot l \cdot 10^{-4} \quad [\text{t} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4.4)$$

kde s je šířka otevřené výpustní štěrbiny [mm]; l - délka výpustní štěrbiny [mm]; k - součinitel závislý na délce výpustní štěrbiny (tab. 4.3):

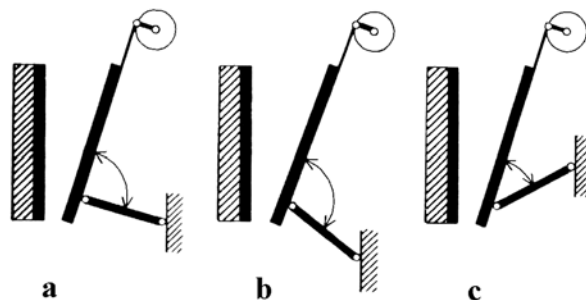
l [mm]	400	600	900	1 000	1 200	1 500	2 100
k	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9

Uvedený vzorec platí za předpokladu, že drcená hornina má sypnou hmotnost $1,6 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ (odpovídá hustotě $2,6 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$). Údaje uváděné při výpočtu výkonů různých drtičů v různých příručkách se vztahují obvykle na horniny, které mají tuto sypnou hmotnost. Dvouzpěrné

čelist'ové drtiče se vyrábějí od poměrně malých strojů až po obří drtiče s velikostí vstupního otvoru 4 m², které mohou drtit balvany až do hmotnosti 10 t.

■ *Jednovzpěrné* čelist'ové drtiče se liší od dvouvzpěrných drtičů složitým pohybem výkyvné čelisti. Na rozdíl od dvouvzpěrných čelist'ových drtičů se může výstředníková hřídel jednovzpěrných čelist'ových drtičů otáčet pouze jedním, jeho konstrukci odpovídajícím směrem.

V jednovzpěrných čelist'ových drtičích se vzpěrnou deskou kolmou k rovině pohyblivé čelisti se šířka výpustní štěrbiny během otáčky výstředníkové hřídele nemění. Spodní okraj pohyblivé čelisti se pohybuje pouze nahoru a dolů (**obr. 4.5a**). Drtiče tohoto typu mají poměrně malý výkon a uplatňují se jen zřídka, a to při jemném drcení. Velké jednovzpěrné čelist'ové drtiče mají vzpěrnou desku skloněnou směrem dolů (**obr. 4.5c**). Vzpěrné desky jedno-vzpěrných drtičů určených ke střednímu a jemnému drcení bývají nakloněny směrem vzhůru (**obr. 4.5b**).



Obrázek 4.5 – Schéma jednovzpěrného drtiče

Jednovzpěrné čelist'ové drtiče se uplatňují především při sekundárním drcení, tj. při středním drcení na velikost zrn 30 až 20 mm. Malých jednovzpěrných drtičů lze použít i k jemnému drcení až na velikost menší než 10 mm. Podobně jako drtiče dvouvzpěrné uplatňují se i drtiče jednovzpěrné při drcení velmi pevných až velmi těžce drtitelných surovin.

■ Postupně vznikly různé *zvláštní typy* čelist'ových drtičů lišící se podstatně od původní konstrukce. Některé z nich zanikly stejně rychle, jako se objevily, jiné se však osvědčily a udržely. Některé z nich mají pozoruhodné přednosti, nejsou však tak všeobecně použitelné jako dvouvzpěrné čelist'ové drtiče běžného typu.

Úspěšným čelistovým drtičem „zvláštního“ typu byl rázový čelistový. Pohyblivá čelist tohoto drtiče je uložena velmi ploše a je nasazena na ose v horní části rámu. Výkyvy pohyblivé čelisti jsou ovládány odpruženým mechanismem, který přenáší rázy od výstředníkové hnací hřídele přímo na její okraj. Hornina není drcena pouze rozmačkáváním mezi oběma čelistmi, ale i tím, že pohyblivá čelist vrhá drcená zrna prudce vzhůru na pevnou čelist. Rázové čelistové drtiče mají podstatně větší počet zdvihů za minutu než čelistové drtiče obvyklých typů.

4.1.1.2 Drtiče kuželové

Kuželové drtiče se používají při hrubém, středním a jemném drcení velmi pevných a těžce drtitelných materiálů a rovněž i při zdobňování různých středně pevných materiálů. V kuželových drtičích se drtí materiál mezi otáčejícím se drticím kuželem a nehybně uloženým drticím pláštěm. Způsob drcení se podobá způsobu drcení v čelistových drtičích. Konstrukce kuželových drtičů závisí na tom, zda jsou určeny k zdobňování velkých balvanů nebo k drcení menších kusů horniny. Jejich konstrukce musí odpovídat i požadované zrnitosti získávaných produktů. Velký počet různých rozdílných typů kuželových drtičů používaných v praxi je podmíněn zvláštními požadavky závodů a provozů.

Při klasifikaci různých kuželových drtičů se vychází buď z velikosti největších kusů, které mají být drceny, nebo z tvaru drticího kužele. Podle tvaru drticích kuželů se dělí kuželové drtiče na *ostroúhlé* a *tupoúhlé*. Kuželové drtiče, v nichž se mohou drtit i největší, v provozních podmínkách se vyskytující kusy materiálu, se označují jako primární kuželové drtiče. Jako sekundární kuželové drtiče se označují menší stroje používané k drcení již předdrceného materiálu. Do skupiny kuželových drtičů patří i některé konstrukčně značně odchylné typy drtičů, jako jsou např. drtiče krouživé, drtiče s nevyvázkem (tzv. inerční kuželové drtiče) a některé jiné typy. Posledně zmíněné kuželové drtiče se používají jen zcela výjimečně.

■ *Ostroúhlé kuželové drtiče* se používají k hrubému a střednímu drcení těžce drtitelných materiálů (rud, kameniva apod.). V ostroúhlých podobně jako v tzv. tupoúhlých kuželových drtičích se přiváděný materiál drtí v prostoru mezi kroužícím drticím kuželem a pevně uloženým drticím pláštěm. Drticí kužel má tvar komolého kužele s ostrým vrcholovým úhlem. Drticí kužel je nasazen na hlavní hřídeli, jehož spodní konec zapadá do výstředně umístěného otvoru v pouzdru, které je poháněno prostřednictvím ozubeného

soukolí a předlohové hřídele. Zjednodušené schéma a konstrukce ostroúhlého kuželového drtiče je znázorněno na **obr. 4.6a a 4.6b**.

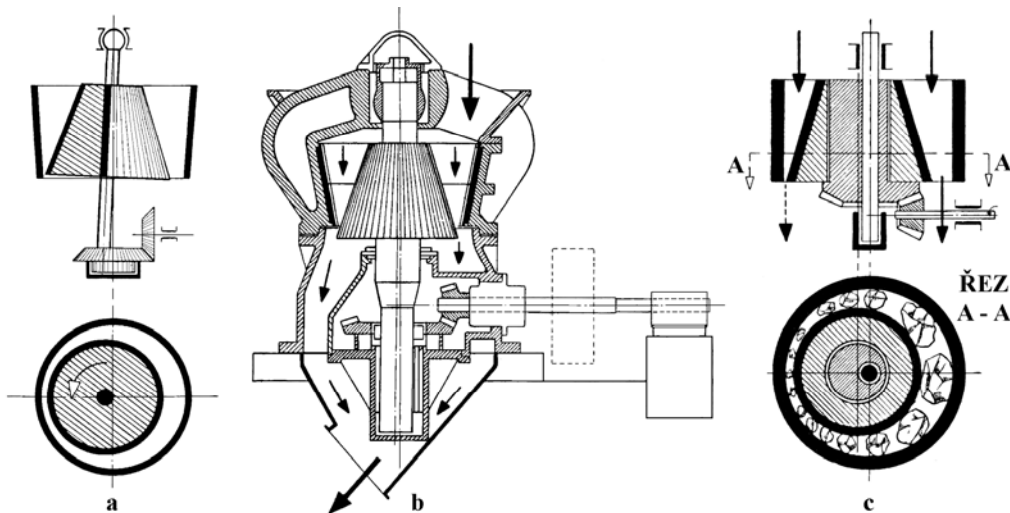
Sekundární ostroúhlé drtiče mívají otáčky 150 až 220 min⁻¹. Jelikož je tření drtícího kužele o drcená zrna větší, než je tření volně uložené hlavní hřídele ve výstředném pouzdru, může se kužel při svém krouživém pohybu otáčet proti směru tohoto pohybu. Drtící kužele i pláště mají hladké nebo svislé rýhované pancéřové vyložení. Vyložení primárních kuželových drtičů bývá hladké. Sekundární ostroúhlé kuželové drtiče mívají rýhované vyložení, při kterém se získává produkt s lepší tvarovou hodnotou zrna.

Výkon primárních ostroúhlých kuželových drtičů závisí ve velké míře na stupni drcení. Rozhodující význam má rovněž drtitelnost surovin a tvar a profil pancéřového vyložení drtícího kužele a pláště. Orientačně lze určit výkon ostroúhlých kuželových drtičů při hrubém drcení podle tohoto empirického vzorce [2], [3]:

$$Q = 1,28 \cdot D^{2,6} \cdot s \quad [\text{t} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4.5)$$

kde **Q** je výkon drtiče [t.h⁻¹]; **D** - spodní průměr drtícího kužele [m]; **s** - šířka výpustní štěrbin [mm].

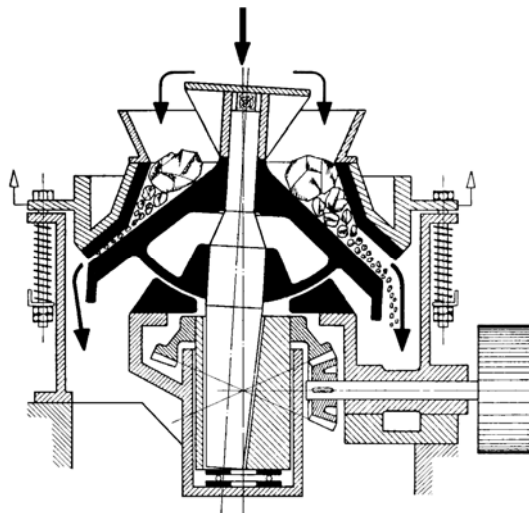
Vzorec také jako u čelistových drtičů platí za předpokladu, že drcený materiál má sypnou hmotnost 1,6 t.m⁻³. Spotřeba energie velkých ostroúhlých kuželových drtičů bývá od 0,36 do 4,7 MJ.t⁻¹, u drtičů pro střední a jemné drcení od 1,8 do 9 MJ.t⁻¹.



Obrázek 4.6 – Schéma ostroúhlého drtiče

■ *Tupoúhlé kuželové drtiče* se liší od ostroúhlých kuželových drtičů především tvarem drtícího kužele. I když je vrcholový úhel drticích kuželů v ostroúhlých kuželových drtičích menší a v tupoúhlých kuželových drtičích větší, nebývá vždy rozdíl velmi výrazný. Jenom některé zvláštní typy tupoúhlých kuželových drtičů mají vrcholové úhly kuželů blízké 90°, nebo i větší.

Zásadní a významný rozdíl mezi ostroúhlými a tupoúhlými kuželovými drtiči je ve tvaru a poloze pevného drtícího pláště. Vrchol kuželové plochy drtícího pláště je u ostroúhlých drtičů dole. Kuželové drtiče tupoúhlé jsou konstruovány tak, že vrchol kuželové plochy drtícího pláště je nahoře. Toto rozdílné uspořádání spolu s rozdílnou velikostí zdvihu drticích kuželů v úrovni výpustní štěrbiny je rozhodujícím faktorem, který podmiňuje rozdílný způsob drcení v tupoúhlých (**obr 4.7**) a ostroúhlých kuželových drtičích.



Obrázek 4.7 – Tupoúhlý drtič

V tupoúhlých kuželových drtičích se hornina drtí podobně jako v drtičích ostroúhlých tím, že se drticí kužel střídavě přibližuje k drtícímu plášti a opět se od něho vzdaluje.

Počet otáček hlavní hřídele s drticím kuželem je u tupoúhlých kuželových drtičů větší než u drtičů ostroúhlých. Větší tupoúhlé drtiče mívají otáčky 200 až 250 min⁻¹, menší tupoúhlé drtiče až 500 min⁻¹. Předností tupoúhlých kuželových drtičů je vysoký stupeň drcení, který bývá 7 až 15 a ve výjimečných případech i větší. Obvykle se však velkého stupně drcení nevyužívá. Stupeň drcení v provozních podmínkách bývá zpravidla menší než 7. Avšak i při takovém stupni drcení lze snižovat v drtárnách počet za sebou zařazených drtičů. Používají se především při středním a jemném drcení.

Pro výpočet výkonu tupouhlých kuželových drtičů se uvádějí v odborných publikacích různé více nebo méně spolehlivé vzorce. Například V. A. Olevskij doporučuje tento zjednodušený vzorec [2], [3]:

$$Q = k \cdot \gamma \cdot D^{2,5} \cdot s \quad [\text{t} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4.6)$$

kde k je součinitel závislý na typu drtiče (obvykle $k = 1,37$); γ - sypná hmotnost materiálu (rudy) [$\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$]; D - průměr drtícího kužele [m]; s - šířka výpustní štěrbin v místě maximálního přiblížení se kužele k plášti [mm]. V jiných vzorcích bývá zahrnut i vliv počtu otáček na výkon drtiče [2], [3]:

$$Q = 0,68 \cdot \gamma \cdot n \cdot D^2 \cdot s \quad [\text{t} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4.7)$$

kde n jsou otáčky hlavní hřídele [min^{-1}].

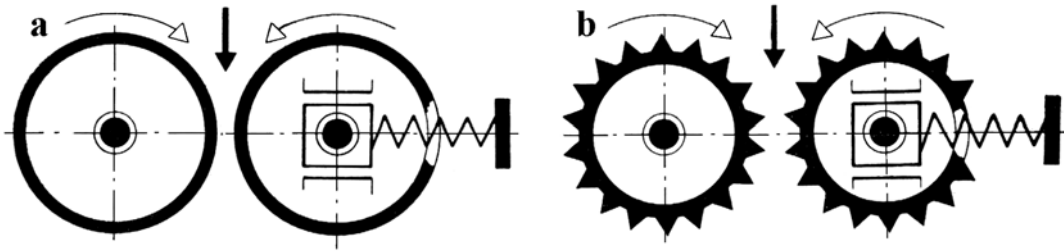
■ Kromě ostroúhlých a tupouhlých kuželových drtičů používají se poměrně zřídka i některé *zvláštní typy kuželových drtičů*. Některé z nich si zachovaly základní znaky drtičů kuželových, jiné se však od nich liší velmi podstatně.

Kromě popsaných typů drtičů s volně – excentricky uloženou hřídelí se vyrábějí také drtiče s pevně uloženou svislou hřídelí (**obr 4.6c**), na niž je drtící kužel usazen excentricky. Osa této hřídele nemění při otáčení kužele svou polohu, osa drtícího kužele opisuje plášť válce. Protože pastorek je umístěn přímo pod drtícím kuželem, je výška drtičů tohoto typu podstatně menší. Z toho vyplývá menší délka hřídele drtícího kužele a příznivější namáhání této hřídele na ohyb.

4.1.1.3 Drtiče válcové

Ve válcových drtičích se zdrobňuje materiál buď mezi dvěma proti sobě se otáčejícími válci, anebo mezi otáčejícím se válcem a nepohyblivou čelistí. V praxi se používají válcové drtiče různých typů, lišící se konstrukčním provedením i svými technologickými vlastnostmi.

Povrch válců může být hladký nebo mohou být na nich různě utvářené výstupky v podobě hrotů nebo zubů. Dvouválcové drtiče mívají válce hladké nebo ozubené (**obr. 4.8**), jednoválcové drtiče mají vždy válce ozubené. Poměrně zřídka používané drtiče víceválcové s třemi nebo čtyřmi válci mohou mít jak hladké, tak i ozubené válce. V některých víceválcových drtičích se kombinují ozubené válce s válci s hladkým povrchem.



Obrázek 4.8 – Dvouválcové drtiče

Válcové drtiče se uplatňují při středním a jemném drcení. Některých válcových drtičů lze použít i při velmi jemném drcení přecházejícím již do oblasti mletí. Takové stroje se zařazují již mezi mlýny. Dvouválcové a jednoválcové drtiče s ozubenými válci se používají s úspěchem i při hrubém drcení uhlí a jiných ne příliš těžce drtitelných surovin.

■ Ve *dvouválcových drtičích s hladkými válci* je materiál drcen mezi dvěma vedle sebe umístěnými a proti sobě se otáčejícími válci. Zdrobňovaný materiál je tíhovou silou a vlivem tření vtahován mezi válce a drcen. Jakmile jsou jeho zrna rozdracena na velikost menší, než je šířka štěrbinu mezi oběma válci, propadávají a jsou odváděna z drtiče. Přitom však mohou štěrbinou mezi válci propadat i větší zrna protáhlého nebo destičkového tvaru.

Obvodová rychlost obou válců ve válcových drtičích s hladkými válci bývá stejná nebo jen málo odlišná. Při větším rozdílu obvodových rychlostí není zdrobňovaný materiál drcen jenom tlakem, ale i roztíráním. Rozměňování a hnětení materiálu v drtičích s rozdílnými obvodovými rychlostmi válců se využívá při zpracovávání hlinitých a jílovitých materiálů. Obvykle bývá obvodová rychlost válců 2 až 3 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, při jemném drcení středně pevných materiálů se používají válcové drtiče s obvodovou rychlostí 6 až 8 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Výjimečně u největších dvouválcových drtičů bývá obvodová rychlost válců až 10 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Při vyšších obvodových rychlostech válců vzrůstá výkon drtičů s hladkými válci, současně však roste prudce i opotřebení válců. Aby nedocházelo k vysokému otěru válců, musel by být drcený materiál přiváděn do drtiče s takovou rychlostí, jako je obvodová rychlost válců. Průměr válců menších drtičů bývá 250 až 300 mm. Válce největších drtičů mívají průměry 1 250 až 1 800 mm. Odpovídající délky válců jsou 200 až 300 mm, u velkých drtičů 700 až 1 500 mm. Výkon menších válcových drtičů bývá od 3 do 10 $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$ při zrnitosti produktu 0 až 5 mm. Dvouválcový drtič s válci o průměru 1 000 mm a šířce válců 750 mm má při drcení horniny z výchozí velikosti 45 mm na velikost menší než 10 mm výkon 36 až 50 $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$. Při výpočtu výkonu dvouválcových drtičů s hladkými válci se používá obvykle tento vzorec [2], [3]:

$$Q = 3,6 \cdot v \cdot l \cdot s \cdot \gamma \cdot k \quad [\text{t} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4.8)$$

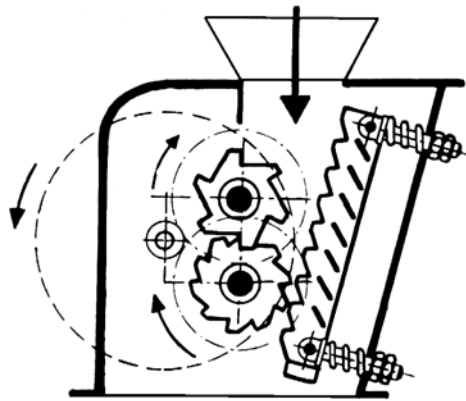
kde v je obvodová rychlost válců $v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}$ [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]; D - průměr válců [m]; n - počet otáček válců [min^{-1}]; l - délka válců [m]; s - šířka štěrbin mezi válci [mm]; γ - hustota drcené horniny [$\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$]; k - součinitel nakypření drcených zrn mezi válci. Při středním drcení je $k = 0,25$, při jemném drcení je $k = 0,75$.

■ *Dvouválcové drtiče s ozubenými válci* mají na pláštích válců různě profilované nálitky, hroty nebo zuby. Vyměnitelné ozubené nebo mohutnými výstupky opatřené pláště bývají obvykle složeny z několika segmentů. Pláště válců mohou být vytvořeny i z většího počtu ozubených kotoučů nasazených těsně vedle sebe na jádru válců. Toto řešení umožňuje výměnu jednotlivých kotoučů s poškozenými nebo ulomenými zuby.

Aby nedocházelo k ulamování zubů při prudkých úderech drcených kusů, mívají ozubené válcové drtiče menší obvodové rychlosti válců než drtiče s válci hladkými. Dvouválcové drtiče s ozubenými válci se mohou chránit před poškozením odpruženým, posunovatelným uložením jednoho z obou válců (**obr 4.8**). Přítlačná síla pružin má být dostatečně velká, aby nedocházelo k samovolnému rozšiřování štěrbin mezi válci bez závažných příčin. Nehledě na zmíněnou ochranu, doporučuje se zařazovat před drtiče magnetické odlučovače kovových předmětů. Dvouválcové drtiče s ozubenými válci se uplatňují při hrubém a středním drcení snadno až středně drtitelných surovin, jako je černé a hnědé uhlí, koks, sádrovec, sedimentární železné rudy a jiné suroviny [1].

■ Při drcení středně drtitelných materiálů, se uplatňují *jednoválcové ozubené drtiče*. Tyto drtiče mohou drtit i vlhké, lepkavé materiály, které ucpávají drticí prostor jiných drtičů. V jednoválcových drtičích se materiál zdrobňuje v prostoru mezi otáčejícím se ozubeným válcem a pevnou, obloukovitě prohnutou čelistí. Povrch čelisti je opatřen žebry nebo je jinak profilován. Čelist má kloubové uložení a je ve své normální poloze zajištěna silnými pružinami. Při vniknutí nedrtitelných předmětů se může čelist vychýlit a cizí předmět samočinně propustit. Otočné, kloubové uložení čelisti slouží i k nastavování šířky výpustní štěrbin. Dosažitelný stupeň drcení bývá 15, popřípadě i větší.

■ *Dvoustupňový válcový drtič s protinoží, známý též pod starším označením jako Seltnerův drtič, je v podstatě zdvojený jednoválcový drtič (obr. 4.9). Tento drtič má dva nad sebou umístěné zubové válce. Horní válec tvoří hrubší nože, spodní válec má menší zuby. Zdrobňovaný materiál je přiváděn do prostoru mezi horní válec a odpružený rošt, který je rovněž opatřen zuby. Předdrcený materiál klesá do prostoru mezi rošt a spodní válec, kde se drtí na konečnou velikost. Dvoustupňové válcové drtiče se uplatňují pouze při zdrobňování snadněji drtitelných materiálů (méně pevné druhy uhlí apod.).*



Obrázek 4.9 – Dvoustupňový drtič

4.1.1.4 Kladivové, odrazové a metací drtiče

Kladivové, odrazové a metací drtiče drtí materiál podobným způsobem jako zdrobňovací stroje úderného typu. Hornina není v nich drcena tlakem mezi dvěma čelistmi, nýbrž prudkými úderu kladiv nebo drticích lišt na volně se pohybující zrna, nebo naopak prudkými úderu rychle se pohybujících zrn na nepohyblivé pancéřové desky.

Na rozdíl od čelistových a kuželových drtičů, v nichž je průběh rozrušování a rozpadu zdrobňovaných zrn předurčen jejich polohou mezi čelistmi, drtí se v kladivových a odrazových drtičích zrna v okamžiku jejich dotyku s jedinou drticí plochou a rozpadají se nikoli ve směru úderu, ale v místech jejich nejmenší soudržnosti tj. podél různých puklin a trhlin, podél štěpných ploch nebo diaklas atd. Proto bývá měrná spotřeba energie při úderném způsobu drcení menší než v drtičích čelistových nebo kuželových.

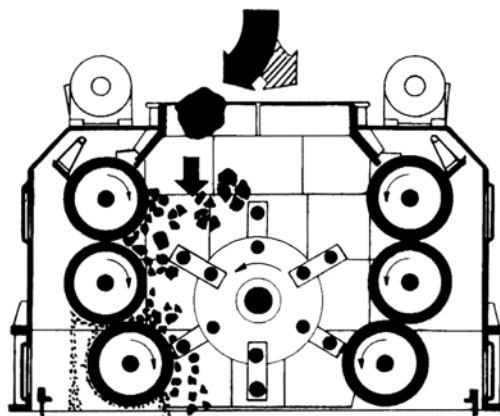
Kromě kladivových, odrazových a metacích drtičů používají se i kladivové, odrazové a metací mlýny. Rozdíl mezi těmito mlýny a obdobnými drtiči není podstatný. Rozhodujícím kritériem je zrnitostní skladba produktů. Některé metací mlýny mají však konstrukci odlišnou od obvyklé konstrukce metacích drtičů.

■ V *kladivových drtičích* se zdrobňuje hornina prudkými úderů kladiv, která jsou uložena kloubově na rychle se otáčejícím rotoru s vodorovnou osou. V klidu jsou kladiva ve svislé poloze. Jakmile se rotor začne otáčet, zaujmou kladiva působením odstředivé síly radiální polohu. Rychle se pohybující kladiva drtí zrna horniny prudkými úderů a zčásti i tím, že je vrhají na pancéřové vyložení drtiče. Obvodová rychlost kladiv bývá 13 až 20 m.s⁻¹.

Kloubové uložení kladiv umožňuje jejich snadnou a rychlou výměnu. Přispívá i k tomu, že se nárazy kladiv nepřenášejí plnou silou na hřídel a ložiska rotoru. Hmotnost kladiv velkých drtičů bývá 30 až 130 kg. Malé drtiče mají podstatně lehčí kladiva. Plochy kladiv dopadající na drcený materiál mají být omezeny ostrými hranami. Při drcení abrazivních materiálů se však tyto hrany rychle obroušují.

Vysoký otěr kladiv a vyložení drtičů je závažným nedostatkem kladivových drtičů. Nebývá však zaviněn strojem, nejde - podobně jak tomu je i u jiných drtičů - o chybu konstruktérů a výrobců, ale o chyby těch, kteří tyto drtiče používají i při zdrobňování těžce drtitelných abrazivních materiálů, pro něž nejsou tyto stroje určeny. Obvykle bývá stupeň drcení nižší než 10 až 15, u některých typů kladivových drtičů může však být 30 i více. Při velkém stupni drcení výkon těchto drtičů velmi rychle klesá.

Při drcení lepidelného materiálu (hnědé uhlí apod.) se používají reverzní kladivové drtiče, jež mají po obou stranách po třech válcích (**obr. 4.10**). Nevýhodou kladivových drtičů s válci je jejich zvýšená hmotnost. Kromě různých typů kladivových drtičů jednomotorových používají se někdy kladivové drtiče se dvěma proti sobě se otáčejícími rotory. Nevýhodou těchto drtičů je méně snadná údržba.



Obrázek 4.10 – Reverzní kladivový drtič

Výkon jednomotorových drtičů běžných typů při drcení materiálů jako je uhlí se zjišťuje obvykle pomocí vzorce [2], [3]:

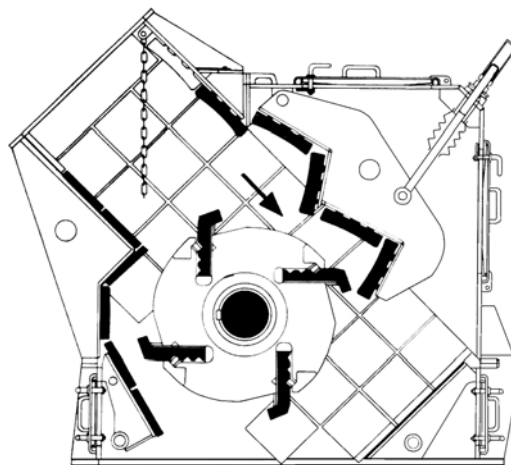
$$Q = \frac{k \cdot L \cdot D^2 \cdot n^2}{3600 \cdot (s - 1)} \quad [\text{t} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4.9)$$

kde **k** je součinitel, jehož hodnota závisí na konstrukci drtiče ($k = 0,12$ až $0,22$); **L** - délka rotoru [m]; **D** - průměr kružnice, kterou opisují vnější hrany rotujících kladiv [m]; **s** - stupeň drcení.

■ *Odrazové drtiče* se podobají drtičům kladivovým, mají však místo kloubovitě upevněných kladiv drticí lišty, které jsou pevně spojené s rotorem. Při drcení středně drtitelných hornin bývá obvodová rychlost drticích lišt 10 až $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, při drcení těžce drtitelných hornin je obvodová rychlost lišt od 30 do $70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

V odrazových drtičích se drtí kusy horniny jednak tím, že na ně při jejich průchodu drticím prostorem narážejí drticí lišty, a rovněž i tím, že jsou těmito lištami vrhány prudce na odrazové pancéřové desky. Část zdrobňovaných kusů je tedy drcena přímými údery odrazových lišt, zatímco jiné kusy jsou vrhány proti odrazovým deskám a drtí se teprve v okamžiku, kdy dopadají na tyto desky.

Odrazové drtiče mívají obvykle 4 odrazové lišty (**obr. 4.11**). Některé drtiče však mají jen 2 nebo 3 lišty, a naopak jiné i 6 až 12 lišt. Různé typy odrazových drtičů se liší nejen počtem drticích lišt, ale i jejich tvarem a rovněž i rozmístěním odrazových desek. Zpravidla bývají odrazové desky upevněny na odpružených nosičích. Při vniknutí nedrtitelných předmětů do drticího prostoru se může nosič a na něm upevněné odrazové desky pootočit a vychýlit z obvyklé polohy. Tím se rozšíří šterbina mezi rotorem a odrazovými deskami a nedrtitelný předmět může z drtiče volně propadnout.

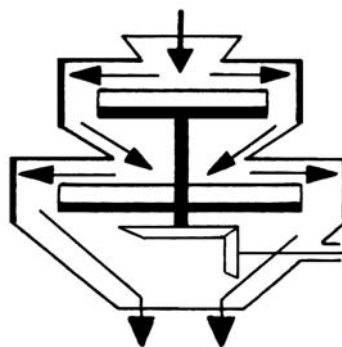


Obrázek 4.11 – Drtič se čtyřmi lištami

Proti jiným drtičům mají odrazové drtiče četné přednosti, ale i některé nedostatky. Mají poměrně malou hmotnost a rozměry a nevyžadují takovou montážní výšku jako drtiče čelist'ové a kuželové. K přednostem odrazových drtičů patří vysoký stupeň drcení a možnost drtit velké kusy. Změnou počtu otáček rotoru a změnou polohy odrazových desek lze odrazové drtiče přizpůsobit vlastnostem drcených materiálů. K nedostatkům odrazových drtičů patří možnost jejich zahlcení při drcení materiálů s větším obsahem vody. Vzhledem k vysokým otáčkám a velké setrvačné hmotě nelze je náhle zastavovat. Nejvýznamnějším a dosud nevyřešeným problémem odrazových drtičů je malá životnost drticích lišt a odrazových desek. Odolnost vůči otěru velmi zvyšuje molybden, vanad a wolfram.

■ V *metacích drtičích* se hornina zdrobňuje tím, že přiváděné kusy jsou vrhány prudce proti nepohyblivému pancéřovému vyložení stroje. Na rozdíl od kladivových a odrazových drtičů, v nichž jsou zdrobňovaná zrna drcena převážně údery kladiv nebo lišt, podíl zdrobňovací práce při dopadu odhozených zrn na pancéřové desky je poměrně malý, drtí se v metacích drtičích veškerý zdrobňovaný materiál výlučně při dopadu na nepohyblivé vyložení.

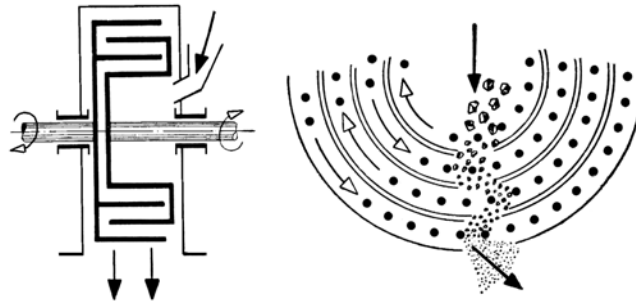
Konstrukce metacích drtičů je velmi jednoduchá (**obr. 4.12**). Zdrobňovaný materiál je přiváděn na vodorovný, velmi rychle se otáčející kotouč s radiálními lištami nebo lopatkami. Materiál dopadající na kotouč je vrhán odstředivou silou proti pancéřovému vyložení upevněnému podél vnitřního obvodu drtiče. V dvoustupňových metacích drtičích jsou na jedné hřídeli dva vodorovné kotouče nad sebou. Obvodová rychlost horního kotouče bývá $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, obvodová rychlost spodního kotouče je $80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Metací drtiče se mohou používat jen k drcení méně pevných a neabrazivních materiálů.



Obrázek 4.12 – Metací drtič

4.1.1.5 Desintegrátory

Drticím ústrojím desintegrátoru jsou dva mlecí koše vsunuté soustředně do sebe otáčející se proti sobě. Mlecí koše jsou zhotoveny z ocelových kotoučů, jež jsou mezi sebou spojeny svorníky z houževnaté oceli. Materiál je drcen nárazem svorníků otáčejících se rychle proti sobě. Každý mlecí koš má dvě nebo tři řady soustředně umístěných svorníků (**obr. 4.13**).



Obrázek 4.13 – Desintegrátor

Padající kusy materiálu narážejí na rychle se pohybující svorníky první řady a jsou jimi drceny. Rozdrcené pak propadávají a jsou dále drceny nárazy svorníků druhé řady, které se otáčejí obráceným směrem. Dále je materiál drcen svorníky třetí řady, které se otáčejí opačně než svorníky řady druhé, tj. směrem souhlasným se svorníky první řady. Takto drcení pokračuje, až z poslední řady svorníků vychází produkt rozdrcený na konečnou velikost.

Desintegrátorů se nejčastěji používá například k drcení (mletí) koksovateľného uhlí na velikost pod 3 mm. V koksovnách jsou oblíbeny, protože se v nich mletý materiál současně dobře promíchává, což je důležité pro rovnoměrné složení vsázky do koksovacích pecí. Desintegrátorů se používá také k úpravě materiálů (uhlí a smoly) v briketárnách. Protože však desintegrátory jsou složitější než kladivové drtiče a protože jsou vystaveny většímu nebezpečí poruch, jsou vytlačovány právě kladivovými drtiči. Na stejném principu jako desintegrátory jsou založeny svorníkové drtiče.

4.1.1.6 Zvláštní typy drtičů

Kromě čelistových, kuželových a ostatních dosud uvedených drtičů se používají, nebo se používaly, i některé *zvláštní typy* drtičů. Patří k nim některé již vývojem překonané typy drtičů nebo ne zcela úspěšné konstrukce strojů, které se nemohly v praxi uplatnit, ale především dosti velký počet různých moderních zdobňovacích strojů, které byly zkonstruovány pro určité konkrétní podmínky. Tyto zdobňovací stroje nemají tak širokou

použitelnost jako např. drtiče čelistové nebo kuželové, jsou však v určitých případech nepostradatelné. Mezi zvláštní typy drtičů můžeme zařadit (z důvodu rozsahu skript bez podrobného popisu):

- nožové válcové drtiče,
- jehlové drtiče,
- talířové drtiče,
- bubnové třídící drtiče a další.

4.1.2 Mletí

Mletí je základním pracovním pochodem při úpravě a zpracování nerostných surovin, při výrobě cementu a v keramickém, chemickém a hutním průmyslu. Velký význam má mletí rovněž i v energetice, ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu, při výrobě pigmentů a barev, feritů, jaderných palivových článků, pevných paliv pro reaktivní rakety a v četných jiných výrobních odvětvích. Zcela mimořádný význam má mletí odedávna i v průmyslu potravinářském [2], [3].

Rozdílné technologické postupy a různé speciální požadavky výrobních závodů kladou vysoké nároky na používané mlýny. Proto se nyní používá velký počet rozdílných typů a konstrukcí mlýnů. Některé z nich mají širokou možnost uplatnění, jiné jsou ve své podstatě jen více nebo méně jednoúčelovými zdobňovacími stroji a jejich použití se omezuje na určité konkrétní případy. Neexistují tedy žádné mlýny, které by mohly vždy a všude efektivně nahradit ostatní typy mlýnů. Mlýny různých konstrukcí bývají většinou nezaměnitelné, někdy však lze volit mezi různými zásadně se lišícími typy mlýnů. Při projektování mlýnic a volbě mlýnů je nutno pak zvažovat přednosti a nevýhody různých typů mlýnů. K nejznámějším a nejčastěji používaným patří mlýny kulové a tyčové, různé typy mlýnů běhounových a rotorových a mlýny vibrační.

Nejvážnějším problémem je nízká energetická účinnost mlecího procesu a s ním spojená vysoká spotřeba energie. Velmi důležitou otázkou je i granulometrické složení vyráběných produktů. Kromě částic požadované velikosti obsahují vždy i částice větších i menších rozměrů, než jaké se mají získávat. Nežádoucí a většinou přímo škodlivé jsou částice velmi malých rozměrů. Volbou mlýnů určitých typů lze vznik příliš jemných částic omezit jen v poměrně malé míře. Výrazného snížení podílu nadměrně jemných částic lze však dosáhnout, jestliže se mlýny kombinují s vhodným třídícím zařízením.

Mletí se od drcení liší především tím, že může probíhat buď za sucha, nebo v přítomnosti vody. Při drcení se používá voda jen ve zcela ojedinělých případech, jestliže se má omezit vývin škodlivého poletujícího prachu. Přitom však nepatrné množství vody používané ke zkráplění drcených hornin nemá vliv na průběh vlastního zdobňování.

Současný stav je charakterizován velkým počtem mlýnů nejrůznějších typů, konstrukcí a velikostí. Množství různých mlýnů je podmíněno nejen rozdílnými vlastnostmi rozemílaných surovin, ale především rozdílnými požadavky různých závodů a podniků. Jednou z hlavních příčin velkého počtu různých mlýnů jsou rozdílné požadavky týkající se granulometrického složení zpracovávaných produktů. Mlýny používané při hrubém a velmi hrubém mletí mají jinou konstrukci než mlýny uplatňující se při středním, jemném a velmi jemném mletí.

Avšak i moderní, v mnohých směrech velmi dokonalé typy mlýnů, mívají některé závažné nedostatky. Jedním z nich je nestejněměrné, příliš široké zrnitostní složení získávaných produktů. Náročné požadavky, aby ve vyráběných produktech nebyly ani žádné přemleté, příliš jemné ani příliš velké nedomleté částice, nemůže splnit žádný mlýn. Množství příliš jemných, nebo naopak příliš hrubých částic lze však podstatně omezit, jestliže se mlýny kombinují s vhodným a dostatečně účinným třídícím zařízením.

Dalším nedostatkem mlýnů je opotřebení mlecích elementů přicházejících do přímého styku s mletými surovinami. Ztráty kovu způsobené otěrem tvoří někdy jednu z rozhodujících položek celkových nákladů na mletí. Velký vliv mají také vlastnosti mletých surovin, jejich melitelnost, abrazivita a rovněž i samo prostředí, tj. zda se mele v přítomnosti vody nebo za sucha.

Největším nedostatkem všech mlýnů je vysoká spotřeba energie. Ačkoli všechny mlýny nemají stejnou účinnost a nevyužívají přiváděnou energii stejně efektivně, skutečnou příčinou vysoké spotřeby energie je sám proces mletí a vlastnosti rozemílaných hmot. Vysoká spotřeba energie je společná všem mlýnům a závisí jen z menší části na jejich konstrukci a typu.

Podle konstrukce a způsobu mletí můžeme mlýny rozdělit na následující základní druhy:

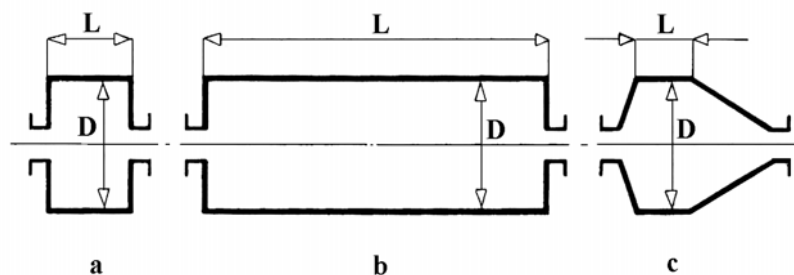
- I. gravitační (kulový, tyčový, autogenní),
- II. vibrační, v nichž dochází k mletí nárazy a roztíráním pomocí mlecích těles uváděných do pohybu vibrací,

- III. běhounové (tíhové /kolový/, pružinové / kotoučový, kroužkový axiální, prstencový/, odstředivé / kyvadlový/),
- IV. válcové,
- V. rotorové (kladivové, tlukadlové, ventilátorové, úderové /košové, kolíkové, nosové, křížové/),
- VI. tryskové a metací,
- VII. zvláštní typy (stoupy, koloidní, míchadlové, válečkové).

4.1.2.1 Gravitační mlýny

■ *Kulové mlýny* jsou nejdůležitější zdrobňovací stroje používané při mletí. Jsou nejvíce rozšířené a prakticky nenahraditelné při mletí rud a nerostných nekovových surovin a především při mletí cementu. Uplatňují se rovněž i při mletí různých jiných materiálů a surovin, jako jsou např. strusky, strojená hnojiva, černé uhlí, keramické střepy, různé suroviny a polotovary pro chemický průmysl, stavební odpady atd.

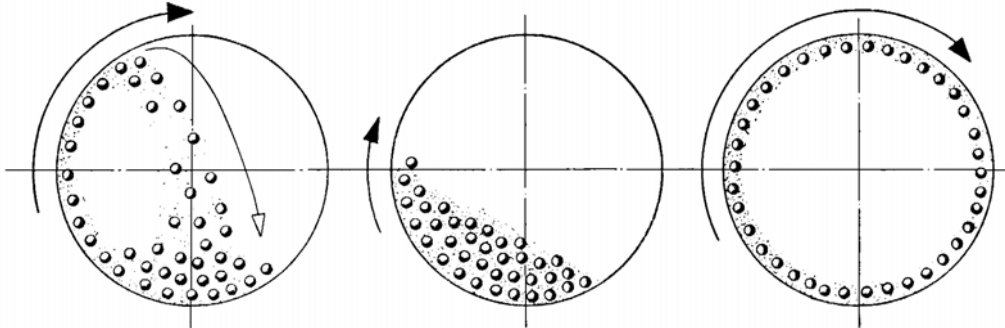
Kulové mlýny různých typů se rozlišují především podle jejich délky. Funkční charakteristikou kulových mlýnů je jejich průměr D a délka L . Krátké kulové mlýny s poměrem $D/L = 1 : 1$ až $1 : 2$ jsou tzv. mlýny bubnové (**obr. 4.14a**). Používají se především při úpravě rud, ale i v různých jiných průmyslových oborech. Dlouhé kulové mlýny s poměrem $D/L = 1 : 2$ ($1 : 2,5$) až $1 : 8$ jsou tzv. mlýny troubové (**obr. 4.14b**). Troubové mlýny s poměrem D/L kolem $1 : 4$ se uplatňují převážně v cementárnách.



Obrázek 4.14 – Tvary kulových mlýnů

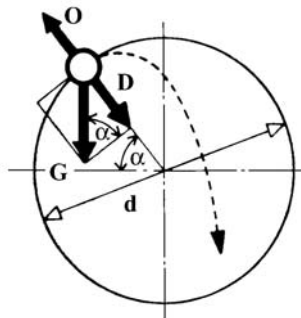
Aby bylo mletí účinné, musí být mlecí koule vynášeny dostatečně vysoko (**obr. 4.15 vlevo**). Při příliš velkém počtu otáček mlýna by mlecí koule působením odstředivé síly nemohly vůbec odpadávat a mletí by bylo znemožněno (**obr. 4.15 vpravo**). Při malém počtu otáček a malých obvodových rychlostech by nebyly koule zvedány dostatečně vysoko, což by

mělo rovněž nepříznivý vliv na průběh mletí (**obr. 4.15 uprostřed**). Správný průběh mletí závisí tedy na počtu otáček a obvodové rychlosti mlýnů.



Obrázek 4.15 – Vliv otáček bubnu na mlecí proces

Vzhledem k tomu, že průměr mlecích koulí je v poměru k vnitřnímu průměru mlýna malý, může se při stanovení tzv. kritických otáček mlýnů zanedbat. Pro zjednodušení se předpokládá, že se po vnitřním obvodu bubnu pohybuje těžiště mlecí koule. Kritické otáčky mlýna jsou otáčky, při nichž se odstředivá síla vyrovnává radiální složce hmotnosti koule a koule již neodpadává [1].



Obrázek 4.16 - Rozklad sil na mlecí kouli

Síly působící na mlecí kouli jsou vyznačeny na **obr. 4.16**. Dále platí toto označení: **G** - tíha mlecí koule [N]; **O** - odstředivá síla [N]; **D** - dostředivá síla [N]; **g** – tíhové zrychlení [$9,81 \text{ m.s}^{-2}$]; **v** - obvodová rychlost těžiště koule [m.s^{-1}]; **n** - počet otáček mlýna za minutu [min^{-1}]; **d** - průměr vnitřního obvodu mlýna, průměr kružnice odpovídající dráze těžiště mlecí koule [m]; **α** - úhel, který svírá poloměr procházející těžištěm mlecí koule s vodorovným průměrem mlýna.

Na kouli působí odstředivá síla O a síla dostředivá D . Podmínkou pro odpadnutí koule je, aby dostředivá síla byla větší než síla odstředivá, tj. $D \geq O$. Odstředivá síla [2], [3]:

$$O = \frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{G \cdot v^2}{g \cdot r} \text{ kde } r = \frac{d}{2} \text{ a } m = \frac{G}{g} \text{ dostředivá síla } D = G \cdot \sin \alpha$$

Tato síla dosahuje maxima, když $\sin \alpha = 1$, tj. $\alpha = 90^\circ$. V tom případě $D = G$.

Po dosazení do rovnice $D \geq O$ dostáváme:

$$G \cdot \sin \alpha \geq \frac{G \cdot v^2}{g \cdot r} \quad (4.10)$$

Obvodová rychlost otáčení

$$v = \frac{2\pi \cdot r \cdot n}{60} \quad (4.11)$$

Dosadíme v do předcházející rovnice 4.10 a krátíme G :

$$g \cdot r \cdot \sin \alpha \geq \frac{2^2 \pi^2 \cdot r^2 \cdot n^2}{60^2}$$

Z toho za podmínky, že dostředivá síla má dosahovat maxima, tj. $\sin \alpha = 1$:

$$n^2 \leq \frac{g \cdot r \cdot 60^2}{2^2 \pi^2 \cdot r^2} \Rightarrow n \leq \sqrt{\frac{9,81 \cdot 3600 \cdot 2}{2^2 \cdot 3,14^2 \cdot d}} \leq \sqrt{\frac{1840}{d}}$$

Kritické otáčky kulového mlýna

$$n = \frac{42,4}{\sqrt{d}} \quad (4.12)$$

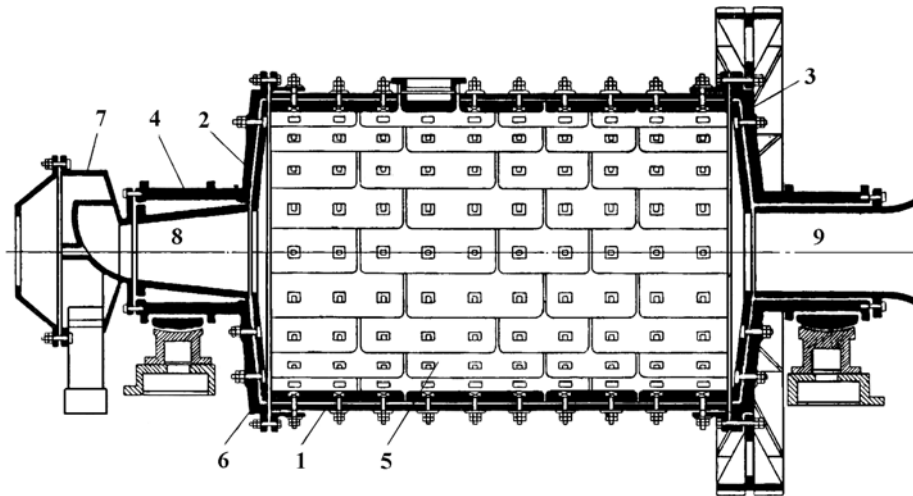
Při dosažení kritických otáček začíná převládat odstředivá síla a mletí již není možné. V praxi bývá počet otáček kulových mlýnů zpravidla 75 až 88 % otáček kritických. Optimální počet otáček se určuje ze vzorce:

$$n = \frac{32 \text{ až } 37}{\sqrt{d}} \quad (4.13)$$

Při mletí za sucha bývá počet otáček mlýnů nižší. Obvykle v rozmezí od 65 do 75 % kritických otáček. Při mletí za mokra bývá počet od 75 do 80 % kritických otáček. Poměrně

nízký počet otáček, podstatně nižší, než je počet kritický, mají obvykle mlýny troubové. Zvýšený počet otáček troubových mlýnů zvyšuje sice jejich výkon, zvětšuje však spotřebu energie i otěr mlecích koulí a vyložení mlýnů.

❖ *Bubnové kulové mlýny* jsou krátké, poměr délky mlýna k jeho průměru L/D je obvykle menší než 2 až 2,5. Funkční částí bubnového mlýna je dutý buben nebo válec, uložený na dvou čepch. Výjimku tvoří kulové mlýny s obvodovým sítem, jejichž buben je upevněn na hřídeli. V poměrně krátkých bubnových mlýnech nedochází k přemílání. Nejčastěji používané bubnové kulové mlýny jsou s vynášením produktů dutým čepem a mlýny s vynášením produktů štěrbinovou mezistěnou na konci mlýna.



Obr. 4.17 - Bubnový kulový mlýn s vynášením produktu dutým čepem

- 1 - plášť mlýna; 2 - čelo mlýna; 3 - ozubený věnec na výstupním čele; 4 - dutý čep;
 5 - pancéřové desky; 6 - vyložení čela; 7 - kombinovaný podávač; 8 - vyložení dutého čepu;
 9 - výstupní dutý čep

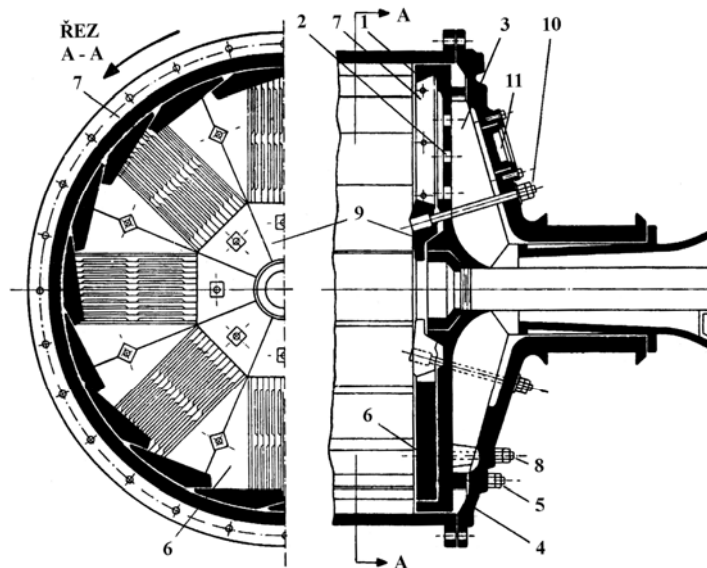
Bubnové mlýny s vynášením produktů dutým čepem se používají obvykle při úpravě nerostných surovin a materiálů s podobnými vlastnostmi. Řez bubnovým mlýnem s vynášením produktu dutým čepem je naznačen na **obr. 4.17**. Materiál se přivádí do mlýna kombinovaným podávačem zleva a prochází dutým čepem připevněným k čelu mlýna. Rozemletý materiál je vynášen ze mlýna na jeho druhém konci, dutým čepem. Výstupní dutý čep musí mít o něco větší průměr, než je průměr vstupního dutého čepu, aby byl zajištěn samovolný odtok rmutu ze mlýna.

❖ Zvláštním typem kulového mlýna s vynášením produktu dutým čepem je *kuželový kulový mlýn*. Kuželové mlýny (**obr. 4.14c**) se liší od bubnových kulových kombinovaným tvarem. Na přívodní straně kuželového mlýna je plochý kužel se vstupním dutým čepem, střední část mlýna má tvar válce a výstupní strana je tvořena kuželem s vrcholovým úhlem

60°. Při konstrukci kuželového mlýna se vycházelo z předpokladu, že ze souboru mlecích koulí různých průměrů se budou větší koule vlivem odstředivé síly zdržovat ve válcovité části mlýna, kdežto menší koule se rozvrství postupně podle velikosti v kuželové části mlýna. Ukázalo se však, že stejnoměrnost získávaných produktů neodpovídala předpokladu.

Bubnové mlýny s vynášecí komorou jsou rozděleny mezistěnou (přepážkou se štěrbinovými otvory) na vlastní mlecí prostor a na úzkou vynášecí komoru při výstupním dutém čepu. Rmut unášející rozemleté částice protéká mezistěnou do vynášecí komory, mlecí koule jsou však štěrbinovou přepážkou zadržovány v mlecím prostoru.

Ve vynášecí komoře jsou na obvodu navařeny lopatky, které nabírají rmut a dopravují jej při otáčení mlýna do nejvyšší polohy. Odtud pak stéká po povrchu kužele umístěného ve středu mezistěny k vynášecímu dutému čepu (**obr. 4.18**). Mezistěna s otvory a radiálními žebry je připevněna k čelu mlýna. Štěrbinové otvory v mezistěně jsou chráněny speciálními rošty. Šířka štěrbin bývá obvykle 3 až 12 mm.



Obrázek 4.18 – Bubnový mlýn s vynášecí komorou

- 1 – mezistěna; 2 - otvory v mezistěně; 3 - radiální žebra; 4 - čelo mlýna; 5 – šrouby spojující plášť s mezistěnou; 6, 9 - pancéřové vyložení mezistěny; 7 – pancéřové vyložení mlecího prostoru; 8, 10 - šrouby upevňující pancéřové vyložení mezistěny; 11 - vypouštěcí otvor

Bubnové kulové mlýny s vynášením rozemletého materiálu sítím, nahrazujícím plášť bubnu, se mohou používat při mletí za sucha i za mokra. Používají se především při suchém mletí různých chemikálií, fosfátu, šamotu, sádrovce, vápence, páleného vápna, úlomků cihel

apod. Ve výjimečných případech mohou rozemílat některé materiály až do vstupní velikosti kolem 200 mm.

❖ *Troubové mlýny* se liší od mlýnů bubnových svou délkou. Poměr D/L bývá od 1 : 3 do 1 : 8 (**obr. 4.14b**). Pracují podobně jako mlýny bubnové, avšak s tím rozdílem, že melou především rozmačkáváním a rozměňováním. Troubové mlýny se používají k mletí těžce a velmi těžce melitelných materiálů za sucha i za mokra. Uplatňují se všude, kde se požaduje velmi jemné mletí, např. v chemickém a keramickém průmyslu a především v cementárnách. Byly to právě požadavky cementářského průmyslu, na podkladě kterých byl r. 1893 vyroben první troubový kulový mlýn.

Výkon kulových mlýnů závisí podobně jako potřebný příkon především na jejich průměru [2], [3]:

$$Q = k \cdot D^n \quad [\text{t} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4.14)$$

kde Q je výkon mlýna [$\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$]; D - průměr mlýna [m]; k - součinitel úměrnosti; n - mocnitél ($n = 2,5$ až $2,6$).

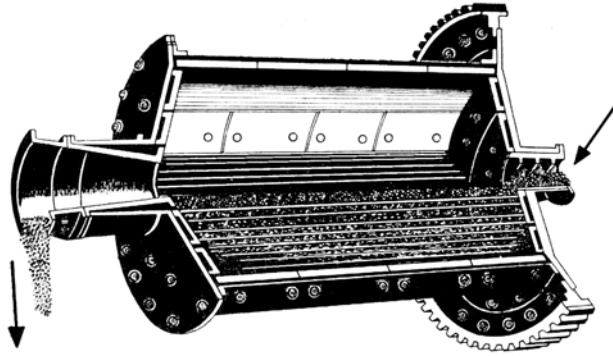
Přibližně lze stanovit výkon kulových mlýnů pomocí empirického vzorce [2], [3]:

$$Q = c \cdot L \cdot D^n \quad [\text{t} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4.15)$$

kde L je délka mlýna [m]; c – součinitel; D a n – jako v předcházejícím vzorci.

Součinitel c vyjadřuje souhrnný vliv různých proměnlivých faktorů na výkon mlýna. Shrnutím řady různorodých a nestejně závažných činitelů do jediného součinitele se stává uvedený vzorec nepřesným a pro konkrétní případy nepoužitelným.

■ *Tyčové mlýny* se liší od kulových (bubnových, troubových) mlýnů jednak tím, že jejich mlecí náplň tvoří tyče, jednak tím, že bývají delší než kulové mlýny stejného průměru. Délka tyčových mlýnů bývá nejméně 1,5 až 2,5 násobkem jejich průměru (**obr. 4.19**).



Obrázek 4.19 – Tyčový mlýn

Počet otáček tyčových mlýnů bývá menší než u mlýnů kulových. Volný pád dlouhých těžkých tyčí obdobný pohybu mlecích koulí v kulových mlýnech by mohl způsobit jejich zohýbání nebo zlomení. Počet otáček tyčových mlýnů bývá zpravidla 55 až 65 % kritických otáček a určuje se ze vztahu [2], [3]:

$$n = \frac{27}{\sqrt{D}}$$

Při poměrně malém počtu otáček se tyčové mlýny obvykle jen převalují a způsob mletí je tedy odlišný od mletí v kulových mlýnech. Pancéřování tyčových mlýnů má stupňovitý nebo vlnitý profil. Mlecí tyče jsou unášeny asi do jedné třetiny výšky vnitřního průměru mlýna. Náplň vzhůru unášených mlecích tyčí svírá s vodorovnou rovinou přibližně úhel 45°.

Tyčové mlýny se používají při mletí těžce melitelných materiálů za sucha i za mokra. Při mletí jílovitých materiálů se sklonem ke stmelování se zdobňovaným zrn nebo při mletí materiálů se zvýšeným obsahem vody výkon tyčových mlýnů rychle klesá. Při mletí za mokra se takové potíže neprojevují. Výhodou mletí za mokra je i rychlejší vynášení produktu ze mlýna i při jeho hrubší zrnitosti. Tyčové mlýny se uplatňují často zvláště při výrobě jemnozrnných produktů, které svým zrnitostním složením leží na rozhraní mezi jemným drcením a hrubým mletím.

Mlecí tyče musí být dimenzovány jak podle zrnitostního složení produktu, který se má získávat, tak i se zřetelem na velikost do mlýna přiváděných zrn. Průměr mlecích tyčí bývá od 30 do 100 mm, výjimečně do 125 mm. Délka tyčí musí být o 25 až 50 mm kratší, než je vnitřní délka mlýna.

U tyčových mlýnů se používají tři rozdílné způsoby vynášení produktů:

1. vynášení produktu dutým čepem,

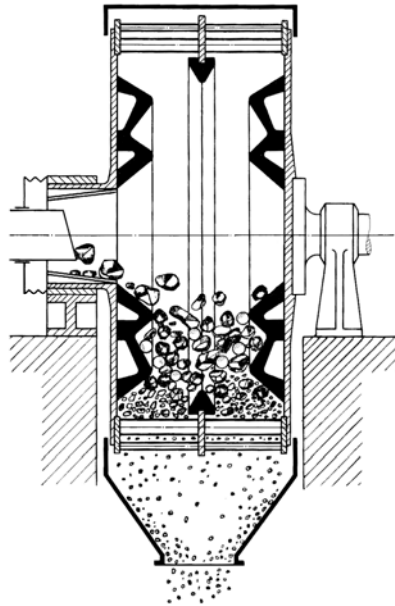
2. vynášení produktu soustavou štěrbin na obvodě pláště mlýna,
3. vynášení produktu soustavou štěrbin uprostřed pláště mlýna.

Mlýny s vynášením produktu dutým čepem se používají jen při mletí za mokra. Podobně jak tomu je u mlýnů kulových, musí mít čep na výstupní straně mlýna větší průměr, aby byl zajištěn dostatečně rychlý průchod materiálu mlýnem i při hrubší zrnitosti vyráběného produktu.

■ Způsob zdobňování v *autogenních mlýnech* je obdobný mletí materiálu v kulových mlýnech. V autogenních mlýnech však přebírají funkci mlecích těles velké kusy zdobňovaného materiálu. V materiálu přiváděném do autogenních mlýnů musí být proto dostatečné množství velkých kusů, schopných drtit a rozemílat zrna menší. Přitom se velké kusy materiálu postupně zmenšují a jsou samy dále mlety.

Autogenní mlýny se liší od obvyklých kulových mlýnů především velkými průměry a rovněž i tím, že poměr jejich průměru k jejich šířce bývá 3:1 až 5:1. Největší autogenní mlýny mají průměr 10 až 12 m. Zásadní rozdíl mezi autogenními a kulovými mlýny je v tom, že se v autogenních mlýnech zdobňovaný materiál současně drtí a mele.

Materiál se přivádí do těchto mlýnů dutým čepem (**obr. 4.20**). Aby nedocházelo k rozvrstvení zrn podle jejich velikosti mezi vstupním a výstupním čepem mlýna, jsou na bocích obou čel tvarované deflektory. Kusy materiálu odpadající v horní části mlýna se vzájemně otloukají a při dopadu na zrna nacházející se ve spodní části mlýna je drtí a rozemílají. Přitom se samy rozrušují a zmenšují. Aby se vyrovnalo nerovnoměrné zrnitostní složení a proměnlivá melitelnost zdobňované suroviny, přidávají se do autogenních mlýnů někdy i ocelové mlecí koule.

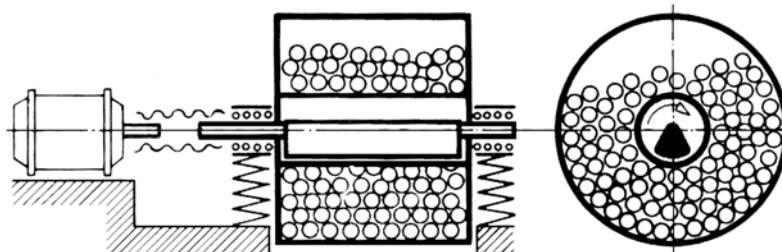


Obrázek 4.20 – Autogenní mlýn

4.1.2.2 Vibrační mlýny

Vibrační mlýny se liší od kulových a tyčových mlýnů svou konstrukcí i způsobem mletí. Na rozdíl od kulových mlýnů se bubny vibračních mlýnů neotáčejí. Vibrační mlýny jsou pružně uloženy a vykonávají kruhový kmitavý pohyb. Jak je patrné z **obr. 4.21**, prochází mlecím bubnem vibrační hřídel s nevyvázkem. Při rotaci hřídele s nerovnoměrně rozloženou hmotou vzniká budící síla, která uvádí mlecí buben do kruhového vibračního pohybu. Buben mlýna vykonává kruhové kmity v rovině kolmé k ose vibrační hřídele.

Mlecí náplň tvoří koule nebo tělesa ve tvaru válečků, kotoučků apod. Náplň mlecích těles se převaluje proti směru pohybu nevyvázkové hřídele. Jednotlivé mlecí koule se přitom otáčejí planetárním pohybem kolem vlastních os. Zrychlení působící na mlecí tělesa v mlecím bubnu bývá trojnásobkem až desetinásobkem tíhového zrychlení.



Obrázek 4.21 – Vibrační mlýn s jedním válcem

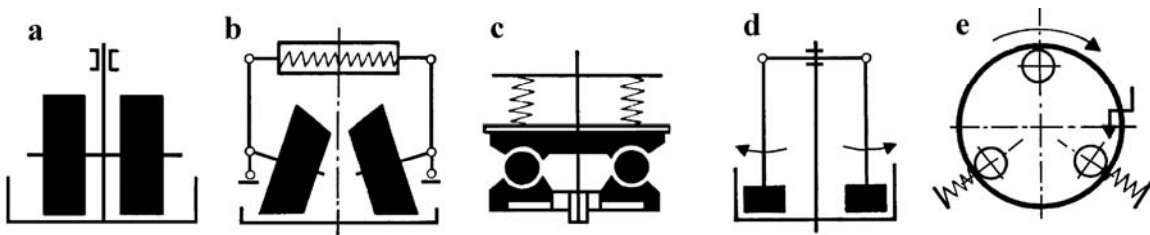
Vibrační mlýny s jedním mlecím bubnem se uplatňují spíše jako laboratorní nebo poloprovozní jednotky. Většina nových typů vibračních mlýnů má dva mlecí válce. Některé méně používané vibrační mlýny mají i tři nebo čtyři mlecí válce. Předností dvouválcových vibračních mlýnů je účinné vyvážení dynamických sil a malé zatížení základů. Válce mohou být umístěny vedle sebe nebo nad sebou. Průměr válců bývá 200 až 700 mm, délka válců 1 300 až 4 000 mm.

4.1.2.3 Běhounové mlýny

V *běhounových mlýnech* je zdrobňovaný materiál rozemílán tlakem mlecích těles (běhounů), odvalujících se po mlecí dráze. Podle způsobu, jak je vyvozdován tlak na mlecí dráhu, dělí se běhounové mlýny na: *mlýny tíhové*; *mlýny pružinové* a *mlýny odstředivé*.

Zaujímají významné místo v průmyslu cementářském a magnezitovém, v energetice a v některých dalších průmyslových oborech. Pružinové oběhové mlýny používané při mletí surovin v cementárnách mají o 20 až 24 % nižší spotřebu energie než mlýny kulové. Rovněž investiční náklady jsou nižší.

■ Do skupiny *tíhových mlýnů* patří jedny z nejstarších zdrobňovacích strojů používané kdysi při mletí rud, nerostných surovin a jiných materiálů. V tíhových mlýnech je materiál mlet tlakem vyvolávaným tíhou běhounů pohybujících se po vodorovné kruhové mlecí dráze. Tíhové mlýny, známé pod názvem *kolové mlýny*, mají obvykle 2 masivní běhouny. Běhouny mají tvar válců o průměru, 650 až 2 000 mm. Šířka válců bývá 200 až 600 mm. Zjednodušené schéma kolového mlýna je uvedeno na **obr. 4.22a**.



Obrázek 4.22 - Běhounové mlýny

a - kolový mlýn; b - kotoučový mlýn; c - kroužkový axiální mlýn; d - kyvadlový mlýn;
e - prstencový mlýn

Vstupní zrnitost rozemílaných surovin bývá nejvýše 100 mm. Při mletí kaolínu nebo některých chemikálií se používají běhouny i mlecí dráhy vyrobené z takových materiálů, které

svým otěrem neznečišťují získávané produkty, např. z mramoru apod. Kolové mlýny se dosud uplatňují především tehdy, jestliže má být surovina při mletí současně hnětena, jak tomu bývá při zdrobňování jílu, hlín a pod.

■ *Pružinové mlýny* patří k nejčastěji používaným typům běhounových mlýnů. V praxi se uplatňují pružinové mlýny odlišných konstrukcí. V některých je materiál mlet jak účinkem těžkých běhounů, tak i působením pružin přitlačujících běhouny k mlecí dráze. V jiných pružinových mlýnech má rozhodující vliv pouze tlak pružin. Velké moderní běhounové mlýny mají místo pružin hydraulický přitlak běhounů. Pružinové mlýny se uplatňují hlavně při mletí surovin v cementárnách. Mohou se s úspěchem používat i při mletí kombinovaném se současným sušením.

❖ *Kotoučové pružinové mlýny* mají dva běhouny, které jsou přitlačovány k mlecí dráze silou pružin (**obr. 4.22b**). Tyto mlýny se označují dosud velmi často podle jejich původního výrobce jako mlýny Loesche. Běhouny kotoučových mlýnů jsou upevněny na výkyvně uložených ramenech a odvalují se po otáčející se mlecí desce. Ramena jsou navzájem spojena soustavou pružin, které zajišťují elastický dosed kotoučových běhounů na rozemílaný materiál a působí zároveň jako pojistné zařízení pro případ, že by se do mlýna dostaly nedrtitelné předměty.

❖ *Kotoučové pružinové mlýny s drážkou* mají tři mlecí kotouče se zaobleným profilem, odvalující se v drážce mlecí desky. Mlecí kotouče nemění polohu. Otáčí se vodorovná mlecí deska, k níž jsou kotouče přitlačovány hydraulickými válci. Materiál se přivádí do středu mlýna a postupuje do mlecího prostoru mezi běhouny a povrchem drážky. Rozemletý materiál je odsáván vzhůru do vzdušného třídíče. Nedostatečně rozemleté částice klesají zpět do mlecího prostoru.

❖ *Kroužkové pružinové axiální mlýny* jsou známé podle původního výrobce těchto mlýnů jako Fuller-Peters. V kroužkových axiálních mlýnech je materiál mlet mezi mlecími koulemi odvalujícími se po mlecí dráze kruhového profilu. Materiál přiváděný do mlýna postupuje mezi mlecí koule a mlecí dráhu (**obr. 4.22c**). Soustava pružin přitlačuje horní, neotáčející se prstenec na mlecí koule obíhající po spodním otáčejícím se mlecím prstenci. Ocelové mlecí koule mají průměr od 190 do 265 mm. Kroužkové axiální mlýny se používají k mletí uhlí pro prášková topeniště a též i při mletí surovin v cementárnách.

❖ *Prstencové mlýny* jsou pružinové mlýny se svislým mlecím prstencem. Po vnitřním obvodu mlecího prstence se odvalují tři mlecí kotouče (**obr. 4.22e**). Mlecí kotouče

(běhouny) jsou pružinami přitlačovány k vnitřnímu obvodu prstence. Horní kotouč je hnací. Působením tření se od něho přenáší otáčivý pohyb na mlecí prstenec a od něho dále na oba spodní mlecí kotouče.

■ V *odstředivých mlýnech* je materiál rozemílán tlakem vyvozovaným odstředivou silou běhounů odvalujících se po kruhové mlecí dráze. K odstředivým mlýnům patří tzv. *kyvadlové mlýny*. Kyvadlové mlýny mají nepohyblivou vodorovnou mlecí mísu a několik výkyvně zavěšených běhounů (**obr. 4.22d**). Rozemílaná surovina se přivádí do mlýna bočním otvorem. Po rozemletí v prostoru mezi běhouny a mlecí mísou je odsávána vzhůru do vzdušného tříděče. Uplatňují se při mletí černého a hnědého uhlí, lignitu, magnezitu, barytu a různých keramických a chemických materiálů. Mohou se používat i při mletí lepivých nebo velmi mokrých hmot.

4.1.2.4 *Válcové mlýny*

Válcové mlýny se neliší od dvouválcových drtičů s hladkými válci, ani způsobem zdobňování ani svou konstrukcí. Název válcové mlýny je vžitý, neodpovídá však zrnitostnímu složení získávaných produktů. Jestliže by se přihlíželo důsledně k zrnitosti produktů a k normou stanovené hranici mezi drcením a mletím, měly by se tyto mlýny označovat spíše jako válcové drtiče pro jemné nebo velmi jemné drcení.

Ve válcových mlýnech se mele materiál tlakem dvou proti sobě se otáčejících válců. Jestliže se oba válce neotáčejí stejnou rychlostí, je materiál současně roztírán. Aby bylo možno získávat pokud možno drobnozrné produkty, musí mít válce hladké povrchy. Z téhož důvodu bývá štěrbina mezi válci velmi úzká, anebo se válce dotýkají. Vyhovující, dostatečně jemnozrné produkty lze získávat jen s hladkými egalizovanými válci. Proto bývá na rámu válcových mlýnů trvale upevněno zařízení, kterým se v mimopracovních směnách plochy válců neustále přebroušují.

4.1.2.5 *Rotorové mlýny*

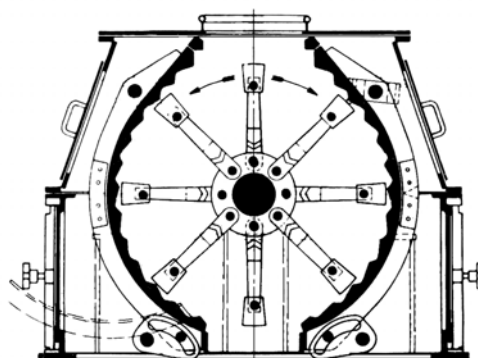
Do skupiny rotorových mlýnů patří mlýny kladivové, tlukadlové, ventilátorové a úderové mlýny různých typů. Tyto mlýny se vzájemně liší nejen svou konstrukcí a způsobem, jakým je v nich materiál mlet, ale i tím, že se některé z nich používají obvykle při poměrně hrubém mletí, zatímco jiné jsou určeny k jemnému nebo dokonce k velmi jemnému mletí. Při menším počtu otáček se získávají v rotorových zdobňovacích strojích

poměrně hrubozrnné produkty. Rotorové zdobňovací stroje s vysokým počtem otáček se používají k jemnému a velmi jemnému mletí.

Při označování rotorových zdobňovacích strojů se nepřihlíží vždy k zrnitosti získávaných produktů. Převážná většina výrobců používá název mlýn i pro takové stroje, které vzhledem k zrnitosti produktů by měly být zařazovány mezi drtiče. To se projevuje zvláště u kladivových a odrazových zdobňovacích strojů, které se používají jak při mletí, tak i při drcení, a u nichž není výrazný rozdíl v konstrukci drtičů a mlýnů.

■ *Kladivové mlýny* se liší od kladivových drtičů tím, že mívají větší počet řad kladiv na rotoru. Podobně mají i odrazové mlýny větší počet drticích lišt, než jaký bývá u odrazových drtičů. Liší se i jiným uspořádáním odrazového pancéřového vyložení. Podobně jako kladivové a odrazové drtiče bývají i kladivové a odrazové mlýny jednorotorové nebo dvourotorové.

Aby nedocházelo k jednostrannému opotřebení drticích kladiv, používají se často reverzní kladivové mlýny, umožňující změnu směru otáčení rotoru (**obr. 4.23**). V reverzních mlýnech se opotřebovávají drticí kladiva rovnoměrně z obou stran, čímž se prodlužuje jejich životnost. Neustálé otáčení se rotoru jedním směrem má nepříznivý vliv i na opotřebení pancéřových desek. Otupují se výstupky na pancéřových deskách a zhoršuje se zrnitost produktu. Při pravidelných změnách směru otáčení rotoru se výstupky na pancéřových deskách obrušují z opačné strany a jejich hrany se tak částečně samočinně obnovují.



Obrázek 4.23 - Reverzní kladivový mlýn

Kladivové mlýny se používají při mletí uhlí, sádrovce, vápence, bauxitu, koksu a různých jiných surovin. V současnosti se uplatňují v praxi velmi často různé speciální kladivové a odrazové mlýny přizpůsobené svým konstrukčním řešením a parametry

vlastnostem zdrobňovaných materiálů. Speciální zdrobňovací stroje se používají při těžbě a zpracování keramických surovin, žáruvzdorných materiálů, kaolínu, bentonitu, jílu, jílovců a jiných vazkých materiálů [1].

■ Rychloběžné *tlukadlové mlýny* se používají k mletí uhlí spalovaného v práškových ohništích. Umisťují se do bezprostřední blízkosti spalovacího prostoru kotlů. V tlukadlových mlýnech jsou na vodorovně uloženém rotoru upevněna výkyvná ramena s tlukadly. Rotor se otáčí v pancéřované skříni. Volně padající zrna uhlí jsou zdrobňována úderem rotujících tlukadel. Rozemleté uhlí je vynášeno ze mlýna nosnými plyny do ohniště nebo třídiče.

■ Na rozdíl od tlukadlových mlýnů jsou na rotorech *ventilátorových a kombinovaných mlýnů* místo výkyvných ramen pevně upevněné lopatky. Ve ventilátorových mlýnech je materiál mlet prudkými údery těchto rychle rotujících lopatek. Nosné a sušící plyny jsou nasávány spolu s mletým materiálem (uhlím) otvorem ve středu vodorovně uloženého rotoru. Mlecí lopatky mají silný ventilační účinek, takže mlýn nasává teplé spaliny z ohniště kotle a fouká uhelný prášek do ohniště. Největší výkony ventilátorových mlýnů bývají kolem 70 až 90 t.h⁻¹.

■ V *úderových rotorových mlýnech* je materiál mlet úderem mlecích kolíků, nosů nebo výstupků různých tvarů. Úderové mlýny můžeme rozdělit do čtyř skupin:

❖ *Košové mlýny*, známé pod názvem dezintegrátory, jsou nejstarší a kdysi nejvíce používané rotorové úderové zdrobňovací stroje. Mlecím ústrojím košových mlýnů jsou dva soustředně do sebe vsunuté mlecí koše. Proti sobě se otáčející mlecí koše se zhotovují z ocelových kotoučů, jež jsou mezi sebou spojeny ocelovými kolíky. Vznikají tak dvě soustavy proti sobě se otáčejících kolíků. Každý z obou košů má dvě nebo tři řady soustředně rozmístěných kolíků.

Průměr vnějšího kruhu kolíků bývá od 500 do 2500 mm. Obvodová rychlost košů bývá 20 až 40 m.s⁻¹. Změnou obvodové rychlosti lze v určitých mezích měnit zrnitostní složení produktů. Při větší obvodové rychlosti košů zvětšuje se jemnost získávaných produktů, současně však vzrůstá odpor vzduchu a s tím i spotřeba energie.

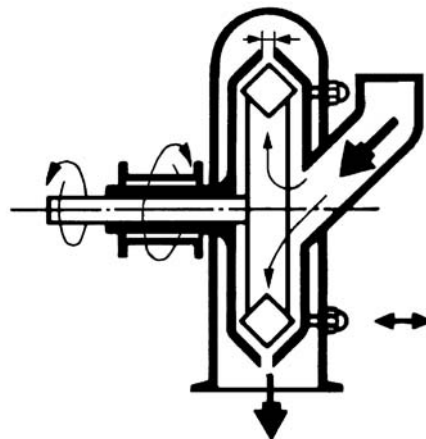
Košové mlýny se mohou používat k mletí poměrně pevných, avšak křehkých a ne příliš těžce melitelných materiálů. Melou i vláknité materiály, nehodí se však k mletí plastů nebo lepivých hmot. Jemnost mletí košových mlýnů závisí na počtu otáček košů, na počtu řad kolíků v koších a na vstupní zrnitosti materiálu.

❖ V *kolíkových mlýnech* se materiál mele stejným způsobem jako v košových mlýnech, popsáných v předcházející kapitole. Liší se od nich v podstatě jenom tím, že mlecí kolíky nasazené na rotoru nejsou svými druhými konci propojeny přírubou.

❖ *Nosové úderové mlýny* mají ve skříní odlité nosové výstupky. V mezikruží, které tyto výstupky vytvářejí, pohybují se nosy upevněné na rotoru. Velikost zrn v přívodu nemá být větší než 5 až 15 mm podle velikosti mlýna. Jemnost získávaných produktů je 0,06 až 0,1 mm.

❖ V *křížových úderových mlýnech* jsou úderná ramena rotoru uspořádána ve tvaru kříže nebo hvězdice. Ramena mají mlecí výstupky zapadající mezi nepohyblivé výstupky, upevněné po obou stranách skříně. Vstupní zrnitost rozemílaných zrn nemá být větší než 5 až 20 mm. Jemnost získávaných produktů je 0,09 až 0,2 mm.

❖ *Talířový úderový mlýn* je zobrazen na **obr. 4.24**. Hřídel rotujícího talíře je dutý a prochází jím hřídel, na níž je nasazen rotor. Rozemílaná zrna přiváděná do mlecího prostoru středovým otvorem v nepohyblivém talíři jsou vrhána rameny rotoru proti bočnímu talíři otáčejícímu se v opačném směru. Jsou rozemílána úderem rotoru i nárazy na boční talíře a též i tím, že při prudkém proudění vzduchu v mlecím prostoru se jednotlivá zrna vzájemně otírají. Jemnost získávaných produktů se reguluje rozšířením nebo zúžením štěrbiny mezi rotujícím a pevně vestavěným talířem. Destičky čtvercového tvaru, chránící otěru vystavená místa ramen rotoru a vyměnitelné segmenty bočních talířů, se zhotovují z ořezavzdorných legovaných ocelí. Uplatňují se i při zdrobňování dřevěných odpadů a jiných vláknitých materiálů.

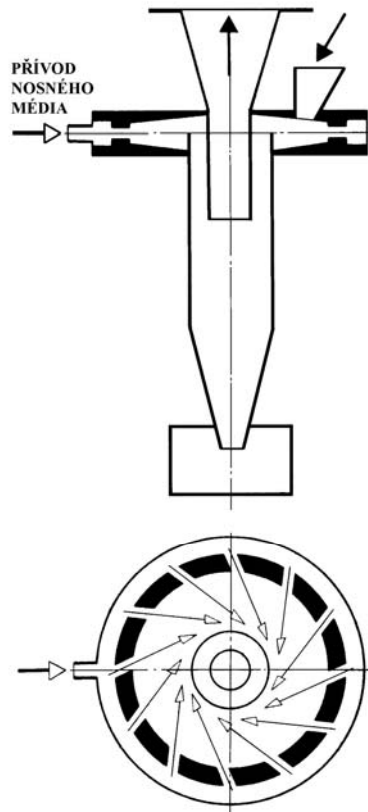


Obrázek 4.24 – Talířový mlýn

4.1.2.6 Tryskové a metací mlýny

■ *Tryskové mlýny* se odlišují od ostatních tím, že nemají pohyblivé ústrojí. V tryskových mlýnech je rozemílaný materiál unášen velmi rychle proudícím nosným médiem (stlačeným vzduchem nebo přehřátou párou), přičemž jednotlivá jeho zrnka na sebe narážejí rychlostí 100 až 1 000 m.s⁻¹ a vzájemně se otírají. Současně se otírají i o stěny mlecích komor. Jemnost získávaných produktů závisí na typu použitých mlýnů. Tryskové mlýny se používají výhradně při velmi jemném mletí, jestliže se mají získávat produkty tvořené částicemi menšími než 10 μm.

❖ *Tryskové mlýny s vodorovnou mlecí komorou (obr. 4.25)* mají soustavu trysek na jejím obvodě, jimiž se do mlecí komory přivádí nosné médium. Aby se omezilo opotřebení stěn mlecích komor, jsou trysky natočeny tangenciálním směrem. Při tlaku 0,5 až 1,5 MPa vystupují expandující plyny do mlecí komory nadzvukovou rychlostí a vytvářejí v ní vířivé tangenciální proudění. Rozemílaná zrna jsou přiváděna do mlecí komory injektorovým podávčem shora. Jelikož tryskové mlýny mají velmi vysokou spotřebu energie, má být přiváděný materiál předběžně co nejjemněji rozemlet.



Obrázek 4.25 - Tryskový mlýny s vodorovnou mlecí komorou

❖ Charakteristickým znakem *mlýnů se svislou mlecí komorou* je uzavřený mlecí okruh a svislá poloha komory. Rozemílaný materiál se přivádí do spodní části těchto mlýnů injektorovým podávčem. Tlak vzduchu vstupujícího soustavou trysek do mlecí komory bývá 1 až 1,5 MPa. Aby expandující stlačený vzduch vstupoval do mlecí komory nadzvukovou rychlostí $500 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, musí být předem ohříván. Trysky jsou ve spodní části komory rozmístěny tak, aby se vznikající proudy vzduchu křížily a docházelo přitom k intenzívním vzájemným srážkám vzduchem unášených částic. K oddělování jemných částic od částic hrubších, ještě nedostatečně rozemletých, dochází v horní části komory. Jemné částice mají malou hmotnost a jsou proto strhávány proudem vzduchu a unášeny z mlecí komory do odlučovače prachu a filtru. Nedostatečně rozemleté částice nemohou být ze své dráhy odbočujícím proudem vzduchu strženy a obíhají mlecí komorou až do požadovaného rozemletí. K tomu, aby byla nějaká částice rozemleta na velikost menší než 10 nebo 5 μm , musí proběhnout komorou několikrát.

■ Do skupiny *metacích mlýnů* patří metací mlýny mechanické a pneumatické. Konstrukce *mechanických metacích mlýnů* se neliší od metacích drtičů popsaných dříve. V praxi se tyto zdobňovací stroje označují někdy jako drtiče a jindy jako mlýny. Možnost používat mechanické metací mlýny i při jemném mletí naráží na potíže, protože:

- a) velmi jemné částice vrhané proti pancéřovému vyložení mají příliš malou kinetickou energii,
- b) pohyb velmi jemných částic je velmi silně brzděn odporem vzduchu.

Velmi jemné částice by bylo možno získávat ve vzduchoprázdném prostředí, v němž by byla rozemílaná zrna vrhána proti pancéřovému vyložení mlýna rychlostí dosahující $400 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Vzhledem k nutnosti udržovat ve mlýně vakuum a ke složitému přívodu a odvádění rozemílaného materiálu ztrácel by vakuový metací mlýn hlavní přednost metacích zdobňovacích strojů - jejich konstrukční jednoduchost.

V *pneumaticém metacím mlýně* je rozemílaný materiál vrhán proudem stlačeného vzduchu na odrazovou pancéřovou desku. Pneumatický metací mlýn (tzv. Angerův mlýn) se používá k mletí uhlí. Uhlí se přivádí do spodní části mlýna boční násypkou. Odtud jsou uhelná zrna strhávána proudem vzduchu vzhůru na odrazovou pancéřovou desku. Rychlost proudu vzduchu bývá přibližně $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

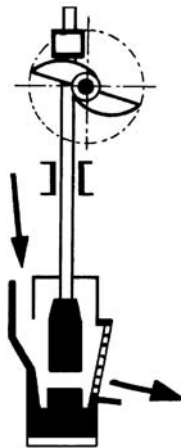
Pneumatické metací mlýny jsou jednoduché, nemají žádné pohybující se součásti. Opatřené podléhající odrazové desky jsou snadno vyměnitelné. Výkon jednoho agregátu je kolem $1,5 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$. V současné době se tyto mlýny již nepoužívají.

4.1.2.7 Zvláštní typy mlýnů

Zvláštní typy mlýnů se liší od mlýnů uvedených v předcházejících kapitolách buď svou zcela odlišnou konstrukcí, nebo způsobem, jakým je v nich materiál mlet. Mají jen nepatrný význam, některé z nich se používají jen zcela výjimečně, jiné se buď vůbec neuplatnily, anebo ztratily postupně svůj význam [2], [3].

■ *Stoupy* jsou jedním z nejstarších zařízení používaných při velmi jemném zdrobňování tvrdých, avšak poměrně křehkých materiálů. Způsobem, jakým je materiál ve stoupách zdrobňován, podobají se stoupy více drtičům než mlýnům. Stoupy se používaly již před více než pěti sty roky při zpracování a úpravě rud obsahujících zlato, stříbro a měď.

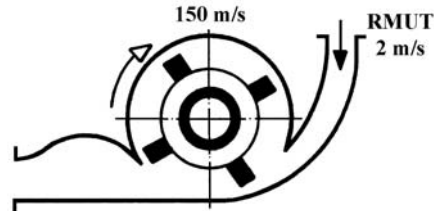
Ve stoupách se rudy zdrobňují úderem těžkých tlukadel (pěcholů), které jsou střídavě zvedány a spouštěny podobně jako v beranidlech používaných k zatloukání pilotů (**obr. 4.26**). Počet zdvihů byl obvykle 100 min^{-1} . Konstrukce stoup byla jednoduchá, vždy 5 nebo 10 pěcholů bylo spojeno do jedné baterie. Pěcholy v baterii pracují střídavě v taktu.



Obrázek 4.26 - Stoupy

■ Při velmi jemném mletí některých materiálů se uplatňují tzv. *koloidní mlýny*. Schematický řez koloidním mlýnem je uveden na **obr. 4.27**. Podstatnou součástí tohoto mlýna je rotor s tlučkami, jejichž obvodová rychlost přesahuje $150 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Rozemílaný materiál se přivádí do mlýna společně s vodou rychlostí $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Velkou obvodovou rychlostí

pohybující se tlučky tříští a zdrobňují tuhé částice v prakticky nestlačitelném vodním prostředí. Jemnost získávaných produktů lze řídit přidáváním vhodných peptizátorů. Koloidní mlýny se uplatňovaly především při výrobě kvalitních pigmentů pro protikorozní nátěry a při mletí grafitu používaného při výrobě mazadel.



Obrázek 4.27 – Koloidní mlýn

4.2 Odlučování jednotlivých složek materiálu

4.2.1 Třídění

Třídění je základní úpravnický pochod, kde se surovina třídí (dělí) podle velikosti zrna. V úpravě nerostných surovin je tato formulace třídění obecně platná, ale v oblasti zpracování určitých druhotných surovin (odpadů) může již při třídění docházet k rozduřování podle kvality – druhu materiálu. Třídíče se rozdělují podle konstrukčního uspořádání na (viz. tab. 4.4).

Účelem třídění je rozdělovat materiál podle velikosti. Třídíme-li například materiál, skládající se ze složek A a B, na síť velikosti otvorů 10 mm, dostáváme dva podíly. Sítem propadají zrna menší než 10 mm, na síti zůstávají zrna větší než 10 mm. Podíl 0 až 10 mm i podíl zrn větších než 10 mm budou však složeny jak ze zrn námi požadovaného materiálu (např. materiálu A), tak i ze zrn druhého materiálu (B) – např. materiálu nám nepotřebného.

K třídění používáme síť nebo roštů. Produkt, který je tvořen zrny většími, než jsou otvory síta nebo roštu, jmenujeme přepad (nadsítné, nadroštné). Produkt tvořený zrny propadajícími sítem nebo roštem označujeme jako propad (podsítné, podroštné) [2], [3].

Třídění je důležitým pracovním úkonem nejen v úpravách nerostných surovin, v koksovárnách a briketárnách, ale i v keramickém průmyslu, při výrobě stavebních hmot, v chemickém průmyslu a v jiných průmyslových odvětvích.

Tabulka 4.4 - Přehled postupů třídění

Druh třídění	Princip třídění		Druhy zařízení
Mechanické	geometricky rozdílné rozměry zrn		roštové třídíče pevné rošty, pohyblivé rošty, výkyvné rošty, pásové rošty.
			sítové třídíče se stejnosměrným pohybem síta (válnové, kuželové, hranolovité) vibrační (s různým režimem kmitů)
Hydraulické	rozdílná sedimentační rychlost ve vodě	oddělování zrn podle soupádnosti	hřeblové a šroubovicové třídíče třídíče se vzestupným vodním proudem protiproudé třídíče
		spolupůsobení hydrocyklóny - odstředivé síly	
Pneumatické	rozdílná sedimentační rychlost ve vzduchu		vibrační odprašovací třídíče pulsací odprašovací třídíče odstředivé odprašovací třídíče

4.2.1.1 Třídění mechanické

Mechanické třídíče můžeme rozdělit především na *roštové* a *sítové*. Roštů se používá zpravidla k přípravnému třídění hrubozrnějšího materiálu, kterým by síta velmi trpěla. Při úpravě užitkových nerostů se používá roštů nehybných nebo pohyblivých. Síta jsou až na nepatrné výjimky vždy pohyblivá.

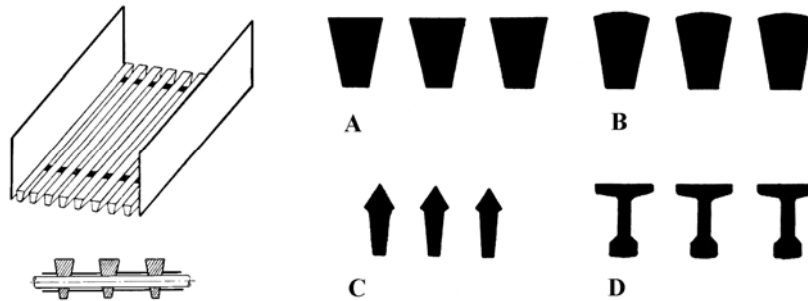
Rozdíl mezi sítím a roštem (pohyblivým) je ten, že se u roštů nepohybuje celá roštová plocha jako u sít, nýbrž jen její jednotlivé tyče nebo články, z nichž je rošt utvořen. Podle toho, používáme-li k třídění roštů nebo sít, označujeme často třídící zařízení jako rošty nebo síta. Vhodnějším pojmenováním je však *roštový třídíč* nebo *sítový třídíč*.

Třídění na sítích se používá i při odvodňování koncentrátů (např. prané uhlí). Tu ovšem nejde o oddělování zrn různých velikostí od sebe, nýbrž o oddělování tuhých částic od kapaliny.

■ *Roštových třídících* se používá především k oddělení větších kusů materiálu od jemnější frakce. Roštové třídiče můžeme rozdělit na třídiče s rošty nepohyblivými a pohyblivými.

❖ K hrubému třídění tvrdších a méně křehkých nerostů a podobných materiálů používáme zpravidla *nepohyblivých roštů*. Takové rošty musí mít dostatečný úklon, aby nadroštné klouzalo po roštu vlastní vahou.

Na **obrázku 4.28** je znázorněn nepohyblivý rošt složený z tyčí vzájemně mezi sebou spojených. Mezery mezi roštnicemi, tvořící propadovou plochu roštu, mají podlouhlý obdélníkový profil. Roštem mohou proto propadnout i poměrně velké kusy, pokud mají plochý, protáhlý tvar.

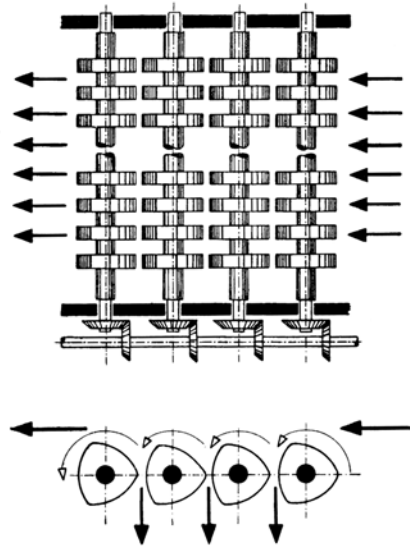


Obrázek 4.28 – Třídiče s pevnými rošty různých profilů roštnic

Roštnice mohou mít různý tvar. Tyče s kruhovým profilem jsou nejméně vhodné, protože se takové rošty snadno ucpávají. Nejúčelnější je profil roštnic, který se směrem dolů zužuje (**obr. 4.28 A - D**). Na roštech s takovými roštnicemi se kusy materiálu, které se popř. vklínily mezi roštnice, drtí pohybem materiálu po roštu. Tím se podstatně omezí možnost ucpávání roštu.

❖ Kromě nepohyblivých roštů uplatňují se při třídění materiálů i *pohyblivé rošty* různých konstrukcí. Mezi nejdůležitější patří pohyblivé roštové třídiče skládající se ze soustavy příčných hřídelí, na nichž jsou výstředně upevněny malé kotouče. Při otáčení hřídelí je materiál na roštu nadzvedáván a posunován vpřed. Podroštné propadá otvory mezi jednotlivými kotouči.

Na hřídelích jiného typu těchto třídících jsou centricky upevněna tělíska průřezu sférického trojúhelníku, jež při otáčení posunují materiál plynule vpřed, podobně jako výstředné kotouče (**obr. 4.29**).



Obrázek 4.29 – Rotační rošty

V úpravkách a třídárnách se používá též *třídící pásových*, které mají dvě soustavy příčných roštic spojených mezi sebou v nekonečný pás. Tříděný materiál propadává zčásti mezerami mezi rošticemi, kdežto nadroštné je pohybujícím se roštovým pásem dopravováno k výsypu. Ve spodní prázdné větvi jsou obě soustavy roštových tyčí vedeny takovým způsobem, že se vzdálenost mezi jednotlivými roštovými tyčemi zvětšuje až trojnásobně, takže roztríděné již podroštné propadá snadněji, aniž je zbytečně drceno.

■ *Sítové třídící.* Velikost otvorů v sítích nazýváme okatost síta. Při kruhových otvorech je to průměr kruhu, při čtvercových strana čtverce, při obdélníkových jeho menší rozměr (šířka) a při štěrbinových sítích šířka štěrbin. Součet ploch všech otvorů nebo štěrbin v síti v poměru k celkové ploše síta je volná propadová plocha síta. Čím je tato plocha větší, tím se materiál na sítu lépe třídí. Nejvhodnější okatost sít z děrovaných plechů je 125 až 1,6 mm.

Pro třídění jemnějších zrn se používá síť zhotovených z drátěného pletiva. Tato síta mají větší propadovou plochu než síta z děrovaného plechu, mají však drsnější povrch. Měkký a křehký materiál se proto při pohybu na těchto sítích značněji otírá. Drátěná síta se zhotovují s okatostí od 100 do 0,04 mm. Síta větší okatosti se vyrábějí z ocelových drátů, jemnější síta z fosforového bronzu, mosazi nebo nerez. Protože výroba velmi jemných sít je drahá a protože se velmi rychle opotřebují, používá se k průmyslovým účelům síť s okatostí nejvýše 0,15 mm [1].

Účinnost třídění se počítá ze vzorce [2], [3]:

$$E = 100 \cdot \frac{100 \cdot (a - b)}{a \cdot (100 - b)} \quad [\%] \quad (4.16)$$

kde **E** je účinnost třídění v procentech; **a** - váhový podíl drobného zrna (menšího než okatost síta) v původním netříděném materiálu vyjádřený v procentech; **b** - váhový podíl drobného zrna v přepadu v procentech.

Na sítích se třídí převážně za sucha. Při třídění slepujících se zrn se někdy výjimečně třídí za mokra a třídění se podporuje postřikáváním a splachováním materiálu na síť. Aby vlhká zrna při suchém třídění nezalepovala síta, upevňují se někdy v třídících topná tělesa. Používá se i přímého vytápění sít vibračních třídíčů. Síta se zahřívají na teplotu 70 až 80 °C tím, že se zapojují jako odpor do okruhu střídavého proudu s napětím asi 10 voltů.

V praxi se často třídí materiál současně na větší počet tříd. Postup třídění může být takový, že síta jsou umístěna za sebou anebo nad sebou. V případě *umístění sít za sebou* postupuje tříděný materiál od síta s nejmenší okatostí k sítu s okatostí největší. Tyto třídíče jsou nevýhodné tím, že nejhrubší materiál prochází celým třídíčem, čímž trpí jemnější síta s malou okatostí. Síta těchto třídíčů jsou však snadno přístupná, dají se kontrolovat a bez obtíží vyměňovat. Účinnost třídění je menší, neboť větší zrna postupující po síti zakrývají otvory předních sít. Při *umístění sít nad sebou* se zlepšuje účinnost třídění a zmenšuje se opotřebení sít. Tyto třídíče však mají větší konstrukční výšku, též prohlídky a výměna sít jsou obtížnější.

Kombinovaný způsob, jehož účelem je odstranit nevýhody obou předešlých způsobů, je v praxi méně obvyklý. Při třídění na několika sítích se poměr okatosti jednoho síta k okatosti následujícího síta označuje jako kvocient sítové stupnice (modul stupnice) [2], [3]:

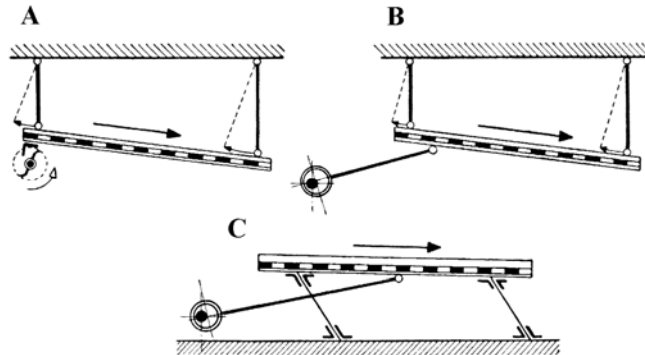
$$M = \frac{o_1}{o_2} \quad (4.17)$$

kde **o₁** je velikost otvorů jednoho síta, **o₂** je velikost otvorů síta druhého.

Třídíče s kývavým nebo kmitavým pohybem síta dělíme na tyto hlavní skupiny:

❖ *Nárazné a nátrásné třídíče* pracují s poměrně malým počtem výkyvů síta za minutu na rozdíl od vibračních třídíčů, které se vyznačují velkým počtem kmitů, jejichž amplituda je však podstatně kratší než u sít nárazných nebo nátrásných.

Na **obr. 4.30** jsou schematicky znázorněny některé typy třídíčů s rovinnými sítí. Sítová skříň *nárazového třídíče* (A) je uváděna do pohybu nárazy palcové hřídele. Tyto třídíče se vyznačují poměrně dlouhým výkyvem sítové skříňe při malém počtu výkyvů za minutu.



Obrázek 4.30 – Typy síťových třídíčů

Skříňe *nátřasných třídíčů* uvádí do pohybu excentr spojený se skříňí přímo nebo pomocí táhla B a C. Některé konstrukce třídíčů mají síťové skříňe zavěšené A a B, u jiných jsou skříňe uloženy na dřevěných pružinách, jež se vyrábějí z dřeva jasanového nebo z jiných speciálních druhů dřeva C.

Síta jsou v třídíčích uložena vodorovně nebo s mírným úklonem. Úklon sít podporuje pohyb materiálu po sítě. Pohyb síťové skříňe je jednoduchý. Při vodorovném uložení sít musí být dostatečný rozdíl zrychlení při pohybu vpřed a vzad, aby byl vyvoláván pohyb materiálu po sítě. Síta, resp. síťové skříňe musí mít takový pohyb, aby materiál na sítě byl nadhazován a nakypřován. Pro správné a účinné třídění je důležité, aby materiál na sítě měl možnost a čas se rozvrstvit. Drobnější a specificky těžší zrna přitom propadávají směrem dolů.

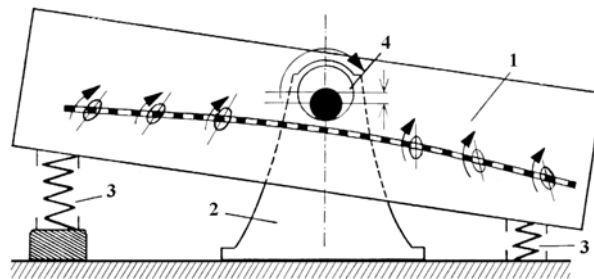
Třídíče s rovinnými sítí jsou vhodné pro třídění materiálu střední velikosti zrna mezi 50 (80) až 5 (1,5) mm. Výkonnost třídíčů s rovinnými sítí kolísá od 1 do 3 t.h⁻¹ na 1 m² síťové plochy při okatosti síta 1 mm.

❖ *Vibrační třídíče* neboli vibrátory se odlišují od popsaných třídíčů několikanásobně větším počtem výkyvů (vibrací). Počet vibrací kolísá od 1 000 do 3 000 za minutu. Délka výkyvu bývá nejčastěji 2 až 6 mm. Vibračních třídíčů se používá k třídění rud, uhlí, koksu, různých jiných užitkových nerostů, k třídění šterku a surovin pro výrobu stavebních hmot, průmyslových odpadů atd. Vibrátory se uplatňují při třídění materiálu od 150 až 200 mm do 0,1 mm.

Vibrátorů se může používat k třídění za sucha nebo k třídění mokrému. Nejvíce se uplatňují vibrační tříděče při třídění materiálu velikosti 1 až 40 mm za sucha.

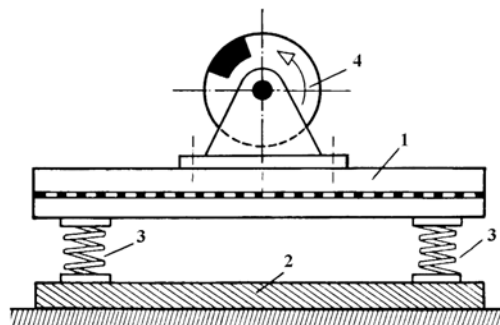
Hlavními součástmi vibračních tříděčů jsou síťová skříň, vlastní vibrační zařízení a pružné pérové uložení skříně.

Na **obr. 4.31** je vyznačen princip vibrátoru, v němž jsou vibrace vyvolávány výstředníkem. Skříň 1 je uložena na pružinách 3. Síťová skříň je zavěšena na výstředníkové hřídeli 4 uložené v nehybně stojících ložiskách 2. Ve střední části síta jsou vyvolávány kruhové vibrace, odpovídající excentricitě hřídele. Dále od středu síta mají vibrace tvar podlouhlých elips, jejich tvar a velikost jsou podmíněny hlavně vahou skříně a vahou hmot tříděných na síti. Vlivem vysokého počtu vibrací je materiál při průchodu vibrátorem nadhazován a nakypřován účinněji než u síťových tříděčů s menším počtem výkyvů síta.



Obrázek 4.31 – Výstředníkový pohon tříděče

Na **obrázku 4.32** je znázorněn princip působnosti vibrátorů, v nichž jsou vibrace vyvolávány nerovnoměrným rozdělením hmot setrvačníku. Je tu využito jevu, který je tak nebezpečný u setrvačnicků nebo u strojů s velkým počtem otáček, jako jsou turbíny, rotační kompresory a generátory a to chvění vlivem nedokonalého vyvážení rotujících hmot.



Obrázek 4.32 – Pohon s nevyvázkem

Na sítové skříni 1, uložené na pružinách 3, jsou připevněna ložiska hřídele. Na hřídeli jsou upevněny dva malé setrvačníky s nevyváženými hmotami 4. Rychlé otáčení setrvačnicků vyvolává chvění, které se přenáší na skříň a síto. Dynamické síly vyvolané vibracemi (na něž má vliv pružnost úložných per, setrvačné síly skříně i materiál na síti) způsobují eliptický pohyb jednotlivých bodů síta v rovině kolmé k rovině síta.

Výkonnost popsaných třidičů dosahuje 2,2 až 2,8 m³.h⁻¹ na 1 m² plochy síta při okatosti síta 0,2 až 0,4 mm. Při třídění hrubšího materiálu na sítích okatosti 40 až 50 mm se zvětšuje výkonnost až na 38 až 42 m³.h⁻¹ na 1 m² plochy síta.

❖ *Bubnové třidiče* jsou v podstatě síta z děrovaného plechu stočená do tvaru válce nebo komolého kužele. Aby se nadsítné pohybovalo samočinně po síti, musí být osa válcových sít poněkud skloněna k vodorovné rovině, což zatěžuje a komplikuje ložiska hřídele. Proto se častěji používá síť kónických s vodorovnou hřídelí. Válcová a kónická síta bubnových třidičů jsou spojena s hřídelí několikaramennými růžicemi.

Účinnost třídění je malá. K třídění je vždy v určitém okamžiku využito jen asi 1/6 sítové plochy. Výkonnost bubnových třidičů bývá od 2,5 do 6,5 t.h⁻¹ při sítích velké okatosti.

Předností bubnových třidičů je tichý chod. Přesto se dnes již prakticky nepoužívají. Průměr bubnových sít bývá 1 až 4,7 m, délka 2 až 6 m. Bubnové třidiče třídí materiál rozměrů 75 až 1 mm.

Má-li být surovina tříděna na větší počet tříd, používá se bubnových třidičů stupňovitých, tj. několika bubnů uspořádaných stupňovitě za sebou nebo třidičů soustředných.

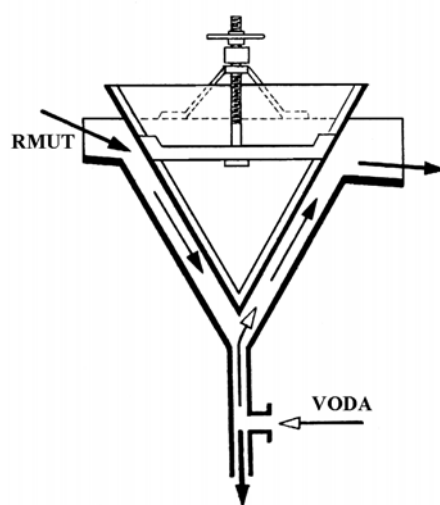
4.2.1.2 Třídění hydraulické – podle soupádnosti

Oddělování zrn podle soupádnosti ve vodě je důležitým pracovním pochodem při různých způsobech úpravy rud, uhlí a jiných užitkových nerostů popřípadě druhotných surovin, respektive odpadů. Oddělování zrn podle soupádnosti neboli *klasifikace* je přechodným pochodem mezi tříděním a rozdružováním.

■ *Nálevky* mají tvar kuželů nebo čtyřbokých jehlanů obrácených vrcholem dolů. Obyčejně se používá soupravy několika nálevek spojených za sebou, z nichž každá další má větší obsah. Rmut je přiváděn, do nejmenší nálevky, v níž se usazuje nejtěžší a nejhrubší podíl. V dalších odděleních (nálevkách) se poklesem rychlosti vodního proudu usazují postupně zrna menšího průměru a menší váhy. Z posledního oddělení odchází buď vyčeřená voda, nebo rmut obsahující nejjemnější podíl. Aby se nerušilo usazování v nálevkách, jsou

usazené produkty vynášeny trubkami, jejichž výtokový konec bývá v malé vzdálenosti pod hladinou rmutu. Nálevek se používá k oddělování skupin soupádných zrn před jejich rozduřováním na splavech.

■ *Prolévky* se liší od nálevek tím, že vsunutím vnitřního jehlanu je rmut veden až do spodní části jímky (**obr. 4.33**). Tím se zamezí, aby na vodní hladině plavala těžko smáčitelná zrnka plochého tvaru, která by se se zřetelem ke své váze a velikosti měla usazovat. Průtočný profil, a tím i rychlost průtoku rmutu se řídí zdvižením nebo spuštěním vnitřního jehlanu.



Obrázek 4.33 – Prolévka

Přesnost oddělení jednotlivých produktů může být u prolévek a nálevek zvýšena použitím vzestupného proudu vody v jejich spodní části. Zrnka mající větší pádovou rychlost, než je rychlost výsledného vzestupného vodního proudu, klesají ke dnu a jsou vynášena z prolévky. Zrnka, jejichž pádová rychlost je menší než rychlost vzestupného vodního proudu, jsou vynášena ke hladině a odváděna do další prolévky nebo k dalšímu zpracování.

■ K mechanickým klasifikátorům patří též *mísové klasifikátory* označené někdy ne dosti vhodně jako hydroseparátory, jež se uplatňují zejména v průmyslu chemickém a při výrobě cementu. Jsou to vlastně zahušťovače, od nichž se liší jen podstatně menšími rozměry. Mísové klasifikátory se hodí k oddělování nejjemnějších kalů a písků. Uplatňují se zejména v průmyslu chemickém, při výrobě cementu a v jiných oborech tehdy, kdy je třeba oddělovat nebo odstraňovat nejjemnější částice velikosti 0,02 až 0,04 mm z rozemleté suroviny.

■ *Hydraulické klasifikátory*, v nichž probíhá klasifikace pádem zrn v zúženém prostoru, se skládají z několika oddělení postupně se zvětšujících (podobně jako nálevky spojené do baterie). Spodní část každého oddělení má tvar válce, který přechází v komolý kužel obrácený vrcholem dolů. Pod ním je připojena jímka s hrdlem pro vynášení usazeného produktu. Vynášení klesajících zrn z každého oddělení do příslušné jímky je periodické podle pravidelně se otevírajícího a zavírajícího kuličkového ventilu.

■ *Hřeblové klasifikátory* jsou jímky obdélníkového půdorysu se skloněným dnem. Usazený materiál je vynášen hřebly upevněnými na tyčích, jimiž pohybuje zvláštní mechanismus. Hřeblové klasifikátory mívají jednu až šest tyčí s hřebly. Ve dvojitých hřeblových klasifikátorech se pohybují obě tyče podélným směrem tak, že zatím co se jedna pohybuje vpřed, vrací se druhá zpět. Při pohybu hřeblové tyče ve směru osy jímky vpřed (k přepadové hraně) je tyč zvedána, takže spodní okraje hřebel jsou ve vzdálenosti asi 150 mm nade dnem. Při chodu zpět (pracovní chod) se spodní okraje hřebel téměř dotýkají dna. Každý bod hřeblové tyče, vykonává tedy oválný pohyb s delší osou asi 200 až 300 mm a s kratší osou přibližně 150 mm.

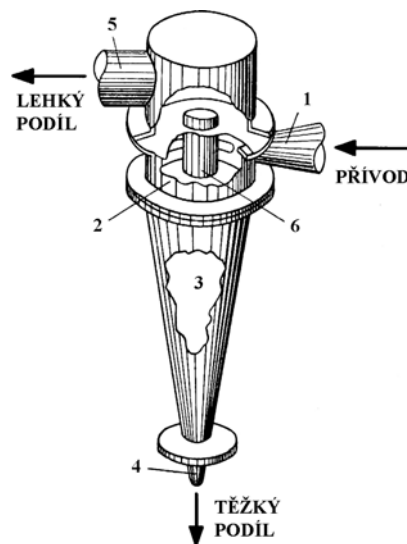
Rmut je přiváděn do klasifikátoru blíže k přepadovému konci, přibližně asi ve třetině jímky. Zrnka s malou pádovou rychlostí jsou unášena k přepadové hraně. Hrubší a těžší zrnka s větší pádovou rychlostí klesají ke dnu jímky. Usazený materiál je pomalu nahrnován k opačnému konci přístroje.

■ *Šroubovicové (spirálové) klasifikátory* se odlišují od hřeblových klasifikátorů jen vynášecím zařízením. Místo tyčí s hřebly se v klasifikační nádrži otáčí hřídel, na níž je upevněn dvojchodový šnek. Při otáčení šneku se usazené písky pohybují po dně a po jedné boční stěně jímky. U dvojitých přístrojů se otáčejí dva šneky proti sobě a hrnou tak usazený materiál k horní hraně klasifikátoru. Okraje šneků lze vyměnit. Zhotovují se ze zvlášť odolné oceli nebo i z pryže.

Přepadová hrana některých šroubovicových klasifikátorů je umístěna velmi nízko. Tyto klasifikátory mají proto malou plochu hladiny rmutu a hodí se jen pro klasifikaci hrubě zrnitého materiálu. Uplatňují se především při promývání písků.

■ Popsané nálevky, prolévky, hřeblové klasifikátory a ostatní hydraulické třídíče se zakládají na působení gravitační síly, jež vyvolává rozdílné sedimentační rychlosti nestejně velkých nebo nestejně těžkých zrn. K rozdělování zrn podle velikosti a měrné váhy lze využít i odstředivé síly. Do skupiny přístrojů založených na působení odstředivé síly patří *hydrocyklóny* a některé zvláštní typy odstředivek.

Předností hydrocyklónů je jejich velmi jednoduchá konstrukce a zejména to, že nemají pohybující se součásti (**obr. 4.34**). Horní část hydrocyklónu má tvar válce nevelkého průměru. K tomuto válci přiléhá naspodu kuželovitá část 3. Rmut se přivádí do hydrocyklónu nátrubkem v horní části 1 a vstupuje pod tlakem do vnitřního prostoru tangenciálním směrem.



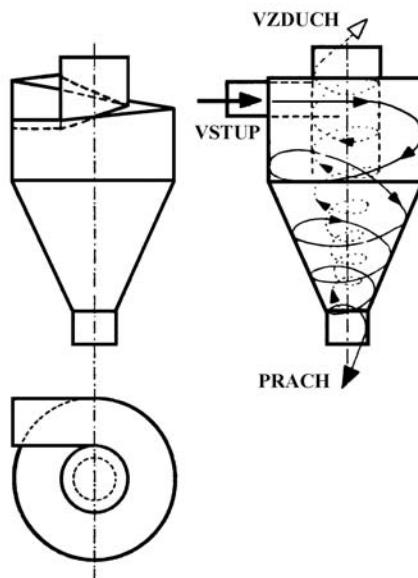
Obrázek 4.34 – Hydrocyklón

Působením odstředivé síly nastává rozdělení zrn v kuželovité části hydrocyklónu na těžkou (hrubou) a lehkou (jemnou) frakci. Částice většího průměru, resp. částice vyšší měrné váhy jsou vrhány ke stěnám a kloužou k vynášecímu otvoru 4 ve spodní části hydrocyklónu. Částice malého průměru, resp. specificky lehké částice jsou unášeny přepadovou tryskou 6 a nátrubkem 5. Střední část hydrocyklónu blízko jeho osy není vyplněna rmutem, neboť vlivem tangenciálního proudění se tam vytváří podtlakový vzdušný sloupec. Velikost podtlaku i tvar a průměr tohoto vzdušného sloupce závisí na velikosti vstupního tlaku a na velikosti vstupní 1, přepadové 6 a výtokové trysky 4.

4.2.1.3 Třídění pneumatické

Pneumatické třídiče se používají především pro třídění materiálů s menší specifickou hmotností nebo pro třídění (odlučování) relativně malých částic, jako například odlučování prachu ze vzduchu, respektive jiných jemných materiálů z plynného prostředí. Mezi tento typ třídičů řadíme:

- *Vibrační síťové třídičem*, které se převážně používají v odprašovacím zařízení, které je uzavřeno ve vzduchotěsném krytu.
- *Odstředivé klasifikátory*, pro oddělování prachu z drobnějších tříd pod 10 mm.
- *Vzdušně cyklóny* jsou založeny na obdobném principu jako hydrocyklóny. Tato podobnost se projevuje i ve tvaru cyklónů (**obr. 4.35**). Místo jednoduchých cyklónů se používá často soustavy většího počtu paralelně zapojených cyklónů malých rozměrů. Počet cyklónů v baterii závisí na požadované výkonnosti celého zařízení. Přístroje s větším počtem cyklónů průměru 150 až 250 mm se jmenují multicyklóny neboli cyklóny bateriové. Ve srovnání s cyklóny, které pracují s dobrou účinností, jen jde-li o částice větší než 0,06 až 0,03 mm, je účinnost multicyklónů uspokojivá i při částicích velikosti 0,01 mm.



Obrázek 4.35 – Vzdušný cyklón

4.2.2 Rozdružování

Účelem rozdružování je oddělování jednotlivých materiálů (A a B popřípadě C ...) na základě jejich rozdílných vlastností, jako např. hustoty, smáčivosti, elektrických nebo elektromagnetických vlastností. Přehled metod rozdružování je uveden v tab. 4.5.

Při rozdružování někdy dostáváme kromě požadované suroviny (koncentrátu) a druhé složky (jaloviny) ještě meziprodukt anebo několik chudších nebo bohatších meziproduktů. Meziprodukt má menší obsah užitkového materiálu než koncentrát (nerosty) [2], [3].

Samo pojmenování prozrazuje, že meziprodukt není z hlediska úpravnického produktem konečným. Meziprodukt je tvořen většinou prorostlými zrny a zčásti i volnými zrny užitkového materiálu a jaloviny, jež se dostávají do meziproduktu nepřesnou prací rozdružovacích strojů. Meziprodukty se proto podrobují novému rozdružování (zpravidla po předchozím drcení nebo mletí) tak dlouho, pokud se podíl užitkového materiálu nepřeveďte do koncentrátu (samozřejmě také druhá popřípadě třetí složka může být námi požadována).

Musíme si uvědomit, že i po několikastupňovém rozdružování dostaneme vždy ještě nějaký meziprodukt. Není-li další úprava takového meziproduktu z ekonomického hlediska únosná a nelze-li takového meziproduktu nějak vhodně využít, nezbyvá než se rozhodnout, zda má být přidáván ke koncentrátu, nebo do jalového odpadu – do složky jiné.

Tabulka 4.5 – Rozdružovací metody

Postup rozdružování	Dílčí dělení
Gravitační (na základě různé skutečné hustoty)	Rozdružování v těžkých kapalinách. Rozdružování ve vodě (sazečky, splavy, žlaby, šroubovicové rozdružování, ve vzestupném vodním proudu). Pneumatické rozdružování. Zvláštní způsoby rozdružování.
Magnetické (na základě rozdílné magn. susceptibility)	Slabě magnetické rozdružování za sucha i za mokra. Silně magnetické rozdružování pro drobná zrna (0,15 až 15 mm) a jemnozrné rmuty.
Elektrické (na základě rozdílné el. vodivosti složek)	Rozdružování s různým uspořádáním elektrického pole. Rozdružování s různým uspořádáním elektrod. Rozdružování s různým pohybem materiálu.
Flotace (na základě rozdílných povrch.vlastností zrn)	Pěnová flotace: - přímá (užitkový materiál je v pění), - nepřímá (v pění je hlušina). Aglomerační flotace (při tvorbě pěny spolupůsobí olej). Flotace na nosiči (jemné částice adsorbují na povrchu hrubších). Elektroflotace (probíhá na základě elektrolytického procesu).

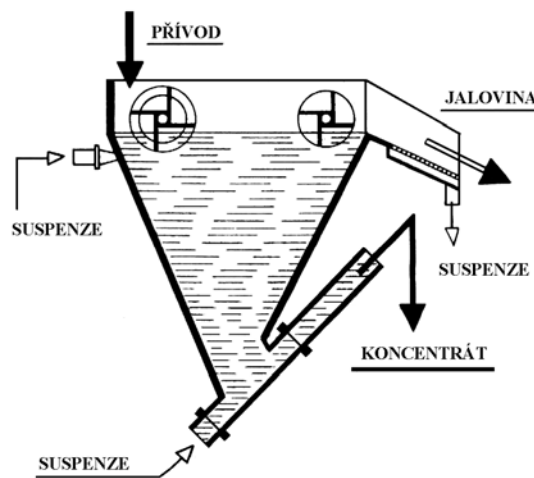
4.2.2.1 Gravitační rozdělování

Gravitační rozdělování je založeno na rozdílných pádových rychlostech částic, a tím na rozdílném rozvrstvení částic různé hustoty v kapalném nebo plynném prostředí. Z gravitačních metod se v provozních podmínkách užívají nejčastěji tyto postupy:

■ Rozdělování v těžkých kapalinách

Těžká suspenze je tvořena směsí jemně mletého zatěžkávadla a vody. Hustota těžké suspenze je volena mezi hustotou užitkové a balastní (druhé) složky, takže specificky lehčí složka plave na povrchu suspenze, kdežto specificky těžší složka klesá ke dnu.

❖ Jedním z nejstarších typů těžkokapalinových rozdělovačů jsou *rozdělovače s kuželovou nádrží*. Avšak i některé novější těžkokapalinové rozdělovače mají hluboké nádrže, jako např. rozdělovač znázorněný na **obr. 4.36**. Plovoucí frakce se z tohoto přístroje odvádí s přepladem, zrna klesající ke dnu nádrže se vynášejí zvláštním injektorovým zařízením. Přívod suspenze je dělen - část suspenze se přivádí poblíže místa přívodu suroviny, další část suspenze vstupuje do rozdělovače zesponu.



Obrázek 4.36 – Těžkokapalinový rozdělovač

❖ *Bubnový rozdělovač* může rozdělovat surovinu až do velikosti zrn 100 mm. Tento přístroj nemá vnitřní otáčivé součásti, a může být proto snadno uveden do chodu i po delších přestávkách. Rozdělovaná surovina se přivádí spolu se suspenzí na jednom konci bubnu. Lehká frakce vyplave na hladinu suspenze a přepladá dutým čepem. Těžká frakce klesá a je posunována vrtulovitými výstupky, upevněnými na vnitřní stěně bubnu k druhému konci, odkud je vynášena pevně připevněnými lopatkami při otáčení bubnu.

■ *Rozdružování v sazečkách*

Toto rozdružování je procesem rozdružování podle hustoty ve střídavém vzestupném a sestupném vodním proudu. Rozdružování nerostných surovin na sazečkách bylo ještě před několika desetiletími hlavním a nejvíce používaným způsobem úpravy, nyní má však při úpravě rud barevných kovů a též při úpravě mnoha nerostných a jiných surovin nekovových rozhodující význam flotace.

■ *Rozdružování ve splavech*

Rozdělování částic různé hustoty se uskutečňuje v tenké vrstvě vody na nakloněné rovině splavu, která vykonává nesouměrný kmitavý pohyb ve směru své podélné osy. Na splavech se rozdružují zpravidla zrna velikosti menší než 1 až 2 mm, výjimečně nejvýše 4 až 6 mm. Rozdružování na splavech bývá buď samostatným způsobem úpravy, nebo (častěji) doplňuje rozdružování na sazečkách, flotaci a jiné způsoby úpravy.

Rozdružování na splavech, jež patří rovněž k poměrně starým způsobům úpravy, bylo postupem času v mnoha případech vytlačeno jinými účinnějšími způsoby úpravy, zejména úpravou flotační. Uplatňovaly se ponejvíce při úpravě některých nekovových materiálů.

■ *Rozdružování ve žlabech*

Rozdružování vodním proudem v mírně skloněných žlabech se uplatňuje hlavně při úpravě uhlí. Vyskytuje se však i při úpravě zlatonosných písků a jiných materiálů.

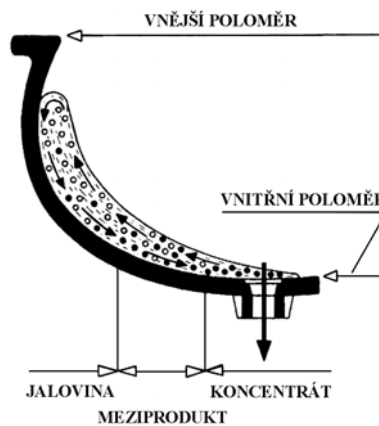
Rozdružování ve žlabech se zakládá v podstatě na využití rozdílu měrných vah rozdružovaných zrn. Upravovaný materiál je přiváděn spolu s dostatečným množstvím vody do mírně skloněného žlabu. Specificky těžší zrna klesají ke dnu žlabu, specificky lehčí zrna tvoří vrchní vrstvy, spočívající na vrstvě těžší. Zrna jsou ve žlabu volně uložena jedno na druhém a prostor mezi nimi je vyplněn vodou. Při pohybu materiálu ve žlabu se zrna přeskupují, specificky lehčí zrna jsou vodou nadlehčována, kdežto zrna specificky těžší se prodírají ke dnu žlabu a jsou pak vynášena zvláště zkonstruovanými vynášecími skříněmi.

■ *Rozdružování ve šroubovicových rozdružovačích*

Toto rozdružování je založeno na kombinovaném působení sil hydrodynamických, gravitačních, odstředivých a třecích. Šroubovicový rozdružovač je v podstatě žlab ve tvaru

šroubovice. Jeho výška bývá kolem 2 m a má nejčastěji pět závitů. Tyto rozdružovače jsou buď ze železných segmentů, anebo jsou pryžové, zhotovené z automobilových pneumatik.

Dno žlabu má poměrně velký spád, takže se při průtoku rmutu projevuje dosti značná odstředivá síla. Specificky těžší zrna, pohybující se u dna žlabu, zůstávají poblíže osy rozdružovače (**obr. 4.37**). Na specificky lehčí zrna, jež jsou nadlehčována a méně bržděna třením a pohybují se proto rychleji, působí odstředivá síla mnohem silněji. Proud lehkých zrn se posunuje co nejdále od osy, tj. k vnějšímu okraji žlabu. Jednotlivé produkty jsou vynášeny otvory umístěnými na různých místech žlabu.



Obrázek 4.37 – Šroubovicový rozdružovač

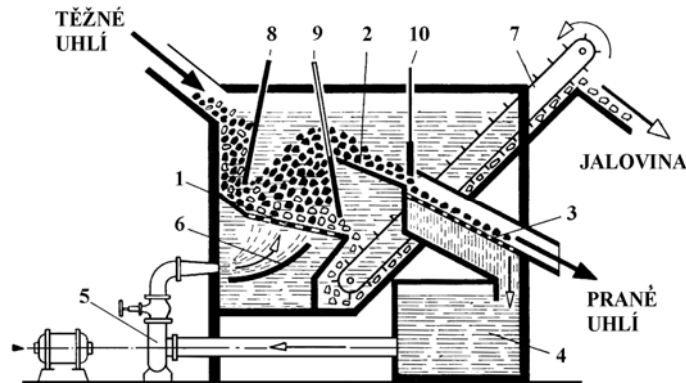
■ *Rozdružování ve vzestupném vodním proudu*

Rozdružování ve vzestupném vodním proudu je založeno na využití rozdílu měrných vah jednotlivých materiálů (jaloviny, prorostliny a koncentrátu – např. čistého uhlí).

Působí-li vzestupný vodní proud na směs zrn různé měrné váhy, budou jednotlivá zrna unášena vzhůru, resp. budou klesat ke dnu podle toho, jaká je jejich konečná pádová rychlost ve vodě. Konečná pádová rychlost závisí především na měrné váze jednotlivých zrn, dále na jejich velikosti a konečně i na jejich tvaru [1].

Průběh rozdružování v jednom z přístrojů navržených kdysi pro rozdružování uhlí ve vzestupném vodním proudu je znázorněn na **obr. 4.38**. Uhlí přiváděné do tohoto přístroje (tzv. hydroseparátoru) klesá nejprve na šikmé síto 1, kde je nakypřováno a rozdružováno proudem vody dodávaným čerpadlem 5 a usměrňovaným vzhůru pancéřovou deskou 6. Jalovina klesá ke dnu a klouže ke korečkovému výtahu 7. Přívod upravovaného uhlí a vynášení jednotlivých produktů jsou řízeny šoupátky 8, 9 a 10.

Nutnost třídít v úzkých mezích, nedostatečná účinnost rozdrůžování a velká spotřeba vody jsou závažné nevýhody, které způsobily, že se tento způsob rozdrůžování v praxi neuplatnil.



Obrázek 4.38 – Hydroseparátor

■ *Pneumatické rozdrůžování*

Mokrý úprava některých materiálů na sazečkách a žlabech, stejně jako rozdrůžování v těžkých kapalinách a flotace mají jednu velmi závažnou nevýhodu, totiž tu, že získané produkty obsahují značné množství vody. Odvodňování anebo i dodatečné sušení konečných produktů před jejich dalším použitím je možné jen s pomocí doplňujícího zařízení, kterým je celkový postup úpravy komplikován a zdražován. Tato nevýhoda rozdrůžování ve vodním prostředí vyvolávala snahu najít a zdokonalit takové způsoby rozdrůžování, kde by rozdrůžovacím prostředím nebyla voda, nýbrž vzduch.

Rozdrůžování na *pneumatických sazečkách a splavech* se zakládá na využití rozdílu měrných vah rozdrůžovaného materiálu. Na rozdíl od mokré úpravy na sazečkách a splavech je při pneumatické úpravě rozdrůžovacím prostředím proud vzduchu. Protože součinitel soupádnosti dvou zrn různé měrné váhy je ve vzduchu menší než ve vodě, musí být upravovaný materiál předem tříděn v užších mezích, než je nutno k rozdrůžování na sazečkách a splavech, kde je rozdrůžovacím prostředím voda.

■ *Zvláštní způsoby rozdrůžování*

Nevýhody různých dosud popsaných způsobů rozdrůžování materiálů, jejich složitost a vysoké výrobní náklady vedly k pokusům využít i jiných vlastností, než je měrná váha, uplatňující se při gravitačních způsobech úpravy, nebo smáčivost, na níž je založena flotace.

Tyto pokusy mají prakticky mnohem menší význam než způsoby dosud popsané a může se jich zpravidla použít jen ve zcela ojedinělých případech. Mezi nejznámější patří: *rozdrůžování elektrické; rozdrůžování na základě rozdílnosti součinitele tření a rozdrůžování na základě rozdílné pružnosti.*

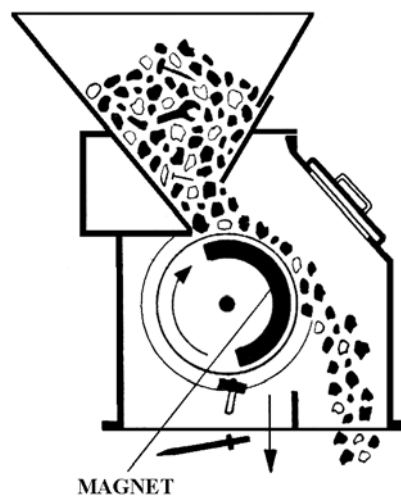
4.2.2.2 Magnetické rozdrůžování

Rozdrůžování surovin na základě magnetických vlastností je založeno na tom, že v magnetickém poli určených zařízení jsou magnetické podíly (feromagnetické a paramagnetické látky) přitahovány magnetem a ostatní materiály (diamagnetické látky) přitahovány nejsou, takže dochází k jejich oddělování.

■ Princip jednoduchého *bubnového magnetického rozdrůžovače* je znázorněn na **obr. 4.39**. Je to dutý otáčející se buben, v němž je umístěn nehybný elektromagnet. Bubnových rozdrůžovačů se používá k rozdrůžování silně magnetických materiálů (rud) a k oddělování různých železných předmětů z následně upravovaného materiálu.

Takových odlučovačů se používá velmi často u drtičů a jiného zařízení v úpravárnách a zabraňuje se jimi vniknutí cizích železných těles. K zachycování železných předmětů z dopravních pásů se někdy používá i jednoduchých závěsných elektromagnetů podkovovitého tvaru.

Nemagnetický podíl suroviny přiváděné na bubnový rozdrůžovač klouže a padá nejkratší cestou z bubnu. Magnetický podíl je přitahován magnetem k bubnu a je jím unášen až do té polohy, kde se začíná vzdalovat od magnetu, takže padá do zvláštní jímky.



Obrázek 4.39 – Bubnový magnetický rozdrůžovač

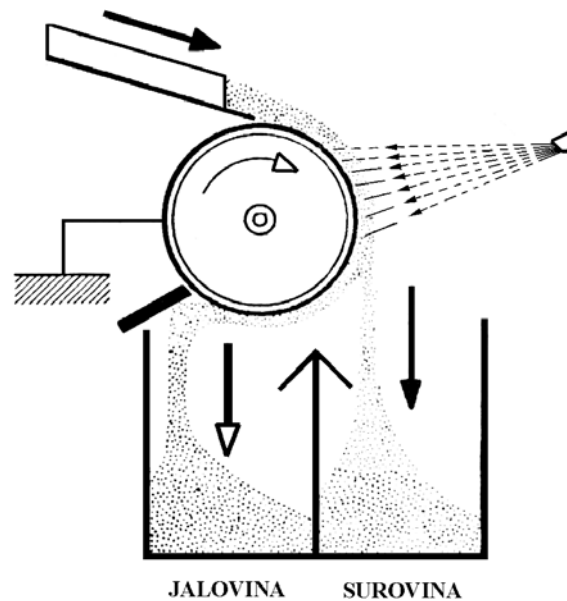
■ Do skupiny *pásových magnetických rozdrůžovačů* patří nízkointenzitní rozdrůžovače s otevřeným magnetickým polem a rovněž i pásové rozdrůžovače vysokointenzitní (s uzavřeným magnetickým polem).

Dalšími rozdrůžovači založenými na magnetických vlastnostech materiálů jsou:

- *kotoučové indukční rozdrůžovače.*
- *indukční válečkové rozdrůžovače.*

4.2.2.3 Rozdrůžování v elektrickém poli

Elektrické rozdrůžování materiálů je založeno na využití rozdílné vodivosti jednotlivých složek a sil, které na ně působí při průchodu elektrickým polem. Tělesa mohou být nabitá kladným nebo záporným nábojem. Zrna nabitá stejnojmenným nábojem se odpuzují, nesouhlasně nabitá zrna se přitahují. Všechny hmoty se dělí na elektricky vodivé a elektricky nevodivé (dielektrické), přičemž elektrická vodivost vodivých hmot je velmi rozdílná.

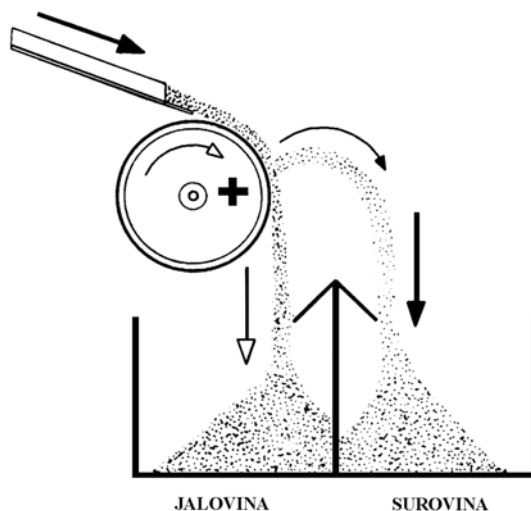


Obrázek 4.40 – Bubnový elektrický rozdrůžovač

Na **obr. 4.40** je znázorněn elektrostatický rozdrůžovač skládající se z otáčivého, od země izolovaného válce s kladným elektrickým nábojem. Do válce je přiváděn proud napětí 25 až 35 tisíc voltů. Materiál je podavačem přiváděn na válec. Vodivá zrna se při doteku válce

nabíjejí stejnojmenným nábojem, a jsou proto odpuzována, takže padají do vzdálenější jímky. Nevodivá zrna kloužou po válci do jímky umístěné pod válcem.

Druhým typem elektrického rozduřovače je podobný přístroj, avšak s uzemněným otáčivým válcem (**obr. 4.41**). Blízko přívodu upravovaného materiálu je v malé vzdálenosti od válce umístěna elektroda mající hroty v podobě jehel. Do této elektrody je přiváděn proud s napětím 20 000 V a větším. Tím se vytvoří korona a z elektrody vychází nepřetržitý proud elektronů, ionizujících vzduch.



Obrázek 4.41 – Bubnový elektrický rozduřovač s koronizující elektrodou

Upravovaný materiál (ruda) je na uzemněný válec přiváděn takovým způsobem, že prochází proudem ionizovaného vzduchu. Přitom se zrna nabíjejí. Protože rudná zrnka jsou dobrými vodiči, odevzdávají svůj náboj ihned uzemněnému válci. Zrnka jaloviny, jež nejsou vodivá, odevzdávají svůj náboj uzemněnému válci jen pomalu, a jsou proto k němu přitahována delší dobu. Odpadají až na vzdálenějším místě do druhé jímky.

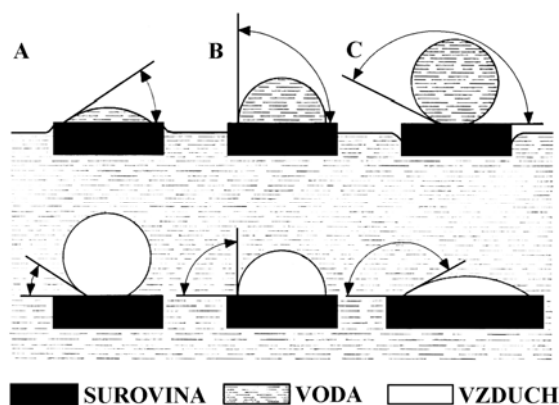
Zhodnotit zcela správně význam elektrického rozduřování je dosti nesnadné. Ačkoli má určité přednosti, používá se tohoto způsobu úpravy jen v některých zvláštních případech.

4.2.2.4 Flotační rozduřování

Flotace je bezesporu jeden z nejdůležitějších způsobů úpravy užitkových nerostů popřípadě jiných materiálů. Flotace pronikla i do jiných oborů a používá se jí k zachycení odpadních látek při výrobě umělých vláken, k úpravě odpadních kalů z papíren, textilních továren a podobně [2], [3].

Rozdružování flotačním způsobem se zakládá na využití rozdílu smáčitelnosti povrchu různých materiálů. Některé materiály lze vodou smáčet snadno, kdežto jiné se smáčejí poměrně těžce. Na stupeň smáčitelnosti různých surovin může mít vliv přidávání nepatrného množství různých přísad. Měrná hmotnost při flotační úpravě nemá zásadní vliv, je však samozřejmé, že větší zrnka jsou příliš těžká, aby mohla být zachycována a vynášena. Flotační úprava tedy vyžaduje předběžné mletí rozdružovaného materiálu na velikost nejvýše 0,2 až 0,4 mm při úpravě rud a na velikost nejvýše 0,8 až 2 mm při úpravě materiálů specificky lehčích, jako je uhlí, tuha nebo síra.

Smáčitelnost surovin může být charakterizována velikostí *styčného úhlu* (**obr. 4.42**), tj. úhlu, který tvoří povrch vody s povrchem rozdružované částice. Čím větší je tento styčný úhel, tím menší je smáčitelnost nerostu.

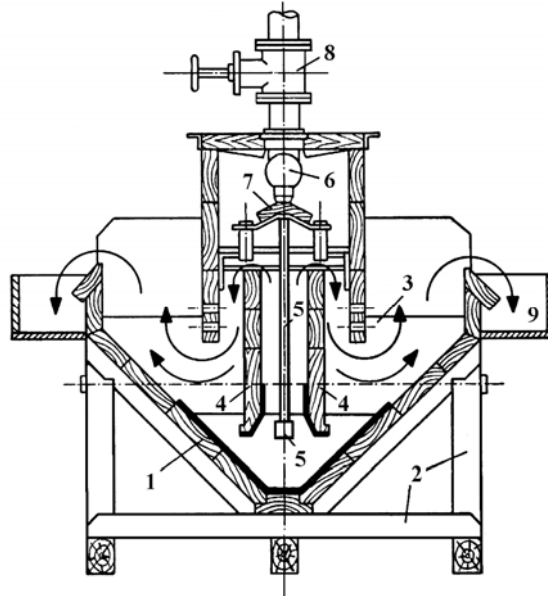


Obrázek 4.42 - Smáčitelnost různých materiálů

Materiály, které mají malý styčný uhel a jsou snadno smáčitelné, jmenujeme hydrofilní. Materiály, které mají velký styčný uhel a které se vodou špatně smáčejí, jsou hydrofobní. Mezi oběma krajními případy je většina ostatních materiálů, jejichž hydrofilnost nebo hydrofobnost je méně výrazná. Při oxidaci povrchu se hydrofobní materiály (nerosty apod.) mohou změnit v hydrofilní (absolutně nesmáčitelné nerosty se styčným úhlem 180° se v přírodě nevyskytují).

■ U *pneumatických flotačních přístrojů* se provzdušnění vyvolává, jak již bylo uvedeno, přívodem stlačeného vzduchu do rmutu. Nevýhodou těchto flotátorů, které byly z počátku tvořeny korytem s otvory pro přívod stlačeného vzduchu, bylo ucpávání dna, zaviněné usazováním částic materiálu ze rmutu. Proto se v pneumatických flotátorech přivádí vzduch trubkami shora (**obr. 4.43**). Dlouhá flotační nádoba tohoto přístroje 1 je rozdělena

příčnými přepážkami 3 do několika komor. Podélné přepážky 4 oddělují prostor, do něhož ústí trubky 5 přivádějící stlačený vzduch. Oběh rmutu je vyznačen na obrázku.



Obrázek 4.43 - Pneumatický flotátor

■ U *měsidlových flotačních přístrojů* se rmut přivádí pod měsidlo, jež je v tomto případě dvoudílné. Spodní část měsidla (rotor) má lopatky, které vyvolávají sací účinek podobně jako u odstředivého čerpadla. Vrchní deska (stator) má radiální žebra podporující nasávání vzduchu do rmutu. Vzduch se přivádí shora trubkou, v níž se otáčí hřídel měsidla. Nad měsidlem je uklidňující rošt. Na rozdíl od silného víření rmutu pod roštem je v prostoru nad roštem poměrný klid. Vzduchové bublinky se zachycenými částicemi materiálu procházejí otvory v roštu a vytvářejí na hladině rmutu pěnu. V trubce, v níž se otáčí hřídel měsidla, jsou nad uklidňujícím roštem otvory, jež se mohou podle potřeby otevírat nebo přivírat.

■ Flotátor, který se liší od uvedeného flotátoru tím, že se vzduch přivádí k měsidlu dutou hřídelí a aby se dosáhlo velmi intenzivního provzdušnění, přiváděný vzduch do hřídele je stlačený, je v takovém případě označován jako přístroj *kombinovaný*. V mnoha případech lze dosáhnout dobrého provzdušnění pouhým nasáváním vzduchu účinkem měsidla, takže flotátor pracuje pak jako přístroj agitační. Neobyčejně dobrého provzdušnění rmutu se dosahuje v přístrojích, v nichž je rmut promícháván svislým rotorem, otáčejícím se

ve statoru. Rotor i stator jsou vytvořeny z tyčí, Jež jsou na koncích zapuštěny do kotoučů (svou konstrukcí připomíná tento typ měsidla desintegrátor).

4.2.3 Jiné - speciální postupy

Pro některé typy druhotných surovin se užívají speciální úpravnické postupy umožňující například rozpojování, třídění a rozdrůžování surovin, extrakci sledovaných kovů, úpravu kusovosti a jiné. Postupy rozpojování vycházejí ze základních klasických zařízení, jsou však upravovány například pro velmi objemný kusový kovový odpad, dále jsou pro dokonalejší rozdrůžení kombinovány s podchlazováním. Pro úpravu surovin z neželezných kovů se začínají využívat hydrometalurgické postupy. V oblasti úpravy kusovosti jemnozrnných surovin je v široké míře užívána briketace v nových technologických obměnách (např. briketace za tepla).

Mezi speciální postupy úpravy materiálů můžeme zařadit například:

- *Kryogenní postupy*, používané pro dokonalejší zdrobňování a rozdrůžení jednotlivých složek odpadu - suroviny.
- *Hydrometalurgické pochody*, používané při zpracování chudých a komplexních rud, které jsou dnes téměř jedinými zdroji neželezných kovů.
- *Pražení*, které se uplatňuje zejména při oddělování neželezných kovů.

4.3 **Zkusování**

V průběhu jednotlivých výrob a úprav různých surovin, včetně druhotných surovin a odpadů, vznikají malé, jemné nebo dokonce velice jemné třídy daného materiálu. Tento jemný materiál má zpravidla velice malou měrnou hmotnost a zároveň je pro další možné zpracování nebo využití nepoužitelný. Z důvodů změnit vlastnosti takto vznikajících surovin, tzn. zvýšení měrné hmotnosti pro lepší a efektivnější popřípadě ekologičtější přepravu, z důvodů možnosti dalšího využití těchto surovin atd. se na tyto materiály aplikuje tzv. zkusování. Rozeznáváme tři hlavní technologické postupy [2], [3]:

- a) spékání – aglomerování,
- b) peletizace,
- c) briketace.

4.3.1 Spékání - aglomerování

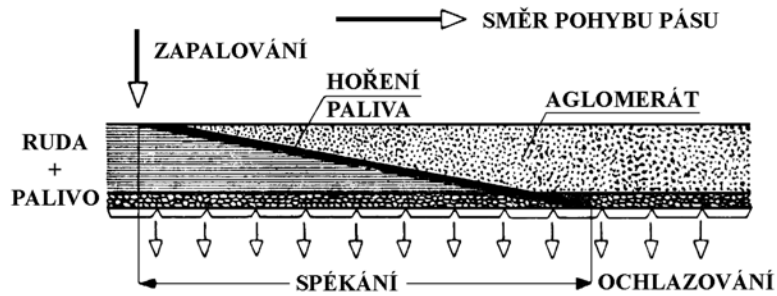
Podstatou *spékání* (především rud) je slinutí aglomerované hmoty působením teploty. Podle starší teorie se železné rudy spékají tím, že za přítomnosti uhlíku nastává částečná redukce a tvoří se FeO. Kyslíčnick železnatý i jeho sloučeniny s SiO₂ jsou snadno tavitelné a stmelují tak zrnka rudy.

Aglomerují se jemnozrnné rudy nebo koncentráty se zrny menšími než 3 až 5 mm. Pokud se při aglomeraci používá tuhých paliv, musí se dbát na to, aby obsah popela byl co nejmenší. Z tuhých paliv se nejlépe hodí koks o zrnění pod 15 mm. Protože palivo má být rozděleno rovnoměrně po celé vsázce, jsou nejučinnějším podílem paliva zrnka velikosti 0,5 až 3 mm. Spotřeba paliva závisí na druhu spékanych materiálů a na množství síry v nich obsažené.

Nejdůležitější způsoby spékání jemnozrnných materiálů a vysokopecního prachu jsou:

- *Spékání v otáčivých pecích* bez zřetele k tomu, že tento způsob má některé nevýhody je nejvíce rozšířen. Rotační aglomerační pec je plechový vyzděný válec vnitřního průměru 2 až 3 m. Délka rotačních pecí bývá až 60 m. Ruda přiváděná na horním konci pece postupuje pomalu do pásma vyšších teplot a postupně se zahřívá. V pásmu vyšších teplot nastává slinutí a zrnka rudy se slepují v kusy přibližně kulovitěho tvaru. Aglomerát přepadá se spodního konce aglomeračního bubnu do chladicího bubnu, který je umístěn pod ním. Nevýhodou aglomeračních pecí je značné množství prachu vynášeného proudem plynů z pecí.

- *Pásový aglomerační přístroj* patří k nejvýkonnějším aglomeračním zařízením. Je to v podstatě nekonečný pás, jehož jednotlivé články jsou vytvořeny z malých vozíků s roštovým dnem. Ruda smíchaná s palivem je přiváděna na jednom konci pomalu se pohybujícího pásu. Po zapálení směsi rudy a paliva, jejíž vrstva bývá 20 až 30 cm, proudí vzduch směrem dolů a spěkaná ruda se nejprve vysušuje (**obr. 4.44**). Tím se přechodně zvyšuje obsah vody v níže ležících vrstvách. Pásmo intenzivního hoření postupuje neustále směrem k roštu. Jakmile prohoří palivo v celé vrstvě, je proces spékání ukončen. Mezitím se vlivem vodorovného pohybu pásu dostává příslušný článek pásu (vozik) mimo odsávací komoru.



Obrázek 4.44 - Spékání rudy v pásovém aglomeračním stroji

Protože teplota aglomerátu vycházejícího z aglomeračního pásu bývá ještě asi 800 °C, musí být aglomerát chlazen vzduchem, vodou nebo vodní mlhou. Proti otáčivým pecím se pásové aglomerační stroje vyznačují vysokou výkonností. Pásový aglomerační stroj s pracovní plochou 50 m² má stejnou výkonnost (1 500 t za 24 h), jakou by měla rotační aglomerační pec délky 150 m.

■ Třetím typem aglomeračních přístrojů jsou aglomerační *pánve s přerušovaným provozem*. Tvar pánví bývá obdélníkový, čtvercový nebo okrouhlý. Do pánví, jež mají rovněž roštové dno, se nasypává nejprve ochranná podložka z drobné rudy, aglomerátu nebo vápence. Na tuto ochrannou vrstvu, vysokou asi 20 až 30 mm, se nasypává směs rudy a paliva. Vsázka se zapaluje pojezdnou naftovou píčkou nebo kychtovými plyny. Při spékání jemnozrnných koncentrátů se k nim přidávají někdy dřevěné piliny, takže vsázka může být zapálena prostě zápalkou. Aglomerační pánve s přerušovaným provozem se hodí pro závody s menší kapacitou, v nichž by pásových aglomeračních přístrojů nebylo dostatečně využito. Výhodou aglomeračních pánví je dobré spékání velmi jemnozrnných koncentrátů nebo rudného prachu, neboť materiál v pánvi je během spékání v naprostém klidu.

4.3.2 Peletizace

Tento způsob zkusování materiálů se podstatně liší od aglomerace. Aglomerace probíhá za tepla, kdežto tzv. *peletizace* nabalováním vlhkého prachu (jemné frakce) zpracovávaného materiálu v kuličky nebo válečky za obyčejné teploty.

Peleta je název pro granuli kruhového průřezu s průměrem okolo 6 až 8 mm a délkou 10 až 30 mm. Pelety jsou vyrobeny výhradně z odpadového organického materiálu - biomasy (dřevní odpad, piliny, hobliny, průmyslové rostliny) bez jakýchkoliv chemických přísad. Lisováním pod vysokým tlakem se dosahuje vysoké hustoty paliva, což je velmi důležité pro

minimalizování jeho objemu. V ČR jsou rozšířené dřevěné brikety, jejichž složení odpovídá složení pelet, avšak až výroba pelet umožnila kotle spalující biomasu částečně nebo úplně automatizovat.

Základní vlastností jemnozrnných surovin z hlediska sbalování je tzv. sbalovací schopnost k tvorbě sbalků. Tato schopnost je závislá na souboru dílčích vlastností, které jsou: velikost částic a jejich rozdělení, a tím související měrný povrch a tvar, smáčivost a obsah vlhkostí. Granulometrické složení suroviny má rozhodující úlohu pro dosažení pevnosti sbalků. Obecně platí, že vzrůstající jemností částic se zvyšuje pevnost surových sbalků.

Pojiva se širším technologickým významem jsou bentonit, vápno, popř. vodní sklo a cementy. Bentonit je jílová hornina, kde převládajícím minerálem je montmorillonit. Ten dodává bentonitu jeho specifické vlastnosti důležité pro sbalování vzhledem ke své vrstevnaté struktuře. Montmorillonit má mimořádnou schopnost přijímat vodu do mezivrstevného prostoru. S tím souvisí charakteristické vlastnosti bentonitu, bobtnavost, která se významně podílí při sbalování zvětšením soudržnosti částic ve sbalku. S bentonitem, který pozvolna uvolňuje vázanou vodu, se dostihne ve fázi sušení a předehřevu vyšších pevností sbalků.

Základními stroji pro výrobu syrových sbalků jsou peletizační buben a mise.

Peletizační buben je značně rozšířené zařízení pro výrobu syrových sbalků. Nejvíce se osvědčil ve velkokapacitních závodech. Princip sbalování v rotačním bubnu je v tom, že surovina jím prochází několikrát, dokud není dosažena požadovaná velikost sbalků. Charakteristické pro provoz tohoto zařízení je třídění sbalků a cirkulace podsítného, které je vráceno zpět do bubnu současně se vsazovanou jemnozrnnou surovinou. Sbalky mohou být tříděny na vynášecím konci bubnu, kde je jeho část tvořena sítím, nebo na samostatném vibračním třídíči.

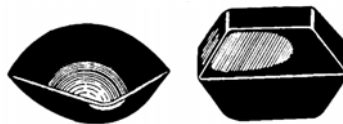
Peletizační mise je zařízení používané velmi často v širokém okruhu průmyslových odvětví. Oproti peletizačnímu bubnu má mise tu přednost, že současně pracuje jako klasifikátor. Surovina se sbaluje do sbalků, které při výpadu z mísy mají velmi úzké rozmezí zrnitosti. Odpadá třídění sbalků i oběh vratného materiálu, které je nutné u bubnu, čímž je technologická linka sbalování značně zjednodušena. Mimo to kvalitativní ukazatele syrových sbalků mohou být ovlivněny jednoduchými zásahy, jako jsou sklon mísy, otáčky, seřízení a rozestavení škrabáků, změna místa podání a postříku suroviny.

4.3.3 Briketace

Briketování, stejně jako předcházející technologie, se používá za účelem zkusování jemnozrnného materiálu. Jsou známy například rudné brikety, dřevěné brikety a možná nejznámější uhelné brikety na kterých si tuto technologii znázorníme.

Účelem briketování uhlí je především přeměna drobných tříd uhlí v kusové palivo větší použitelnosti a s možností dokonalejšího využití tepelné energie. Uhelné brikety jsou hodnotným palivem pro průmysl a domácnosti, i důležitou surovinou pro zpracování některých druhů uhlí na tekutá, plynná nebo tuhá paliva. Zpravidla se briketuje uhlí menší než 6 až 13 mm. Brikety vyrobené z uhlí mají i tu výhodu, že jsou mnohem odolnější než surové uhlí, nerozpadávají se vlivem povětrnosti, lépe se skladují a při dopravě trpí méně než uhlí. V domácnostech jsou brikety vhodným palivem, poněvadž při manipulaci s nimi vzniká méně prachu.

Technologický postup briketování závisí na vlastnostech lisovaného materiálu. Některé druhy uhlí, jako např. lignit nebo tzv. měkké hnědé uhlí, mohou být briketovány bez pojiva. Jiné druhy uhlí, jako např. většina různých druhů černého uhlí a tvrdé uhlí hnědé, vyžadují přidávání přísad, jež uhelná zrnka spojují a dodávají briketám žádanou pevnost a odolnost. Z anorganických pojiv, k nimž patří hlína, jíl, vápno, cement, sádra, fosforečnan sodný a draselný, křemičitany hliníku a hořčíku a jiné, není žádné vhodným pojivem při briketování uhlí. K organickým pojivům patří různé uhlovodíky, jako smola, asfalt, černouhelný a hnědouhelný dehet, těžké oleje, parafin, různé pryskyřice atd. Z těchto pojiv se u nás uplatňuje prakticky jen černouhelná smola. Ke skupině organických pojiv patří také různé průmyslové odpady, jako např. sulfitový louh, rafinační zbytky atd. Z těchto přísad má značnou pojivost sulfitový louh. Vyrobené brikety jsou málo trvanlivé, a proto se hodí jen k přímému dalšímu zpracování nebo použití.



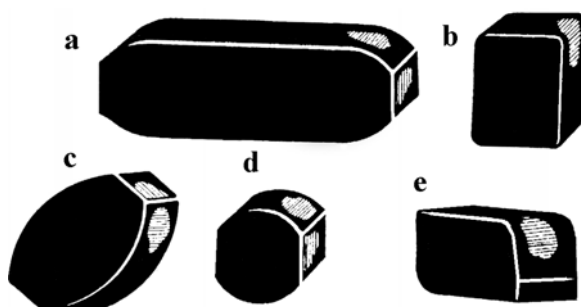
Obrázek 4.45 – Brikety z válcových lisů

Význam použití průmyslových odpadů není zpravidla jen v tom, aby briketám byla dodána určitá pevnost, ale hlavně v tom, že se snažíme tímto způsobem o hospodárné využití těchto odpadů. Na rozdíl od smoly, která zvyšuje výrobní náklady briketování a které se

snažíme proto přidávat co nejméně, přidáváme průmyslových odpadů co nejvíce. K takovým odpadům patří např. i zbytky získané při hydrogenaci uhlí. Dostatek vhodného a levného pojiva je základním problémem briketování těch druhů uhlí, jež nemohou být briketovány bez přísad.

Nejběžnějším tvarem briket vyráběných ve válcových lisech jsou brikety vejčité (bulety). Jiné tvary černouhelných briket vyrobených ve válcových lisech jsou znázorněny na **obr. 4.45**. Tyto brikety mají zpravidla poměrně malé rozměry a váhu.

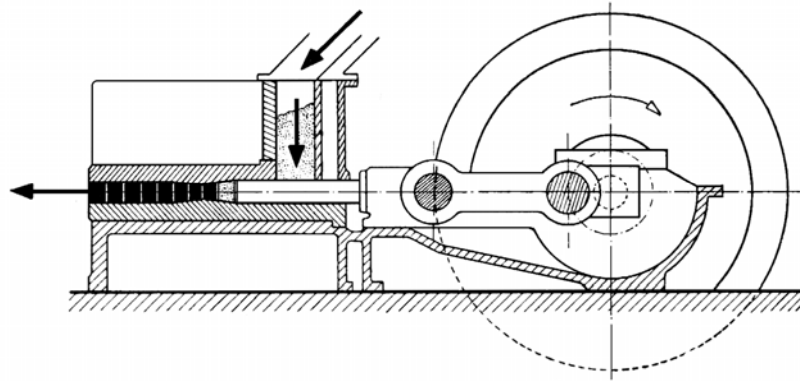
Na **obrázku 4.46** jsou znázorněny hnědouhelné salónní brikety pro potřebu v domácnostech a různé brikety průmyslové. Tak zvané salónní brikety (**obr. 4.46a**) mívají nejčastěji délku 150 až 180 mm, výšku 60 až 65 mm a šířku 35 až 40 mm. Váha salónních briket bývá 400 až 850 gramů.



Obrázek 4.46 – Různé tvary briket

Průmyslové brikety pro spalování na roštích i pro zplynování v generátorech se odlišují tvarem i menšími rozměry (**obr. 4.46b, c, d, e**). Váha průmyslových briket vyrobených v razidlových lisech bývá asi 130 až 250 gramů. Hnědouhelné brikety lisované v prstencových lisech se vyrábějí nejčastěji ve váze 100 a 220 gramů.

■ *Razidlové lisy* se vyvinuly ze starších konstrukcí lisů používaných původně při lisování rašeliny. Používá se jich při briketování měkkého hnědého uhlí. Tyto lisy mají otevřenou formu, takže brikety vycházejí z lisu ve tvaru pásu (**obr. 4.47**). Lisované uhlí je protlačováno formou, jež je na jednom místě zúžena. Tlakem razidla a odporem způsobeným zúžením formy se dosahuje tlaku 140 až 150 MPa.



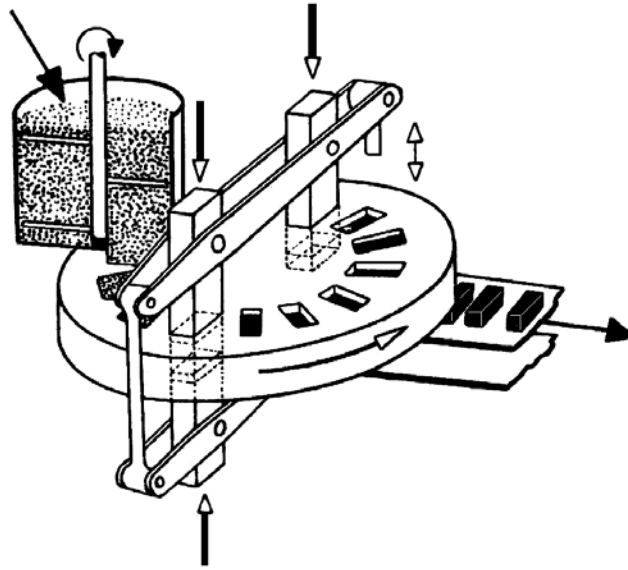
Obrázek 4.47 – Razidlový lis

■ *Válcových* neboli styčných lisů se používá při briketování černého uhlí. Podstatnou součástí těchto lisů jsou dva válce otáčející se proti sobě, na jejichž plášti jsou vzájemně odpovídající prohlubeniny. Tvar těchto prohlubenin určuje tvar vyrobených briket, jež mívají vejčité nebo jinak zaoblené. Lisované uhlí padá z mísiče a podáváče umístěného nad lisem mezi oba válce. Při pootáčení válců je uhlí vtahováno mezi válce a lisováno tlakem asi 35 MPa.

Hotové brikety vypadávají z prostoru mezi oběma válci na dopravní pás, při čemž se současně chladí. Mezi oběma válci je mezera asi 2 až 3 mm, kterou propadá část neslisované náplně.

■ *Lisy s uzavřenou formou.* Podstatnou součástí těchto lisů je vodorovný otáčivý kotouč s větším počtem otvorů, do nichž jsou zasazeny vlastní lisovací formy (**obr. 4.48**). Lisovací stůl se otáčí přerývaně vždy o vzdálenost odpovídající rozteči dvou sousedních forem.

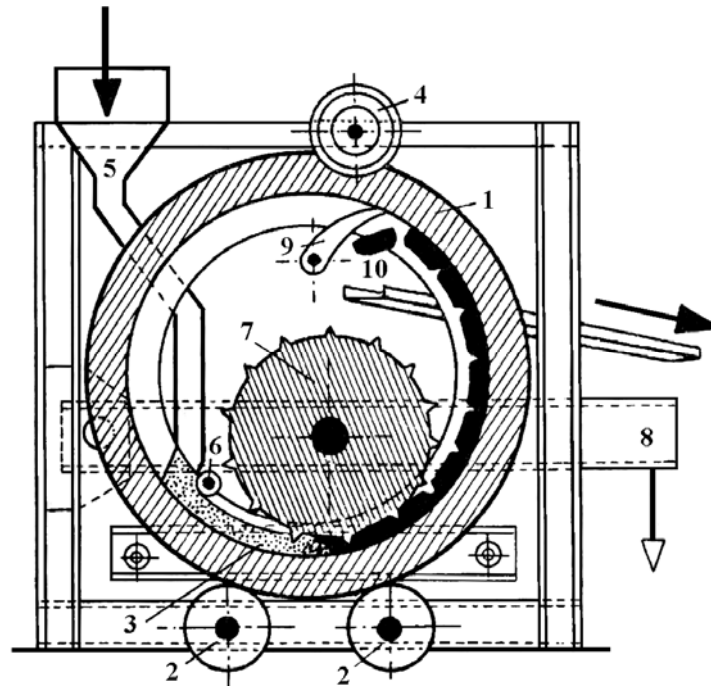
Lisované uhlí je přiváděno do forem zvláštním podávčem. V přívodní části lisu je pod lisovacím stolem upevněna plotna zabraňující vypadávání uhlí z formy. Po pootočení stolu se naplněná forma dostává do polohy, v níž nastává lisování. Uhlí ve formě je lisováno tlakem dvou razidel pohybujících se proti sobě, upevněných na pákách vzájemně mechanicky spojených. Po slisování brikety se oba písty z formy vysouvají, briketa zůstává však vlivem tření ve formě. Při dalším pootočení stolu se forma s hotovou briketou dostává pod vytlačovací razidlo, které je upevněno na společné páce s horním lisovacím pístem. Vytlačovací razidlo vysune hotovou briketu na dopravní pás umístěný pod lisovacím stolem.



Obrázek 4.48 – Lis s uzavřenou formou

■ *Prstencové lisy* se uplatňují jak při briketování uhlí, tak i při briketování rud. Podobně jako ve válcových lisech je i v prstencových lisech lisování nepřetržité. Lisovaný materiál je přiváděn mezi dva do sebe vložené válce, otáčející se stejným směrem (**obr. 4.49**). Vnější válec prstencového tvaru 1 je dvoudílný a je uložen otáčivě na kotoučích 2. Do tohoto prstence je vložen vnitřní lisovací kotouč 7, upevněný na nosníku 8 a přitlačovaný velkou silou do drážky vytvořené oběma polovinami vnějšího prstence 1. Obě poloviny prstence jsou, ve spodní části lisu k sobě přitlačovány přítlačnými kotouči 3. V horní části lisu jsou obě poloviny prstence od sebe poněkud odtahovány kotoučem 4, čímž se usnadňuje vypadávání hotových briket z drážky prstence. Lisovaný materiál je přiváděn do lisu boční násypkou 5 a vyplňuje drážku ve vnějším prstenci. Urovnávací kotouč 6 vyrovnává výšku materiálu a zatlačuje ho do drážky v prstenci.

Vlastní lisování nastává v prostoru mezi lisovacím kotoučem 7 a vnějším prstencem 1. Nosník 8, na němž jsou upevněna ložiska hřídele lisovacího kotouče, je na jednom konci kloubovitě upevněn a na druhý konec působí síla několik set tun, čímž je vyvoláván lisovací tlak 200 až 300 MPa. Lisovací kotouč 7 nemá vlastní pohon a je unášen silou tření vlivem pohybu vnějšího prstence. Lisovací kotouč 7 má na obvodě zuby, které vytvářejí v souvislém pásu slisovaného materiálu příčné zářezy usnadňující odlamování jednotlivých briket v pravidelných délkách. K odlupování briket slouží zvláštní nůž 9. Hotové brikety padají do žlabu 10.



Obrázek 4.49 – Prstencový lis

4.4 Úpravnické postupy polymerů

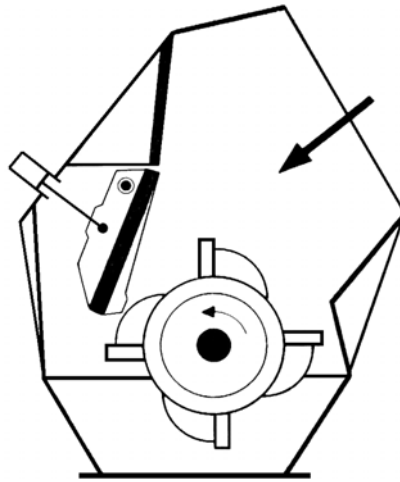
Zpracování a opětné využívání průmyslových a městských odpadů se stalo již neoddelitelnou součástí ekonomiky vyspělých průmyslových států. Jeho význam není jen v tom, že se při využívání odpadů získávají různé nedostatkové kovy a jiné materiály, ale i v tom, že likvidace odpadů je velmi důležitá se zřetelem na zachování a tvorbu životního prostředí [1].

Avšak ani drcení měkkých, ale přitom vláknitých hmot, jako jsou různé dřevěné odpady a odřezky, bavlněné nebo lněné stonky a rákosí, není nijak snadnou věcí. Při zpracování dřevitých, vláknitých materiálů se používají místo obvyklých typů drtičů speciální drtiče - trhače. Podobné stroje se používají i při výrobě dřevotřískových desek a podobných výrobků.

Bezvýznamným ekologickým problémem není ani otázka likvidace vyřazených skříní, stolů, židlí a čalouněných křesel, vyřazených chladniček a televizorů nebo starých jízdních kol a rovněž i likvidace různých obalů, dřevěných beden atd. Jsou to vesměs rozměrné předměty, které nelze ukládat na skládkách. Po rozdrčení, lépe řečeno po rozbití těchto předmětů se jejich objem redukuje asi na jednu pětinu. Mohou být pak snadněji dopravovány

a nároky na skládkové prostory se zmenšují. Avšak i při spalování odpadů je předběžné drcení nevyhnutelné, neboť pece mohou spalovat jen předměty určité velikosti.

Při drcení a rozbíjení zmíněných vyřazených předmětů se používají odrazové drtiče speciálního provedení (**obr. 4.50**). Tyto stroje se liší od obvykle používaných drtičů jednak velkými rozměry vstupního otvoru, jednak tím, že mají na rotoru tvarované drticí lišty nebo lišty s trhacími zuby. Svou konstrukcí jsou jakýmsi přechodem mezi jednoválcovými drtiči a drtiči odrazovými. Tvarované lišty a trhací zuby umístěné na rotoru drtí a trhají likvidované předměty na kousky menší než 10 cm.



Obrázek 4.50 - Drtič pro likvidaci objemných odpadů z domácností

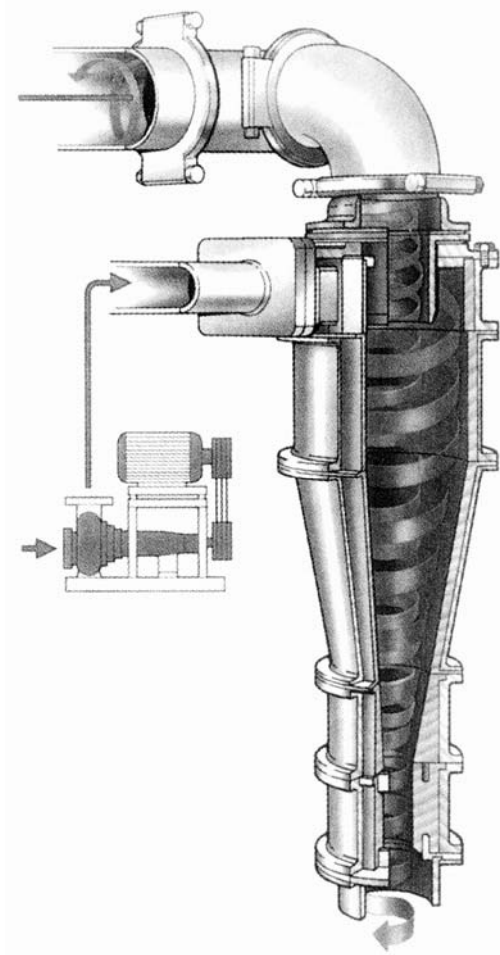
Rovněž i při zpracovávání obtížně zdrobňovatelných odpadů, jako jsou vyřazené předměty nebo fólie z PVC, polystyrolu, kaučuku, pryže a různých jiných materiálů, se musí používat speciální stroje. Při zpracovávání odpadních materiálů z vyřazených měděných nebo hliníkových kabelů, pneumatik, trubek a různých nádob z plastů se používají nožové granulační drtiče, které mají na rotoru několik řad nožů.

Je nutné si uvědomit jaké množství různých odpadů (jiné mechanické, fyzikální i chemické vlastnosti) vznikajících v jednotlivých oborech lidské činnosti existuje. Téměř každý tento odpad je nutné nebo vhodné před dalším zpracováním upravovat. Z toho vyplývá, kolik různých úpravnických strojů může existovat respektive existuje.

Mezi různorodé materiály patří především polymery, které tvoří nedílnou součást našeho života a následně také odpadového hospodářství. Při jejich zpracování či likvidaci se používá strojů, které se více či méně liší od strojů používaných pro zpracování a likvidaci ostatních druhů materiálů. respektive odpadů.

4.4.1 Třídění a rozdružování

Při třídění a rozdružování plastických a pryžových hmot se kromě *ručního přebírání*, rozdružování pomocí *magnetického a elektrického pole*, *hydrocyklónů* a *cyklónů* (**obr. 4.51**) a některých dalších technologií používajících blízko kritických a super kritických kapalin [13].

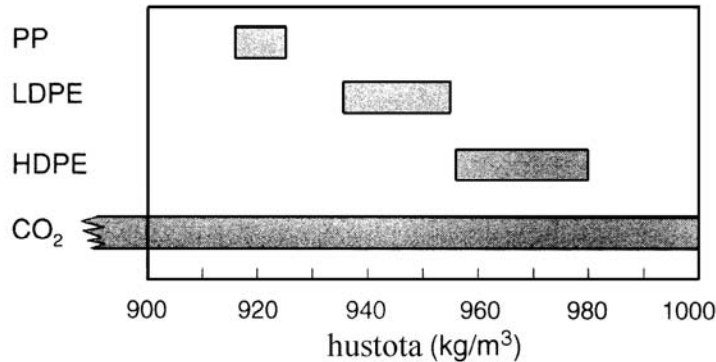


Obrázek 4.51

Řez hydrocyklónem pro separaci umělých hmot anebo umělé hmoty a nečistot v ní obsažených

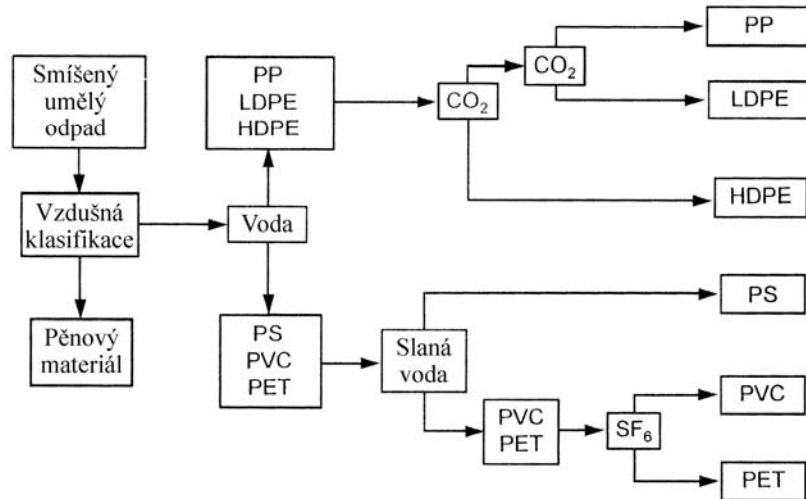
Mikroseparace druhotných surovin - termoplastů na základě hustoty může využívat blízko kritických a kritických kapalin, jako například tekutý oxid uhličitý. Pomocí této metody můžeme rozdružovat umělohmotné vločky s hustotním rozdílem až $0,001 \text{ g.cm}^{-3}$. Výhodou použití této metody je především jednoduchá volba potřebné hustoty rozdružovací kapaliny v relativně širokém hustotním pásmu (**obr. 4.52**). Další výhodou je nízká viskozita kapaliny, která zapříčiňuje rychlé stoupání či klesání rozdružovaného materiálu a tím je

relativně rychlý celý rozdružovací proces. Navíc oxid uhličitý je laciný, jednoduše dostupný, netoxický nehořlavý apod.



Obrázek 4.52 - Mikroseparace kritickými kapalinami

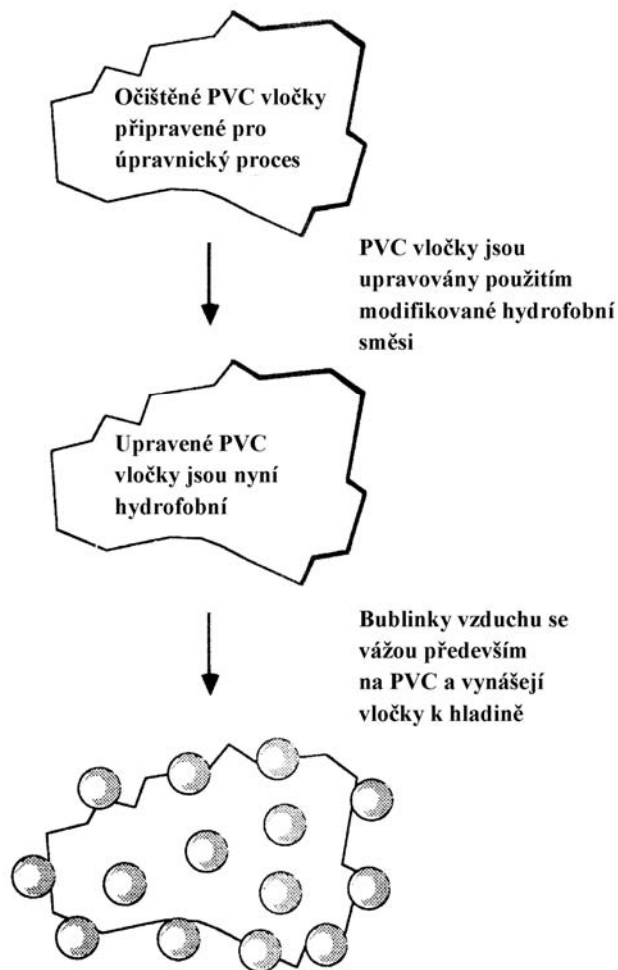
Na **obrázku č. 4.53** je znázorněn postup separace druhotných umělohmotných vloček za použití kritických kapalin oxidu uhličitého a fluoridu sírového. Posledně jmenovaná kapalina však je poměrně nákladná a proto se také běžně v komerční praxi pro třídění PET a PVC nepoužívá. Rozdružovací proces začíná ve vzdušném cyklónu separací lehkých frakcí. Poté následuje rozdružování ve vodě, kde se odseparuje PP, LDPE A HDPE od PS, PVC a PET. První skupina se dále rozdružuje na jednotlivé složky za pomoci CO₂ a druhá skupina za pomoci SF₆.



Obrázek 4.53 - Systém separace vybraných typů polymerů kritickými kapalinami

V neposlední řadě je o také pěnová flotace, jejíž princip rozdružování je založen na rozdílné hustotě separovaného materiálu. Pěnová flotace (froth flotation) je vhodná především pro separaci PVC a PET materiálu, protože jsou svou hustotou velice blízké a není proto

snadné je pomocí jiné metody jednoduše rozdělit. Jediný kilogram PVC může znehodnotit - znečistit tisíc kilogramů PET, a proto je nutné tyto látky od sebe odseparovat. Za pomocí změkčovadla - plastifikátoru je možné dosáhnout mnohem většího změkčení PVC než PET. Tím dojde ke změně PVC hydrofilní na hydrofobní a můžeme jej proto jednoduše pomocí vzduchových bublinek ve vodě flotačním způsobem odseparovat (**obr. 4.54**).

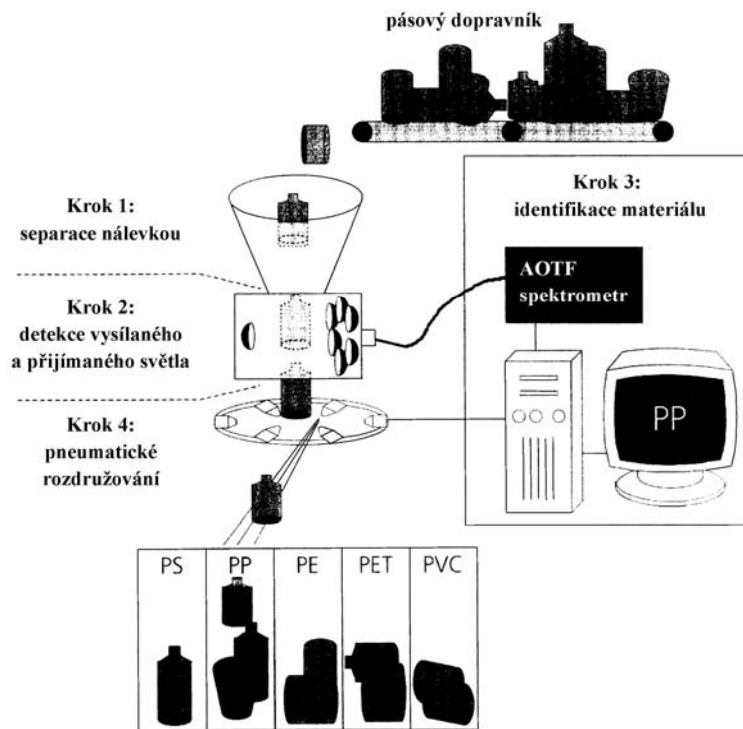


Obrázek 4.54 - Princip flotačního rozdělování PVC vloček z PET vloček

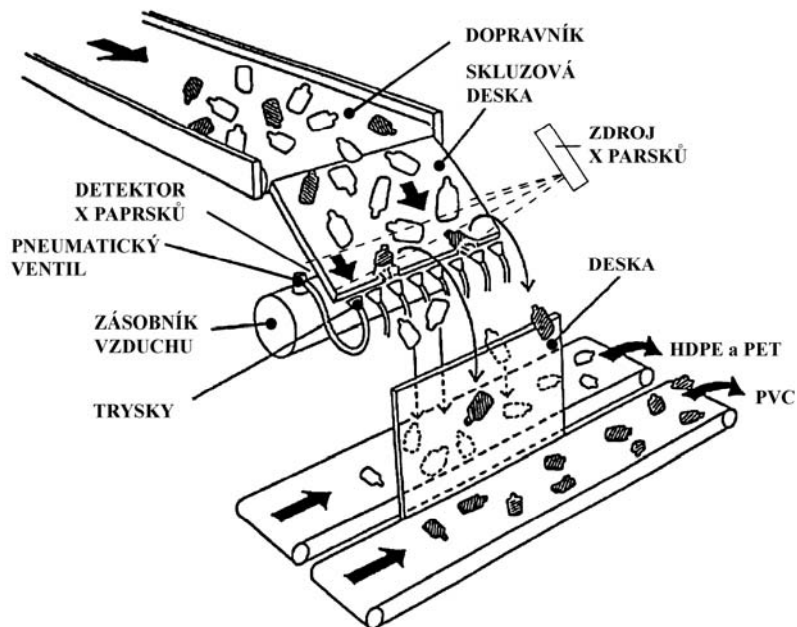
Kromě zmíněných způsobů rozdělování se používají také technologie založené na principu *optické separace*, kde se využívá zbarvení respektive průhlednosti nadrcených vloček plastických hmot. Automatické rozdělovací přístroje mohou pracovat například na principu rozptylu nebo koncentrace paprsků, procházejících vločkou apod.

Další technologie jsou zaměřeny na *spektrografické* vlastnosti upravovaného materiálu. Principem těchto metod je rozdílné výsledné spektrum vysílaných paprsků procházejících zbarvenou nebo čirou plastickou hmotnou jako například PET, PVC, PE, PP,

PS atd. (**obr. 4.55**) Používají se za tímto účelem spektroskopie: střední-infračervené, blízké-infračervené, laserové a jiné, založené na podobném principu [13].



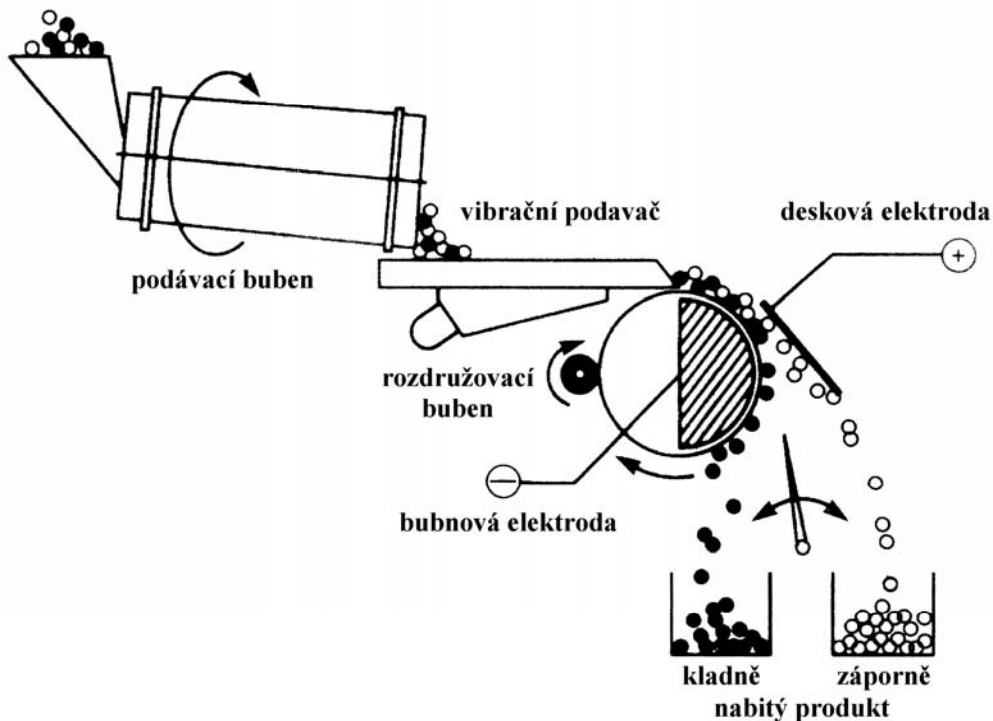
Obrázek 4.55 - Princip separace pomocí blízko infračerveného paprsku (NIR = Near-Infra-Red).



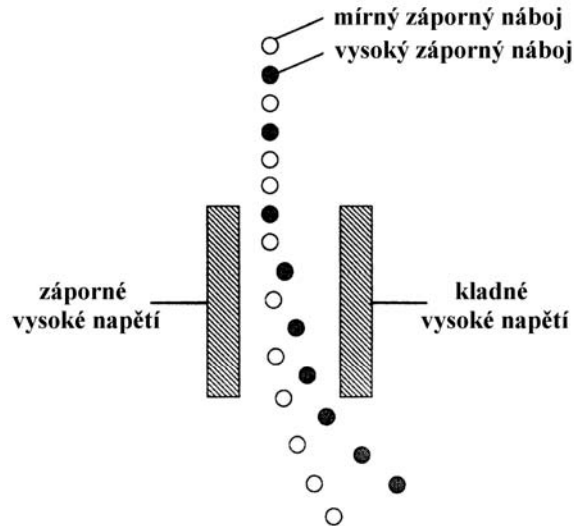
Obrázek 4.56 - Využití paprsků X při rozduřování PVC lahví od lahví nevyrobených z PVC

Na podobném principu jsou založené systémy využívající *paprsků X*. Tyto paprsky jsou vysílány na pás s rozdužovanými materiály (například HDPE, PET a PVC), přičemž přes HDPE a PET materiály paprsky projdou relativně snadno, zatímco PVC je pohltí nebo odrazí (**obr. 4.56**). V tomto případě na patřičný detektor nedorazí svazek paprsků a dojde k otevření ventilu se stlačeným vzduchem, který daný produkt z PVC odfoukne do jiného zásobníku, respektive na jiný sběrný pás.

Elektrostatické třídění polymerů je založeno na faktu, že dva relativně stejné materiály mohou nést rozdílný náboj (kladný x záporný), anebo mají stejný náboj, ale velikostně značně odlišný. Na prvně zmiňovaném principu je založen tzv. triboelektrický buben (**obr. 4.57**), který rozdužuje rozdílně nabitý materiál ve vysoko napěťovém poli. Záporně nabitě částice jednoho materiálu jsou přitahovány ke kladné elektrodě a jsou odchýleny od směru volně padajícího materiálu a padají přímo do určené nádoby či zásobníku. Kladně nabitě částice druhého materiálu jsou přitahovány k bubnu díky zápornému elektrickému poli, které je tvořeno elektrodou uvnitř bubnu a v místě, kde již se dostanou mimo zmiňované pole padají do patřičné nádoby. Minimální rozměr částic separovaných tímto způsobem jsou 2 mm a maximální rozměr pak 10 až 16 mm.



Obrázek 4.57 - Princip rozdužování materiálu pomocí triboelektrického bubnu



Obrázek 4.58 - Princip rozduřování na základě náboje separovaných částic

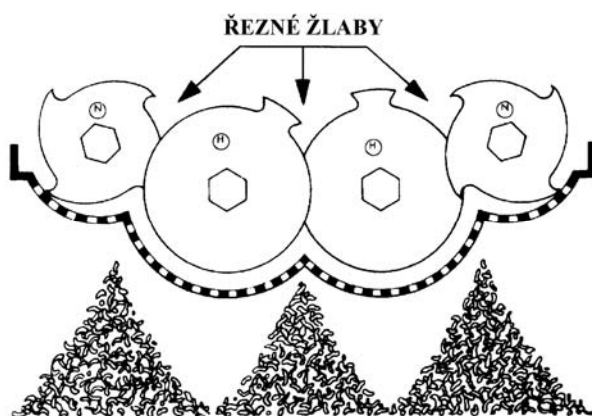
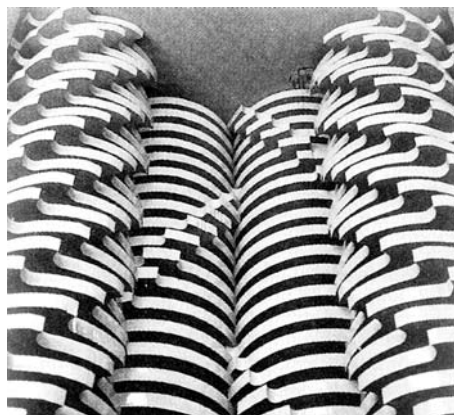
Druhý zmiňovaný způsob elektrostatische separace dvou materiálů podobných vlastností je založen na principu rozdílné velikosti jinak stejného náboje. Částice určené k separaci jsou nabíjeny v koronizujícím poli a procházejí mezi deskovými elektrodami s rozdílným znaménkem. Potom například silně nabitě částice materiálu se záporným znaménkem jsou větší silou přitahovány ke kladné elektrodě, zatímco částice se stejně orientovaným nábojem, ale poměrně malým jsou přitahovány také ke kladné elektrodě, avšak poměrně menší silou a tím také jejich proud má jiný směr, než částice silně nabitě (**obr. 4.58**).

4.4.2 Zdrobňování

Také u tohoto druhu úpravy plastických hmot můžeme konstatovat, že jsou využívány základní principy, avšak s určitými rozdíly, dle zdrobňovaného materiálu, neboť některé plastické hmoty jsou pevné a křehké, jiné zase houževnaté atd. Drtiče a mlýny jsou u houževnatějších materiálů (pryž apod.) spíše založené na principu řezání, krájení atd. V zahraničí se označují jako shredder.

Princip *drtičů* bývá ponejvíce založen na dvou nebo čtyřech proti sobě rotujících hřídelích, které jsou osazeny drtičími respektive řezacími kotouči s distančními kroužky nebo drtičími válci. Kotouče mohou být celistvé i dělené, to závisí na způsobu výroby. Stupeň podrcení materiálu závisí na počtu zubů drtičího nástroje a na jeho šířce. Drtiče se obvykle používají pro drcení plastových odpadových materiálů jako jsou: folie, tabule, duté výrobky a kabely. V podstatě trhají materiál, který je vtahován mezi nože. Konstrukce těchto drtičů

bývá mohutná, aby odolala obrovským tahovým napětím, která vznikají na nožích při drcení houževnatých a obtížně drtitelných výrobků, jakými mohou být např. i polyolefinové sudy.



Obrázek 4.59 – Čtyřválcový drtič plastů

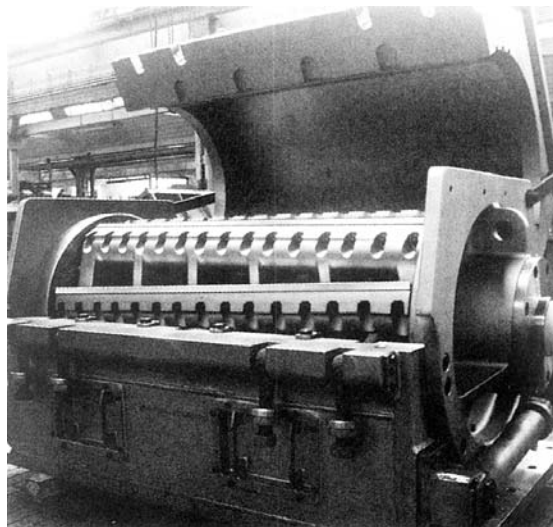
Hrubým drcením směsných plastových odpadů vznikají vločky velikosti menší než 50 mm, které se dále používají jako vstupní materiál do dalších procesů. Drtiče plastových odpadů jsou schopné podrtit i menší kovové části, jako jsou plechovky, které projdou přes předběžné třídění. V bubnových typech drtičů řezací ostří vyčnívají z rotoru a sekají přicházející materiál na malé kousky. Na **obrázku č. 4.59** je čtyřválcový drtič pro drcení polymerního odpadu. Materiál je zde vlastně drcen dvakrát, poprvé mezi noži jednotlivých bubnů a podruhé mezi noži a sítím.

Zavázeční prostor drtiče se skládá ze tří tzv. řezných rýh. Pod válci se nachází výstupní síto, přes které rovněž probíhá drcení. Toto síto určuje velikost ok zrnitost materiálu opouštějícího drtič. Síta bývají výměnná. Průmyslové drtiče tohoto typu mívají speciálně navržené převodovky aby mohly drtit i automobilové pneumatiky a jiné vysoce tažné materiály bez zachycení. Tyto drtiče mívají mnohonásobné spirálové válce, umístěné jeden

vedle druhého. Každý z těchto válců má svůj vlastní pohon motorem s převodovkou. Dojde-li k zahlcení drtiče, je zde zvláštní okruh, který jednotlivé válce odpojí, na krátkou dobu provede jejich reverzaci, poté opět zapojí jejich pohon a drtič pracuje dále v původním režimu.

Mlýny používané při zpracovávání houževnatějších polymerních materiálů se také liší od klasických mlýnů používaných pro relativně tvrdé a křehké materiály tím, že jsou opatřeny ocelovými elementy velikosti 2,5 – 5 cm, montovanými na rotoru. Tyto ocelové bloky odřezávají kousky zpracovávaného materiálu, který je beranem přisunován proti zubům. Rotační mlýny takto vytvářejí drť o menším rozměru zrna, než konvenční drtiče. Bylo zjištěno, že rotační mlýny je obzvlášť výhodné použít pro drcení pneumatik a trvanlivých plastů.

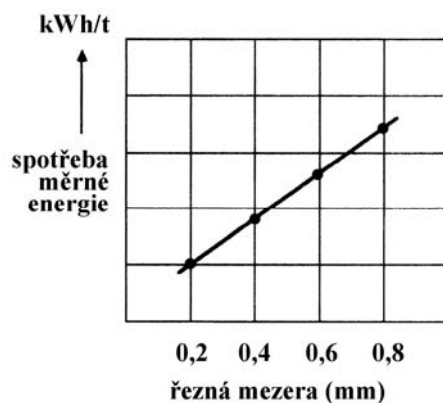
Jedním z nejvíce používaných typů v průmyslové recyklaci plastů je právě nožový mlýn (**obr. 4.60**). Tato zařízení jsou používána jak pro drcení zbytků a odřezků a útržků při výrobě plastů, tak pro drcení plastového odpadu. Hlavní částí stroje je systém rotačních nožových ostří. Tato ostří jsou uložena pod úhly tak, že fungují na principu nůžek.



Obrázek 4.60 - Nožový mlýn (tzv. granulátor)

Nožové mlýny jsou charakteristické četnými rotujícími noži a třemi nebo čtyřmi pevnými – stacionárními noži, to záleží na specifické aplikaci. Odřezky plastů se melou mezi rotorovými a stacionárními noži, uloženými v nožových ložích. Ostří rotujících nožů jsou nastavena pod takovým úhlem, aby odřezávala plátky. Pevné nože jsou nastaveny pod stejným úhlem, ale v opačném směru. Toto nastavení zajišťuje konstantní řeznou mezeru po

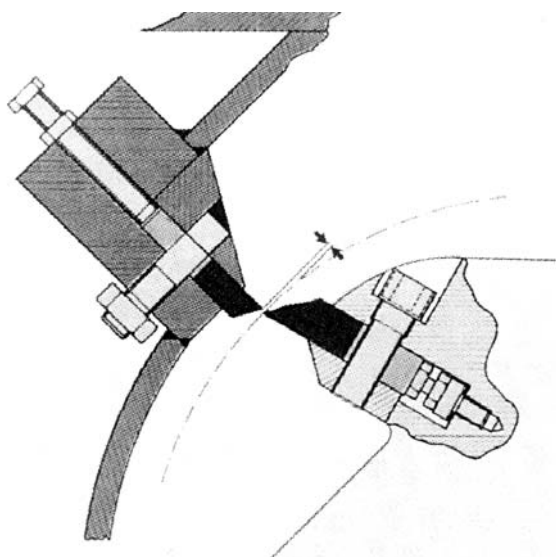
celé šířce ostří. Extrémně blízké nastavení nožů vůči sobě zajišťuje dobrou efektivitu procesu [13].



Obrázek 4.61 - Závislost spotřeby měrné energie granulátoru na nožové mezeře

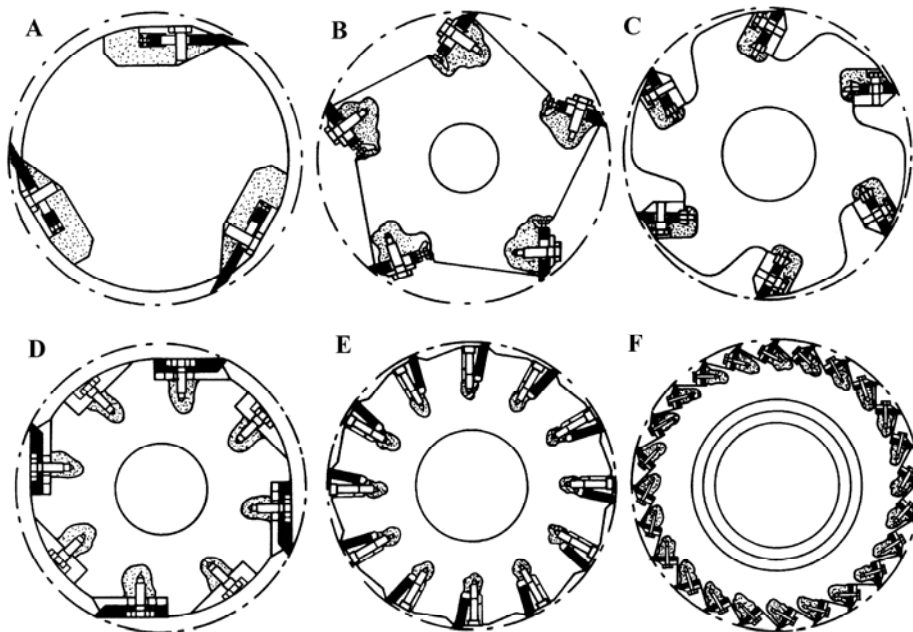
Čím menší je nastavená řezná mezera mezi noži, tím vyšší je kvalita výsledných granulí a tím nižší jsou náklady na další zpracování. Obvyklá velikost mezery mezi noži bývá 0,2 – 0,3 mm (záleží na typu stroje apod.). Velikost této mezery má značný vliv na spotřebu měrné energie (**obr. 4.61**). Se zvětšující se mezerou narůstá také spotřeba energie. Ta narůstá také vzhledem k postupnému otupování břitů [13].

Nožové mlýny se nejčastěji používají pro mletí folií, tkanin a svitků. Při mletí folií je malá a shodná nožová mezera obzvláště důležitá, aby nedocházelo pouze k mačkání a ohýbání folie a tak k růstu spotřeby energie (**obr. 4.62**).



Obrázek 4.62 - Seřizování nožové mezery granulátoru

Používané tvary rotorových nožů jsou na **obrázek č. 4.63**. Pro materiály s velkou objemovou hustotou je třeba použít rotor s mnoha malými noži nastavenými pod mírným úhlem, aby se zabránilo zahlcení stroje. Nejjednodušší konstrukce je známa jako otevřený vysoce řezný rotor (**obr. 4.63A**), který se používá pro granulaci plastového odpadu ve formě tabulí, profilů trubek nebo forem s tloušťkou stěny do 12 mm a otevřený rotor se strmým úhlem (**obr. 4.63B**) pro granulaci tabulí, folií a vláken s tloušťkou stěny do 5 mm. Třetím typem je uzavřený spirálový rotor (**obr. 4.63D**), který se může skládat až z 18 nožů a používá se pro granulaci velmi tvrdých plastových odpadů, jako jsou trubky a role folií do tloušťky stěny 150 mm.



Obrázek 4.63 – Tvary rotorových nožů

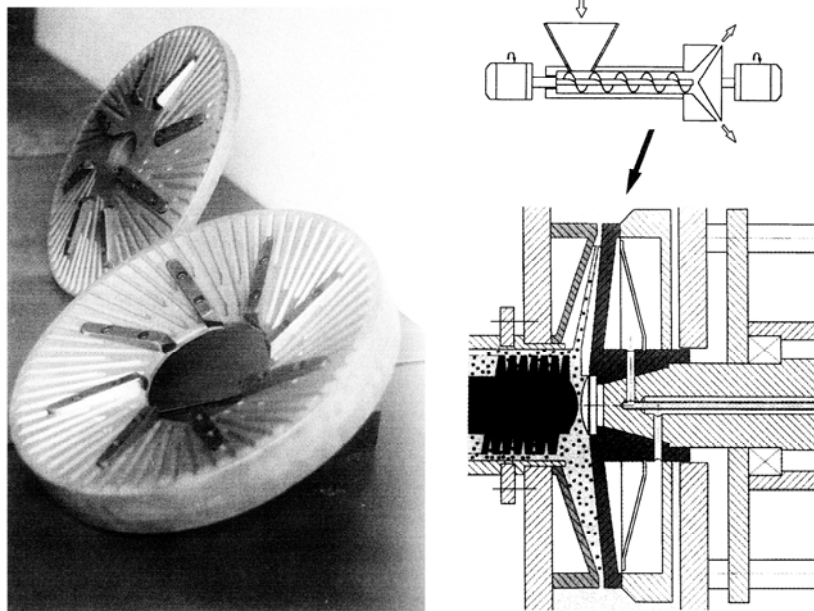
Mokrý mletí, jak již sám název napovídá, používá vodu ze dvou důvodů, pro mletí a pro chlazení. V tomto procesu jsou řezací hrany nožů chlazeny vodou, což napomáhá zabránit vzájemnému slepení sekaného materiálu. Kromě toho, chlazení nožů vodou prodlužuje jejich životnost. Přidáváním vody do granulátoru probíhá zároveň mletí a intenzivní praní. Další výhodou je, že chladicí voda chrání polymer před tepelným namáháním a zabraňuje zahlcení výstupního síta. Efektivní granulace odpadových plastů, obzvláště folií je podmíněna ostrostí břitů. Ostré břity zajišťují vysokou míru produktivity a brání zmačkávání tenkých folií.

Kráječce známé také jako *gilotinové řezačky*, se používají hlavně pro zmenšení velikosti plastových odpadů, jako například vláken, rolí textilií a gumových žoků. Materiál je

zavážen do kráječe žlabem pomocí buďto pásového dopravníku či hydraulického beranu. Krájením předzpracovaný materiál pokračuje k dalšímu procesu, nejčastěji mletí.

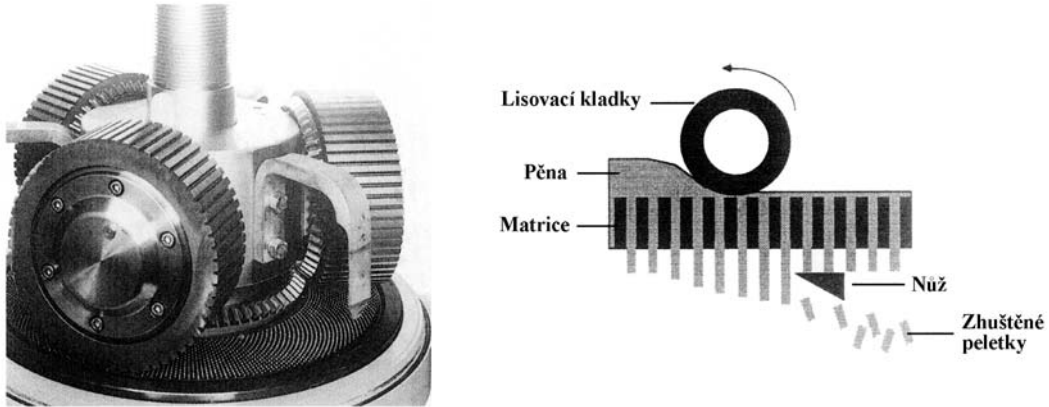
Zhutňovací proces neodmyslitelně patří k úpravám polymerních materiálů a to především materiálů pěnového charakteru anebo materiálů velmi tenkých a rozměrných. Používají se především aglomerátory, zhutňovače a jim podobná zařízení.

Jednou z možností zhutňování materiálu je aglomerační proces, při kterém se používá speciálních aglomeračních (zhutňovacích) disků (**obr. 4.64 vlevo**). Plastový míšič přeměňuje jinak složitě recyklovatelné polymery na volně sypané granule s vyšší hustotou, průchodem mezi dvěma zhutňovacími disky. Plast je mírně zahříván v důsledku vznikajícího tření mezi materiálem a disky a tím dochází ke granulaci, ale ne k tepelné degradaci materiálu. Materiál je kontinuálně přiváděn šnekem do prostoru disků (**obr. 4.64 vpravo**), a po zhutnění je po výstupu z míšiče postupně velikostně upravován na požadovaný rozměr granulí .



Obrázek 4.64 – Schéma aglomeračního stroje vybaveného zhutňovacími disky

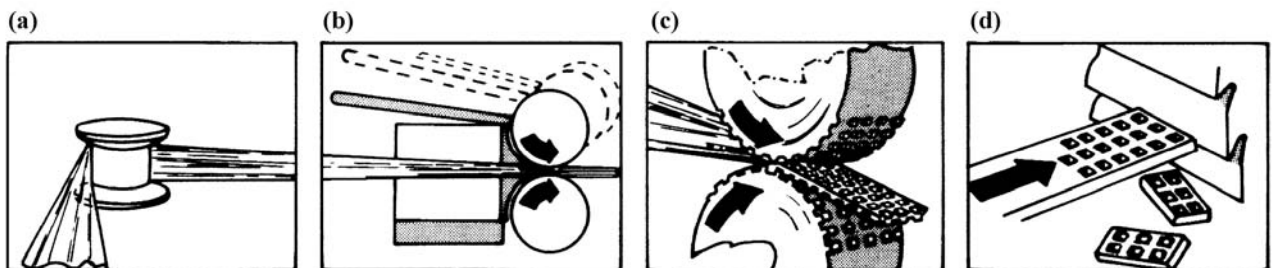
Další možností zhutnění materiálu je aglomerace pomocí tlaku. Na **obrázku č. 4.65 vlevo** je vyobrazen mlýn - lis s plochou lisovnicí pro zhutňování objemového materiálu jako je například PU izolační pěna. PU hustota může být zvýšená z původních 35 kg.m^{-3} až na $1\ 100 \text{ kg.m}^{-3}$, ale finální peletky mají hustotu kolem 500 kg.m^{-3} . Peletky jsou vyráběny tak, že na spodní straně lisovnice se pohybuje nůž, který je odřezává z kontunuálně protlačovaných „hadů“ materiálu (**obr. 20 vpravo**).



Obrázek 4.65 – Aglomerační lis s plochou lisovnicí

Také při tomto procesu vzniká teplo, kde peletky při výstupu mají okolo 140 °C. Proto při zhušťování například LDPE je nutno tento proces doplnit o chlazení, aby nedošlo k tepelné degradaci upravovaného materiálu. Celý proces má výkonnost v rozsahu 100 – 3 000 kg.h⁻¹.

Na **obrázku č. 4.66** je schéma zhutňování tenkých umělohmotných filmů, pásů, plachet apod. Zařízení transformuje tenké odpadové plastické hmoty (**obr. 4.66a**) na jednotné štěpky obdélníkového tvaru stejných rozměrů a hmotností. Základem systému je nastavitelný podavač s klínovitými válci (**obr. 4.66b**), který upravuje a dále podává vstupující film na několika vrstvý pás, který je stlačován tvarovanými válečky (**obr. 4.66c**) na zhuštěnou hmotu, která již může být dále jednoduše rozměrově upravována za účelem dosažení jednotných štěpek příslušným rotorem s noži (**obr. 4.66d**).



Obrázek 4.66 – Zhutňování tenkých rozměrných polymerních materiálů

Tzv. *pulverizační mlýny* jsou používány pro úpravu čistého polymeru na jemný prášek. Prášky mají vynikající tekutinové vlastnosti, vysokou měrnou sypanou hmotnost, jednotnou velikostní frakci (až 100 % pod 50 μm) a jsou homogenní. Upravovaný polymerní materiál je přiváděn středem přes stacionární disk, kde je strháván do procesu mletí odstředivou silou

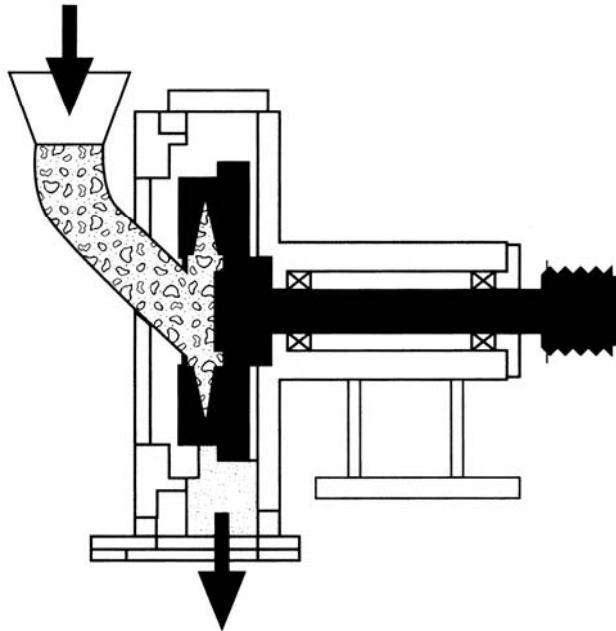
a mlet mezi dvěma mlecími disky dokud je s patřičnou velikostí neopustí díky odsávacímu zařízení (**obr. 4.67**).

Tyto mlýny jsou ideální pro polymery jako jsou polyolefiny, PA, PE, PU a PVC. Redukce plastů v těchto zařízeních probíhá mezi nálitky na mlecích rotorech a filtrem. Jemnost prášku je předurčena velikostí ok filtru. Rozemílání je také užitečné jako varianta v případě, kdy nečistoty nelze odseparovat od plastového odpadu konvenčními separačními technikami. Například v případě nabarvených nebo povlakovaných plastů. V těchto případech jsou nežádoucí nečistoty rozemlety na tak malé zrna, že se z nich vlastně stává inertní plnivo [13].

Nevýhodou tohoto zpracování plastových odpadů je, že v některých komerčních mlýnech vznikají v oblasti na hranicích ostří zóny s vysokými teplotami, což způsobuje přilepování drobných částic polymerů na ostří.

Pro mletí křehkých materiálů, jako tuhý PVC, se používá úderových *turbomlýnů*. Mletí probíhá úderem částic o sebe vlivem vysoké turbulence. Jelikož je zde třecí teplo omezeno na minimum je turbomlýn ideální pro mletí polymerů citlivých na teplo.

Kladivové mlýny sestávají ze série kladiv uložených excentricky na centrální vačkové hřídeli. Často se používají ve spojení s kryogenními procesy.



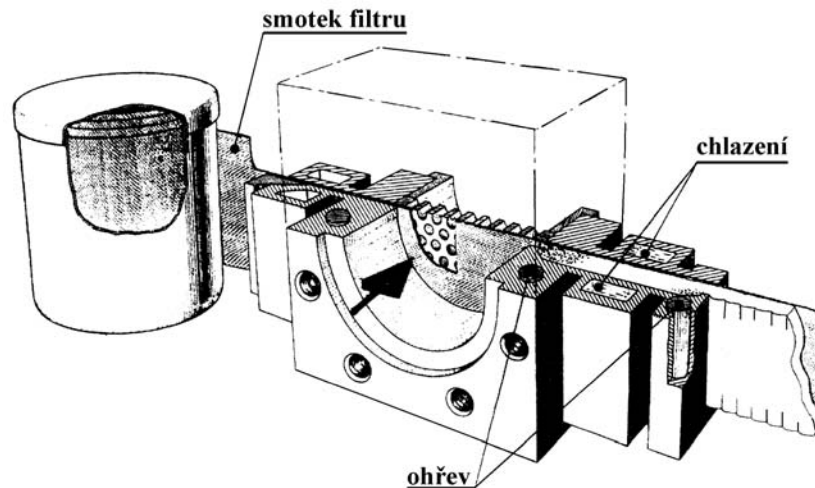
Obrázek 4.67 – Princip pulverizačního procesu

4.4.3 Filtrace kontaminantů v recyklovaných polymerech

Recyklované polymery jsou charakteristické přítomností kontaminantů, jako je například prach, špína, bláto, celulózový materiál, hliníkové fólie, kousky kovů, sklo, vlákno apod. Mnoho zdokonalených mechanických recyklačních procesů má v sobě implementováno filtrační systém partikulárních nečistot za účelem zvýšení jakosti recyklovaného materiálu.

Prakticky je možno se zmínit především o dvou základních procesech filtrace, kterými jsou přerušovaný a kontinuální systém filtrace. Zatímco přerušovaný systém se používá pro málo objemové technologie zpracování polymerních odpadů, tak kontinuální je určen naopak pro systémy velkoobjemové.

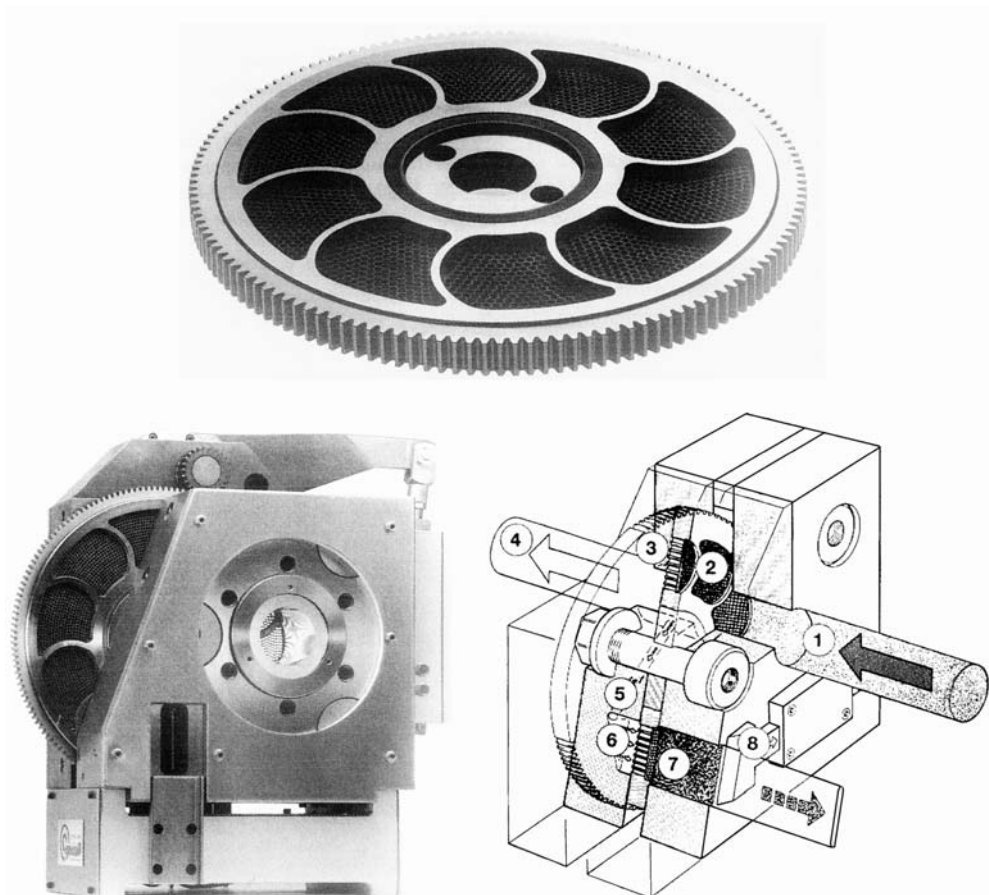
Mezi ně patří také systém kontinuálního pásového filtru (**obr. 4.68**). Ocelový pásový filtr je popotahován ze zásobníku, který je součástí stroje. Filtr je tažen přes vodu chlazený vstup do filtrovacího okna, kde na něj začíná působit větší tlak, způsobený usazováním nečistot na filtru. Filtr je spolu s nečistotami pomalu popotahován mimo filtrovací okno. Tam je čištěn a znovu použit. Celý systém patří mezi nejméně nákladné.



Obrázek 4.68 – Princip kontinuální separace nečistot pomocí pásového filtru

Mezi další kontinuální systémy filtrace patří samočisticí systémy. Jedním z nich je také samočisticí filtr ve tvaru kola (**obr. 4.69 nahoře**). Systém je určen pro proces filtrace recyklovaných polymerů s velkým obsahem nečistot. Rychlost otáčení filtračního kola je právě závislá na množství kontaminantů a je možno ji jednoduše volit. Celkový pohled na kontinuální samočisticí filtr ve tvaru kola je na **obrázku č. 4.69 dole vlevo**. V pravé dolní části obrázku je pak naznačeno konstrukční schéma zmíněného stroje (1 - znečištěná polymerní hmota; 2 - znečištěný filtrační koláč; 3 - filtr ve tvaru kola - disku s 10-12 okny; 4 -

přefiltrovaná hmota; 5 - zpětný zapuštěný kanál; 6 - zpětná zapuštěná dutina; 7 - čištěný filtrační koláč; 8 - čistící válec [13].



Obrázek 4.69 – Samočisticí kontinuální filtr pro separaci kontaminantů z polymerního odpadu

Jak je patrné, úpravnické postupy ale především stroje používané při těchto pracích jsou velice diverzifikované a záleží především na jednotlivých vlastnostech zpracovávaných materiálů, které jsou jedním z hlavních kritérií jaký typ stroje nebo technologii zvolit. Dalším faktorem je především granulometrie zpracovávaného a získávaného materiálu a v neposlední řadě také technologie používané při následném zpracování upravených materiálů.

Faktorů ovlivňujících zmíněné parametry je mnohem více a opět záleží na tom, o jaký materiál půjde. V tomto článku jsem měl snahu naznačit, nakolik je nelehké volit úpravnické postupy a stroje pouze u jednoho druhu odpadů, a to polymerů neboli plastických hmot a pryží. Nyní, když si představíme, kolik jiných odpadů (s jinými mechanickými, fyzikálními a chemickými vlastnostmi) je produkováno v jednotlivých oborech lidské činnosti, tak si uvědomujeme, jak je důležitá správná volba optimální úpravnické technologie včetně

posouzení její vhodnosti, neboť může být použito několik technologií, kde každá má několik výhod a několik nevýhod.

Nesmíme také zapomenout na to, že úpravnické postupy, tedy technologie úpravy včetně strojů při nich používaných se stále vyvíjejí, přizpůsobují nebo zavádějí úplně nové.

4.4.4 Přehled úpravnických postupů polymerů

Třídící a separační technika

a) Manuální třídění

b) Třídění založené na rozdílné hustotě:

- ve vodě,
- ve vzduchu,
- odstředivky,
- separace pomocí blízko kritických tekutin. Tato metoda separace používající například oxid uhličitý může separovat polymery s rozdílnou hustotou až $0,001 \text{ g.cm}^{-3}$.
- separace na základě absorpce,
- separace na základě hydrofobnosti,
- flotační pěnová separace.

c) Optická separace

- separace dle barvy.

d) Separační metody na základě spektroskopie

- střední - infračervená spektroskopie,
- blízko - infračervená spektroskopie,
- laserová akustika,
- spektrální analýza vyvolaná laserovými paprsky,
- separace plasmovou spektroskopií,
- další spektroskopické metody (UV záření, Fluorescenční označování).

e) Fluorescence paprsků X pro separaci PVC

- separace PVC z PET lahví,
- separace vloček PVC.

f) Elektrostatická separace

- triboelektrické pero,
- polarizace plastů.

g) Separace dle rozdílné teploty tavení

- h) Separace selektivním rozpouštěním**
- i) Separace redukcí velikosti polymerů**
- j) Separace kovů indukčními separátory**

Úprava velikosti recyklovaných plastů

a) Řezací - krájecí proces

- shredder - drtič,
- rotační drtiče (klasické),
- rotační nožový granulátor,
- řezačky,
- šnekové - šroubové granulátory.

b) Zhutňovací proces

- aglomerace pomocí disků,
- aglomerace pomocí tlaku,
- aglomerace mícháním,
- aglomerace jako součást Erema drtiče,
- zhutňování válečky,
- zhutňování blán.

c) Rozemílací proces - pulverizace

- disky pro pulverizaci,
- turbo rotorový pulverizátor,
- kladivové mlýny,
- kryogenní pulverizace.

Filtrace kontaminantů v recyklovaných polymerech

a) Přerušovaná filtrace

b) Kontinuální filtrace

- kontinuální pásový filtr
- reverzní kontinuální filtrace (pístový filtr; samočisticí kolový filtr; laserový filtr).

5 ZPŮSOBY ZNEŠKODŇOVÁNÍ ODPADŮ

V této části jsou podrobněji popisovány hlavní způsoby zneškodňování komunálních i průmyslových odpadů, kterými jsou [10]:

1. skládkování (kap. 5.1),
2. biologické způsoby (kap. 5.2),
3. tepelné způsoby (kap. 5.3),
4. fyzikální a chemické způsoby (kap. 5.4).

Každý druh odpadu lze zneškodňovat různými způsoby, které mají své přednosti i nedostatky. Je proto nutné, aby zvolený způsob byl optimální jak z hlediska ochrany životního prostředí, tak i z hlediska ekonomického. To se týká zejména odpadů zvláštních, jejichž nevhodné zneškodňování může představovat závažné nebezpečí pro životní prostředí. Vedle toho jsou zvláštní odpady (především chemické) často cennou druhotnou surovinou a je tedy žádoucí přednostně zvolit takový způsob zneškodnění, který by umožnil současně jejich další, alespoň částečné využití. V mnoha případech je volba optimálního způsobu obtížná a závisí do značné míry na zkušenostech původců odpadů a provozovatelů zařízení pro jejich zneškodňování i na dostupných informacích.

5.1 Skládkování odpadů

Mnoho druhů tuhých i kapalných odpadů, včetně některých druhů průmyslových i stavebních odpadů, se dosud zneškodňuje pouze *skládkováním*. Komunální a jiné podobné odpady lze skládkovat bez předběžné úpravy za předpokladu, že jsou učiněna vhodná opatření k zabránění znečištění prostředí. Tímto způsobem se nyní zneškodňuje převážná část odpadů. Předpokládá se, že skládkování bude i v budoucnosti nejrozšířenějším způsobem zneškodňování odpadů (po jejich vhodné úpravě), i když se intenzivně pracuje na vývoji nových technologií pro zneškodňování odpadů, včetně regenerace některých jejich složek [4].

Ekonomicky výhodnější jsou velkorozměrové skládky, protože investiční náklady na zakládání skládky je možno rozložit na větší objemy zneškodňovaného materiálu. Jediným zařízením pro ukládání odpadů, vyhovujícím zásadám ochrany životního prostředí, je *řízená skládka*. Řízená skládka je technické zařízení určené k ukládání určených druhů odpadů za

daných technických a provozních podmínek a při průběžné kontrole jejich vlivu na životní prostředí. Projekt skládky musí zahrnovat i podmínky a způsoby její rekultivace. Při její výstavbě je třeba postupovat podle příslušných stavebních zákonů a vyhlášek včetně patřičných norem.

Území, ze kterého je organizován svoz odpadů na danou skládku se nazývá *svozovou oblastí*. U rozsáhlých svozových oblastí se v zahraničí zřizují v některých případech stabilní překladiště, kde se odpad překládá do velkoobjemových speciálních dopravních prostředků, při jeho případné úpravě či zhutnění [10].

5.1.1 Druhy odpadů, které lze ukládat na skládky

Druhy odpadů, které lze skládkovat, závisí především na stupni zajištění skládky. Na speciálně zajištěné skládky lze ukládat prakticky libovolné nebezpečné odpady. Kromě komunálních odpadů možno bezpečně ukládat na běžné řízené skládky rovněž četné druhy průmyslových odpadů, včetně kalů. Na skládky však nelze ukládat takové materiály, které mohou vyvolávat dlouhodobé ekologické problémy nebo znehodnocovat půdu. Proto je z nich nutno vyloučit toxické a hořlavé látky. Odpady s vysokou toxicitou mohou zpomalit nebo úplně znemožnit normální biologický rozklad na skládkách nebo zvýšit nebezpečí ohrožení vod.

Mikroorganismy obsažené ve skládce se mohou po určité době (hodiny až roky) navázat na organické sloučeniny jako zdroj energie a živin. To neplatí jenom pro přírodní organické látky (zemědělské odpady), ale též pro mnoho biologicky cizích (xenobiotických) sloučenin. To znamená, že každá skládka s takovými skupinami látek (při dostatečném obsahu vody) představuje potenciální nebezpečí reakce (tzv. *reagující skládka*), u níž množství a složení produktů (plyny a průsaky) nelze s jistotou předvídat. Proto by měly být organické xenobiotické látky, které nelze znovu zhodnotit, před jejich skládkováním mineralizovány (např. spalováním). Přírodní organické látky by se naproti tomu měly v co nejčistší formě znovu zhodnocovat, např. kompostováním jako látky zvyšující úrodnost půdy nebo biologickou úpravou jako bioplyn. Na skládky by se měl v konečné fázi proto ukládat pouze jednotný odpad.

Jako přijatelné pro skládkování na běžných řízených skládkách se uvádějí tyto druhy odpadů: komunální odpady, škvára a popel z kotelen, hlušina z důlních operací, struska z výroby železa a oceli, stavební a demoliční odpady, opotřebené pneumatiky, kaly z čistíren

odpadních vod a průmyslových procesů, odvodněné kaly ze splaškových vod a zemědělské odpady.

Nebezpečné odpady jako například některé toxické a zvláštní odpadní látky lze ukládat na běžných řízených skládkách za předpokladu, že jejich množství, ve srovnání s celkovým množstvím odpadů, je jen malé. To však vyžaduje souhlas příslušných vodohospodářských úřadů. Mezi tyto toxické a speciální látky patří: anorganické kyseliny, organické kyseliny a podobné sloučeniny, alkálie, odpady z činění kůží, zbytky barev, neinfekční nemocniční odpady a upotřebené oleje.

5.1.2 Druhy skládek

Ve vztahu k úrovni terénu rozlišujeme skládky *podúrovňové* (v otevřených terénních prohlubních do úrovně terénu) nebo *nadúrovňové*, zakládané nad úrovní terénu, či *kombinované* (se základem pod úrovní terénu s převýšením nad jeho úroveň). Zvláštním případem jsou skládky *podzemní*, využívající přirozené nebo uměle vytvořené dutiny pod povrchem země, přístupné pro ukládání tuhých, kašovitých či řídkých kapalných odpadů, nebo využívající schopnost nasákavost hornin pro injektované či volně nalévané kapaliny. Skládky na povrchu terénu mohou být provedené jako otevřené či jako zastřešené [10].

Z hlediska stavebního provedení lze na základě zajištění těsnění skládky rozlišovat skládky netěsněné (zvláštní případ skládky na nepropustném podloží, či skládky inertního materiálu) a skládky těsněné přírodním materiálem (nejčastěji jílem a bentonitem) nebo syntetickým materiálem (např. folie z PVC či polyethylenu, asfaltová suspenze atd.) nebo jejich kombinací. Skládky je možno rozlišovat např. i podle systému jejich stavebního provedení, odvodu průsakové vody a odplynění. Zejména důležitá je jejich klasifikace podle druhu ukládaného materiálu.

Vedle skládek komunálního a průmyslového odpadu či skládek sdružených jsou zvláštním případem skládky odpadu při těžbě nerostných surovin, kdy mluvíme o odvalu - řízené skládce odvalové hlušiny, haldě či výsypce tj. sypaném objektu vzniklém nasypáváním hlušiny. K ukládání hustých tekutých odpadů (kalů) slouží odkaliště. V omezené míře lze některé kaly ukládat na skládku.

Zásadní význam má třídění podle nebezpečnosti odpadů ukládaných na skládku. Mimořádné zajištění vyžadují především skládky nebezpečného odpadu i skládky jiného zvláštního odpadu. Tyto odpady ovšem mohou vznikat i v rámci komunálního, průmyslového i zemědělského odpadu a odpadu z provozu dopravních zařízení.

Zcela zvláštní zacházení vyžaduje radioaktivní odpad definovaný jako odpad v pevném, kapalném nebo plynném skupenství, který vzniká při využívání zdrojů záření nebo při těžbě a úpravě surovin a obsahuje radioaktivní látky, nebo je jimi znečištěn. Pro zacházení s radioaktivními odpady platí zvláštní předpisy [1].

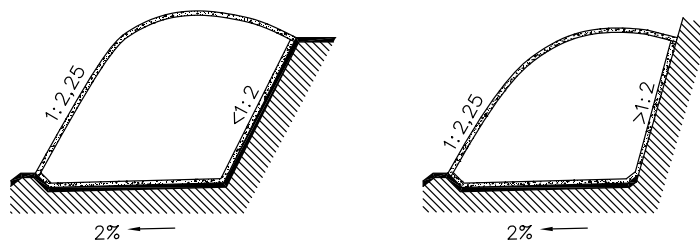
Z hlediska časového průběhu skládkové činnosti rozlišujeme *skládky připravované, provozované a skládky s přerušenou či ukončenou činností*. Zvláštním případem jsou skládky *odtěžované*, z nichž je skládkový substrát (po potřebném uzrání) odebírán k dalšímu zpracování. Zráním skládky se rozumí soubor fyzikálních, chemických a biologických procesů probíhajících v tělese skládky za vývinu fermentačních plynů a tepla, vedoucích k jejich mineralizaci. Skládky s ukončenou skládkovou činností mohou být zrekultivované, rekultivované či dosud nereakultivované.

Od skládkové činnosti je nutno rozlišovat *činnost skladovací*, která se vyznačuje tím, že u všech jednotlivých ukládaných odpadů je možná individuální kontrola a tyto odpady mohou být i jednotlivě přemístovány. V tomto případě se jedná o úložiště.

Skládky nebezpečného odpadu jsou zařízení, která bezprostředně nebo potenciálně ohrožují životní prostředí. Nezbytné je zde budování speciálně upraveného tělesa skládky, které zabrání průsakové vodě volné odtékání či prosakování do podloží. *Průsaková voda* u skládky materiálu, který není inertní, je kvalifikována jako *odpadní voda*.

Podle tvaru rozlišujeme skládky následovně:

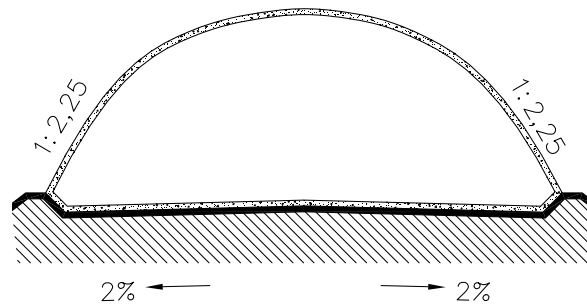
- *Svahové skládky* – u tohoto tvaru skládek se využívá přírodní úbočí. Minerální a fóliové těsnění se provede jak ve dně, tak i na svazích skládky. Je-li spád svahu strmější než 1:2, může být v místě svahu provedeno jednoduché fóliové těsnění (**obr. 5.1**).



Obrázek 5.1 - Svahové skládky

- *Násypové skládky* – dno skládky je obklopeno přirozenými nebo uměle vybudovanými hrázemi ze stabilního materiálu a šířka koruny hráze je

minimálně 2 m. Podkladové těsnění skládky se provádí na vnitřní straně až ke koruně hráze (**obr. 5.2**).



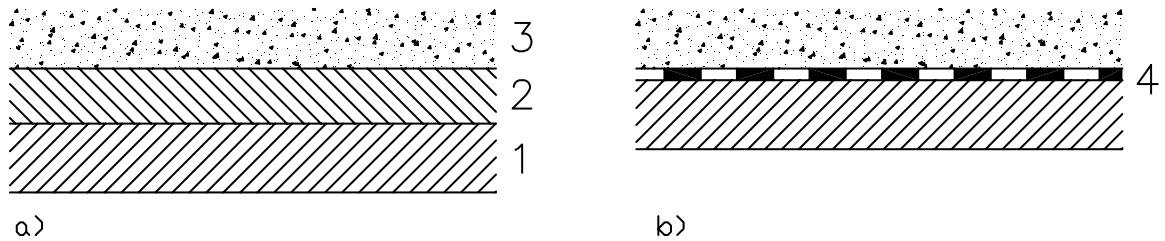
Obrázek 5.2 - Násypová skládka

Klasifikace skládek podle výstavby: Pod slovem klasifikace skládek se rozumí stanovení minimálních požadavků na zřizování skládek a jejich třídění s ohledem na souhrn možností nebezpečí uložených odpadů [8].

Skládka 1. třídy: je vhodná pro odpady (inertní látky), které splňují podmínky na odpady s velmi nepatrným obsahem škodlivých látek (eluáty). Volné vsakování průsakové vody z tělesa skládky do podloží je přípustné. Základní těsnění k utěsnění a odvodnění dna skládky není potřebné. Závěrečná pokrývka tělesa skládky se může přizpůsobit plánovanému následnému využití.

Skládka 2. třídy: je vhodná pro odpady, jejichž obsah škodlivých látek během fáze ukládání odpadů nemůže nárazově přecházet do podloží skládky. U této třídy skládky je vsakování průsakové vody z tělesa skládky přípustné jen za podmínky dodržení předepsaných požadavků na výstavbu skládky. Nesmí dojít však k žádné vnitřní erozi. Závěrečné pokrytí skládky a popřípadě v závislosti na zjištění potřeby vyžadujícího závěrečného těsnění podle ukládaných odpadů je třeba přizpůsobit výhledovému následnému využití plochy.

Skládka 3. třídy: Je vhodná pro odpady, jejichž obsah škodlivých látek nesmí spolu s průsakovou vodou z tělesa skládky znečistit ani spodní ani povrchovou vodu. Při výstavbě podkladového těsnění musí být zajištěny minimální požadavky na zřizování skládek. Podkladové těsnění musí tvořit nejméně dvouvrstvé minerální těsnění o minimální tloušťce 40 cm. Jedna minerální vrstva se může nahradit těsnícím pásem z polyetylenu o síle 2,5 mm. Těsnění svahu skládky se provede jednou minerální těsnicí vrstvou o tloušťce 20 cm. Namísto minerálního těsnění může být položen těsnicí pás z polyetylenu o tloušťce nejméně 2,5 mm. Závěrečné pokrytí tělesa skládky se určí na základě ukládaných odpadů a přizpůsobení se výhledovému využití plochy **obr. 5.3**.

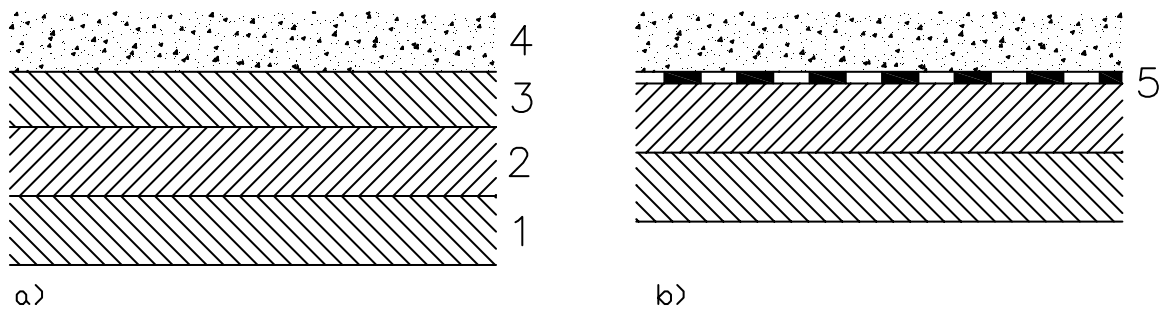


Obrázek 5.3 - Podkladové těsnění s drenážní vrstvou

a) Dvouvrstvé minerální těsnění (1, 2) s plošnou drenáží (3).

b) Jedna část minerální vrstvy je nahrazena těsnícím pásem z polyetylenu 2,5 mm spolu s geotextilií (4).

Skládka 4. třídy: podkladové těsnění tvoří nejméně třívrstvé minerální těsnění o celkové tloušťce 60 cm. Může být použito i kombinované těsnění sestávající nejméně z dvouvrstvého minerálního těsnění o tloušťce 40 cm a z těsnícího pásu z polyetylenu o tloušťce 2,5 mm. Těsnění úbočí skládky a také pokrývka tělesa skládky se provedou stejným způsobem jako u skládky 3. třídy. Pokud není vyloučena tvorba skládkového plynu, musí být zabudován odpovídající odsávací a odváděcí systém k jeho neškodné likvidaci **obr. 5.4.**

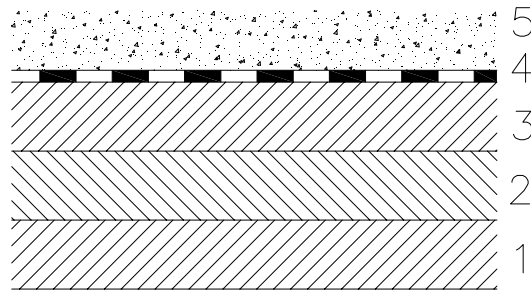


Obrázek 5.4 - Podkladové těsnění s drenážní vrstvou pro skládku 4. třídy

a) Třívrstvé minerální těsnění (1, 2, 3) s plošnou drenáží (4).

b) Jedna vrstva minerálního těsnění je nahrazena těsnícím pásem z polyetylenu 2,5 mm spolu s geotextilií (5).

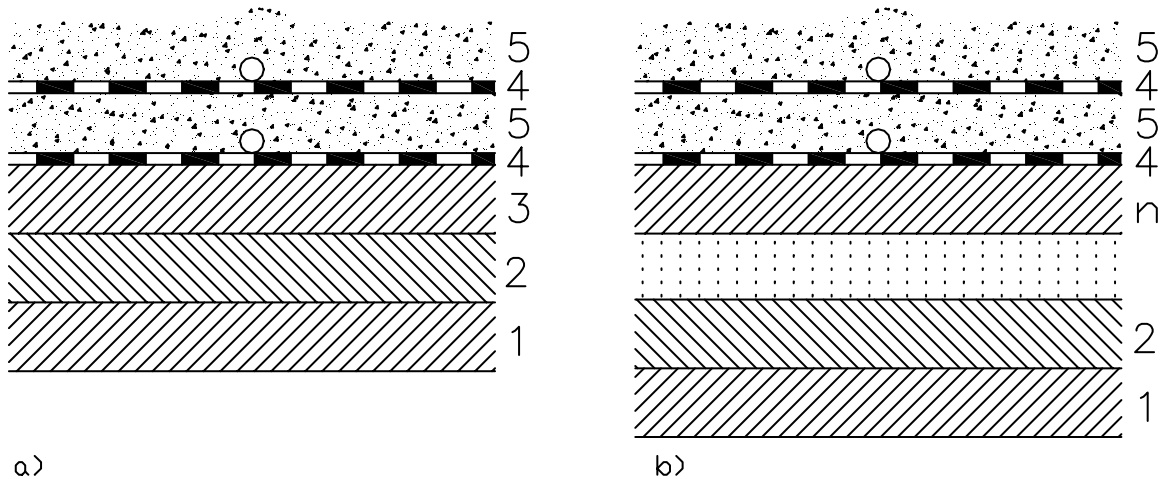
Skládka 5. třídy: podkladové těsnění je kombinované těsnění, které sestává nejméně ze třívrstvého minerálního těsnění o celkové tloušťce 60 cm a jednoho těsnícího pásu z polyetylenu o tloušťce 2,5 mm. Těsnění svahu skládky a zakrytí tělesa skládky se provede stejným způsobem jako u skládky 3. třídy [10]. Pro skládkové odplynění platí stejná opatření jako u skládky 4. třídy **obr. 5.5.**



Obrázek 5.5 - Podkladové těsnění s drenážní vrstvou pro skládku 5. třídy

Skládá se z třívrstvého minerálního těsnění (1, 2, 3) a těsnícího pásu z polyetylenu 2,5 mm spolu s geotextilií (4). Horní vrstvu tvoří plošná drenáž (5).

Skládka 6. třídy: tato skládka vyžaduje vícevrstvou (tzv. dvojitou) stavbu těsnění tak, aby byla možná kontrola těsnosti po celou dobu provozu skládky. Dvojité podkladové těsnění skládky je systém těsnění, který se skládá z primárního podkladového těsnění, jaké je u skládky 5. třídy, a sekundárního, tzv. kontrolního těsnění. Kontrolní těsnění sestává z drenážní vrstvy se sekundárním sběrným systémem průsakové vody a jedné těsnící vrstvy. Plochu svahu skládky tvoří dvojitá vrstva minerálního těsnění o tloušťce 40 cm. Namísto této těsnící vrstvy může být včleněno kombinované těsnění, které sestává z jediné minerální vrstvy o tloušťce 20 cm a jednoho těsnícího pásu z polyetylenu o tloušťce 2,5 mm. Pro skládkové plyny platí stejná opatření, jako u skládky 4. třídy **obr. 5.6**.



Obrázek 5.6 - Dvojitý systém podkladového těsnění skládky

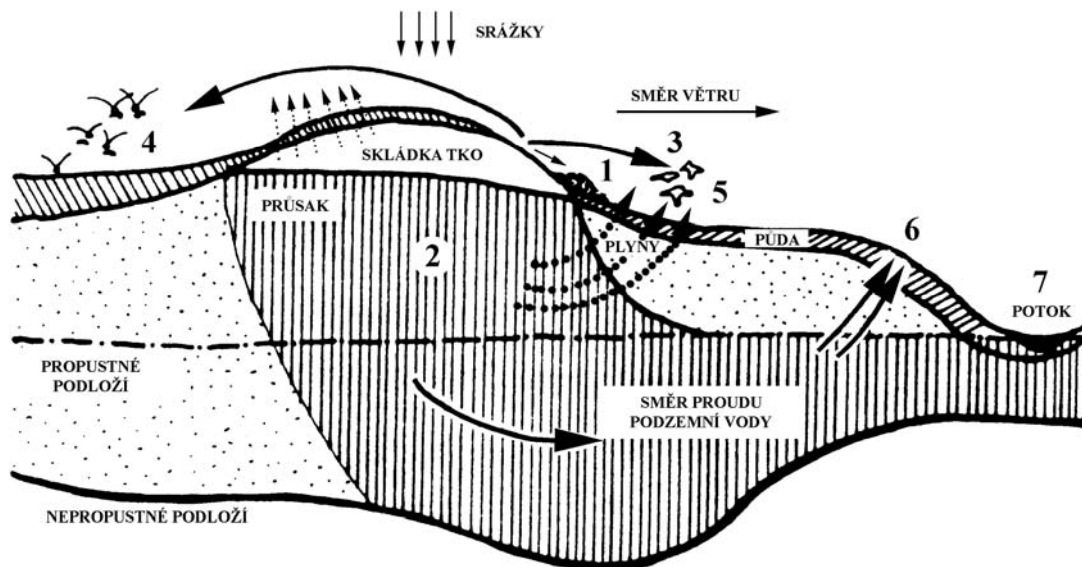
- a) Trojité minerální těsnění (1, 2, 3), těsnící pásy PE-HD spolu s geotextilií (4), drenážní vrstva s kontrolním odvodněním - kontrolní systém (5), druhá vrstva těsnícího pásu (4), horní drenážní vrstva s hlavním odvodňovacím systémem (5).
- b) Od varianty a) se liší větším počtem vrstev minerálního těsnění (1, 2, ..., n).

5.1.3 Průsakové vody a skládkové plyny

Skládkování tuhého komunálního odpadu je relativně nejméně náročným způsobem jeho zneškodňování, avšak přináší řadu problémů, z nichž nejzávažnější jsou: výtoky průsakových vod (výluhů) z tělesa skládky, vývin skládkového plynu v tělese skládky, stabilita tělesa skládky a jeho sedání, prašnost, úlety materiálu a pachy, koncentrovaný výskyt hlodavců a ptáků na skládce a hlučnost z provozu skládky.

Možnosti znečištění podzemních a povrchových vod na skládce ukazuje **obr. 5.7**. Může dojít ke splachům přívalovým deštěm (1), průsakem do podloží (2), které znečistí podzemní vody. Ty se mohou projevit vztlínáním (6) spojeným s poškozením vegetace nebo proniknutím do vodoteče (7). Fermentační plyny (tečkovaně) působí na povrch skládky (1) i v její blízkosti (5). Další závady se mohou projevit odnášením částic větrem (3) a roznášením mikrobiálně závadných částic odpadů ptáky (4).

Zdrojem *průsakových vod* jsou srážky, případně ta jejich část, která infiltruje do tělesa skládky. Zpočátku probíhá nasycení vodní kapacity skládky a po jejím překročení (zpravidla po 1 - 3 letech) dochází k výronu průsakové vody buď do propustného podloží a odtud do podzemních vod nebo při nepropustném podloží na povrch a odtud do povrchových vod [10].



Obrázek 5.7 - Nebezpečí ohrožení prostředí skládkou

Obsah škodlivin se mění nejen podle druhu ukládaného odpadu (např. popel, průmyslový odpad apod.), ale i v závislosti na čase, teplotě i adsorpčních vlastnostech podloží skládky a překryvných zemín. Průsakové vody lze vypouštět pouze se souhlasem

vodohospodářského orgánu a to za předpokladu, že nedojde ke zhoršení anebo ohrožení kvality podzemních a povrchových vod.

Přes všechnu snahu po snížení množství výluhů vždy zůstává jejich určité množství, které je nutno zpracovat. Byla zavedena již řada zpracovatelských postupů od jednoduchého jímání do povrchových rybníčků až po fyzikálně chemické a biologické. K neúspěšnějším patří:

1. *Zpracování výluhů společně s kanalizačními kaly.* Zachycované výluhy se čerpají nebo dopravují do městských čistíren a zpracují se společně s domovními kaly. Tím se ovšem problém odpadů přenáší ze skládky na čistírny odpadních vod. Rostoucí požadavky na složení čistírenských kalů však znemožňují, zejména pokud jde o obsah amoniaku, zpracovávat výluhy ze skládek společně s čistírenskými kaly.

2. *Rozstříkávání po loukách.* Při rozstříkávání výluhů po zatravněných plochách nebo na uzavřených skládkách působí půda a odpady jako biofiltr a také jako fyzikální filtr. Zkušenost však ukazuje, že množství výluhu je limitováno 40 - 50 m³ na hektar.

3. *Fyzikálně - chemické zpracování.* S určitými úspěchy bylo použito koagulačních činidel (např. vápna, solí hlinitých, chloridu železitého atd.), případně společně s oxidačními činidly (peroxid vodíku, chlor, ozón). Koagulanty odstraňují účinně suspendované látky, avšak neredukují rozpuštěné organické látky, přičemž oxidační činidla jsou pro jednotlivé látky specifické.

Bioplyn je plynným produktem biochemického rozkladu organických látek obsažených v komunálním odpadu. Vzniká-li na skládkách tohoto odpadu, označuje se též jako skládkový plyn. Složení bioplynu se mění v závislosti na stáří skládky a na rychlosti čerpání bioplynu. Sestává převážně z methanu a oxidu uhličitého. Optimální podmínky pro tvorbu methanu jsou pH 6,5 - 8, vlhkost větší než 20 - 30 % a teplota 25 - 40 °C.

Z energetického hlediska lze odpady (komunální, zemědělské a pod.) označit jako *netradiční obnovitelné zdroje energie*. Samo biotechnologické zpracování odpadů je založeno na principu, na kterém v dávné minulosti vznikala ložiska zemního a ropného plynu. Základem je anaerobní vyhnívání organických látek methanovým kvašením za přesně definovaných podmínek.

Množství skládkového plynu závisí především na kvalitě odpadů, technologii jejich ukládání, konfiguraci skládky, poměru obsahu celkového uhlíku k obsahu celkového dusíku v odpadech, přítomnosti látek toxických pro mikroorganismy a neutralizační kapacitě prostředí. Celková možná produkce bioplynu se odhaduje na 100 - 300 m³ bioplynu z 1 tuny

tuhého komunálního odpadu, z tohoto množství lze zachytit 20 – 70 %. Nejvyšší produkce je po uzavření skládky a trvá 5 - 13 let, ale plyn se v menší míře vyvíjí 20 - 30 let.

Skládkový plyn lze využít jako palivo jednak přímým spalováním, jednak v plynových motorech pro výrobu elektřiny nebo jako náhradní zemní plyn. K těmto účelům je třeba plyn odvodnit. V zahraničí se někdy skládkový plyn čistí, zbavuje CO₂ a dodává do rozvodné sítě zemního plynu.

Skládkový plyn, není-li ze skládky uměle odčerpáván, migruje vrstvami uložených odpadů i vrstvami podloží skládky všemi směry. Tím hrozí nebezpečí vytvoření výbušné směsi se vzduchem a to i ve vzdálenosti několika set metrů od tělesa skládky. Kromě toho bioplyn snižuje koncentraci kyslíku ve svrchní, krycí vrstvě skládky, což často znemožňuje provedení biologické rekultivace povrchu skládky.

5.1.4 Procesy probíhající ve skládkách

Deponované odpady podléhají v loži skládky anaerobnímu rozkladu za tvorby plynu. Jsou to principiálně tytéž procesy, kterým podléhají vyhnívající organické kaly z městských splaškových čistíren nebo z čistíren zemědělských odpadních vod. Průběh postupného biologického odbourávání organické hmoty odpadů deponovaných ve skládce je sledem několika oddělených fází s charakteristickými podmínkami i produkty. Tyto procesy v níže uvedeném sledu probíhají zcela samovolně:

1) *aerobní stadium* - organická hmota je v přítomnosti vzdušného kyslíku odbourávána aerobními mikroorganismy,

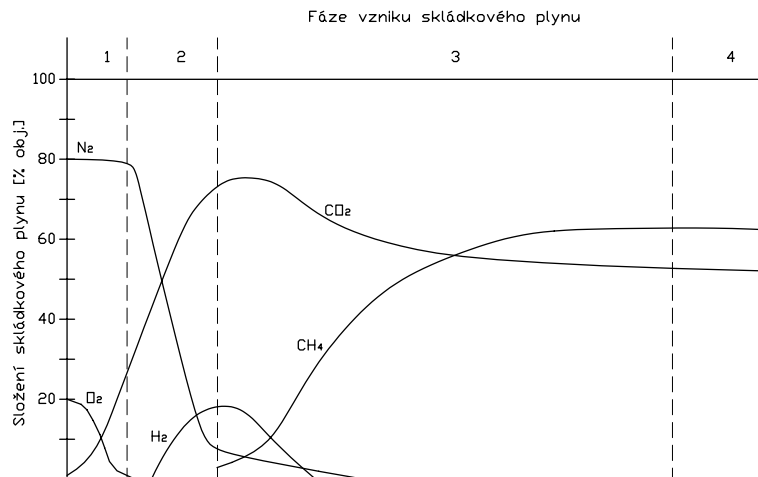
2) *anaerobní stadium nemethanogenní* - v této tzv. „kyselé“ fázi nebo též ve fázi „kyselinotvorného kvašení“ jsou anaerobními organismy produkovány alifatické kyseliny,

3) *anaerobní stadium methanogenní nestabilizované* - tj. počáteční stadium rozvoje methanogenních mikroorganismů,

4) *anaerobní stadium methanogenní stabilizované* - tj. stadium s bohatě rozmnoženou kulturou methanogenních mikroorganismů.

Rozhodující vliv na rozvoj methanogenních procesů a tedy i tvorbu plynu má vlhkost odpadu. Z ekonomického hlediska je žádoucí vytěžit ze skládky co nejvíce plynu, dostatečným zvlhčením skládky se dosáhne nárůstu tvorby plynu až o 25 - 50%.

Typické složení skládkového plynu v různých fázích jeho vzniku je ukázáno na **obr. 5.8.**



Obrázek 5.8 - Složení skládkového plynu v různých fázích vzniku

■ Procesy probíhající v *aerobní fázi* nejsou dostatečně známy, protože tato fáze po uložení odpadů rychle ustává v průběhu několika týdnů následkem vyčerpání kyslíku, zejména po ztuhnutí odpadů. Je však důležitá tím, že lože skládky je primárně zahříváno probíhajícími exotermními procesy. Jako příklad aerobního rozkladu může sloužit fermentativní „vydýchání“ glukózy [10]:

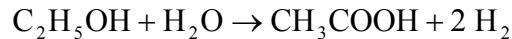


Hlavním plynným produktem v této fázi je CO₂, jehož koncentrace může dosáhnout až 20,8 % při spotřebě veškerého vzdušného kyslíku. Aerobními procesy je biologicky narušena většina snadno a středně odbouratelných substrátů.

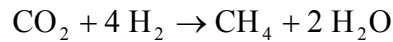
■ Při *anaerobní kyselinotvorné fázi* se po vyčerpání dostupného kyslíku postupně změní biologické oživení substrátu a je samovolně zahájena samotná kyselinotvorná fáze. Tato změna biologických kultur ve skládce začíná postupně. Pro „kyselé“ kvašení není nezbytně nutná nepřítomnost kyslíku, protože část kyselinotvorného společenstva bakterií jsou tzv. fakultativní anaeroby. Proces se však postupně rozvíjí k čistě anaerobní fázi. Tučky, celulóza a bílkoviny jsou nejprve odbourávány na aminokyseliny, nižší alifatické kyseliny a jednoduché cukry, které se v dalších krocích přeměňují na nižší alifatické kyseliny, převážně o 2 až 4 atomech uhlíku (kyselina octová, propionová a máselná). Následující pokles pH prostředí způsobený hromaděním produktu vede pak i k omezenému odbourávání kyseliny octové a vytvářejí se podmínky vhodné pro pozvolné postupné rozmnožení

methanogenních organismů. Na konci kyselinotvorné fáze v substrátu výrazně převládá kyselina propionová.

V plynných produktech kyselinotvorné fáze se vedle CO₂ objevují i měřitelná množství vodíku, který je pro četné methanogenní bakterie výchozím substrátem pro tvorbu methanu. Některá bakteriální společenstva slučují obě fáze kyselinotvorného i methanogenního kvašení. Např. dvousložkové společenstvo bakterií *Methanobacterium omelianskii* a Stamm M.O.H. rozkládá svou první komponentou ethanol [10]:



přičemž druhá komponenta využívá vodík produkovaný první reakcí podle zjednodušeného schématu [10]:



■ *Anaerobní methanogenní fáze nestabilizovaná.* Dokonalému rozvoji methanogenních společenstev musí předcházet účinné prokvašení substrátu v kyselinotvorné fázi, které vytvoří pro tato společenstva dostatek živin. Další podmínkou pro rozvoj methanogenní fáze je růst pH, neboť kyselá prostředí nejsou pro methanogeny vhodná. Jako optimální prostředí vyžadují methanogeny pH 6,8 - 7,8. Alifatické kyseliny v koncentracích nad 6000 mg.l⁻¹ mohou působit toxicky na rozvoj intenzivního methanogenního procesu. V tomto počátečním stadiu anaerobního methanového kvašení je důležitý i vliv solí, jež mohou v nadměrných koncentracích rovněž negativně ovlivnit množící se kultury. Toxický vliv přitom stoupá v řadě Ca - Mg - Na - K - NH₄.

■ *Anaerobní methanogenní fáze stabilizovaná.* Při dostatečném rozmnožení methanogenních bakterií probíhá tato závěrečná fáze rychlostí, úměrné okamžitému množství kvasícího substrátu až do jeho úplného vyčerpání. V této fázi je stabilizována tvorba methanu, kterou provází současná produkce CO₂. Fáze methanogenního kvašení probíhá výrazně pomaleji než fáze kyselinotvorná, což způsobují nižší růstové rychlosti methanogenů. Tak např. vzorek, který kyselé zkvasil za 24 hodin, vyžaduje k rozkladu takto vzniklých kyselin zhruba 6,5 dne. Pro všechny biologické procesy a zvláště pak pro methanogenní kvašení je významným životně důležitým parametrem vlhkost substrátu.

Obsah CH₄ a CO₂ v produkovaném plynu není obecně konstantní a u jednotlivých skládek se liší podle podmínek a podle složení substrátu. Činností methanogenních organismů

se dosahují v dostatečně hlubokých skládkách teploty 35 až 50 °C, tyto organismy jsou však schopny aktivně existovat až do teplot 75 °C. Pokles teploty pod 30 °C má negativní vliv na populaci methanogenů. Obsah methanu se v této fázi pohybuje ve stacionárním stavu od 52 do 70 % obj., a koncentrace CO₂ 25 – 45 % obj. Obsah dusíku v plynu v klidovém stavu je 1 až 3 %, po zahájení čerpání však postupně vzrůstá úměrně množství přísátého vzduchu.

5.1.5 Rekultivace skládky

Dosáhne-li skládka a krycí vrstva zeminy konečného tvaru, je možno přistoupit k její rekultivaci.

Technická rekultivace je technologický postup provedení technických opatření (urovnání povrchu skládky, svahování, převrstvení ornici apod.) zajišťujících vhodné podmínky pro další způsoby rekultivace. Technologický postup rekultivace se liší podle toho, zda bude skládka využívána zemědělsky, lesnicky nebo pro rekreační účely [1].

Biologická rekultivace je technologický postup provedení biologických a agrotechnických opatření směřujících k tvorbě nové svrchní vrstvy půdy a k vytvoření podmínek pro její zemědělské nebo lesnické využití. Pro biologické využití je vhodné použít různé druhy travin. Pro zemědělské využití je velmi důležité zakrytí technicky rekultivované skládky silnější vrstvou ornice (30 - 60 cm). V prvních letech je vhodné pěstovat okopaniny vzhledem k možnostem intenzivního provzdušňování půdy. Lesnické využití přichází v úvahu nejčastěji na nadúrovňových skládkách a po delší době, kdy pomine silný vývin bioplynu. Pro lesní dřeviny je také velmi důležitá mocná vrstva pokud možno kvalitnější krycí zeminy. Výběr všech druhů dřevin je nutno přizpůsobit vlastnostem použitého půdního substrátu. Náročnější dřeviny je možno vysazovat pouze do dostatečně hluboké vrstvy zeminy (60 – 100 cm) příznivých fyzikálních a chemických vlastností. Pro rekultivaci jsou vhodné tyto dřeviny: trnka, šípek, hloh, bez červený a černý, bříza, akát, jasan, různé druhy topolů, lípa, jeřáb, vrby, javor a další. Emise bioplynu z tělesa skládky však v mnoha případech zcela znemožňují biologickou rekultivaci pro lesnické účely.

Podle zkušeností je nejjednodušší a nejvýhodnější tzv. *účelová rekultivace*. Je to technologický postup úpravy uzavřené skládky s cílem jejího využití ke zvláštním účelům, např. pro rekreační a sportovní plochy, parky aj. Je výhodná u skládek s plochým povrchem. Biologická rekultivace může následovat ihned po technické. Ve vrstvě krycí zeminy o tloušťce 20 – 40 cm dochází u propustné zeminy k dobrému provzdušňování, takže vývin bioplynu výrazně neohrožuje pěstovaný trávník. V zahraničí, zejména v USA, se na

rekultivovaných skládkách běžně budují taková zařízení jako jsou golfové hřiště a letiště. Na rekultivované skládce je postaveno např. mezinárodní letiště J. F. Kennedyho v New Yorku.

5.1.6 Pojmenování a definice

Podkladové těsnění: technický systém k utěsnění a odvodnění základů skládky.

Těsnění svahu skládky: je postranní těsnění skládky navazující na podkladové těsnění.

Střechovité dno skládky: je upravená plocha dna skládky, jejíž úhel sklonu umožňuje odtok průsakové vody úžlabím z jednotlivých sekcí tělesa skládky.

Základna skládky: je skládková plocha, na kterou se naváží těleso skládky.

Svah skládky: je plocha, která ohraničuje postranně těleso skládky.

Těleso skládky: uložený odpad včetně stabilizačních a uzavíracích vrstev spolu s rekultivací.

Podloží skládky: geologicky, hydrogeologicky a morfologicky prozkoumaný prostor pod základovou spárou skládky, který musí splňovat požadavky projektu. Je tvořeno stávající zeminou po odstranění skrývkových vrstev. Vznikne po vyhloubení terénu do požadovaných hloubek a profilů. Tloušťka upravené části podloží sestává z vrstvy tloušťky maximálně 30 cm. Tvoří ji ponejvíce mechanicky stabilizovaná různozrnná půda. Průměr velkých zrn nesmí překročit třetinu objemu vrstvy.

Průsaková voda skládky: je voda, která prosakuje zhutněným odpadem a je znečištěna organickými a neorganickými složkami.

Drenážní vrstva: je to filtračně stabilní a vodu propouštějící vrstva ze štěrkopísku, která průsakovou vodu shromažďuje a odvádí.

Geotextilie: je to druh rouna z polypropylenu (PP), která slouží jako ochranná vrstva před poškozením polyetylenové těsnicí fólie PE - HD, která musí být chráněna po celé ploše před mechanickým poškozením. Používá se převážně geotextilie z polypropylénu s plošnou hmotností 1200 g.m² s použitím stabilizátoru na odolnost proti ultrafialovému záření.

Odplynění: je to způsob odvádění plynu ze skládky vodorovně a vertikálně položeným sběrným systémem. I když jsou skládky technicky odplyňovány, může být zachycena jen část mezi 20 % až 70 % skutečně produkovaného plynu. Nejmenší průměr plynových studní je 80 cm, jejich vzájemná vzdálenost nesmí být větší než 40 m [10].

Násyp skládky a koruna násypu: Násyp skládky ohraničuje úložný prostor skládky a zamezuje vniku povrchových vod z okolí do tělesa skládky (koruna je horní část násypu skládky), tvoří ji obvykle objízdňá komunikace.

Těsnící fólie: jsou to vysoce odolné, ohebné pásy z plastu s vysokou životností. Ze známých plastů přichází dnes v úvahu k použití téměř výlučně polyetylén vysoké hustoty (PE-HD) obvykle s tloušťkou 2,5 mm, jehož životnost je vyšší, než aktivita skládky samotné. Například kombinované těsnění z PE-HD tloušťky 2,5 mm a 60 až 100 cm jílového těsnění vytváří pro chlorované uhlovodíky nepropustnou uzávěru.

Minerální těsnění: jsou to uměle vybudované vrstvy z minerálních zemin, případně s přidáním těsnících příměsí, např. bentonit. Podle třídy skládky sestává minerální těsnění z více vrstev o tloušťce nejvíce 20 cm, přičemž nejvyšší vrstva těsnění nesmí vykazovat žádná zrna s ostrými hranami a velikost zrna nesmí přesahovat průměr 20 mm. Součinitel filtrace minerálního těsnění musí vykazovat hodnotu maximálně 10^{-9} m.s⁻¹. Tloušťka minerální vrstvy se měří na každých 500 m² zhotovené plochy.

Rekultivace: je začlenění skládky do krajiny.

Aktivní plocha: plocha, na kterou se v danou dobu ukládá odpad.

Lokalita skládky: pod tímto pojmem se rozumí celý obvod skládky včetně základních ploch potřebných pro provoz a také blízko ležící okolí.

Sekce: tvoří ji jednotlivé části dna velkoprostorové skládky se samostatným odvodňovacím systémem.

Odvod průsakové vody: je tvořen systémem zařízení ke shromažďování a odvádění průsakové vody ze skládky drenážními rourami. Pro zachycení a vedení průsakové vody z tělesa skládky jsou stanovené trubní drény z PE-HD tlakových rour jmenovitého průměru mezi 200 mm až 250 mm a o tloušťce stěn 18,2 mm až 22,8 mm. Drenážní roury se kladou zásadně do *plošného drénu*, což je filtračně stabilní a vodu propouštějící vrstva tloušťky minimálně 30 cm praného šterkopísku, kterým je pokryto dno a svahy skládky.

Zhutněný odpad: odpad záměrně zhutněný kompaktořem za účelem dosažení vyšší objemové hmotnosti včleněného odpadu a jeho homogenizace.

Základová spára skládky: styčná plocha konstrukce tělesa skládky s podložím. Základová spára je míněna vyrovnaná plocha podloží skládky, na které je vybudováno podloží skládky.

Inertní skládky: zde se ukládají odpady s nepatrným obsahem škodlivých látek (inertní látky - netečné, chemicky neaktivní látky). U těchto skládek se nevyžaduje základní

podkladové těsnění ani odvod průsakové vody. Plynné emise se na takových skládkách nevyskytují. Za inertní látky označujeme takové odpady, u kterých neprobíhají žádné chemické reakce a ani je nepodporují. Sem zařazujeme odpady jako stavební sutiny, sádrové odpady, kal z brusíren kamene apod.

Skládky zbytkového odpadu: zde se ukládají zbytky po upravovaných odpadech s možným zvýšeným obsahem škodlivých látek v trvalém těžce rozpustném tvaru. Průsaková voda může být buď přímo nebo po jednoduché úpravě odváděna do povodí. Plynné emise se nevyskytují. Zde se ukládají odpady jako uhelný popel, popílek, slévárenský písek apod.

Přihrádkové skládky - monoskládky: zde se ukládají anorganické odpady stejného druhu s nepatrnými a omezenými chemickými reakcemi v jednotlivých, trvale od sebe oddělených a vedle sebe přistavených oddělení (přihrádek). Jednotlivá oddělení tvoří monoskládku. Průsaková voda ze skládky musí být před vypuštěním do povodí upravena a skládkový plyn musí být pod kontrolou likvidován. Zde se ukládá škvára a popel, struska, aluminium obsahující odpady, karbidový kal, naftou znečištěná půda apod.

Reakční skládky: zde se ukládají komunální a jim podobné průmyslové odpady s intenzivními biochemickými reakcemi. Průsaková voda musí být odděleně upravena a skládkový plyn pod kontrolou likvidován nebo zužitkován. Tento druh skládek je nejčastěji praktikován.

Podzemní skládky: zde se uskladňují nebezpečné odpady, které se nedají jinak upravovat. Takové skládky vyžadují geologické a geotechnické předpoklady a staví vysoké technické požadavky. Jako podzemní skládky mohou sloužit bývalé doly. Zde se ukládají například kyanid obsahující tvrdé soli, radioaktivní odpady a další.

Časově omezené skládky: jsou skládky pro meziuskladnění odpadu, který bude později hospodárně upravený a popřípadě dále zužitkován.

Divoké skládky: jsou neřízené skládky, na kterých se nezákonně ukládá neošetřený a nekontrolovaný odpad.

5.2 Biologické zpracování odpadů

5.2.1 Kompostování

Kompostování je aerobní biologický rozkladný proces, jehož účelem je co nejrychleji a nejhospodárněji odbourat původní organické substance v odpadu a převést je na stabilní humusové látky, které jsou prospěšné rostlinám. Během tohoto procesu se zhodnocuje

organická substance v odpadu pomocí aerobních mikroorganismů za přístupu kyslíku, který slouží jako živina a zdroj energie. Přitom se část uhlíku buněčné tkáně mikroorganismů váže a část se uvolňuje jako oxid uhličitý. Dochází k hydrolýze bílkovin, sacharidů a tuků. Produkty hydrolýzy - aminokyseliny, monosacharidy, alifatické alkoholy se částečně přeměňují za vývinu tepla na organické kyseliny (octovou, máselnou, propionovou) a oxid uhličitý. Za aerobních podmínek dochází ke značné ztrátě uhlíku. Přitom vznikají bílkovinné mikroorganismy, a dále CO₂, voda a v závislosti na pH rovněž amoniak. Při dostatečném přísunu kyslíku se amoniak oxiduje na nitráty [5], [10].

Kompostování odpadů je, ve srovnání se skládkováním, skutečným způsobem jejich zneškodnění. Materiály uložené na skládkách zůstávají v podstatě nezměněny po dlouhou dobu a mohou způsobit kontaminaci vody či ovzduší. Přednost kompostování spočívá v tom, že umožňuje vrátit původní materiály do přirozených potravních cyklů. Při kompostování dochází ke zneškodňování škodlivých látek jejich rozkladem, případně přeměnou na nové materiály. Kompostováním se rovněž značně snižuje množství a objem odpadů (až o 30 %).

Úrodnost zemědělské půdy se po staletí udržovala využíváním organických zbytků, zejména vyzrálé chlévské mrvy. V současné době lze podstatně zvyšovat úrodnost půdy průmyslovými hnojivy. Avšak v případech, kdy se do půdy nedodává dostatečné množství humusu, půda se vyčerpává, eroduje a ztrácí úrodnost a přirozenou odolnost proti chorobám půdních organismů.

Smyslem kompostování je vyrobit humusové látky podobné půdnímu humusu, získat rostlinné živiny v pomalu působících formách uvolňovaných v půdě v rytmu růstu rostlin a čerpání živin z půdy za předpokladu výroby hygienicky nezávadného produktu [10].

Protože kompostování je biologický proces, je třeba těchto cílů dosáhnout biologickými prostředky. Většina odpadů obsahuje na povrchu i uvnitř (např. nahnílé ovoce a zelenina) velké množství mikroorganismů. Jsou to většinou mikroorganismy cizí půdě, a proto nejsou schopny vyprodukovat žádoucí humusové látky. Je tedy třeba upravit kompostovou zakládku půdní mikroflórou, tedy prakticky zeminou.

U nás zájem o zemědělské využití biologicky rozložitelných odpadů od r. 1990 klesá v důsledku transformace zemědělství. Hlavní příčinou omezení kompostování je pokles celospolečenského zájmu o růst úrodnosti půdy a snaha o minimalizaci vstupů do zemědělské výroby. Lze však předpokládat, že při vytváření podmínek, za kterých by producenti biologicky rozložitelných odpadů byli nuceni se na nákladech na kompostování podílet, bude možno zabezpečit i stálý odbyt levného kompostu. Dá se očekávat zvýšený zájem o kompost

jako hmotu pro rekultivace skládek odpadů a pro rekultivaci půd narušených důlní činností a jako podpůrného substrátu pro biologickou sanaci půd kontaminovaných organickými cizorodými látkami.

5.2.1.1 Průběh kompostování

Při odbourávání organických substancí pomocí mikroorganismů dochází v závislosti na intenzitě průběhu procesu ke zvyšování okolní teploty. Tento v přírodě velmi rozšířený proces se označuje jako *samoohřev*. Při kompostování odpadů je tento samoohřev žádoucí ze dvou důvodů. Zaprvé dochází ke změně skladby mikroorganismů a tím k rychlejšímu odbourávání často značně složitých organických substancí, zadruhé dochází, vedle transformace antibiotik pomocí aktinomycet, k termické desinfekci materiálu.

Při správné volbě průřezu zakládky, případně intenzity provzdušnění, je rozkladný proces samoregulačním systémem. Intenzivní odbourávání vede ke zvýšení teploty zakládky a tím ke změně složení vlastností substrátu. Substrát, který slouží mikroorganismům za zdroj energie, podléhá trvalým změnám a ovlivňuje nejen jejich činnost, ale také jejich složení, což se opět projeví jako tepelná reakce. Podobně jako spalování rovněž kompostování využívá oxidačních procesů, jimiž se přeměňují fermentovatelné látky odpadů. U spalování je potenciálně využitelné teplo vedlejším produktem a zbytkem je popel. U kompostování, má-li materiál dostatečné izolační schopnosti, zvyšuje se teplem uvolněným biologickou oxidací teplota až na hodnoty, při kterých mohou přežít pouze termofilní organismy. Patogenní organismy, a rovněž plevelná semena se přitom rozkládají, jestliže se teplota na požadované hladině udržuje dostatečně dlouhou dobu. Následnou mikrobiální činností se přeměňují organické zbytky na humus, který je užitečný pro zlepšování kvality půd.

Kompost obsahuje dusíkaté látky a většinu dalších chemických živin, které byly přítomny v původním odpadu. Jeho hodnota jako hnojiva na jednotku hmotnosti je poměrně malá ve srovnání s průmyslovými hnojivy, avšak jeho hodnota jako růstového média a pro zlepšování vlastností půdy je srovnatelná s rašelinou.

5.2.1.2 Základní podmínky pro kompostování

Pro úspěšný průběh kompostování je důležitá správná volba rostlinných odpadů. Rozkladné mikroorganismy pracují optimálně při dostatečném množství živin a organického materiálu [5].

Základní podmínky pro kompostování jsou následující:

- vstupní materiál musí obsahovat organické látky v takovém složení, aby byl pro výživu mikroorganismů dodržen potřebný poměr C:N 30:1 a dále musí být zastoupeny i biogenní prvky,
- vlhkost výchozího materiálu musí být upravena na 50 - 60 %, pH má být neutrální,
- dostatečná aerace po celou dobu humifikace zpracovávaného materiálu, čímž dojde k dostatečnému ohřátí veškeré hmoty na požadovanou teplotu a k hygienizaci kompostu (teploty 60 – 70 °C),
- vstupní suroviny musí být rozmělněny a homogenizovány.

Dodržení uvedených podmínek zajistí dokonalou činnost mikroorganismů po celou dobu přeměny organických látek a zrání kompostu.

V 1. fázi označované jako *mesofilní fáze* dochází k intenzivnímu rozvoji bakterií a plísní za rozkladu lehce rozložitelných látek (cukry, škroby, bílkoviny).

V 2. fázi (*termofilní*) se nadále rozvíjejí bakterie a především aktinomycety. V této fázi jsou odbourávány obtížněji rozložitelné organické látky jako je celulóza a lignin a současně vznikají stabilní organické látky obsahující humus.

Ve 3. fázi *dozrávací* dochází vlivem autochtonní mikroflóry ke stabilizaci organických látek - kompost se již nezahřívá, hmota je zcela homogenní a nezapáchá.

Podle teplotního průběhu kompostování se rozlišují tři fáze: *rozkladná*, *přechodná* a *syntézní*. V rozkladné fázi se spotřebovávají všechny snadno využitelné organické materiály včetně celulózy, proteinů a lipidů. Obtížněji rozložitelné látky jako lignin se rozkládají mikroorganismy až v syntetické fázi. V různých fázích se uplatňují i různé mikroorganismy. V rozkladné fázi jsou to především aktinomycety, v přechodné fázi zejména houby. Pokles teploty kompostu indikuje zpomalení rozkladných procesů.

■ *Přísady do kompostů* - přidavek vhodných přísad urychluje zahájení kompostovacího procesu a usnadňuje udržet průběh reakcí správným směrem. Tyto látky urychlují růst rozkladných mikroorganismů a současně mohou i zlepšovat kvalitu suroviny pro kompostování, zejména upravit obsah živin, minerálních látek a pH. Vlastnosti surového kompostu lze dále zlepšit přidavkem speciálních kmenů mikroorganismů, jako jsou: aerobní mikroorganismy zpracovávající celulózu, aerobní mikroorganismy, které mohou rozkládat organické látky při vysokých teplotách a aerobní mikroorganismy, které mohou rozkládat zvláště odolné složky kompostu.

Rozkladný proces by měl být iniciován co nejdříve, aby se zabránilo nežádoucím reakcím. U organických materiálů s vysokým obsahem bílkovin hrozí totiž nebezpečí nežádoucí fermentace za vzniku páchnoucích látek a to i při krátkodobém skladování, zejména v letních měsících.

5.2.1.3 Organické látky vhodné ke kompostování

Jsou jimi především: tuhé komunální odpady, zásadně neobsahující popel, buď drcené nebo prosáté, vyhnílé čistírenské kaly, různé zemědělské odpady, kůra a dřevní odpad, cukrovarská a lihovarská šáma, kapucín, uhelné kaly apod.

Pro výrobu kompostů, zejména z domovních odpadů je velmi důležité sledovat obsah těžkých kovů (Hg, Cr, As, Cd, Zn, Cu, Ni, Co, Mo) a dále obsah PCB a ropných derivátů, protože tyto látky jsou dnes běžnými nežádoucími příměsemi domovních odpadů. Obsah těchto látek v domovních odpadech se podstatně sníží zavedením separovaného sběru v domácnostech.

V důsledku tvorby kyselin pH kompostovaného materiálu nejprve klesá z původně neutrální hodnoty na 4 - 5. Hodnota pH se potom zvyšuje na 8,5 s tím, jak se organické kyseliny rozkládají v termofilní fázi. Konečný kompost má alkalickou reakci příznivou pro kyselé půdy.

■ *Zdravotní a hygienické aspekty využívání kompostu* - kompostování je vysoce účinný proces pro rozklad mikroorganismů, pokud je prováděn správným způsobem. Působením teploty nad 55 °C po dobu několika týdnů se spolehlivě ničí všechny patogenní mikroorganismy. Je ovšem nutné, aby byl veškerý kompostovaný materiál vystaven vyšším teplotám a aby žádné mikroorganismy neunikly při ochlazování vnější části kompostovací hromady.

■ *Toxické látky v kompostu* - kvalita kompostu může být ohrožena nežádoucími organismy (fytopatogenní houby, hmyz a jeho larvy, plevely a jejich semena) a nebezpečnými a toxickými látkami (biocidy, detergenty). K omezení těchto rizik je třeba udržet aktivní mikrobiální proces. Půdní mikroflóra správně zrajícího kompostu je nejúčinnější v potlačování původců různých nákaz, stejně tak mikroorganismy jsou nejúčinnější k rozkladu organických xenobiotických látek. Všem těmto procesům napomáhá i zvýšená teplota kompostů. Stopové toxické prvky se ovšem mikrobiální cestou neodstraní, ale vazbou na cheláty ztrácejí svou účinnost a tedy i toxicitu. Humus, případně huminové kyseliny, které

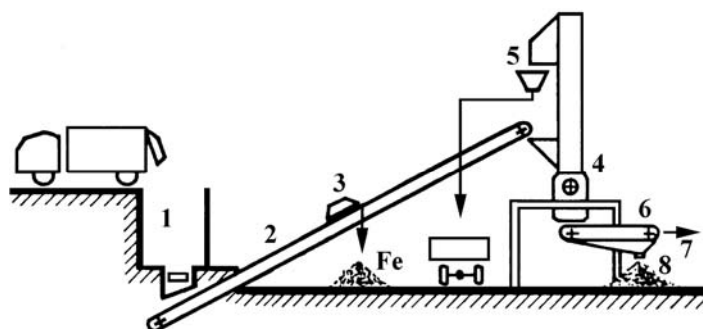
jsou neúčinnější frakcí humusu, jsou nejlepším a nejkompexnějším chelatizačním prostředkem.

■ *Druhy kompostu* - podle stupně biochemické degradace a konečného zpracování se rozlišují čtyři druhy kompostu:

1. surový kompost - odpady jsou mechanicky upraveny pro kompostování, avšak bez rozkladu nebo desinfekce,
2. čerstvý kompost - kompostované materiály jsou v počátečním stupni biochemické degradace a po úplné desinfekci,
3. vyzrálý kompost - plně rozložený a desinfikovaný produkt kompostovacích procesů,
4. speciální kompost - kompost dále zpracovaný a tříděný, případně s přidavkem minerálních látek.

5.2.1.4 Technické způsoby kompostování

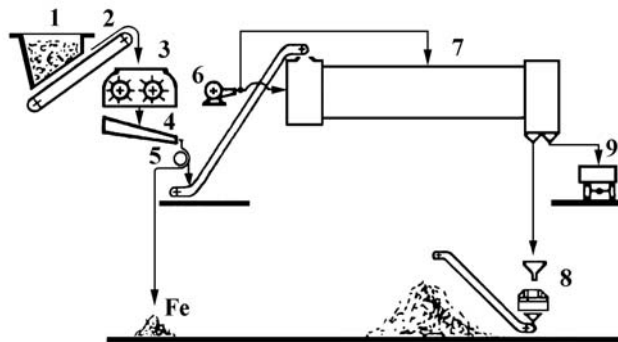
1. Mechanická úprava odpadů a vyzrání v kompostových zakládkách - používají se systémy Door Oliver, Bühler, Biomüll, Calais, Gondard. U nás je nejrozšířenější systém Gondard (**obr. 5.9** - 1 - zásobník odpadu, 2 - dopravník, 3 - magnet, 4 - kladivový mlýn, 5 - nedrtitelný odpad, 6 - vibrační síto, 7 - nadsítný podíl, 8 – prosev) [10].
2. S mechanickou úpravou nebo i bez a vyzrání v komorových zařízeních - jsou to tzv. Danostabilizátory, věže Multibacto, Baden-Brugg, Biorapid apod.
3. Kombinovaný systém M.U.T.



Obrázek 5.9 – Drtírna komunálních odpadů - Gondard

U systému *Biomüll* procházejí odpady přes bunkr s několikadenní zásobou na podávací stůl a do třídícího bubnu se síty s velikostí ok 30 mm. Z procesu se odlučuje železo magnetem a hrubý prosev se odváží na kompostovou zakládku. Nadsítný podíl, obsahující mimo jiné papír, plasty a další hrubé materiály, se transportuje do kladivového drtiče. Rozemletý odpad se mísí s čistírenskými kaly v mísiči a odváží vozy na kompostovou zakládku. Po fermentaci s jednou nebo dvěma překopávkami se hrubý kompost třídí v bubnovém třídíči s jemným sítem (18 mm). Nadsítný podíl se odváží jako nekompostovatelný vozy na skládku. Jemný prosev se znovu zbavuje drobných částic železa, přidávají se průmyslová hnojiva a po konečném drcení v kladivovém mlýně, kde se drtí i jemné střepy, se kompost rozdělí na jemný kompost pro květinářství a drobný prodej a na zahradnický kompost.

Tato technologie má řadu problémů, např. malý výkon síta a drtičů. Z toho důvodu byla technologie podstatně zjednodušena. Komunální odpad se ukládá na skládku, skrápí se vodou nebo čistírenskými kaly a fermentuje se po několik měsíců. Dopraví se do bunkru a stejným způsobem jako v původním případě se podrobí třídění, prosévání a separaci železa. Nadsítný podíl se odváží na skládku a prosev k výrobě polního kompostu na kompostovištích. K jeho přípravě se používá prosev, směs statkového hnoje a kejdy, zbytky z rostlinné výroby, vysušený čistírenský kal atd. Nadsítný nekompostovatelný podíl obsahuje většinou plasty, dřevo atd. a pro svou značnou výhřevnost kolem $30\,000\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ je vhodný pro spalení ve spalovně.



Obrázek 5.10 – Kompostování systémem Danos

Základním postupem výroby kompostů v technologickém zařízení a současně jedním z nejstarších způsobů, vyrábějících již z větší části zfermentovaný kompost, je biostabilizační systém *Danos* (obr. 5.10). Biostabilizátory jsou v podstatě horizontální bubny o průměru až 4 m, otáčející se 1 - 2 krát za minutu [10]. Pro dostatečnou aeraci v průběhu zádrže, která trvá nejméně 48 hodin, se vhání do počáteční i středové části vzduch. Komunální odpady se před

vstupem do biostabilizátoru zbavují železa a někdy se i drtí. Po částečném vyžrání v biostabilizátoru se kompost prosévá a propad se odváží k dozrání do kompostové zakládky, nadsítná frakce na skládku.

Ke zpracování odpadů na komposty je možno přistoupit až po důkladné analýze. Vzhledem k tomu, že naše zemědělství vykazuje zhruba 25 % deficit organické hmoty, pro zachování přirozené úrodnosti půd je třeba dodávat dodatečné množství humusu do půdy, který zajistí její dobrou zpracovatelnost, vhodné vláhové poměry, strukturnost, snížení možnosti eroze a rozbahnění. Proto je žádoucí využít organickou hmotu z odpadů v maximální možné míře pro výrobu kompostů.

Zvláštní způsob kompostování je výroba tzv. *vermikompostu*, který zavedly v USA s využitím kalifornských žížal. Vzniklý kompost má poměrně dobře stabilizovanou organickou hmotu, vysoký obsah huminových a fulvokyselin a vysoký obsah hormonů a enzymů. Uvádí se, že tímto způsobem lze ze zpracovávaného odpadu izolovat i těžké kovy, ty se však hromadí v těle žížal a vyvolávají problém s jejich dalším využitím.

5.2.1.5 Hlavní zásady pro výrobu kompostů z komunálních odpadů

Pouze část komunálních odpadů lze kompostovat. V průměru lze z 1 tuny odpadu vyrobit, v závislosti na místních a klimatických podmínkách, 350 - 500 kg kompostu. Přibližně 150 - 250 kg se ztratí vypařením a konverzí na plyn během kompostování.

- pro svoz komunálních odpadů jsou výhodná vozidla s lineárním stlačováním,
- ze svozu vyloučit popeloviny,
- komplexní zpracovatelské závody se příliš neosvědčily.

Při kompostování je nezbytné použít dokonale homogenizovanou surovinu a dodržet požadovanou vlhkost. Dokonalou a řízenou aeraci je v zásadě možno docílit pouze nuceným větráním buď tlakovým v bioreaktorech (uzavřený kompostovací proces) nebo odsáváním přes děrované dno na uzrávací desce. Pro omezení pachové zátěže okolí je třeba zásadně využívat biologické filtry. Při fermentaci na zrací desce je nebezpečí, že v některých místech zakládky nedojde k dokonalé aeraci a odvodu tepla, proto se doporučuje přehazování materiálu.

5.2.1.6 Požadavky na správný způsob kompostování

Potřeba vody pro rozklad - pro zajištění optimálního způsobu kompostování je nutné dostatečné množství vody a kyslíku, vhodná teplota a přítomnost mikroorganismů. Rozkladné

organismy mohou přijímat svou potravu jen v rozpustné formě. K dostatečnému zásobování mikroorganismů vodou a kyslíkem musí být jednak částice určené k rozkladu potaženy jemnou vrstvou vody, jednak je třeba dostatečné pórovitosti pro přístup vody a kyslíku.

Činnost mikroorganismů a teplota - pro většinu termofilních bakterií byl zjištěn optimální rozsah teplot v rozmezí 50 - 55 °C. Při 70 °C jsou houby již skoro neprokazatelné, termofilní aktinomycety jen v nepatrném množství, zatímco termofilní bakterie jsou ještě ve značném počtu. Při 80 °C po dobu více dnů nastává odumření mnohých forem [10].

Zásobování kyslíkem - aerobní mikroorganismy potřebují pro svůj růst kyslík, který ovšem mohou využívat jen v rozpustné formě. Rozpustnost kyslíku ve vodě je velmi nepatrná - 1 litr vody při atmosférickém tlaku a 20 °C obsahuje jen 6,2 ml kyslíku. Toto množství stačí k oxidaci právě jen 8,3 mg glukózy. Kyslík je tedy třeba během rozkladného procesu kontinuálně přivádět. Ačkoliv jsou aerobní mikroorganismy přizpůsobeny malé koncentraci rozpuštěného kyslíku, nesmí tento klesnout pod určitý minimální obsah, tzv. kritickou koncentraci kyslíku, při které ještě není ohroženo dýchání buněk.

Stoprocentní aerobní rozklad není zejména ve velkých závodech prakticky možný. Velmi rychlým vývojem mikroflóry, který se projeví také prudkým vzestupem teploty při začátku rozkladu zejména v počáteční fázi, může dojít ke značnému vývinu CO₂, k částečnému nedostatku kyslíku, na který mikroorganismy odpovídají změnou látkové výměny. Místo CO₂ se pak tvoří organické meziprodukty a vytváří se anaerobně - aerobní rovnovážný stav.

Potřebný vzdušný kyslík může být dodáván buď volným uskladněním nebo umělým odvětráváním. Provzdušnění může v počáteční fázi rozkladného procesu také sloužit k odvodu tepla, tzn. že usnadní odstranit přebytek tepla, který by vedl ke zpomalení a zastavení rozkladu.

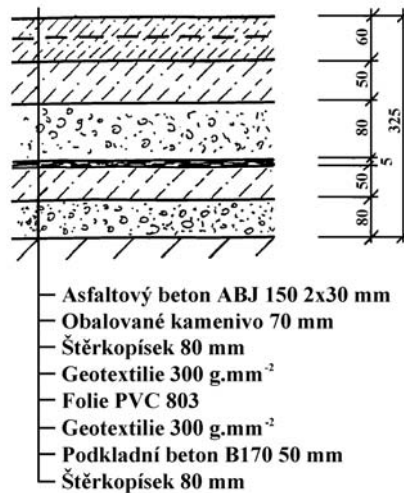
Dusík - jestliže biologický rozklad probíhá při nízkém obsahu kyslíku, nemůže se poměrně vysoký obsah dusíku obsažený v bioodpadu oxidovat a uniká ve formě NH₃, organických dusíkatých sloučenin (např. aminů či pyridinových derivátů) nebo také jako elementární dusík.

Fytotoxické působení - čerstvá organická hmota může v půdě působit odumírání kořinek rostlin. Právě v počátečních fázích rozkladu nejsou některé substance i přes vysoký přívod kyslíku ještě dostatečně oxidovány, aby neškodily rostlinám. Bylo zjištěno, že materiál, který byl kompostován při staticky nuceném provzdušňování, ztrácí toxicitu pro fyziologii rostlin velmi rychle, naproti tomu při pouhém přehrnování je třeba delší doby.

5.2.1.7 Kompostování na hromadách

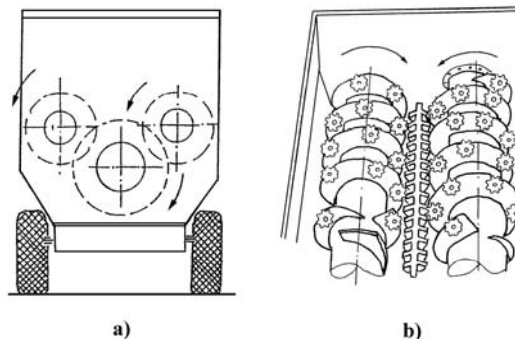
Používání dosavadního plošného kompostování at' už na plochách nebo řadách bude v budoucnu patrně vyhrazeno jen pro malé odlehlé závody a bude se dávat přednost kompostování na hromadách [5], [10], [15].

- pro uskladnění bioodpadu je třeba upravit zpevněnou plochu (**obr. 5.11**), která by měla být zastřešena a odvodněna,



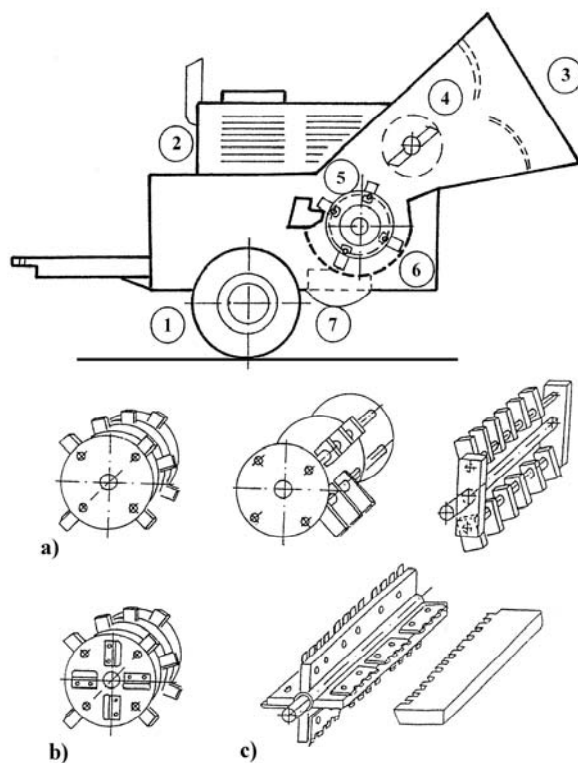
Obrázek 5.11 – Zpevněná plocha

- bioodpad ze separovaného sběru se nebude rozmělnovat,
- k zajištění dostatečné pórovitosti pro vlastní rozklad by se mělo přidat 20 – 30 % rozemletých zelených (zahradních) odpadů, zejména v letních měsících,
- zelené odpady, především výřez stromů a keřů, je třeba rozemlít, aby došlo k rychlému rozkladu a pokud možno k malému zbytku na síti při prosévání (**obr. 5.12 a 5.13**),



Obrázek 5.12 - Šnekové drtiče

a) se třemi válci; b) se dvěma válci a pevným hřebenem

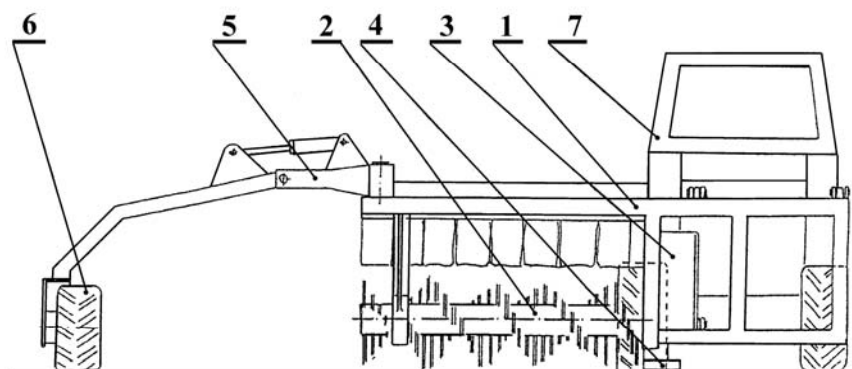


Obrázek 5.13 - Drtič s horizontální osou rotace

a) Drtící ústrojí kladívkové; b) Drtící ústrojí kombinované; c) Drtící ústrojí hřebenové

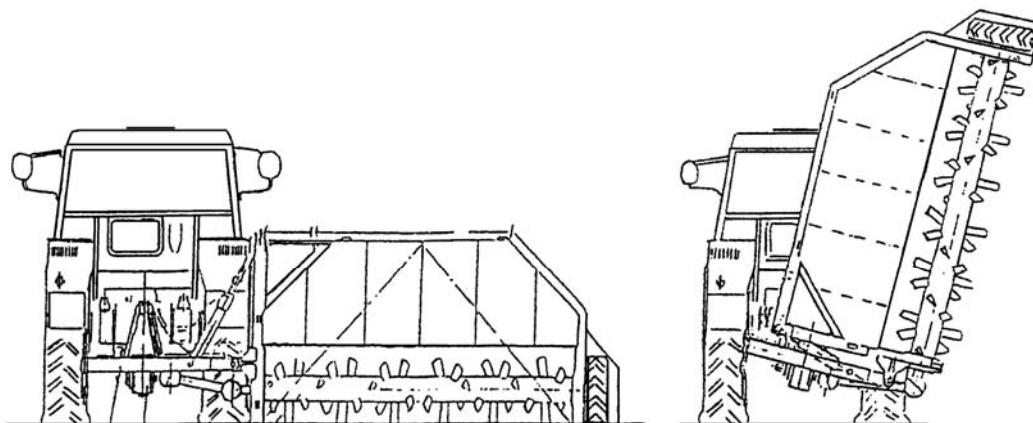
- plocha pro kompostování musí být zpevněna tak, aby vodní výluhy nemohly pronikat do podloží,
- k urychlení procesu rozkladu by se měl odpad přehrnovat kompostovací frézou. Náklady na pořízení kompostovací plochy jsou rozhodujícím ekonomickým faktorem. Je proto třeba technickými opatřeními dobu rozkladu co nejvíce zkrátit (**obr 5.14 až 5.17**).
- během předrozkladné fáze 1. a 2. týden mohou teploty vystoupit výše než 70 °C. Při dostatečné pórovitosti klesnou tyto vysoké teploty během několika dnů. Nemá-li dojít k šíření zápachu, nesmí se v této době přehrnovat,
- rozkladný proces je silně ovlivňován rozdílným složením výchozího materiálu. Odpady s mimořádně vysokým obsahem vody, např. tráva nebo odpady z tržnice mohou při nedostatečném promísení způsobit poruchy rozkladu. Každé přehrnutí by mělo být prováděno tak, aby materiál byl volně uložen a dobře promísený. Ukázalo se, že při dostatečném objemu pórů, tedy při dostatečném přídavku strukturního materiálu není třeba nucené odvětrávání,
- jako optimální se ukazuje výška vrstvy 1,5 - 1,8 m,

- při velkých srážkách (nad 800 mm za rok) je vhodné zakrýt kompostovanou vrstvu vhodným materiálem k regulaci vodního režimu nebo kompostárnu zastřešit,
- materiál může být při vícenásobném přehrnování (týdenním) po 8 týdnech proset a uložen k dozrání. Výška vrstvy by neměla v této fázi překračovat 1,8 m, aby byl umožněn přístup vzduchu pro nitrifikaci,
- je-li dodržen odpovídající postup, kompost může být vyzrálý již za 3 - 4 měsíce.

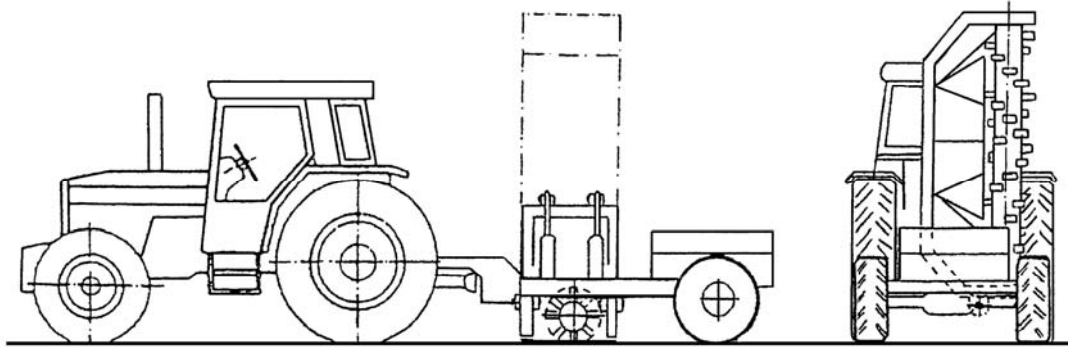


Obrázek 5.14 - Překopávač kompostu pro větší šířky pásových základek (WILDCAT)

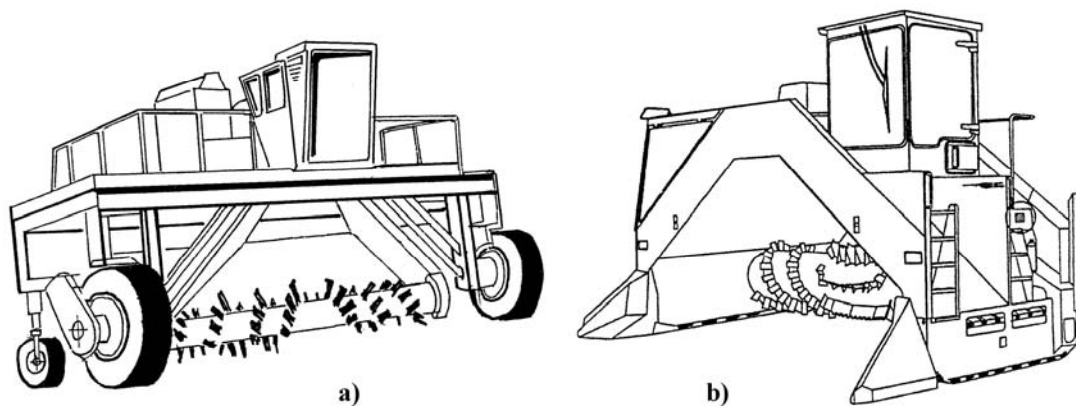
1 - rám překopávače; 2 - překopávací rotor; 3 – převodovka; 4 - opěrná lyže; 5 - hydraulicky stavitelné opěrné rameno; 6 - opěrné kolo; 7 - traktor nebo čelní nakladač



Obrázek 5.15 - Prototyp traktorového neseného překopávače PKS-2,8 (AGRA - VÚTZ)



Obrázek 5.16 - Traktorový překopávač kompostu s páteřovým rámem (NUCLEA)

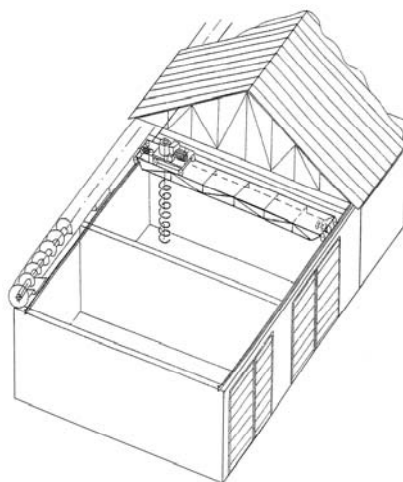


Obrázek 5.17 - Samojízdný překopávač

a) na kolovém podvozku (SCARAB); b) na pásovém podvozku (BACKHUS)

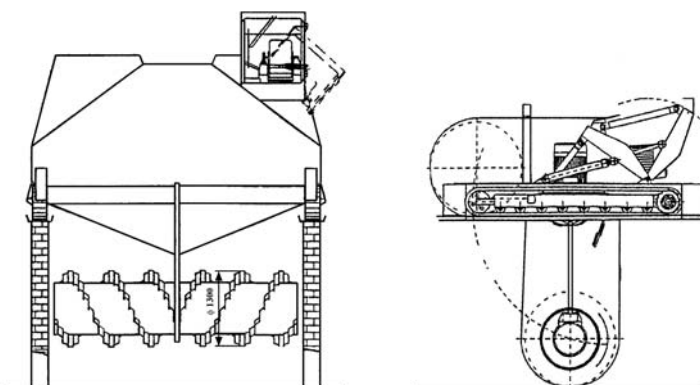
5.2.1.8 Uzavřené kompostovací systémy

Emise pachových látek při technickém kompostování se stává stále naléhavějším problémem. Už při dovozu odpadu vznikají těkavé chemické látky, ale také produkty kvasných procesů. Alifatické kyseliny - octová, máselná, valerová - unikají při přehrnování nebo nuceném provzdušňování, zejména během první fáze rozkladného procesu. Vzhledem k emisím pachů je proto třeba kompostárny budovat v uzavřených prostorách (**obr 5.18 a 5.19**). Uzavřené systémy jsou však z mechanického hlediska mnohem náchylnější k poruchám než otevřené [1].



Obrázek 5.18 – Kompostování v boxech

Dalším problémem je vysoký obsah CO_2 v ovzduší uzavřených systémů. Povolená koncentrace je podstatně překračována. Musí-li vstoupit obsluha do uzavřeného prostoru, je třeba zvýšit výměnu vzduchu, případně zastavit nucené provzdušňování.



Obrázek 5.19 – Kompostování ve žlabech

5.2.2 Anaerobní rozklad

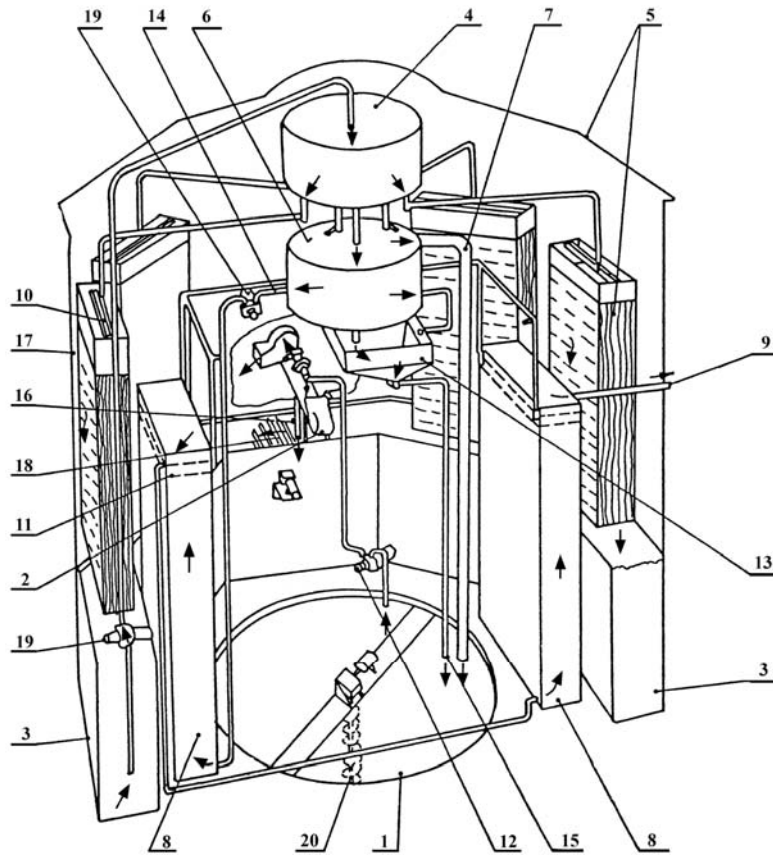
Zařízení na výrobu bioplynu *anaerobním rozkladem* organických materiálů se dosud používala především v zemědělství pro zpracování zvířecích exkrementů, k anaerobní stabilizaci kalů v městských čistírnách odpadních vod a pro čištění odpadních vod, obsahujících značné množství organických látek. K biologickému zpracování organických podílů komunálních odpadů sloužilo výhradně kompostování.

V souvislosti s vývojem účinných reaktorů v 80. letech začíná se nyní anaerobní rozklad používat i pro zneškodňování pevných a polotekutých organických odpadních materiálů. Ve srovnání s kompostováním má zařízení na anaerobní rozklad menší požadavky na plochu, neuvolňují se žádné páchnoucí emise, z odpadů lze získat energii a zařízení má

flexibilní použití. Perspektivní se ukazuje zejména pro zpracování odpadů z průmyslu výroby potravin a nápojů, které nenajdou uplatnění jako krmivo v zemědělství.

Tekutý hnůj po výrobě bioplynu se shromažďuje v zapuštěné jímce (1) umístěné pod osmiúhelníkovou budovou, ve které je instalováno strojně - technologické zařízení (**obr. 5.20**). Obsah jímky (1) se promíchává a provzdušňuje šnekem (20), který je v činnosti přerušovaně po 2 hodinách. V přerušovaném cyklu je tekutý hnůj čerpán čerpadlem (12) na mechanický separátor (2).

Tekutá fáze (16) odtéká gravitačně do aerační nádrže (3) umístěné po obvodu budovy. V nádrži (3) je umístěn mechanický aerátor (18). Tuhá fáze (17) je vynášena dopravníkem ven z objektu. Po zastavení aerátoru (18) se okysličená tekutá fáze přečerpává čerpadlem (19) do distribuční nádrže (4), ze které je rozdělována do šesti biologických filtrů (5). Zde dochází činností aerobních bakterií k rozkladu organické hmoty tekuté fáze. Jednou za 2 hodiny protéká tekutá fáze z distribuční nádrže (4) do elektrolytické flotační nádrže (6). V nádrži (6) jsou umístěny elektrody z nekorodujícího kovu. Při průtoku tekuté fáze mezi elektrodami dochází zde k elektrolýze vody na kyslík (O_2) a vodík (H). Bubliny kyslíku poutají na sebe a vynášejí na hladinu jemné dispersní částice tekuté fáze. Tyto částice vytváří na hladině nádrže (6) pěnu, která se přepadovým potrubím (7) odvádí zpět do jímky (1). Tekutá fáze se z flotační nádrže (6) odvádí potrubím (14) pomocí čerpadla (19) do spodní části první ze dvou filtračních nádrží (8). Ve vrchní části obou těchto nádrží je umístěna filtrační vložka (11). Z horní části první filtrační nádrže odtéká tekutá fáze gravitačně do spodní části druhé filtrační nádrže (8). Vystupující tekutina (9) z této nádrže (8) se dá použít pro recirkulaci nebo po ověření BSK5 do vodního toku. BSK5 vyjadřuje biologickou spotřebu kyslíku za dobu 5-ti dnů, jíž se odbourávají zbytky organické hmoty v tekuté fázi. Při $BSK5 < 5 \text{ mg.kg}^{-1}$ lze tekutou fázi vypouštět do veřejných vodotečí. Zařízení se vyrábí v typové řadě množství zpracovaného tekutého hnoje, odpovídající jistému počtu ustájených zvířat [5].



Obrázek 5.20 - Zařízení na zpracování tekutého hnoje

5.2.3 Biologická detoxikace nebezpečných odpadů

K perspektivním způsobům detoxikace nebezpečných odpadů patří:

■ *Biodegradace*. Mezi metodami uvažovanými pro rozklad nebezpečných odpadů patří použití živých organismů nebo jejich produktů umožňujících detoxikovat nebo rozložit nebezpečné chemikálie procesem zvaným biodegradace. *Biodegradace* je ekonomicky výhodná, vysoce účinná metoda, přitom jen s nepatrnými škodlivými důsledky pro životní prostředí.

K moderním technikám biodegradace patří vývoj mikroorganismů specifických pro degradaci nebezpečných odpadů jako jsou např. chlorované uhlovodíky. Další možností je zvyšování aktivity přírodně se vyskytujících mikroorganismů, při kterých se kontaminovaná oblast může dekontaminovat vlastními prostředky po řízeném zásahu optimalizujícím biodegradací proces. Velmi slibným přírodně se vyskytujícím organismem s vysokým degradačním potenciálem je houba *Phanerochaete chrysosporium*, i pro chlorované aromatické uhlovodíky jako je DDT.

Houby *Phanerochaete chrysosporium* patří do skupiny dřevokazných hub a vyskytují se ve ztrouchnivělém dřevě téměř všude na severní polokouli. V přírodě vyvolávají rozpad dřeva tím, že rozkládají lignin, který je vedle celulózy hlavní složkou dřeva. Lignin je složitý aromatický polymer, který je jinak proti rozkladu velmi odolný. Nyní se studuje možnost využít této houby pro zpracování odpadních materiálů z průmyslových procesů, zejména z průmyslu výroby papíru a celulózy a odpadů z výroby trinitrotoluenu i některých čistých organických látek [10].

Specifický přístup k detoxikaci nebezpečných odpadů používá firma Polybac z USA. Spočívá v tom, že se odebírají vzorky mikroorganismů v místech, kde se nebezpečné odpady vyskytují, a snaží se z nich vyšlechtit laboratorně vysoce účinné a odolné kmeny. Jiné firmy pracují přímo s přírodními mikroorganismy nalézajícími se v místech výskytu nebezpečných odpadů a stimulují jejich růst přidávkou kyslíku, dusíku, fosforu a jiných živin.

Využívání mikroorganismů, jako všech živých materiálů, má též své omezení. Při teplotách pod 19 °C se jejich metabolismus zpomaluje, a kromě toho ne všechny kontaminanty ve vodách a půdách jsou biologicky odbouratelné. Rychlost odbourání závisí na poměru mikroorganismů a kontaminantů. Neexistují dosud mikroorganismy pro zpracování všech druhů chemických produktů.

Na rozdíl od dřevokazných hub jsou bakterie nejenom nespecifické, ale nejsou ani schopny zpracovávat kontaminanty ve stopových koncentracích. Předpokládá se, že houby mohou degradovat dioxin přítomný v libovolné koncentraci. Hlavní nevýhoda hub spočívá v tom, že žijí na povrchu různých materiálů, a proto vyžadují přítomnost kyslíku.

■ *Zpracování nebezpečných odpadů do půdy.* Zpracování nebezpečných odpadů do půdy (*landfarming*) je proces zneškodňování odpadů, při kterém jsou odpady smíchány nebo zapracovány do povrchové vrstvy půdy a řízeným způsobem degradovány, transformovány nebo imobilizovány. Ve srovnání s jinými procesy biologického zneškodňování (skládkování) je tento proces méně náročný na dlouhodobé monitorování a údržbu. Z tohoto důvodu se uplatňuje zejména jako způsob konečného zneškodnění. Na rozdíl od skládek, kde jsou odpady ponořeny do podpovrchových vrstev, využívá tento proces povrchové vrstvy půdy jako medium pro zneškodnění a je založen na principu aerobního rozkladu organických složek nebezpečných odpadů. V zahraničí, zejména v USA je v provozu celá řada takových zařízení, především v rafineriích ropy a v chemických závodech.

Za řízených podmínek půda může sloužit jako účinné medium pro zpracování a zneškodňování mnoha nebezpečných odpadů. Je to dynamický proces pro zneškodňování a imobilizaci odpadů, jehož průběh závisí na složení odpadu, charakteru půdy, klimatu a biologické aktivitě určené ke zneškodnění. Organické látky určené ke zneškodnění musí být biologicky rozložitelné s dostatečnou rychlostí. Tento proces lze tedy použít pro biologicky rozložitelné odpady, kapalné radioaktivní odpady (těkavé, reaktivní nebo hořlavé), není vhodný pro anorganické odpady jako jsou těžké kovy, kyseliny, a zásady, kyanidy a amoniak.

■ *Enzymatické systémy.* Enzymy schopné přeměnit nebezpečné odpady na netoxické produkty lze vypěstovat z mikroorganismů rostoucích v různých kulturách. Vznikající nebuněčné enzymy lze použít pro detoxikaci kontaminantů vody a půdy. Takové surové enzymatické extrakty získané z mikroorganismů mohou např. přeměnit pesticidy na méně toxické a vůči rozkladu méně odolné produkty.

Detoxikace chemikálií v nebezpečných odpadech spočívá ve schopnosti enzymu vyvolávat různé změny substrátu. Detoxikací se zde míní přeměna toxických látek na neškodné metabolity, přičemž substrát nemusí být mineralizován. Mineralizací se rozumí přeměna organických substrátů na anorganické produkty. Schopnost mikroorganismů přeměnit toxické substráty na méně komplexní metabolity hraje významnou roli při mineralizaci substrátu. Méně toxické metabolity vedou zpravidla ke snadnější degradaci výchozích toxických substrátů. Praktické uplatnění pro transformaci nebezpečných materiálů mají např. oxidoreduktázy jako ligninasy a peroxidasy (štěpení ligninu) a hydrolasy (např. při detoxikaci nitrilů).

5.3 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 oxidace na mokré cestě.

5.3.1 Spalování odpadů

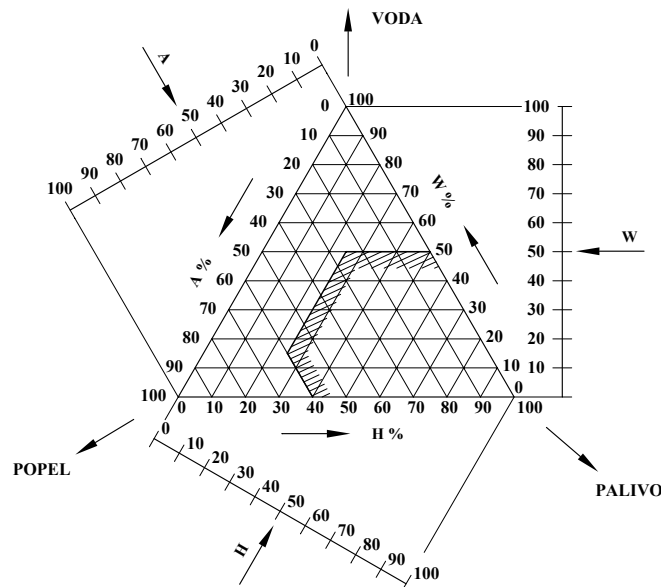
Cílem spalování odpadů je snížit množství organických kontaminantů v odpadech, omezit celkové množství odpadů (a tím zaplnění skládek) a zakoncentrovat těžké kovy

v zachycovaném popílku. Využití tepla vzniklého v tomto procesu je jistě pozitivním vedlejším jevem, není to však hlavní důvod pro volbu této metody zneškodňování. To platí zejména pro spalování nebezpečných odpadů. Spalovat by se však mělo jen minimální množství odpadů, které již nelze využít jako druhotné suroviny. Podle odhadu Spolkového úřadu pro životní prostředí v Berlíně lze nejméně polovinu komunálních odpadů recyklovat (včetně kompostování), u průmyslových odpadů je tento podíl většinou ještě větší [10].

Spalování odpadů, zejména nebezpečných odpadů, se proto dnes nepovažuje za proces jejich tepelného využití, ale za součást procesu nakládání s odpady, tedy za ekologické opatření.

Na **obr. 5.21** je ukázán diagram složení odpadů, určující možnosti jejich spalování. Ve vyšrafované oblasti se nacházejí odpady o takovém složení, které hoří bez použití přídavného paliva.

Technologiím omezování vzniku odpadů, či jejich regenerace nebo přepracování je třeba vždy dát přednost před jejich spalováním. V dnešní době se však spalování považuje za neoddelitelnou součást odpadového hospodářství, které by mělo předcházet jejich ukládání na skládky.



Obrázek 5.21 – Diagram spalitelnosti odpadů

Spalování odpadů je vhodným procesem zneškodňování zejména v hustě obydlených oblastech, kde je nedostatek půdy pro skládkování neupravených odpadů. Na druhé straně má však některé nedostatky ekonomického, technického i ekologického charakteru. Jsou to

zejména vysoké investiční a provozní náklady, nezbytnost kvalifikované obsluhy a dokonalé kontrolní a měřicí zařízení.

Spalováním lze zneškodňovat různé druhy odpadů: tekuté kaly, tuhé odpady i plynné odpady. V některých spalovnách lze spalovat různé druhy současně. 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 přídavného paliva.

5.3.1.1 Zařízení na spalování odpadů

Hlavním důvodem zvýšeného zájmu o výstavbu spalovacích zařízení jsou přísná regulační opatření týkající se skládkování odpadů, která mají podstatně omezit množství odpadů ukládaných na skládky. Spalováním lze celou řadu nebezpečných odpadních látek přeměnit na neškodné látky, jejichž objem je zpravidla malý.

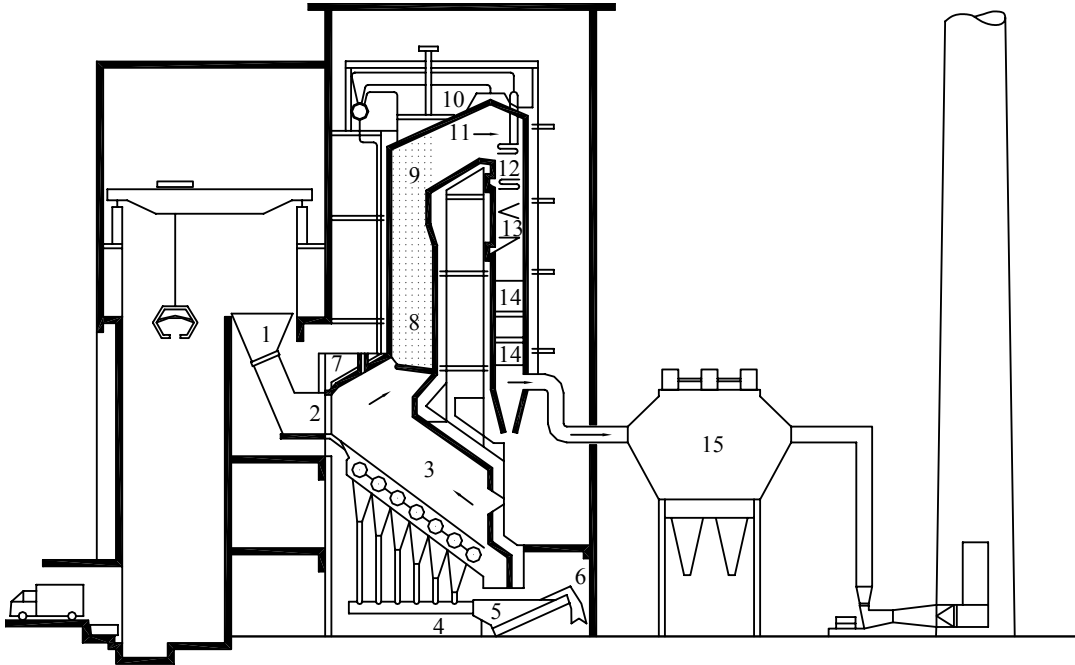
Současné technologie spalování odpadů jsou založeny v podstatě na dvou metodách:

- spalování tuhých odpadů ve spalovnách, k němuž je uzpůsobena většina existujících zařízení,
- spalování kapalných i tuhých odpadů v rotačních cementových pecích.

Spalovny, ve kterých se zneškodňují komunální odpady pracují normálně při teplotách 800 – 900 °C. Avšak pro zneškodňování zbytků halogenovaných látek je třeba vyšších teplot (1 200 – 1 500 °C). V zahraničí jsou spalovny, ve kterých se dosahuje teplot 2 500 – 2 700 °C.

Rotační pece lze použít pro zneškodnění různých druhů materiálů (pevné látky, kaly, kapaliny, plyny). Jsou velmi vhodné v chemických závodech pro spalování odpadů přímo v místě jejich vzniku. Nejdůležitějšími charakteristikami spalovacích zařízení jsou doba a teplota spalování a účinnost promíchávání, které musí být dostačující k jejich úplnému zneškodnění.

Spalovny se posuzují podle kapacity a charakteru spalovaných odpadů, typu spalovacího systému a způsobu využití odpadního tepla, chlazení a čištění spalin. Velké spalovny, mezi něž patří i městské spalovny, mají kapacitu 15 - 60 t.h⁻¹ odpadu.



Obrázek 5.22 - Základní uspořádání spalovny komunálního odpadu

- 1 – dávkovací násypka, 2 – dávkovací podavač, 3 – válcový rošt, 4 – zvlhčovací šnek,
 5 – mokrý odškvárovač, 6 – odškvárovací dopravník, 7 – stropní zapalovací hořák,
 8 – výhřevná plocha výparníku, 9 – přehřívák páry, 10 – vstříkování pro dávkovací násypku a podavač,
 11 – přehřívák páry, 12 – přehřívák páry, 13 - výparník, 14 – ohřívák vody,
 15 - elektrostatický odlučovač popílku.

5.3.1.2 Pochody probíhající při spalování

Většina spaloven má ohniště vybavené rošty, na nichž se odpady spalují. Při tom postupně probíhají tyto pochody:

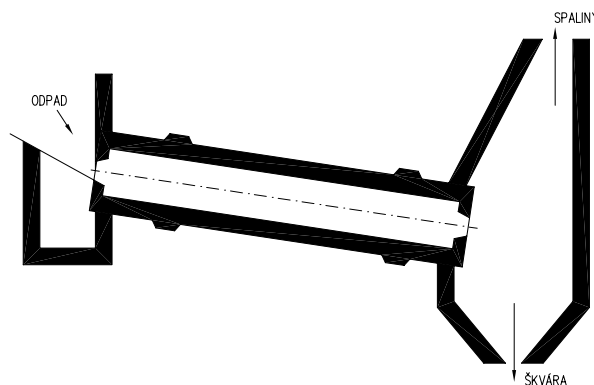
1. *předsoušení odpadu*: odpady se předsoušejí sáláním plamene z dalších pásem spalování a vzduchem, který se přivádí pod rošt (s teplotou kolem 100 °C),
2. *odplyňování odpadů*: sáláním plamene nebo klenby spalovacího prostoru se odpady ohřívají na teplotu 200 – 600 °C, přičemž již dochází k reakcím 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 plynů*: lože odpadů povrchově prohořívá a dalším přiváděním spalovacího vzduchu vznikají nová ložiska hoření. Plynů 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 plynů i vzniklý polokoks. Teplota se zvyšuje až na 1 000 – 1 100 °C, teplo vyvinuté v loži se odvádí spalinami, v loži vzniká popel a škvára. Přebytek vzduchu bývá 40 %,
6. *vyhořívání a odvádění tepla*: plynů 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.

Tento sled spalovacích pochodů je podobný ve většině konstrukcí ohnišť.

5.3.1.3 Druhy spalovacích pecí a topenišť

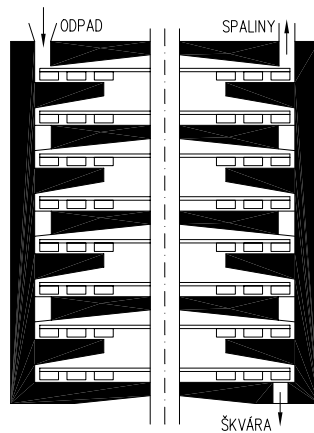
■ *Rotační pece (obr. 5.23)* jsou vyžděné válce s mírným sklonem, které se pomalu otáčejí a tím zajišťují míšení odpadů. Teplo je předáváno spalinami všemi třemi způsoby, tj. sáláním plamene na odpady i na odkrytou část vyzdívky, sdílením tepla ze spalin na odpady a vedením tepla z horké vyzdívky do lože odpadů. Tento typ pecí je zvláště výhodný pro směs průmyslových i komunálních odpadů, pastovité i kapalné odpady a kaly. Spalovací teploty jsou 1 100 – 1 200 °C.



Obrázek 5.23 - Rotační pec se zařízením na čištění spalin

■ *Muflové pece*, případně spalovny s muflovým ohništěm, se používají zejména ke spalování zdravotnických odpadů, ropných produktů obsahujících kaly z čistíren, zbytků barev, laků a odpadů z plastů. Provoz je periodický, to znamená, že do prázdné zchladlé pece se zavezou odpady, pak se topeniště uzavře a stabilizačním palivem zahřeje. Teprve pak se začínají spalovat odpady a nakonec se vstříkují kapalné odpady. Spalování probíhá při teplotách 800 - 1200 °C.

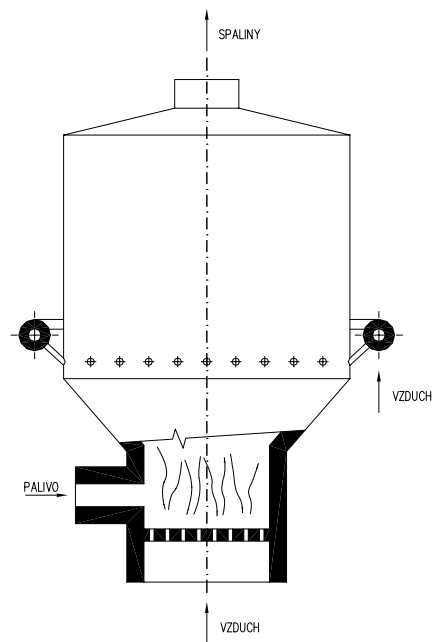
■ *Etážové pece (obr. 5.24)* se používají zejména na spalování kalů a odpadů s vysokou vlhkostí. Jsou obdobou etážových pražicích pecí používaných v metalurgii na pražení rud. Pec má tvar stojatého válce, po výšce rozděleného na etáže. Osou válce probíhá masivní hřídel, v každé etáži opatřený rameny, na něž 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 od obvodu ke středu, kde propadnou, na níže ležící etáž, na níž jsou opět hrnuty od středu k obvodu. Postupují tak ve spirálách, takže doba průchodu pecí je velmi dlouhá. Proti směru postupu odpadů jde v protiproudu spalovací vzduch. Spalovací teploty jsou nad 800 °C.



Obrázek 5.24 – Etážová pec

■ *Fluidní topeniště a pece (obr. 5.25 - 1 - přívod odpadu, 2 - odvod spalin, 3 - přívod primárního vzduchu, 4 - přívod sekundárního vzduchu.)* se začaly používat častěji při spalování odpadů teprve koncem minulého století, nejčastěji pro kaly a tekuté odpady. Pro fluidní spalování je nezbytné odpady nejprve rozdrtit na stejnorodou zrnitost. Podstata procesu spočívá v tom, že do vrstvy zrnitého materiálu (paliva) se vhání velkou rychlostí a tlakem plyn, který zrna zvirí. 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 který 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 třeba odstranit kovové a skleněné předměty, které způsobují slinování. Spalovací teploty jsou 800 - 1000 °C.



Obrázek 5.25 – Fluidní pec

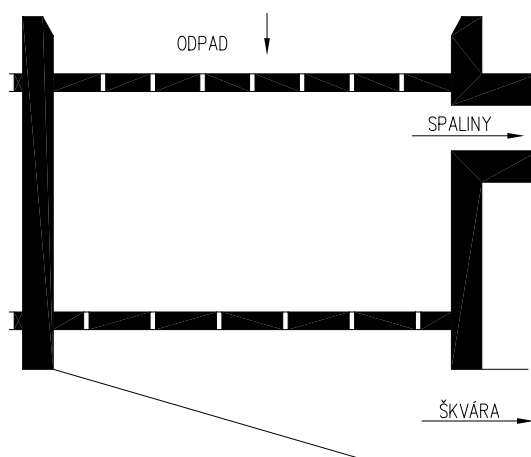
■ *Spalovny s roštovými kotli.* Podle způsobu přemísťování tuhých odpadů vzhledem k ohništi rozeznáváme rošty [10]:

❖ *Pevný rošt.* Princip pevného roštu je patrný z **obr. 5.26**. Odpady se na tyto rošty přisunují v dávkách vrchem. Nejdříve se suší na vrchním roštu, na kterém se také částečně spalují. Dále padají na spodní rošt, na němž shoří a z kterého se musí odstranit škvára.

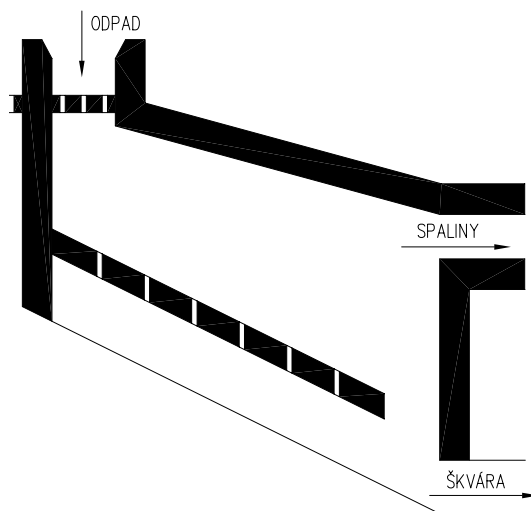
❖ *Šikmý pevný rošt (obr. 5.27).* Pevné rošty jsou vhodné hlavně pro malé a střední výkony, kde konají dobré služby.

❖ *Pohyblivé rošty.* Pracují stejně jako dopravníkový pás. Tento systém sestává z určitého počtu pohyblivých roštů a k obracení materiálu dochází při přesypávání z jednoho roštu na druhý (**obr. 5.28**). Na prvním roštu přichází spalovaná dávka do kontaktu s horkým vzduchem a plyny. Druhý rošt slouží ke vznícení materiálu a dochází na něm k začátku spalování. Třetí rošt slouží jako dohořivací a spékací. Toto zařízení je vhodné pro střední a velké spalovny [1].

❖ *Válcové rošty*. Rošt se skládá z určitého počtu válců, které jsou uspořádány stupňovitě za sebou a které se pomalu otáčejí (**obr. 5.29**). Válce mají průměr 1,5 m a jsou opatřeny litinovými roštnicemi. Začátek spalovacího pásma se posunuje již na druhý válec. Zajišťuje dokonalé vypálení hořlaviny a organických látek, takže struska odchází sterilní a bez zápachu.

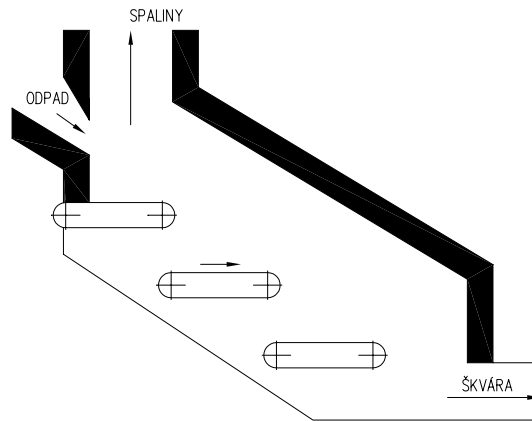


Obrázek 5.26 – Pevný rošt

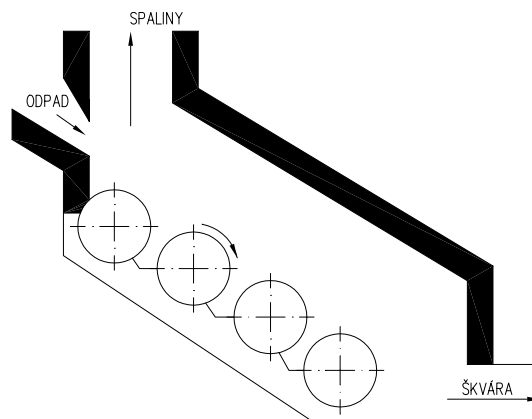


Obrázek 5.27 – Šikmý pevný rošt

Stroje pro zpracování odpadu



Obrázek 5.28 – Pohyblivé rošty



Obrázek 5.29 – Válcové rošty

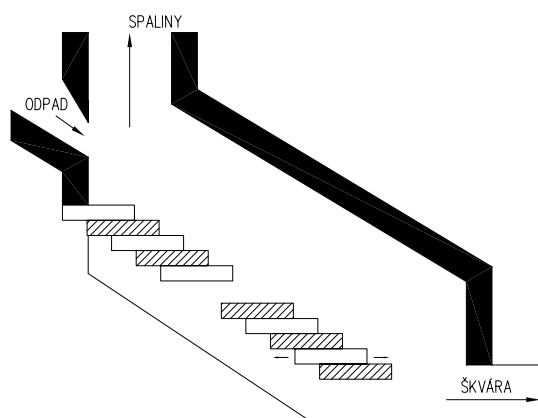
❖ *Posuvné rošty.* Jsou to šikmo sestupující pohyblivé rošty, které posunují odpady pomalu dopředu ve směru spalování. Rychlost posuvného roštu je regulovatelná, což se provádí většinou hydraulicky (**obr. 5.30**).

❖ *Vratisuvný rošt.* Tento typ roštu je vhodný zejména pro spalování podřadného odpadového materiálu. Vrstva odpadu se sype na šikmý rošt, kde je vlastní hmotností a stálým střídavým pohybem roštnic v obou směrech udržována v sypkém stavu a v pohybu, takže hoření může začít hned na začátku roštu (**obr. 5.31**).

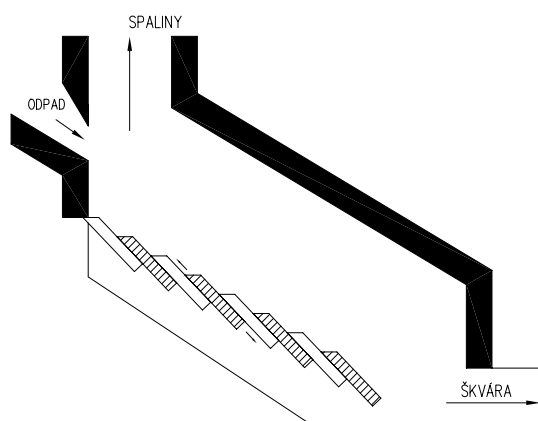
❖ *Sklopný rošt.* Tento systém má řadu navzájem spojených roštnic segmentového tvaru. Vzhledem k tomu, že po celou dobu svého pohybu zůstávají roštnice plně uvnitř ohniště, je tento systém vhodný zejména pro tzv. lehké hořlaviny. Spalování se reguluje přiváděním vzduchu (**obr. 5.32**).

❖ *Kuželový rošt.* U tohoto systému se odpad předsuší v bunkru výstupními plyny a drtí se dřívě, než je nasypán na kuželový rošt. Vzhledem k otáčení kužele se materiál

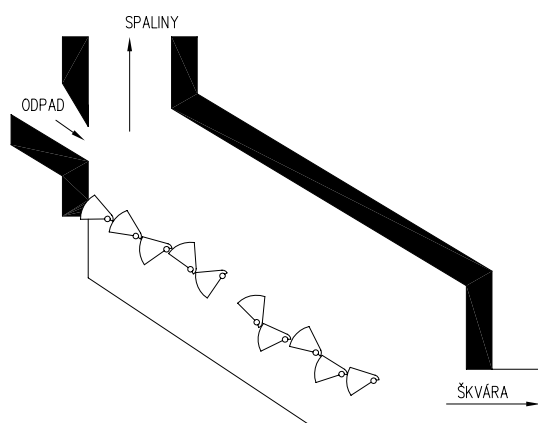
nasypaný na rošt granulometricky uspořádá. Jemný materiál prochází pásmem hoření rychleji ve srovnání s většími částicemi, které potřebují ke spalování vždy větší dobu (**obr. 5.33**).



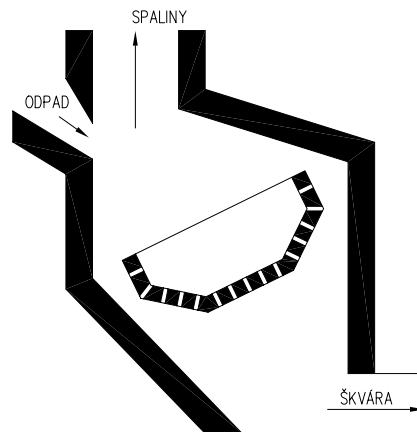
Obrázek 5.30 – Posuvné rošty



Obrázek 5.31 – Vrativý rošt



Obrázek 5.32 – Sklopný rošty



Obrázek 5.33 – Kuzelový rošt

5.3.1.4 Nové spalovací procesy

Snaha o zdokonalení účinnosti promíchávání a stupně a rychlosti zahřívání vedla k vývoji některých nových spalovacích procesů. V zahraničí byl vyvinut vysokoteplotní fluidní reaktor. Teplota používaná při tomto procesu (2 500 °C) je podstatně vyšší než u běžných rotačních pecí a umožňuje dokonalé zneškodnění chlorovaných látek. Jiná technologie, *plazmové hořáky*, používá vysokou teplotu ionizujících plynů a ničí zbytky látek přerušením jejich chemických vazeb.

V zahraničí se vyvíjejí a ověřují *vícetupňové procesy*, kterými lze bezpečně zneškodnit všechny známé chemické látky. Např. zařízení firmy Bofors Nobel v USA využívá biologickou degradaci k zneškodnění závadných organických materiálů. Nebezpečné zbytky, které jsou příliš toxické pro biologické zpracování a příliš zředěné pro spalování, se oxidují mokřým způsobem. Materiály, které se nejobtížněji zneškodňují, jako chlorovaná rozpouštědla, se pyrolyzují a organické látky vzniklé pyrolýzou se spalují. Tím se prodlouží životnost spalovacích hořáků, protože se spalují pouze ty látky, které nelze zneškodnit jiným způsobem.

Spalování v plazmovém oblouku - proces s názvem Skygas americké firmy Bechtel se dá použít pro konverzi odpadů obsahujících uhlík na plyn sestávající z 87 – 95 % vodíku a oxidu uhelnatého. Ten lze využít jako syntézní plyn pro výrobu amoniaku, močoviny a methanolu.

5.3.1.5 Zařízení na spalování biomasy

■ *Lokální topidla* - používají se pro vytápění malých prostor v oblastech, kde je dostatek paliva. Mohou být doplňkem ústředního vytápění, připojená na radiátorový okruh.

Krbová kamna (ocelová nebo kachlová) teplovzdušná, ohřívají okolní vzduch nasáváním do otvorů mezi vnitřním a vnějším pláštěm topidla. Ohřátý vzduch vystupuje otvory v horní části kamen do místnosti. Podíl sálavé složky tepla od kamen činí cca 25 – 30 % a projevuje se hlavně při chladnutí, nebo ukončení vytápění.

Klasická, ocelová, litinová *sporáková kamna*, která jsou kombinací přímotopných a stáložárných kamen. Snadno se rozehtívají, dokonalým spalováním produkují více tepla, než je potřeba.

Cihlové pece, kachlová kamna na dřevo mají vysokou účinnost, jsou dostatečným zdrojem tepla po celý den. Poskytují příjemné sálavé teplo, čímž jsou ve srovnání s radiátorovým vytápěním úspornější.

■ *Kotle pro ústřední vytápění* - kotle jsou určeny pro ústřední vytápění objektů, jako zdroje k sušárnám, pro ohřev teplé užitkové vody a dalšímu použití. Jsou určeny výhradně pro spalování dřeva, polen, briket, štěpky, peletek apod.

Kotle pro rodinné domky pracují obvykle tak, že se nejprve palivo zplyňuje a teprve potom se plyn spaluje. Regulovatelnost výkonu je srovnatelná s plynovými kotli. Přikládat je nutno asi 4x za den, popel se vybírá přibližně jednou týdně.

■ *Kotle pro automatické spalování štěpky a pilin, slámy atd.* - kotle jsou určeny pro velké výkony - do 2,5 MW. Jsou konstruovány jako bezobslužné, pouze s občasným dozorem. Bývají vybaveny automatickým přikládáním paliva a jsou schopny spalovat i méně kvalitní a vlhčí biomasu (dřevní štěpku, kůru, piliny, slámu, papír, atd.).

Kotle nad 100 kW se používají pro průmyslové aplikace nebo v systémech centrálního zásobování teplem. Konstruovány jsou jako stavebnice, skládají se ze tří částí: hořák, dohořivací komora, výměník. Někdy se tato zařízení využívají pro kombinovanou výrobu tepla a elektřiny (kogenerace). Automatické kotle na spalování dřevní štěpky a pelet s tepelným výkonem 100 – 600 kW se používají ve větších budovách, v menších komplexech budov. Automatické kotle na spalování rozpojené slámy s výkonem od 400 do 1 800 kW se používají pro vytápění skupiny budov nebo menších obcí. Velké automatické kotle na spalování dřevního paliva s výkonem do 10 MW se používají v průmyslu (celulóžky), v kotelnách pro systémy centrálního zásobování teplem sídelních celků.

Tabulka 5.1 - Srovnání výhřevnosti paliv a jejich měrné hmotnosti

Druh paliva	Výhřevnost [MJ.kg ⁻¹]	Měrná hmotnost [kg.dm ⁻³]
Petrolej	43,97	0,74
Motorová nafta	42,50	0,87
LTO	42,50	0,87
TTO	41,45	0,95
Černé uhlí	24,00	1,40
Hnědé uhlí	14,60	1,40
Palivové dřevo (20% vody)	14,23	0,40
Sláma obilovin (10% vody)	15,49	0,12

Emise škodlivin - při správném spalování biomasy se uvolňuje jen tolik oxidu uhličitého, kolik je zpět absorbováno rostoucími rostlinami. Nedochozí tedy ke zhoršení skleníkového efektu. Biomasa obsahuje pouze zanedbatelné množství síry, při spalování nevzniká oxid siřičitý. Hodnoty emisí oxidů dusíku jsou závislé na množství dusíkatých látek v biopalivu. Neměla by se spalovat biomasa s obsahem dusíku vyšším jak 1,5 % (mladé rostliny, jeteloviny). Hodnoty oxidů dusíku závisí také na teplotě spalování. Při teplotě vyšší než 1 200 °C v topeništi dochází k jejich uvolňování.

Pokud dojde ke spalování za teploty nižší jak 500 °C, uvolňují se nespálené dehtové plyny. Polévatý popel z komína může obsahovat částice těžkých kovů. Tomu lze poměrně snadno zabránit instalací dodatečného lapače jisker na komín. Je nutné zachovávat režim spalovacího zařízení podle pokynů daných výrobcem.

5.3.2 Pyrolýza odpadů

Alternativou spalovacích zařízení je v současné době pyrolýza, která se pro zneškodňování odpadů považuje za velice perspektivní technologii. Pyrolýza (nebo též odplynění) představuje tepelný rozklad organických materiálů za nepřítomnosti zplyňovacích medií, jako je kyslík, vzduch, oxid uhličitý, vodní pára. Probíhá tak, že v oblasti teplot 150 až 900 °C se uvolní těkavé látky a výšemolekulární organické látky se rozloží na nížemolekulární a molekuly s dlouhými řetězci se rozštěpí na kratší. Podle použité teploty se rozlišuje:

- nízkoteplotní pyrolýza (reakční teploty pod 500 °C),
- středněteplotní pyrolýza (reakční teploty 500 - 800 °C),
- vysokoteplotní pyrolýza (reakční teploty nad 800 °C).

Tabulka 5.2 - Pyrolýza ve srovnání s klasickým spalováním

PYROLÝZA	KLASICKÉ SPALOVÁNÍ
Rozklad za nepřítomnosti kyslíku. Konverze na plyn a uhlovodíkový zbytek.	Rozklad za přímého působení plamene o vysokém obsahu kyslíku.
Žádné toxické emise, žádné dioxiny ani furany.	Spalovací zařízení jsou známá jako hlavní přispívatele škodlivých plynů do ovzduší. Emise dioxinů a furanů.
Nerizikový uhlík.	Rizikový popílek.
Redukce v objemu a hmotnosti v rozsahu 90 % - 95 %.	Maximální redukování objemu 80 %.
Vyrábí více energie než spotřebuje	Spotřebuje se více energie než se vyrobí.
Celkové náklady na stavbu až o 40 % nižší než u klasického spalování.	Celkové náklady na stavbu až o 65 % vyšší než u pyrolýzy.
Roční náklady na provoz až o 30 % nižší než u klasického spalování.	Roční náklady na provoz až o 40 % vyšší než u pyrolýzy.
Doba stavby 18 - 24 měsíců.	Doba stavby 36 - 60 měsíců.
Systém je modulární a přepravitelný.	Systém není modulární ani přepravitelný.
Schopnost zpracování směsného, netříděného odpadu.	Systém není schopný zpracovat netříděný odpad, nutné předzpracování.
Možnost využití strusky.	Není možné využití strusky.
Záruka výkonu.	Záruka výkonu.

5.3.3 Jiné způsoby tepelného zpracování odpadů

V posledních letech byly vyvinuty takové alternativní způsoby spalování odpadů, jako je jejich tepelné a chemické zplyňování a zkapalňování. Všechny tyto procesy jsou zatím ve stadiu laboratorního či poloprovozního ověřování a nejsou s nimi dosud téměř žádné praktické zkušenosti. Zplyňování je přeměna uhlíkatých materiálů při vyšších teplotách na plynná paliva. Na rozdíl od pyrolýzy probíhá v přítomnosti reaktivních plynů, které umožňují další přeměnu vzniklého koksovitého zbytku na plynné produkty. Zplyňování je vlastně další stupeň pyrolýzního procesu, při němž při teplotách nad 800 °C dochází k oxidaci vzniklého pyrolýzního koku pod stechiometrickým množstvím kyslíku.

■ *Vysokoteplotní zplyňování odpadů.* Při této technologii odpadává, díky vysokoteplotnímu režimu, hlavní problém klasických spaloven - vznik vysoce toxických dioxinů, furanů a polycyklických aromatických uhlovodíků. Vzhledem k redukčnímu prostředí je zcela potlačen i vznik oxidů dusíku, průvodní jev všech vysokoteplotních procesů.

■ *Termochemické zplyňování odpadů* umožní vyrábět středně výhřevný plyn. Pravděpodobně v nejvyšším stupni vývoje je americký projekt Renugas, který lze využít pro zpracování takových surovin jako jsou dřevní odpady, zemědělské a městské odpady.

■ *Termochemické zkapalnění* odpadů lze uskutečnit přímou pyrolýzou, hydropyrolýzou, nízkoteplotní chemickou hydrogenací nebo ostřejšími hydrogenačními metodami, a rovněž nepřímými metodami, např. konverzí meziproductů jako je syntézní plyn na methanol a uhlovodíky. Nepřímými metodami vznikají s vysokou selektivitou produkty s podobným složením jaké mají uhlovodíková paliva.

■ *Oxidace na mokré cestě.* Je to 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 °C. Při zpracování odpadů se tento proces při teplotách 150 – 200 °C používá k usnadnění odvodnění kalů. Při teplotách 200 – 280 °C se používá např. pro regeneraci použitého aktivního uhlí nebo konverzi nerozložitelných látek na biologicky rozložitelné. Při teplotách nad 280 °C dochází pak k úplné oxidaci. Tento proces je účinný pro zpracování celé řady nebezpečných odpadů. Většina organických látek je oxidována stechiometricky, přičemž z uhlíku vzniká CO₂, z vodíku voda, z halogenů halidy, ze síry sulfáty, z fosforu fosfáty a z dusíku amoniak nebo elementární dusík. Nejedodlnější jsou halogenované aromatické sloučeniny.

5.4 Fyzikální a chemické zpracování odpadů

Cílem fyzikálního a chemického zpracování (přepracování) odpadů je umožnění regenerace surovin, získání druhotných surovin či energie, odstraňování nebo snížení toxicity nebo nebezpečnosti odpadů, zmenšení objemu odpadů. Přepracování odpadů by se mělo provádět ve všech stupních nakládání s odpady, počínaje místem vzniku. Některé odpady lze zpracovat přímo u výrobce, nebezpečné chemické odpady, zejména složité směsi, je třeba většinou přepracovat ve zpracovatelských střediscích. Tyto způsoby slouží především pro přepracování průmyslových chemických odpadů, zejména nebezpečných.

5.4.1 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 zneškodňování. Je proto žádoucí z takových odpadů nejprve tyto nebezpečné složky odstranit a tím je přeměnit na odpady, které nevyžadují zvláštního nakládání. Podle fyzikální

a chemické povahy těchto látek lze pro jejich odstranění použít různé separační procesy. Nejběžněji používané procesy jsou:

■ *Adsorpce* na aktivním uhlí, která je vhodná pro celou řadu kontaminantů z kapalných a plynných 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. Například při úpravě vod, odstraňování rozlitých chemikálií a odstraňování těchto látek ze znečištěného vzduchu.

■ *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. Nejvhodnějšími typy odpadních látek pro zpracování destilací jsou organické kapalně látky, zejména rozpouštědla a halogenované sloučeniny. Nejběžnější průmyslové odpady, které lze zpracovávat destilací jsou: odpady z povrchové úpravy kovů, obsahující organickou látku a vodné odpady obsahující fenol.

■ *Rozpouštědlová extrakce* zahrnuje dva procesy:

- extrakce kapalina - kapalina, tj. odstranění složky z kapalného roztoku působením jiné kapaliny, ve které je extrahovaná složka více rozpustná,
- loužení, tj. separace složky z pevné matrice působením kapaliny, ve které je extrahovaná složka rozpustná.

Příkladem průmyslového využití prvního způsobu je extrakce uranu z roztoku v kyselině dusičné tributylfosfátem rozpuštěným v hexanu. Příkladem průmyslového využití druhého způsobu je extrakce jedlého oleje olejnatých semen hexanem. Loužení běžně slouží k získávání cenných složek z rud, případně odpadů z jejich zpracování a dále k extrakci kontaminantů z půd.

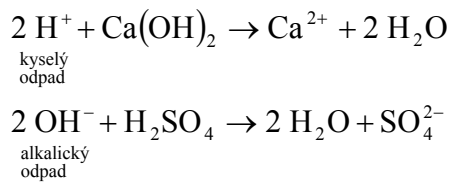
Dalšími způsoby jsou:

- *membránová separace,*
- *vymrazování,*
- *stripování vzduchem a vodní parou,*
- *rozcvičení emulzí,*

5.4.2 Chemické způsoby zneškodňování odpadů

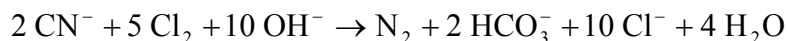
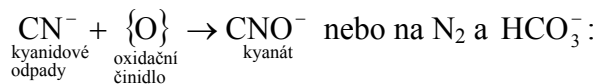
Tuhé i kapalné chemické odpady lze za určitých podmínek, zejména v malých množstvích, detoxikovat chemickými reakcemi. Zpravidla je nutné je rozpustit ve vhodných rozpouštědlech. Nejvhodnějším rozpouštědlem je voda, případně s přidavkem emulgátorů a disperzantů. V organických rozpouštědlech se provádějí detoxikační reakce jen vyjíměčně, protože tato rozpouštědla, zejména halogenovaná, sama o sobě představují problémy s jejich zneškodněním.

■ *Neutralizace* je jedním z nejběžnějších procesů chemického zpracování kyselých nebo alkalických odpadů:

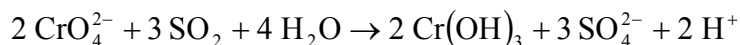


Např. při regeneraci použitých olejů kyselinou sírovou vzniká značné množství toxických kyselých pryskyřic, které přes svou vysokou výhřevnost nelze spalovat, vzhledem k vysokému obsahu siřných látek, ze kterých se uvolňuje oxid siřičitý. Neutralizace je jednou z možností pro jejich přepracování tak, aby je bylo možno ukládat na skládky.

■ 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 siřné 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 zpracovávaných látek (do 1 %). Např. toxický kyanidový ion lze oxidovat na méně toxický kyanátový:

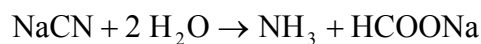


Jiným běžným příkladem je redukce rozpustných toxických sloučenin Cr^{6+} na nerozpustné a netoxické sloučeniny Cr^{3+} :



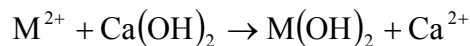
Chemická oxidace se široce používá pro zpracování nebezpečných i ostatních odpadů.

■ *Hydrolyzní procesy.* Řada kapalných a tuhých průmyslových a laboratorních odpadů a některé plyny a páry lze detoxikovat hydrolyzou. Reakční doba je však i při vysokých teplotách poměrně dlouhá, takže je třeba používat katalyzátory. Hydrolyza je vhodný způsob zneškodňování 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 alkokidy kovů, amidy kovů, karbidy, silany, hydridy, halidy a sulfidy. Hydrolyza se může uplatnit např. při detoxikaci kyanidů za vzniku amoniaku a mravenčanu sodného:

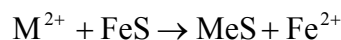


Hydrolyzní procesy jsou výhodné v tom že vyžadují pouze vodu a teplo a přitom vznikají relativně neškodné produkty, které lze bez nebezpečí odvádět, že nečistoty v kyanidech jako je BaCl_2 , NaCl , NaNO_2 , NaOH neovlivňují reakci i když jsou ve značném přebytku, a některé z nich lze regenerovat a že lze zpracovávat i koncentrované roztoky.

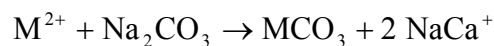
■ *Srážení* je nejběžnější proces, kterým se rozpuštěné složky převádějí do nerozpustné formy (zpravidla ve formě kalů) chemickou reakcí, nebo změnou složení rozpouštědla. Vzniklou sraženinu lze pak odstranit filtrací či sedimentací. Proces se široce používá zejména k odstranění toxických kovů z roztoků. Ke srážení nejčastěji slouží hydroxidy, jako $\text{Ca}(\text{OH})_2$ či NaOH [10]:



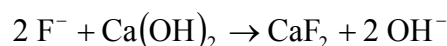
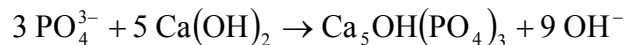
nebo sulfidy:



nebo uhličitany:



Tímto způsobem lze odstraňovat i anionty, např. následujícími reakcemi:



Dalšími způsoby jsou:

- *cementace,*
- *elektrolytické procesy,*
- *použití ionexů,*

- *flokulace,*
- *procesy v taveninách solí,*
- *dehalogenace,*
- *fotolýza,*
- *speciální chemické metody.*

5.4.3 Fyzikálně-chemické způsoby - solidifikace 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 adsorbent. 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 (zpevnování) 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.

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. Povolенý 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 rotorových odparek, ve kterých se odpaří nadbytečná voda a odpad se přímo promíchá s bitumenem. Vzniklý produkt lze využít pro přípravu podkladových šterkových kobereců, vozovek, jako izolačních vrstev a pod. 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, např. s odpadovým sklem. Vzniklá fritta se dá použít k výrobě např. 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 1200 °C lze získat po kondenzaci par chlazených vzduchem koncentrát obsahující Zn, Pb a Cu, Ag, Cd, který lze dále hutnický zpracovat. Pro jednotlivé odpady je nutné odzkoušet technologické postupy a stanovit maximální koncentrace jednotlivých složek [1].

■ *Fixace* - s použitím sádry odpadající z absorpčních věží odsiřování spalin nebo s použitím odpadních termoplastů. V těchto případech jde o snížení loužitelnosti odpadu v podmínkách trvalého uložení.

■ *Trvalé uložení* imobilizovaných odpadů z přepracování nebezpečných průmyslových odpadů musí zabezpečit izolaci těchto odpadů na neomezenou dobu. Úniku nebezpečných látek z takto uložených odpadů do podzemní vody brání vícenásobný systém bariér. První bariérou je fixační medium, další je inženýrský systém bariér, tvořený konstrukčním řešením úložiště. Nejdůležitější je geologické podloží s nízkým koeficientem propustnosti pro srážkové a podzemní vody.

Odpad tvoří s obalem pro trvalé uložení vzájemně se ovlivňující dvojici. Pro výrobu obalů solidifikovaných odpadů se používají prakticky výhradně ocel a beton, které mají pro tyto účely nejvhodnější vlastnosti. *Ocelové obaly* - jejich předností je vysoká tuhost a relativně malá hmotnost a jejich nevýhodou je poměrně malá korozivní odolnost (maximálně 30 let ve vlhkém prostředí). *Betonové obaly* - jejich předností je vysoká pevnost v tlaku, velká trvanlivost a vodotěsnost a poměrně malá energetická náročnost jejich výroby a jejich nevýhodou je malá pevnost v tahu, možnost tvorby trhlin v důsledku objemových změn a velká hmotnost. Nedostatky betonu lze odstranit dodatečnými úpravami - disperzní výztuží či penetrací makromolekulárními látkami.

Pro přepravní potřeby a krátkodobé skladování jsou tedy vhodnější konstrukce z oceli (včetně povrchových a doplňkových úprav), kdežto pro dlouhodobé skladování a ukládání je vhodnějším materiálem obalů konstrukční beton. U vhodně navržených betonových obalů lze předpokládat několikanásobně vyšší životnost proti ocelovým obalům (150 let i větší).

5.4.4 Jiné způsoby zneškodňování odpadů

Pro zneškodňování odpadních kyanidů byl vyvinut *enzymatický přípravek* Cyclear, který je přírodní látkou a nikoliv materiálem upraveným metodami genového inženýrství. Enzym hydratáza kyanidu, který je součástí tohoto přípravku, katalyzuje adici vody na kyanovodík za vzniku formamidu. Formamid je relativně netoxický a v biosféře se snadno rozkládá [10].

Jiným nadějným způsobem je zneškodnění nebezpečných odpadů *vodou v superkritickém stavu*. Je založen na tom, že voda v superkritickém stavu (při teplotách 375 – 450 °C a tlaku 22 MPa), dobře rozpouští organické látky, zatímco anorganické soli zůstávají nerozpuštěny. Za těchto podmínek se organické látky přeměňují na plyny jako je oxid uhelnatý, vodík, methan a oxid uhličitý a těkavé organické kapaliny, jako jsou alkoholy, aldehydy a furany, aniž by se přitom vytvářely vysokomolekulární zbytky.

Laboratorní pokusy v Ústavu pro atomovou energii ve Velké Británii prokázaly, že vhodným způsobem rozložení nebezpečných chemikálií je *elektrochemická oxidace*, která tak může dobře konkurovat vysokoteplotnímu spalování. Touto metodou lze přeměnit chlorované bifenyly, pesticidy a jiné nebezpečné materiály na oxid uhličitý a vodu. Proces probíhá při atmosférickém tlaku a teplotách nižších než 100 °C. Podstatou elektrochemického systému je článek obsahující dusičnan stříbrný rozpuštěný v kyselině dusičné, rozdělený inertní ionexovou membránou na dvě části. Roztok nebo suspenze chemikálií určených ke zneškodnění se přivádí do anodové části článku, kde se rychle oxiduje na CO₂ a vodu. Anorganické prvky jako fosfor a síra se přeměňují na odpovídající kyseliny.

6 NOVÉ TECHNOLOGIE V ODPADOVÉM HOSPODÁŘSTVÍ

6.1 Máloodpadové a bezodpadové technologie

Podstata nové strategie ve výrobě a využívání produktů a omezování vzniku odpadů spočívá především v racionálnějších využíváním těchto surovin, materiálů a energie, ve snižování odpadů a ztrát ve výrobě, v recyklaci odpadů nebo jejich uplatnění jako druhotných surovin v jiných výrobcích, v prodloužení životnosti výrobků a výhledově zejména v zavádění máloodpadových či bezodpadových technologií. Tyto technologie se někdy označují společným názvem čisté technologie, případně čistší produkce.

Máloodpadovou technologii lze 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. Máloodpadové technologie mohou být považovány za specifický případ recyklace, kdy nedochází ani k časovému ani k prostorovému posunu mezi vznikem odpadu a jeho využitím.

Bezodpadová technologie je založená 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 či 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.

Obě technologie lze zahrnout pod pojem máloodpadová technologie, čímž se rozumí taková technologie, která produkuje odpady v minimálním množství, vždy však s určitým dopadem na životní prostředí. Někdy se používá pojem ekologicky bezodpadové technologie, což jsou takové technologie, které nemají negativní důsledky na životní prostředí.

Hlavní úlohou výzkumu v oblasti zavádění máloodpadových technologií v průmyslových odvětvích je předcházení vzniku odpadů a jejich minimalizace. Problém odpadů je třeba řešit především přímo ve výrobním procesu a ne až za ním.

6.2 Minimalizace odpadů

Minimalizací odpadů se rozumí metoda či nástroj čistší produkce, který se snaží zamezit co nejvíce jak vzniku nebezpečných odpadů, tak i odpadů ostatních. Minimalizaci odpadů v odpadovém hospodářství lze posuzovat z kvantitativního hlediska (tzn. Snižování celkového množství odpadů) a z kvalitativního hlediska (snížení množství škodlivých či nebezpečných látek v odpadech). Zatímco kvantitativní minimalizaci se rozumí snižování množství odpadů určených k dalšímu zhodnocení či zneškodnění, kvalitativní minimalizace se týká spíše problematických produktů s krátkou dobou životnosti.

Strategie minimalizace odpadů rozeznává dvě další varianty:

- primární, která spočívá v maximálním ekologicky neškodném využití produktů či služeb, při minimální spotřebě materiálů či energie,
- sekundární, spočívající v maximálním využití odpadů jako druhotných surovin.

Při řešení minimalizace odpadů nejsou rozhodujícím kritériem vlastnosti odpadů, ale technologie, při nichž primární odpady vznikají. Je proto třeba pochopit celý systém podílející se na vzniku odpadů. K řešení této problematiky je třeba přistupovat systémově. Systémový přístup sestává z následujících kroků:

- určit těžiště problémů,
- zjistit podmínky řešení (zákony, limity, poplatky),
- ujasnit si technické a ekonomické možnosti.

Technické přístupy vývoje procesů minimalizace odpadů lze rozdělit na:

- otevřený systém, ve kterém všechny odpady odcházejí do prostředí, který však lze částečně uzavřít tak, aby se odpady z části (nejlépe vícestupňovitě) využívaly jako druhotné suroviny,
- uzavřený systém, který je principiálně možný tehdy, jestliže příčinou vzniku odpadů jsou pomocné materiály. Jelikož se pomocná látka v procesu chemicky nemění, lze ji po odstranění nečistot recyklovat.

Je třeba si však uvědomit, že vedle odpadů z výrobních procesů vznikají odpady při těžbě surovin a při spotřebě výrobků. Spotřební odpady vznikají při využívání výrobků nebo jejich zneškodňování po ukončení doby jejich životnosti. Jsou obzvláště problematickou skupinou odpadů. Tyto odpady jsou vedlejšími produkty při spotřebě (např. spotřebě paliv

v automobilech) nebo při málo účinném využívání produktů (např. odplavování živin z průmyslových hnojiv) či přirozeného rozptylování materiálů po určité době (např. opotřebování povrchové ochrany materiálů).

Lze určit dvě hlavní operační cesty čistých technologií:

- 1 Zdokonalení účinnosti procesů
- 2 Náhrada nebezpečných materiálů bezpečnějšími.

Zvyšování ekonomické účinnosti je omezení spotřeby materiálů a energie. Tento postup odpovídá koncepci snížení nebo minimalizace odpadů. Jelikož odpady představují materiálové ztráty a současně se surovina ve výrobním procesu zhodnocuje, dosahuje se zvýšením účinnosti značných ekonomických úspor. Zvýšení materiálové účinnosti procesu vede ke snížení množství a druhů vznikajících odpadů. Důsledkem toho je snížení ekologického zatížení zaviněného ukládáním či rozptylováním těchto odpadů do prostředí.

Ve výrobních procesech znamená zdokonalení materiálové účinnosti omezení úniků, lepší využití materiálu, uzavřené vnitřní materiálové cykly pro pomocné materiály (recyklace kyselin, čisticích lázní, 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 obyvatelstva v tom smyslu, aby se předčasně nevyřazovaly dosud dobře použitelné výrobky.

Náhrada nebezpečných materiálů méně škodlivými je vždy výhodnější než snaha o vytváření uzavřených cyklů toxických látek. Recyklace těchto materiálů není nikdy stoprocentní a stále zůstává nebezpečí jejich úniku do prostředí. Jindy je nezbytné přepracování výrobku nebo změna technologie. Mnohdy však omezení používání nebezpečných materiálů bude vyžadovat záměnu jedné ekonomické činnosti druhou nebo dokonce změnu ekonomické základny společnosti.

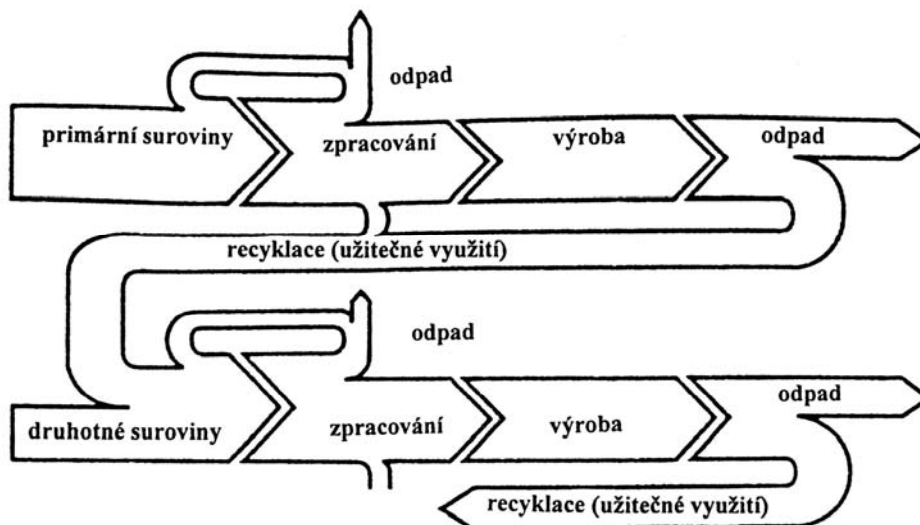
6.3 Moderní strategie odpadového hospodářství

V zemích EU se předpokládá, že:

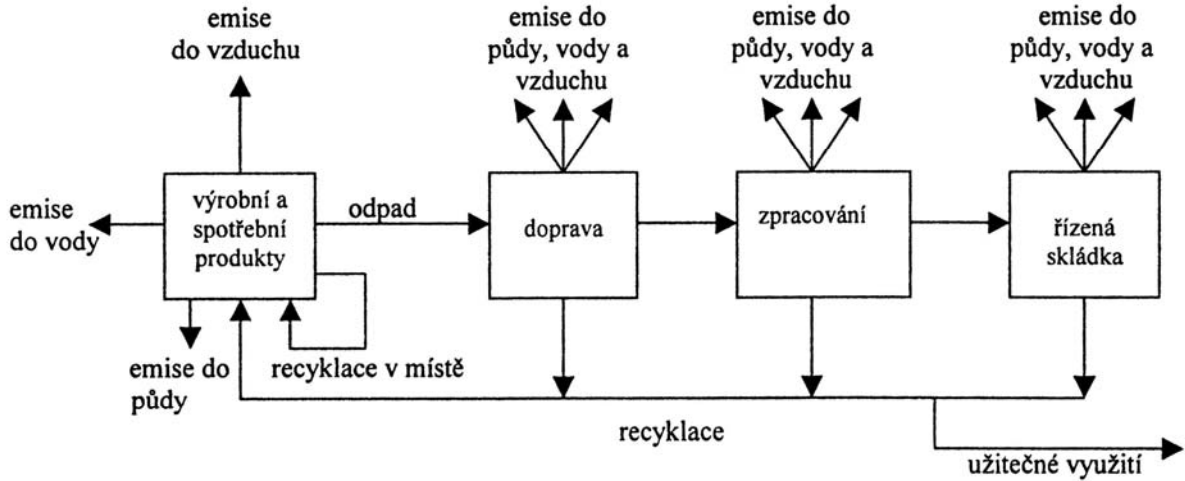
- budou regulovány a značně omezeny emise znečišťující půdu, vodu, vzduch a vznikající odpady budou recyklovány,
- způsoby omezování emisí a odpadů budou dostatečně integrovány tak, že zatížení prostředí bude rovnoměrně rozloženo mezi různé složky prostředí (půda, voda, vzduch) a že tyto složky budou schopny asimilovat odpady.

Na **obr. 6.1** a **obr. 6.2** jsou schematicky znázorněny dvě strategie v oblasti odpadového hospodářství.

1. *Strategie zaměřená na zdroje (obr. 6.1)* — představuje veškerá opatření, která lze učinit u zdroje k zabránění nebo omezení úniku odpadů, ke zdokonalení výrob snadněji než recyklací vznikajících odpadů a omezení negativních vlivů způsobených při jejich zneškodňování. Tato opatření je ovšem třeba podniknout dříve než odpady vzniknou, případně bezprostředně po jejich vzniku. To zahrnuje takové procesy, jako je recyklování, separace, zpracování, konverze.
2. *Strategie zaměřená na účinek (obr. 6.2)* — uplatňující se od okamžiku, kdy jsou odpady uvolněny do prostředí a tříděny výrobcem až po konečné zpracování a zneškodňování. Zahrnuje rovněž recyklování a aplikaci metod použitých v místě vzniku nebo mimo místo vzniku. Z tohoto hlediska je třeba rovněž způsoby zneškodňování považovat za zdroj znečištění prostředí.

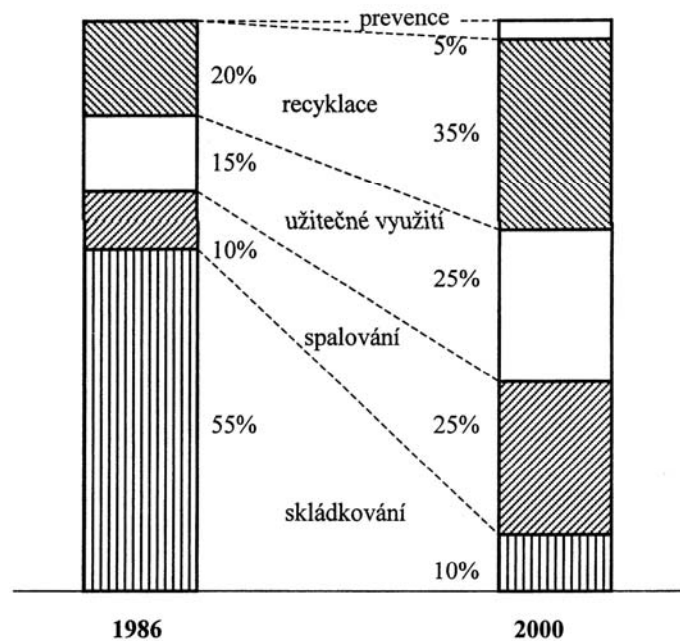


Obrázek 6.1 – Strategie odpadového hospodářství zaměřená na zdroje



Obrázek 6.2 – Strategie odpadového hospodářství zaměřená na účinek

Obě zmíněné strategie odpadového hospodářství jsou navzájem úzce propojeny. Diagram na obr. 6.3 znázorňuje souhrnně požadované cíle pro veškeré kategorie odpadů (průmyslových i komunálních). Významné je značné zvýšení podílu recyklování a užitečného využití odpadů [1].



Obrázek 6.3 – Vývoj různých způsobů zpracování odpadů (komunální + průmyslové)

6.4 Příklady moderních technologií

6.4.1 Recyklace automobilů

6.4.1.1 ČR

Recyklační závod ŽBD, a.s., Bohumín likviduje veškerá osobní, nákladní, užitková, speciální, havarovaná, kolejová a ostatní vozidla pro nejširší veřejnost [11]. Postup likvidace jasně sleduje trend nastolený v EU. Postupná demontáž je spojena s maximální možnou recyklací všech materiálů vznikajících při likvidaci vozidel – **tab. 6.1**.

Tabulka 6.1 – Podíl jednotlivých druhů odpadu na hmotnosti vozidla

RECYKLAČNÍ ŘETĚZEC PŘI EKOLOGICKÉ LIKVIDACI OSOBNÍCH VOZŮ			
Druh odpadu	Zařazení do kategorie	Podíl z váhy vozu	Způsob likvidace
Autobaterie	N	1,5 %	recyklace
Motorový a převodový olej	N	1 %	recyklace
Brzdové a nemrznoucí kapaliny	N	1 %	recyklace
Gumový odpad směsný	O	2 %	recyklace
Tříděný umový od ad	O	2 %	recyklace
Pneumatiky k protektorování	O	1 %	recyklace
Pneumatiky ostatní	O	2 %	recyklace
Autoskla	O	4 %	recyklace
Ostatní zbytkové odpady	O	4 %	Skládka / alt. palivo (do 2000)
Nečistoty a oxidy	O	1 %	skládka
Kabeláž	-	1 %	recyklace
Železný a litinový šrot	O	74 %	recyklace
Odpad barevných kovů	O	4 %	recyklace

6.4.1.2 USA

Společnost Global Shredding Technologies recykluje automobily. Automobily přicházejí od dodavatelů již připravené a zbavené materiálů a součástí jako baterie, olej, benzín, sedačky apod. Linka dokáže za hodinu zpracovat až 120 automobilů. Její roční kapacita je 416 tisíc tun automobilů a šrotu. Z důvodů omezené dodávky však zpracovávají méně – jen kolem 216 tisíc tun za rok. V současnosti zpracovávají 800 – 1 000 aut denně. Výstavba recyklace představovala investici ve výši 13 mil. dolarů, její návratnost je kolem 10 let.

Technologie je „mokrá“. Procesní voda je recyklována a znovu používána ve šredu. Jde o uzavřený systém, který nepotřebuje ani žádná povolení na vypouštění znečištění do

vzduchu. Všechny dodávky jsou kontrolovány, zda neobsahují nebezpečné materiály, na vstupu je detektor radioaktivity.

V Nošovicích na Frýdecko-Místecku by kromě nového výrobního závodu jihokorejské automobilky mohl vyrůst také recyklační závod.

Jediný takový postavila automobilka doposud jen v Jižní Koreji. Na výstavbu recyklačního centra pro vozy Hyundai však zatím neexistují konkrétní plány. Automobilka dosud postavila pouze jediný podobný závod v Jižní Koreji, ten má však pouze omezenou kapacitu. Společnost Hyundai proto plánuje výstavbu dalších recyklačních továren po celém světě a v případě potřeby takového závodu v Česku je připravena ho vybudovat.

Recyklační závod dokáže využít až 80 procent původního materiálu použitého při výrobě. Továrna na demontáž automobilů by tak mohla doplnit výrobní závod, jehož výstavba by měla být zahájena letos na jaře. Přesný termín však dosud není znám. Podle mluvčího Hyundai Motor Company Petra Vaňka by termín měl být koordinován spolu se slavnostním ceremoniálem zahájení výroby sesterské automobilky Kia v sousedním Slovensku. Automobilka Hyundai hodlá ve své nové továrně zaměstnat až 3500 lidí. Prvních 600 by mohlo být přijato již v letošním roce. Možnost výstavby recyklačního závodu tak dává naději dalšímu nárůstu počtu nových pracovních míst v regionu.

Aby lidé neobcházeli předpisy a nezbavovali se autovraků nezákonným způsobem musí být jasné podmínky pro státní dotace autorizované činnosti a účinný postup proti nepovoleným zpracovatelům.

V areálu společnosti KOVOSTEEL ve Starém Městě na pozemcích bývalého cukrovaru působí v netradičně pojatém a překvapivě působivém prostředí autorizovaný provoz AUTOVRAKOVIŠTĚ s využitím sběrných míst v provozech Veselí nad Moravou, Strážnice a Hodonín zabezpečuje ekologickou likvidaci autovraků na území sousedících krajů Zlínského a Brněnského.

Systém nakládání s autovraky se v ČR stále ještě rozbíhá, zkušenosti ukazují nejasnosti jak na straně legislativy, tak ve vlastním procesu zpracování. U míst pro zpracování autovraků však hraje rozhodující úlohu nejen ochrana životního prostředí a plnění recyklačních kvót, ale i ekonomicky udržitelná efektivnost provozu, především náklady na druhotné zpracování a možnost uplatnění získaných materiálů a dílů. Vzhledem ke stáří nyní vyřazovaných vozidel u nás, lze s těžší očekávat větší rozsah této využitelnosti. Jediným způsobem pro financování provozu se tak často stává tržní cena získaných kovů, která s těžší

pokrývá zákonné a vyhláškové podmínky pro provozovatele takového zařízení. Dalším nepodstatným problémem je existence nelegálních zpracovatelů autogramů, kteří nemusí řešit předepsané plochy pro skladování vozidel a nutnou ochranu životního prostředí, nehledě na manipulaci a způsoby demontáže vozidel a zbavování se nežádoucích pozůstatků své činnosti.

Aby lidé neobcházeli předpisy a nezbavovali se autovraků nezákonným způsobem musí být jasné podmínky pro státní dotace autorizované činnosti a účinný postup proti nepovoleným zpracovatelům.

Společnost KOVOSTEEL se přesto svou činností i v této oblasti stává vzorem pro moderní metody zpracování ekologicky likvidovaných vozidel. V současné době máme uzavřenou smlouvu se společností Callparts Systém působící v Německu a jsme tím zapojeni do systému na území ČR s oprávněním likvidace koncernových vozidel značek Škoda, VW, Audi, Seat.

6.4.2 Recyklace olověných akumulátorů

Olověný akumulátor je nebezpečným odpadem. Jedná se o heterogenní systém obsahující metalické olovo, sloučeniny olova (sírany, oxidy), organické hmoty (mj. ebonit, polypropylen, PVC), železo a zředěnou kyselinu sírovou [9].

Technologie zpracování vyřazených olověných akumulátorů v celosvětovém měřítku zahrnují řadu modifikací, které vycházejí ze dvou základních variant. První spočívá v úplném rozdužení akumulátorů a v následném oddělení jednotlivých konstrukčních materiálů. Získávají jsou tak olověné slitiny kovové mřížky, olověné pasty z její výplně, akumulátorová kyselina a organické součásti baterií (polypropylen, ebonit, PVC, papír, sklo apod.).

Kovonosný materiál je díky jemnému charakteru zpracovatelný obvykle pouze v krátkých bubnových pecích. Organická frakce je vzhledem ke své nehomogenitě a obsahu olova (Pb) obtížně recyklovatelná, a proto je většinou skládkována nebo spalována. Velkou nevýhodou tohoto procesu je i vysoká náročnost na vodní hospodářství.

Druhou základní metodou zpracování olověných akumulátorů je využití klasické technologie výroby používané pro dřívější systém zpracování olověného aglomerátu kusového charakteru v šachtové peci. Tato technologie byla využita při recyklaci olověných akumulátorů u nás.

Olověné akumulátory jsou dodávány do podniku převážně celé včetně kyseliny. Jednoduchým rozbitím je z akumulátorů oddělena kyselina, která se používá k neutralizaci alkalických vod. Poté jsou akumulátory míchány s ostatními olověnými odpady, vratnou

silikátovou struskou, struskotvornými a kamínkotvornými přísadami a koksem. Získaná směs je dávkována kontinuálně do šachtové pece.

Podmínky tavy a její průběh mají obdobný charakter jako výroba surového železa ve vysoké peci. Hořením koksu a ostatních organických komponent vsázky jsou taveny a redukovány kovové podíly. Vznikající tekuté olovo z pece vytéká plynule spodní výpustí, zatímco struska s kamínkem (směs sulfidů a oxidů olova, železa, mědi, křemíku a vápníku) je periodicky odpichována. Jelikož kamínek je těžší než struska, tuhne v samostatné vrstvě v kokile, do které je se struskou odpichován. To umožňuje jeho následné 100 % mechanické oddělení a samostatné skládkování.

Surové olovo je dále zpracováváno v rafinaci a dolegováním na požadované slitiny nebo po úplné rafinaci na čisté olovo (99,97 %), které je prodáváno především znovu pro výrobu akumulátorů.

Plyny vystupující z šachtové pece obsahují organické látky a oxid uhelnatý (CO). Jsou vedeny do spalovací komory, kde jsou hořlavé komponenty podrobeny termické destrukci při teplotách nad 900 °C. Při tom plyny nuceně procházejí přes třístupňovou dohořivací komoru, kde je iniciováno zapálení plynů a při dostatečně dlouhé prodlevě (6 sekund) a dostatku kyslíku (nad 6 %) je zajištěno dokonalé dohoření obsažených organických látek. Následuje filtrace tuhých emisí v rukávovém filtru. Zachycené tuhé úlety s vysokým obsahem olova a chloru jsou dále taveny se sodou a uhlíkem v krátkých bubnových pecích.

Protože akumulátory byly v dřívější době v naší republice vyráběny převážně z PVC separátory a úlety z pece tedy obsahují chloridy, je nutno provést následně rychlé zchlazení plynů z teplot spalovací komory kolem až 1 000 °C na teplotu možné filtrace (190 °C). To je zajištěno smícháním technologických plynů s relativně studenými odtahy netechnologických (hygienických) plynů. Plyny jsou poté filtrovány a zachycené úlety recyklovány.

Nová technologie přinesla podstatné zlepšení ekologických parametrů výroby, zejména emisních.

6.4.3 Zpracování ojetých pneumatik

Na výrobu pneumatik se spotřebuje 60 ÷ 70 % celkové spotřeby kaučuku, zbytek se spotřebuje na ostatní výrobky z technické pryže. Pryž z pneumatiky obsahuje 50 ÷ 80 % kaučuku, zbytek jsou převážně saze. Jde nesporně o kvalitní druhotnou surovinu.

Ojeté pneumatiky je možné recyklovat, nebo z nich získávat energii. Možností využití jsou např.:

- protektorování,

- výroba generátoru,
- využití jako palivo,
- chemické zpracování,
- mechanické a fyzikální zpracování.

Nejrozšířenějším materiálovým využitím je recyklace. Linka na zpracování pryžového odpadu pracuje na mechanických principech. Technologický proces je čistý a bezodpadový. Hlavním produktem je pryžový granulát, pryžový prášek, posekaný ocelový kord a podrcený textil. Do směsi pro výrobu pneumatik je aplikace pryžové drti, granulátu nebo moučky omezená, neboť nepříznivě ovlivňují mechanické a dynamické vlastnosti tak technicky náročného výrobku, jakým bezesporu pneumatika je.

K typickým příkladům aplikací drti a granulátů patří stavebnictví, např. pro povrchy nebo podklady vozovek, jako zvukoizolační, antivibrační nebo tepelně izolační materiály, ale i střešní krytina. Výhody směsi asfaltu s pryžovou drtí nebo granulátem spočívají ve zvýšení životnosti vozovek (zimní provoz) a omezení hlučnosti provozu (až o 50 %). Zejména je však možno snížit tloušťku horní vrstvy vozovky až o polovinu. Drt' se dále používá při pokládání různých drenážních systémů, při izolaci skládek, zpevňování břehů apod.

Pro železniční stavitelství jsou využívány pryžové podložky pražců nebo speciální pásy pro železniční přejezdy. Ve strojírenství a automobilovém průmyslu slouží granulát a moučka jako plnivo do směsi pro výrobu klínových řemenů, těsnění, koberečků apod.

V našich zemích je nejrozšířenější technologií ojetých pneumatik jejich využití jako přídatné palivo v cementárenských pecích. Výhřevnost pryžového odpadu z pneumatik je poměrně vysoká (cca 30 MJ.kg⁻¹).

Novou technologií je zpracování ojetých pneumatik na černé pigmenty pro gumárenský a plastikářský průmysl, laky a tiskové barvy nízkoteplotní pyrolýzou.

Staré pneumatiky se drtí ve speciálních šredrech a po separaci kovu se podrobují nízkoteplotní pyrolýze, jejímž produktem jsou saze a hrubý aglomerát sazí a pyrolýzního uhlíku. Problém představuje zpracování uhlíkového aglomerátu, který je na trhu prakticky bezcenný, na jemné částice použitelné jako pigmenty.

Nová technologie využívá k jejich výrobě procesu rezonanční dezintegrace rázovými vlnami při rychlé kompresi a dekompresi směsi aglomerátu se vzduchem ve vlnosu. Vznikající střížné síly překonávají soudržnost částic aglomerátu s nízkou elasticitou za vzniku uhlíkových mikročástic, jejichž rozměry se pohybují mezi 0,1 μm a 10 μm. Přes 70 %

mikročástic je menších než 1 μm , přičemž podíl částic větších než 5 μm nepřesahuje 25 % a podíl částic větších než 30 μm je nulový. Při rezonanční dezintegraci pyrolýzních sazí je podíl částic menších než 1 μm větší než 90 % a podíl částic větších než 5 μm je nulový.

Černé uhlíkové pigmenty prokázaly dobré fyzikální a optické vlastnosti v disperzích s vodou, alkoholem, toluenem, v olejích a pryskyřicích a jsou vhodné pro pryž, plasty a tiskové barvy s dobrou krycí schopností, v některých případech i pro hledané matně černé provedení v tisku na papír [1].

6.4.4 Silnice z mobilů

Světově ojedinělý dobrovolný recyklační program umožní sedmi milionům australským uživatelů mobilních telefonů bezpečně likvidovat staré přístroje, jejich příslušenství a baterie.

Austrálie patří mezi země s nejvyšším procentem uživatelů mobilních telefonů. Australská Asociace Mobilních Telekomunikací, která stojí za celým projektem, tvrdí, že většina uživatelů má již mobil druhé nebo třetí generace.

Více než 600 maloobchodů bude působit jako sběrná střediska a posílat vysloužilé přístroje do recyklačního centra v Melbourne, kde budou roztaveny a vzniklý recyklát bude používán jako stavební materiál při výstavbě silnic. Nebezpečné složky odpadu jako nikl a rtuť budou během recyklačního procesu odstraněny.

6.4.5 Využití plastů

Účinná likvidace plastů ve vysoké peci představuje dokonalé využití tohoto odpadu. Do vsázky se používají směsné plastové odpady, které nejsou vhodné pro materiálovou nebo surovinovou recyklaci. Směs určená ke spálení v pecích obsahuje různorodé typy plastů. Připravuje se z ní vsázka s obsahem minimálně 90 hm. % plastů. Největší podíl vsázky představují polyolefiny, jichž je minimálně 70 %. Jde o směs polyethylenů (PE-HD, PE-LD, PE-LLD, PE-UHMW a další) a polypropylenů (PP), max. 26 hm. % směsi polystyrenů (PS), polykarbonátů (PC), polyesterů (PET, PBT) a akrylátů (PAK, PAN, PM-MA) a jiných plastů. Maximálně čtyřmi procenty jsou zastoupeny technické plasty a elastomery jako jsou PVC, polyamidy, polyuretany, fluorové polymery aj.

Podstatným požadavkem je, aby směs obsahovala minimum halogenů, dusíku a síry. Celkový obsah chloru a fluoru ve vsázce je omezen na max. 2 hm. %. Také další složky jsou limitovány: obsah kovů na max. 1 hm.%, nespalitelný zbytek při 650 °C z minerálních plniv na max. 4,5 hm. % a obsah vlhkosti na max. 1 hm. %.

Vsázka se mele na granulát velikosti zrna pod 10 mm se sypnou hmotností min. $0,3 \text{ kg} \cdot \text{dm}^3$ a dopravuje se pneumaticky do zásobníků, k vážení a do násypky. Z násypky proudí ejektorem stlačeným vzduchem do injektoru, jímž se vstříkuje do vysokopecního větru s teplotou $1\ 200 \text{ }^\circ\text{C}$.

S větrem prochází vsázka výfučnými do pracovního pásma vysoké pece s teplotou plamene $2\ 000 \div 2\ 300 \text{ }^\circ\text{C}$. Množství, které je možno dávkovat, se liší podle jednotlivých druhů plastů. U polystyrenu je to 150 až 180 kg na tunu tekutého kovu. Technické a nízkovýhřevné plasty se dávkuje v množství až 100 kg na tunu tekutého kovu. Pro srovnání: uhlí se dávkuje do 250 kg na tunu tekutého kovu.

6.4.6 Polyuretanové láhve

Polyuretany, zkráceně PUR nebo PU, jsou zvláště mnohostrannou skupinou syntetických hmot, která vzniká polyadici isokýátů s polyony. Je to materiál mnoha tvář. Tvrdé PU pěnové látky jsou např. vysoce efektivní pro izolace tepla a chladu, ať už ve výškových kancelářských budovách nebo v domácích chladničkách. Ve formě měkké pěny se PU používají při výrobě moderní sportovní obuvi, lepidel, laků, balících pěn a podlahových krytin.

Německá společnost PU.Dosen.Recykling & Co. (PDR) nabízí moderní recyklační technologie. Je to speciální zařízení na opětné zhodnocení použitých sprejů s PU pěnou, které je schopno zpracovat až 4 000 dóz za hodinu, docílit 90 % zhodnocení odpadu a uskutečnit tak uzavřený oběh výrobků. Použité spreje ze sběru se nejprve vytrídí na typy 1K a 2K.

Spreje 1K se dopravníkem dostanou do vzduchotěsného prostoru, kde se mechanicky rozdrťí. Tekuté i kovové části (hliníkový nebo bílý plech) propadnou do rozpustidlové lázně. Kovové části vyjme šnekový dopravník z lázně a během dopravy je předběžně omyje pod mycími tryskami. Po průchodu druhou lázní z čistých rozpouštědel se dostanou do sušícího šneku, kde se odpařením odstraní zbytky rozpouštědel. Kovové části se pak třídí do kontejnerů na hliník a bílý plech pro zpracování v hutí.

Nádrž, do které pod drtičem vyteče směs PU a rozpouštědel, se dopraví do filtrační stanice. Oddělená rozpouštědla se znovu použijí na čištění odpadových sprejů. Získaný recyklát PU se vrátí do výrobních hal, kde se znovu použije buď do PU pěny nebo jako přísada do průmyslových lepidel.

Páry rozpouštědel uniklé z drtícího zařízení se nad ním odsávají, transportují se do oddělení na recyklaci rozpouštědel a znovu použijí na čištění odpadových sprejů. Spreje typu 2K projdou podobným procesem a jejich kovové části se recyklují stejně jako u typu 1K.

V tomto typu se však nevyskytují tekuté zbytky z PU, který se v nich zcela vytvrdí už během používání sprejů. Tyto vytvrzené zbytky PU pěny se sesbírají a odevzdávají na termickou recyklaci. Kartónové obaly na spreje se vrátí do oběhu nebo se odešlou na recyklaci do papíren.

6.4.7 PET lahve

6.4.7.1 PET granule

Ve Švýcarsku nový závod ve Fraunfeldu využívá osvědčenou technologii URRC, vyvinutou United Resource Recovery Corporation v USA ve spolupráci se společností Coca-Cola. Proces je kombinací konvenčních mechanických metod a chemické recyklace. Základním materiálem, dodávaným do závodu, jsou nápojové PET láhve, tříděné podle barev. Láhve jsou dodávány ve slisovaných balících, každý z nich obsahuje mezi 3 000 až 5 000 lahví. Každý balík je elektronicky označen, aby byla umožněna jeho sledovanost v materiálovém toku, skladování a kontrola. Balíky jsou dopraveny na dopravník a balík rozvolněn, láhve jsou pak dopraveny do dvou desintegrátorů. Materiál je v nich za sucha posekán až na určenou velikost frakce. Výsledný materiál je složen z PET, nálepek a uzávěrů, tuto směs je nutno úpravnickým pochodem nejdříve rozdělit. Plast a papírové nálepky jsou odděleny vzdušnou separací. Zbytky nálepek, držících lepidlem dosud na PET láhvi, jsou postupně odstraněny intenzivním praním. V následné operaci jsou odděleny uzávěry (HDPE) od PET na základě rozdílu specifických hustot. Získaný vločkový PET je pak obvyklým způsobem granulován.

Vyčištěné, separované PET granule jsou pak potaženy při vyšší teplotě kalcinovanou sodou během průchodu speciální, 26 m dlouhou rotační pecí o průměru 3 m. Aby bylo zamezeno rozkladu PET polymeru, ke kterému dochází při vyšší teplotě, působící na vlhký materiál, je nutno materiál před vstupem do pece vysušit. PET granule s povlakem kaustické sody, jsou zahřáty a podrobeny reakci v pevné fázi, při níž vnější povrch PET granulí je rozložen a jako vedlejší produkt vznikne etylénglykol a kyselina tereftalová. Jakákoliv kontaminace, ulpělá na povrchu, jako je lepidlo nálepek nebo jiné zbytky, jsou s vnější PET vrstvou odstraněny. Poslední zbytky nečistot jsou z materiálu odstraněny v konečném stádiu procesu kombinací řízené teploty a vzdušné separace.

Celý proces trvá několik hodin, výsledkem je směs pevných fází soli a očištěných PET granulí. PET a soli jsou pak separovány mechanickou filtrací, po níž jsou zbytky soli odstraněny praním. Nakonec jsou ještě odstraněna nepatrná množství kovových částic separátorem kovů.

6.4.7.2 PET vlákna

Silon, a.s., v Plané nad Lužnicí – uvedl koncem dubna 2001 do provozu novou výrobní linku. Ze suroviny získané recyklací PET lahví vyrábí vlákna.

Technicky velmi náročný proces výroby vlákna začíná dávkováním vstupní recyklované suroviny, končí polyesterovou stříží ze 100 % recyklátu ve slisovaných balech po 300 kg. Vyrobené vlákno má specifické vlastnosti, umožňující jeho využití při výrobě netkaných textilií – roun pro některé finální aplikace, jako jsou pletené výrobky, koberce či výplně pro automobilový průmysl.

Jedinečnost a unikátní řešení výrobní linky spočívá ve sloučení operací tavení, zvlákňování a dlužení do jednoho technologického procesu s nízkou zvlákňovací a odtavovací rychlostí. Přímým spojením zvlákňování a dlužení je vyřazena obvyklá operace ukládání nedlouženého vlákna do konví a transport ke dlužící lince.

Kompaktní linka je provozována v nepřetržitém pracovním režimu. Na směně linku obsluhuje šest pracovníků, kteří musejí zvládat více profesí a být vzájemně zastupitelní.

Vstupní surovina je k dispozici nejčastěji bezbarvá. Nová linka je však schopna zpracovávat i drť barevnou, či dokonce umožňuje míchat několik barev drti a vyrábět různé odstíny recyklované stříže.

6.4.8 Recyklace zářivek

Firma UNIVERZA-SoP, s.r.o.CR je správcem patentu k úpravě nefunkčních výbojových světelných zdrojů, kontaminovaných rtuť. Podle něj se při mechanické úpravě výrobek uvede do styku s vodným roztokem sulfidu nebo polysulfidu alkalických kovů nebo kovů alkalických zemin, zvláště polysulfidu vápenatého.

Technologie je firmou využívána od roku 1992 a byla postupně doplněna o třídění hliníkových patič zářivek od převažujícího skla, což umožňuje předávat získané suroviny k dalšímu využití. V současné době je v závislosti na zájmu trhu recyklováno 10 ÷ 97 % materiálů získaných ze zářivek. Sklo je vzhledem ke svému složení možné uplatnit pouze jako přídavek pro výrobu obalového skla. V období nezájmu trhu o odpadní sklo se ukládá na skládky.

Pro zlepšení kvality získávaného skla zkouší firma polosuchou metodu destrukce zářivek, při níž dochází k postupné destrukci zářivek – oddělení patič, oddělení luminoforu, rozdrčení trubice.

Zařízení k úpravě zářivek s využitím patentovaného principu jsou v současnosti provozovány v Praze, Ústí nad Labem, Ostravě, Českých Budějovicích a v Bystřici nad

Pernštejnem. Dle dosavadního vyhodnocení výskytu zářivek je možné konstatovat, že po doplnění zpracovatelských míst o další dvě bude dostupnost zařízení ze všech míst republiky dostatečná.

6.4.9 Obrazovky - nebezpečný odpad

Elektrotechnické přístroje zaznamenaly v poslední době bouřlivý rozvoj. Pronikly prakticky do všech oblastí lidské činnosti od administrativy, obchodu, dopravy a bankovníctví, až po vědu, výzkum nebo armádu.

Vzhledem k obsahu ekologicky škodlivých látek, hlavně v luminoformní vrstvě, jsou obrazovky zařazeny jako nebezpečný odpad.

Novou metodu zpracování obrazovek navrhla a v praxi ověřila společnost AQUA-TEST – stavební geologie, a.s. Praha, s cílem odstranit nebezpečné složky a získat sklovinu, kterou bude možno ekonomicky zhodnotit.

Metoda spočívá v tom, že obrazovka libovolných rozměrů je upnuta do speciálního přípravku a brusným kotoučem je rozříznuta v místě spojení stínítka a kónusové části. Touto operací je umožněn volný přístup k vnitřní straně stínítka a luminofor se odstraní účinným odsavačem s několikastupňovou filtrací vzduchu.

Získaný luminofor se likviduje chemickými technologiemi. Očištěná stínítková část obrazovky zbavená zatavených kovových částí je dodávána do sklářské huti jako surovina pro výrobu nových obrazovek. Sklovinu kónusu je možno po rozdrčení ve vhodném drtiči použít např. jako přísadu do betonových směsí.

6.4.10 Galvanické kaly

Odpadní galvanické kaly tvořené polymetalickými sloučeninami vznikají při srážení těžkých kovů z odpadních vod a vyčerpaných elektrolytických lázní v provozech povrchových úprav kovových výrobků a polotovarů. V závislosti na výrobním procesu mají kašovitou až pastovitou konzistenci a proměnlivé chemické složení.

Vedle hlavních neželezných kovů, jako jsou zinek, nikl, chrom a měď obsahují až 10 % hm. Železa společně s dalšími nečistotami, zejména manganem, olovem, kadmiiem a jinými kovy, jejichž koncentrace se pohybuje v rozmezí 0,5 ÷ 2 %. V důsledku snadné vyluhovatelnosti nebo interakce s jinými látkami může dojít k jejich samovolnému uvolnění a následné migraci do podzemních vod nebo do ovzduší. Proto je vedle ekonomických důvodů i ekologicky prospěšnější využití galvanických kalů jako druhotné suroviny k metalurgické výrobě kovů.

Vzhledem k poměrně vysokému obsahu zinku, niklu, chrómu a mědi 5 ÷ 12 % představují galvanické kaly ve srovnání se současně těžnými rudami relativně hodnotnou surovinu pro získávání neželezných kovů. Technologie pro zpracování odpadních

galvanických kalů vyvinuté v ČR i v zahraničí jsou založeny na jejich vyluhování v kyselých nebo zásaditých roztocích a selektivním dělení kovů z roztoků při využití kapalinové extrakce, elektrotechnických metod a vhodných srážecích postupů.

Tyto technologicky a ekonomicky náročné postupy lze nahradit laboratorně odzkoušenou technologií zpracování galvanických kalů spočívající v loužení kalů ve zředěné kyselině sírové, rafinací výluhů srážecími metodami a oddělení zinkové uhličitanové sraženiny. Dosažená čistota recyklovaných zinkových sloučenin je postačující pro jejich využití v metalurgickém nebo keramickém průmyslu. Přesto však není vyřešeno úplné využití všech obsažených kovů a malé množství se bude vracet na skládku jako nebezpečný odpad.

Jiným příkladem využití, případně zneškodňování může být přidávání galvanických kalů do cihlářské suroviny. Za přísady dalších látek vznikají z hydroxidů těžkých kovů při vypalování cihel a jiných keramických výrobků ve vodě nerozpustné alumokřemičitany. Vázané těžké kovy tak téměř neprecházejí do vodných výluhů a zabráněno je rovněž jejich úniku jako škodlivých exhalátů do ovzduší.

6.4.11 Čistírenské kaly

6.4.11.1 Čistírenské kaly v zemědělství

Při mechanickém, biologickém a chemickém čištění odpadních vod vždy vznikají čistírenské kaly. Dá se říci, že procesy čištění nejsou bez produkce kalů ani možné.

Obtíže při zpracovávání čistírenských kalů slibuje odstranit nová rakouská metoda, chráněná patentem. Jejím cílem je získat půdní substrát s vyváženým obsahem živin, vysokým obsahem humusu a částí tvořící strukturu půdy, využitelný jako rekultivační substrát.

Na samém počátku zpracování čistírenských kalů stojí rozhodnutí, jaký bude způsob použití konečného produktu, tzn. využije-li se produktu jako rekultivačního substrátu, zahradní půdy nebo v zemědělství. Na tom záleží i samotný výběr výchozích surovin.

Výchozím organickým materiálem jsou odvodněné nebo neodvodněné, avšak stabilizované kaly, dalšími základními materiály mohou být odpady z výroby papíru, kůra, piliny, odpadní dřevo, papír atd. Anorganické materiály tvoří písek, písčitohlinitý jíl, stavební materiál atd. Důležitým prvkem celého procesu je harmonizace správné kombinace živin pro

podporu činnosti mikroorganismů a přísady (přírodní sádra, dolomit, vápno, uhličitán hořečnatý, surové fosfáty) pro regulaci hodnoty pH.

Na základě laboratorního výzkumu jsou stanoveny poměry jednotlivých komponentů směsi tak, aby byly dodrženy stanovené cílové hodnoty produktu. Poměry komponentů jsou vyhodnoceny pomocí počítačového simulačního programu. Samotná příprava směsi následuje na předem připravených plochách (navrstvené záhony - výška 1,5 m, šířka 3,0 m, probíhající hnilobný proces až do odeznění exotermických reakcí). Hnilobný proces odpovídá aerobnímu, exotermickému, mikrobiologickému (resp. biologickému) transformačnímu procesu. Během tohoto procesu je asi po dobu tří dnů dosahováno teplot kolem $55 \div 65$ °C. Již provedené průzkumy prokázaly z virologického hlediska dostatečnou hygienizaci.

Na konci hnilobného procesu je meziprodukt „surový humus“ vyskladněn a naočkován půdními organismy. Během několika měsíců tak vzniká substrát, který je rovnocenný přírodnímu půdnímu materiálu a může převzít i jeho funkce. I samotného surového humusu je možno využít jako přísad pro zlepšení kvality půdy.

6.4.11.2 Energetické využití čistírenských kalů

Druhým řešením využití čistírenských kalů je energetické využití surového, nevyhnilého kalu — přímé spálení s využitím entalpie spalin většinou k výrobě páry v odpovídajícím parním kotli. Komplexní technologické řetězce k energetickému využívání surového kalu, včetně dokonalého ekologického zajištění (minimalizace emisí do ovzduší, kultivace zbytkových materiálů) byly dostatečně vyvinuty a provozně ověřeny teprve nedávno.

Výhodou této technologie je skutečnost, že se může odvodněný kal vkládat přímo do ohniště, tedy odpadá prostorově a investičně nákladný procesní krok vyhívání surového kalu a jeho sušení či předsoušení.

Pro energetické využití surového kalu jako zdroje energie, tedy pro spalování bez použití přídavného paliva, je nutné dosažení autarkního spalování při adiabatické spalovací teplotě 850 °C. K tomu musí být splněny dvě podmínky:

- dosažení minimální hodnoty výhřevnosti,
- použití vhodného typu ohniště pro vlastní spalovací proces.

V porovnání s „klasickým“ vyhíváním má tato metoda výhodu v nemalých úsporách zastavěného prostoru a ve snížení nákladů na zpracování kalů.

SOUČASNÝ STAV V NAKLÁDÁNÍ S ČISTÍRENSKÝMI KALY V ČR

Podle zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů a v souladu se Směrnicí Rady 86/278/EEC patří kaly z komunálních čistíren a jim podobných ČOV mezi vybrané jmenovitě uváděné druhy odpadu, pro které jsou pro jejich využití v zemědělství stanoveny podmínky samostatným předpisem. Idea prioritního využití čistírenských kalů v zemědělství před ostatními způsoby nakládání s kaly jako odpady vychází a to nejen v naší republice i přes mnohé současně diskutované výhrady zejména k jejich organickému znečištění hlavně z tradičního způsobu nakládání s čistírenskými kaly pro značný obsah živin a organické hmoty.

V současné době stále probíhá v členských státech EU intenzivní dlouhodobá diskuze k novele výše uvedené směrnice zatím bez odsouhlasených konkrétnějších závěrů. V letech 2002 až 2003 byly zpracovány pracovní dokumenty o stavu nakládání s čistírenskými kaly v evropských zemích za poslední období let 1998 až 2002, které mají sloužit jako další důležité podklady pro společné projednání návrhu novely uvedené Směrnice. V rámci diskuze jsou předkládány návrhy s přísnějšími podmínkami pro využití čistírenských kalů v zemědělství. Mluví se o způsobech nakládání se všemi dalšími druhy kalů celého vodního cyklu, nejen o kalech z komunálních ČOV a v poslední době pak o všech biologicky rozložitelných odpadech. V roce 2003 byly Evropskou Komisí požádány kandidátské země o vypracování zprávy o stavu implementace Směrnice Rady 86/278/EEC a o situaci v nakládání s čistírenskými kaly ve svých zemích. Živá diskuze na téma nakládání s veškerými biologicky rozložitelnými odpady, jejichž nedílnou i když procentuálně méně významnou ale soustavnou složkou čistírenské kaly jsou, doposud nebyla uzavřena žádným společným dokumentem. V roce 2004 byla zpracována Komisí v souladu s 6. akčním plánem pro ŽP (Decision 1600/2002/EC) a rozpracovanou strategií o ochraně půdy další technická zpráva jako podklad k obecné diskuzi na téma ochrany půdy a ani v tomto roce se nepodařilo společné závěry odsouhlasit. I v naší republice vyvstává nadále v této souvislosti celá řada nových otázek a problémů vztahujících se k různým způsobům nakládání a odstraňování nejen kalů z komunálních ČOV, ale všech bioodpadů.

Problematiku nakládání s čistírenskými kaly je třeba proto nyní hodnotit v České republice společně jako jednu ze složek biologicky rozložitelného odpadu a současně i jako vybraný druh odpadu, a to v souvislosti se všemi relevantními předpisy, zejména se zákonem o odpadech, ale i v souvislostech se zákonem o vodách a zákonem o vodovodech a kanalizacích a v neposlední řadě se zákonem o hnojivech a dalšími zákony a předpisy.

Kalové hospodářství čistíren, kromě toho, že je koncovým stupněm technologické linky čištění odpadních vod, je třeba posuzovat a vnímat veřejností a to nejen odbornou, jak z hlediska provozního tak i organizačního, komplexně. To bylo a je třeba promítnout po zpracování POH ČR a krajů následně i do POH původců.

Znamená to, že se tato „odpadová“ problematika velice úzce dotýká zejména provozovatelů a vlastníků ČOV a je potřeba zejména z jejich hlediska tomu věnovat zvýšenou pozornost.

Soustavný rozbor dané problematiky v komplexní šíři za celou ČR vyžaduje stálý přísun aktualizovaných informací, bez nichž lze těžko cokoli posuzovat. Spolu s posouzením nových právních předpisů a jejich dopadu na dosavadní způsob využití čistírenských kalů v praxi je třeba se zaměřit zejména na specifikaci podílu produkce využitého kalu v zemědělství jako na jeden z ekonomicky velice přijatelných způsobů nakládání s kaly u nás, i když ve světle současných předpisů ne zrovna tím z nejjednodušších. Dále je třeba se zaměřit i na podrobný postup kontrolních mechanismů a to nejen při využití kalů v zemědělství spolu s jeho vyhodnocením v praxi.

V současné době je v platnosti zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech ve znění pozdějších předpisů (zatím poslední úprava je zákon č. 7/2005 Sb.). Tyto základní předpisy jsou doplněny soustavou prováděcích předpisů. V poslední době velice naléhavě vyvstává potřeba zpracování a uvedení do praxe nového předpisu - vyhlášky o zpracování bioodpadů jako materiálu pro rekultivace a další způsoby jejich využití, neboť výsledky dlouhotrvající diskuze vedou k závěrům, že bude vhodné, aby si každý členský stát takovýto předpis odpovídající svým specifickým požadavkům a poměrům sám vypracoval. Všechny předpisy by měly být trvale zpřesňovány a aktualizovány v souladu s mezinárodním vývojem a v souladu s novými poznatky vědy a výzkumu v dané oblasti. Zároveň musí respektovat zásady ochrany životního prostředí a udržitelného rozvoje, spolu s uplatňováním hierarchie nakládání s odpady – prevence, minimalizace, využití, odstranění.

SOUČASNÝ STAV V DISKUZÍ O VÝHLEDOVÉM NAKLÁDÁNÍ S KALY A BIOODPADY V EU

Požadovaná hierarchie nakládání s odpady stanovená Rámcovou směrnicí o odpadech 75/442/EHS (prevence, recyklace, zhodnocení a odstranění) se odráží v 6. akčním programu pro ŽP (Decision 1600/2002/EC). V současné době na to navazuje návrh sedmi tematických strategií. Těchto sedm tematických strategií je vlastně způsob přístupu k řešení sedmi klíčových environmentálních otázek. Jedná se o ochranu ovzduší, půdy, moří, ŽP v městech, udržitelné využívání pesticidů, udržitelné využívání a nakládání s přírodními zdroji a o prevenci a recyklaci odpadů. Jejich vzájemná provázanost a potřeba najít jednodušší inovační řešení vyžaduje k řešení komplexní přístup. Strategie se zaměřují na prostředky podpory udržitelného hospodářství prostřednictvím minimalizace vlivu odpadů na ŽP a zároveň se snaží brát ohled na ekonomická a sociální hlediska.

Co se týče ochrany půdy, v působnosti EU není dosud k dispozici rámcový dokument, zabývající se komplexně daným problémem. V současném období odborníci identifikují celou řadu potenciálních ohrožení trvale udržitelného využívání půdy a rizikových faktorů půdních produkčních vlastností. Půda je při aplikaci biologicky zpracovaných biologicky rozložitelných odpadů - dále jen bioodpadů, (kaly z čistíren odpadních vod mezi nimi tvoří stálou složku), jejich příjemcem a neměla by se stát nejlacinější skládkou odpadů. Proto je potřebné důsledně komplexně zvažovat vliv těchto odpadů na půdu a proto také došlo v rámci EU k integraci těchto procesů pod tematickou strategii o ochraně půdy. Samozřejmě, že tady se neuvažuje s přímou aplikací biologicky rozložitelných odpadů, ale až po jejich odpovídající úpravě. Pod obvyklou úpravou je myšleno obvykle kompostování. S ohledem na ustanovení článku 5 Směrnice Rady 99/31/EC o skládkách odpadů, které pojednává o povinnosti vytvořit v členských státech národní strategii pro snížení množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) ukládaného na skládky, se aktivity spojené se zpracováním a využíváním biologicky rozložitelných odpadů znásobily. Cíle tohoto snížení byly promítnuty do právních předpisů ČR následovně: jedná se o snížení na 75 % do roku 2010, na 50 % do roku 2013 a do roku 2020 na 35 % celkového množství (hmotnosti) biologicky rozložitelného komunálního odpadu vzniklého v roce 1995.

Rozhodnutí o přípravě tematické strategie o ochraně půdy bylo přijato v roce 2002. Následně v roce 2003 byl navržen a zveřejněn požadavek integrace všech do půdy vstupujících materiálových toků pod Strategii o ochraně půdy včetně novelizace Směrnice Rady 86/278/EEC o aplikaci kalů do zemědělské půdy formou 3. verze pracovního dokumentu z dubna 2000 (3. draft) a rovněž i návrh Směrnice o biologickém zpracování

biologicky rozložitelných odpadů z února 2001 (2. draft). Samotná strategie měla být zpracována do konce roku 2004, odložila se však na rok 2005 a rozhodovat o ní bude již nová Komise. Nová Komise má rozhodnout i o způsobu její právní závaznosti, bude-li realizovaná jako strategický rámcový dokument formou Směrnice nebo zůstane-li na komunikační úrovni jako relativně nezávazný dokument. V každém případě součástí dokumentu by měly být problematiky týkající se monitoringu půd a výše uvedené směrnice o kalech a biologicky rozložitelných odpadech.

V lednu roku 2004 se konalo v Bruselu společné jednání týkající se začlenění kalů a bioodpadů do sféry působnosti tématické strategie o ochraně půdy. Zúčastnilo se ho 130 odborníků, jednak z pracovního fóra pro strategii o ochraně půdy, jednak experti, kteří se podíleli na zpracování Revize Směrnice Rady 86/278/EEC a tvorbě nové směrnice o bioodpadech.. Předmětem jednání byla diskuze k pracovnímu materiálu: „Kaly a bioodpady“, který kromě všeobecné charakterizace produkce a managementu kalů a bioodpadů, pozitivních a negativních aspektů jejich recyklace v půdním prostředí, obsahoval i dvě přílohy s doporučeními pro zdokonalení managementu bioodpadů a revizi kalové Směrnice. V kontextu s revizí kalové Směrnice jejich obsah směřuje k dosažení dlouhodobého cíle – 75% produkce kalů z čištění odpadních vod má být apriori vhodných pro použití do půdy v celé už rozšířené EU v průběhu dvaceti let. Doporučuje se snížení limitní hodnoty těžkých kovů v kalech. Předcházení jakýmkoliv nárůstům koncentrací těžkých kovů v půdě nad současné hodnoty má být neoddelitelným opatřením a zároveň i cílem v preventivní ochraně půdy. Dále se požaduje doplnění limitních hodnot pro organické polutanty s cílem jednak zajistit co nejvyšší míru ochrany zdraví lidí a zvířat ve spojení s procesem pěstování plodin na zemědělské půdě ošetřované čistírenským kalem a na druhé straně se tento přístup volí s ohledem na všeobecné veřejné mínění a vnímání vlastností kalu a obzvláště kalu z komunálních čistíren odpadních vod jako vysoko znečištěné medium. Z těchto důvodů se zdůrazňuje potřeba hygienizace kalu.

Tato stanoviska jsou potvrzována v diskuzi spolu s doplněním požadavku na možnost rozšířit aplikaci kalu i na nezemědělské půdy. Zdůrazňuje se i otázka agronomické hodnoty kalu – bilance výhod (organická hmota, N, P, K, Ca, Mg atd.) a nevýhod (kontaminace). Prosazuje se holistický princip ke všem zdrojům difúzního znečištění půd včetně hnojiv a živočišných exkrementů. Požaduje se jednotný přístup – harmonizace vzorkování, zpracování vzorků a standardních analytických metod stanovení jednotlivých ukazatelů v kalech a ve všech formách bioodpadů i v půdě. Evropská Komise stanovila jednotná pravidla pro vývoj horizontálních standardů pro oblast kalů, bioodpadů a půdy. S tímto účelem byla

ustanovena horizontální pracovní skupina CEN/BT Task Force „Horizontal Standards in the fields of sludge, biowaste and soil“.

V průběhu roku 2004 na základě uváděné diskuze je navrhováno pozměnění směrnice 86/278/EHS o používání čistírenských kalů v zemědělství. Návrh směřuje do rozšíření možnosti využívání čistírenských kalů v lesnictví a při sanaci půdy. Předpokládá se také revize definice čistírenského kalu a rozšíření možnosti využívání kalů nejen z čistíren komunálních odpadních vod, ale i z čistíren odpadních vod z některých odvětví průmyslu, zejména potravinářského. Měly by být zvýšeny požadavky na předběžnou úpravu kalů (chemickou, biologickou nebo tepelnou podle způsobu použití), a zavedeny přísnější limity pro obsah těžkých kovů a rozšířen jejich seznam, kromě kadmia, mědi, niklu, olova, zinku a rtuti byl měl být limitován i obsah chromu. Nově by měly být zavedeny mezní hodnoty pro obsah dioxinů a určitých organických sloučenin v těchto kalcích. Některé z těchto přísnějších požadavků však naše vyhláška č. 382/2001 Sb. o použití kalu na zemědělské půdě již akceptuje (např. jsou sledovány ukazatele obsahu Cr, AOX a PCB včetně mikrobiologických ukazatelů).

Biologické zpracování biologicky rozložitelného odpadu a použití kompostu a digestátu dosud není předmětem předpisů EU. Diskusní dokument ad hoc setkání o bioodpadech a kalcích, které se konalo v lednu 2004 v Bruselu, je zatím posledním návrhem řešení problematiky biologicky rozložitelných odpadů s tím, že ani na úrovni EU dosud není tato problematika jednoznačně vyřešena. Tento dokument se zabývá zpracováním biologicky rozložitelných odpadů a navrhuje podporu kompostování. Recyklace kompostovaných kalů a biologicky rozložitelného odpadu v zemědělství je považována za způsob udržování nebo obnovování kvality půdy vzhledem k hnojivým a zlepšovacím vlastnostem organické hmoty obsažené v těchto materiálech.

NEJČASTĚJŠÍ OTÁZKY A ODPOVĚDI KE ZPĚTNÉMU ODBĚRU VÝROBKŮ

Nejčastější otázky a odpovědi ke zpětnému odběru výrobků vztahující se k ustanovení § 38 zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, (dále jen „zákon o odpadech“) a vyhlášky č. 237/2002 Sb., o podrobnostech způsobu provedení zpětného odběru některých výrobků, ve znění pozdějších předpisů.

Co je zpětný odběr výrobků?

Zpětným odběrem se rozumí odebírání použitých výrobků povinnými osobami od spotřebitelů bez nároku na úplatu za účelem jejich využití nebo odstranění.

Kdo je povinnou osobou ke zpětnému odběru výrobků?

Povinnou osobou je právnická osoba nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, která výrobky podléhající zpětnému odběru vyrábí nebo uvádí na trh v České republice výrobky zahraničního výrobce.

Tato definice se vztahuje k výrobkům uvedeným v § 38 odst. 1 zákona o odpadech, dodávaným spotřebiteli k jejich užití. Osoby, které výrobky vyrábí nebo uvádí na trh v ČR výrobky zahraničního výrobce, které nejdou do oběhu spotřebiteli, nejsou povinnými osobami a nevztahuje se na ně povinnost zpětného odběru podle § 38 zákona o odpadech.

V případě, že je výrobek vyroben v ČR a je určen ke spotřebě v ČR, stává se tedy povinnou osobou pro zajištění zpětného odběru tuzemský výrobce.

V případě, že je výrobek vyroben v zahraničí a je určen ke spotřebě v ČR, stává se povinnou osobou ke zpětnému odběru osoba uvádějící tento výrobek na trh v ČR, tj. právnická osoba nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, která je prvním tuzemským držitelem výrobku v ČR.

Povinnou osobou ke zpětnému odběru je vždy pouze jeden subjekt!

Kdo je povinnou osobou ke zpětnému odběru výrobku, je-li součástí jiného celku?

Povinnou osobou pro zajištění zpětného odběru výrobků podléhajících této povinnosti v případě, že je výrobek součástí funkčního celku, se rozumí výrobce výrobku nebo dovozce funkčního celku.

Povinnost zpětného odběru se vztahuje na daný výrobek, nikoliv na celý funkční celek.

Kde naleznu formulář Roční zprávy a kam ho mám zaslat?

Požadavky na obsah Roční zprávy o plnění povinnosti zpětného odběru jsou uvedeny v § 20 vyhlášky č. 383/2001 Sb. Formulář roční zprávy naleznete v příloze č. 19 citované vyhlášky (ZMĚNA FORMULÁŘE od vykazovaného roku 2005). Formulář Roční zprávy je dostupný na www.env.cz v přepisovatelném formátu (dokument WORD).

Roční zpráva za uplynulý kalendářní rok se zasílá každoročně do 31. března (i v případě „nulového odběru“) na adresu:

Ministerstvo životního prostředí
Odbor odpadOVÝCH TECHNOLOGIÍ A OBALŮ
Vršovická 65
100 10 Praha 10

Musí zajistit zpětný odběr také prodejce?

Povinnost zajistit zpětný odběr použitých výrobků nabídnutých ke zpětnému odběru je uložena povinné osobě, nikoli poslednímu prodejci. Z ustanovení § 38 zákona o odpadech vyplývá, že zpětný odběr zajišťuje, resp. organizuje povinná osoba a určuje rovněž, kde se nachází místa zpětného odběru. Prakticky jde o to, aby se povinná osoba dohodla s posledním prodejcem, zda bude provozovna prodejce místem zpětného odběru.

Technickou realizaci zpětného odběru může samozřejmě na základě smluvního vztahu pro povinnou osobu zajišťovat i jiný subjekt.

Pouze v případě, že poslední prodejce nesplní informační povinnost uvedenou v § 38 odst. 5 zákona o odpadech, je sám povinen použité výrobky odebírat přímo v provozovně, a to bez nároku na úplatu od spotřebitele, po celou provozní dobu a bez vázání odebrání použitých výrobků určených ke zpětnému odběru na nákup zboží.

Je subjekt povinnou osobou pouze ke „svému výrobku“, tj. k tomu který uvedl na spotřebitelský trh?

Nikoliv. Povinnost zajistit zpětný odběr použitých výrobků má povinná osoba, a to bez ohledu na výrobní značku a do výše, kterou za vykazované období stanovené podle § 38 odst. 10 zákona o odpadech vyrobí nebo doveze. Jednoznačně nesmí být odebrání použitého výrobku od spotřebitele vázáno na výrobní značku.

Spotřebitel může odevzdat v místě zpětného odběru zřízeném výrobcem „A“ i použitý výrobek výrobce „B“ (tj. tentýž druh výrobku, např. pneumatika, ale jakékoliv výrobní značky). Povinná osoba „A“ musí zajistit zpětný odběr pneumatik v jí zřízených místech zpětného odběru i od jiných výrobců, ale pouze do zmiňovaného množství.

Jak si mám vysvětlit pojem „spotřebitel“?

Spotřebitelem se pro účely zpětného odběru rozumí dle § 2 zákona č. 634/1992 Sb., o ochraně spotřebitele, ve znění pozdějších předpisů, každá fyzická nebo právnická osoba, která nakupuje výrobky nebo užívá služby za jiným účelem než pro podnikání s těmito výrobky nebo službami (tj. např. pro použití těchto výrobků pro potřeby svých členů, zaměstnanců apod.).

Spotřebiteli jsou ve smyslu citovaného zákona nejen fyzické osoby, ale i podnikatelské subjekty, které nakupují výrobky s nimiž dále nepodnikají.

Podléhá místo zpětného odběru souhlasu krajského úřadu k provozování zařízení?

Nepodléhá. Je-li např. provozovna prodejce místem zpětného odběru použitých výrobků (po dohodě s prodejcem stanovuje povinná osoba), není zařízením ke sběru odpadů dle § 14 odst. 1 zákona o odpadech a není tudíž požadován souhlas příslušného krajského úřadu k jeho provozování.

V místě zpětného odběru se od spotřebitelů odebírají použité výrobky, které se stávají odpadem až ve chvíli jejich předání osobě oprávněné k jejich využití nebo odstranění.

Zaznamenávají se údaje o zpětném odběru (prodejce, firma realizující zpětný odběr pro povinnou osobu) do průběžné evidence o odpadech a ročního hlášení?

V případě, že se jedná o zpětný odběr použitých výrobků je prodejce povinen vést průběžnou evidenci původce odpadů (§ 39 odst. 1 zákona o odpadech) pouze o odpadech, které jako původce odpadu sám vyprodukuje nebo s kterými dále nakládá, nikoli o zpětně odebraných použitých výrobcích. To platí i pro osoby oprávněné k nakládání s odpady, které zároveň zajišťují zpětný odběr výrobků dle § 38 zákona o odpadech na základě smluvního vztahu pro povinnou osobu, nejsou-li provozovateli zařízení k jejich využití nebo odstranění.

Odpadová evidence nezahrnuje „nakládání s použitými výrobky“. Vedení evidence o zpětně odebraných použitých výrobcích může být např. smluvně ošetřeno mezi prodejcem (v jehož provozovně je místo zpětného odběru nebo realizátorem zpětného odběru) a povinnou osobou, zejména pro potřebu povinné osoby splnit povinnost zpracování roční zprávy o plnění povinností zpětného odběru.

Použitý výrobek se poprvé jako odpad zaznamenává v průběžné evidenci o odpadech osoby oprávněné k jeho využití nebo odstranění. Až tento subjekt, kterému je zpětně odebraný výrobek předán, s ním dále nakládá jako s odpadem.

Uvedené subjekty by však měly mít evidenci výrobkovou – pro kontrolní orgány i pro povinné osoby, ale i pro svoji kontrolu.

Musí být použité výrobky odděleně shromažďovány od odpadu stejného materiálu v případě, že provozovatel zařízení k nakládání s odpady (sběrný dvůr, apod.) poskytne na smluvní bázi povinné osobě (kolektivnímu systému) prostor k jejich shromažďování v tomto zařízení?

Odpady v zařízení, provozovaném podle § 14 odst. 1, resp. 2 zákona o odpadech, mohou být soustřeďovány za podmínek stanovených v příslušném souhlasu k provozování zařízení a provozním řádu. Zařízení ke sběru nebo výkupu odpadů musí splňovat kromě obecných požadavků na zařízení podle § 4 vyhlášky č. 383/2001 Sb., podmínky i stejné technické požadavky jako zařízení ke shromažďování nebo skladování odpadů uvedené v § 5 a 7 citované vyhlášky.

Ustanovení § 5 odst. 2 písm. a) vyhlášky č. 383/2001 Sb. ukládá povinnost odlišit shromažďovací prostředky odpadů (tvarově, barevně nebo popisem) od prostředků nepoužívaných pro nakládání s odpady, nebo používaných pro jiné druhy odpadů. Je tedy zřejmé, že odpady musí být soustřeďovány v prostředcích odlišených od shromažďovacích prostředků určených pro shromažďování zpětně odebraných výrobků.

Má povinná osoba povinnost zajistit na své náklady odvoz zpětně odebraných výrobků z provozovny prodejce, které je zároveň místem zpětného odběru?

V případě, že např. prodejna ELEKTRO je místem zpětného odběru použitých baterií a akumulátorů, je zajištění zpětného odběru, i finanční (rovněž náklady na přepravu použitých výrobků), na povinné osobě, která zde místo zpětného odběru po dohodě s prodejcem vytvořila.

Jak to má obec udělat, aby mohla odpady, resp. výrobky podléhající zpětnému odběru sbírat jednoduše, prostřednictvím „odpadářské firmy“, a přitom zdarma?

Odpověď na tuto otázku zní: pokud bude v obci místo zpětného odběru dle zákona o odpadech.

A jak se tedy může např. sběrný dvůr obce stát místem zpětného odběru? Povinná osoba může určit místem zpětného odběru libovolné místo s ohledem na charakter výrobku, ale samozřejmě se souhlasem příčného subjektu (školy, obchody, provozovna prodejce výrobku, atd.). Na základě písemné dohody s obcí může rovněž ke splnění povinností zpětného odběru využít systém sběru a třídění komunálních odpadů stanovený obcí. Obec, resp. její sběrný dvůr, v takovém případě plní úlohu místa zpětného odběru pro ty výrobky (vyhrazené místo v SD), které jsou uvedeny ve smlouvě s povinnou osobou. Za následné nakládání s těmito výrobky by obec neplatila, neboť odpovědnost za zajištění zpětného odběru, tj. i za jejich využití nebo odstranění dle § 38 odst. 9 zákona o odpadech, leží na povinné osobě.

Pokud však smlouva mezi obcí a povinnou osobou neexistuje, pak jsou např. pneumatiky nebo minerální oleje přebírány od občanů jako „odpad“, resp. složka komunálního odpadu, nikoli však jako „použitý výrobek“ a následně s nimi jako s odpadem musí být nakládáno, tj. včetně platby „odpadářské firmě“ za jejich převzetí.

Povinná osoba může tedy za účelem splnění povinností využít systém sběru a třídění komunálních odpadů stanovený obcí, ale pouze na základě písemné dohody s touto obcí. Zákon o odpadech hovoří o „možnosti“ nikoli o „povinnosti“, ať už pro povinnou osobu nebo pro obec, tzn. že sběrný dvůr provozovaný v rámci systému obce může, ale i nemusí být striktně místem zpětného odběru.

Literatura:

- [1] VOŠTOVÁ, V. - FRIES, J.: *Zpracování pevných odpadů*. Skripta. Vydavatelství ČVUT v Praze 2003, 157 s. ISBN 80-01-02672-8.
- [2] DINTER, O.: *Drcení a mletí nerostných surovin*. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha 1984, s. 241. Zn.: 04-413-84.
- [3] DINTER, O.: *Úprava nerostných surovin*. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha 1963, s. 475. Zn.: 04-430-63.
- [4] DIRNER, V. a kolektiv: *Ochrana životního prostředí - Základy, plánování, technologie, ekonomika, právo a management*. VŠB-TU Ostrava, s. 330, ISBN: 80-7078-490-3.
- [5] GRODA, B.: *Technika zpracování odpadů*. MZLU, Brno 1995, s. 260. ISBN 80-7157-164-4.
- [6] CHYTKA, L.: *Alternativní možnosti využití ojetých pneumatik a ostatních pryžových materiálů z pohledu energetického*. In. Mezinárodní aktiv „Druhý život pneu“. Aquatest, a.s. Praha, Divize 94 - Most 2001, s. 1-5.
- [7] CHRIAŠTEĽ, L.: *Recyklácia odpadov*. STU Bratislava 2000, s. 102. ISBN 80-227-1403-8.
- [8] JURNIK, A.: *Ekologické skládky*. ALDA nakladatelství, spol. s r.o. Olomouc, Reprocentrum v.o.s., Blansko 1995, s. 179. ISBN 80-856-32-3
- [9] KUNICKÝ, Z.: *Recyklace olověných akumulátorů v české republice*. Recyklace odpadů II - 1998. Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, s. 29-32. ISBN 80-7078-588-8.
- [10] KURAŠ, M.: *Technologie zpracování odpadů*. VŠCHT Praha 1993, s. 279. ISBN 80-7080-195-6.
- [11] LAPČÍK, V.: *Možnosti zpracování starých automobilů recyklací*. Odpady '97. Spišská Nová Ves, s. 200-207.
- [12] RŮŽIČKOVÁ, Z. - SRB, J. - VIDLÁŘ, J.: *Druhotné suroviny – nové zdroje průmyslu*. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha 1989, s. 193. ISBN 80-03-00020-3.
- [13] SCHEIRS, J.: *Polymer recycling*. Boockraft, Midsomer-Norton, Avon, Great Britain. Chichester 1998. 591 p. ISBN 0-471-97054 9.
- [14] VIDLÁŘ, J. – RŮŽIČKOVÁ, Z. – SRB, J.: *Úprava druhotných surovin*. VŠB-TU Ostrava 1985, s. 302.
- [15] ZEMÁNEK, P.: *Speciální mechanizace - mechanizační prostředky pro kompostování*. MZLU, Brno 2001, s. 114. ISBN 80-7157-561-5.

<http://www.energ.cz/hlavni.html>

<http://ekologie.aktualne.cz/>

<http://www.nakladanisodpady.cz/>