

LEGENDA KE SCHÉMATU

-  ŘETĚZOVÝ DRTIČ
-  DVOUROTOROVÝ DRTIČ
-  MLÝN - SKULOVAČ
-  VIBRAČNÍ TRÍDIČ DVOUSÍTŮVÝ
-  FLUIDNÍ TRÍDIČ
-  VYLUČOVAČ NEMAG.KOVŮ
-  BUBNOVÝ VYLUČOVAČ MAGNETICKÝCH KOVŮ
-  PŘEBĚHOVÝ VYLUČOVAČ MAGNETICKÝCH KOVŮ
-  RUČNÍ TRÍDĚNÍ
-  ZASOBNÍ SILO
-  BOX (KONTEJNER)
-  TOK MATERIÁLU

Obrázek 15: Technologické schéma linky pro zpracování elektroodpadu

Možnosti recyklace plošných spojů

Plošné spoje jsou jako propojovací a nosné elementy elektronických prvků nedílnou součástí téměř každého elektrozařízení. Protože v sobě zahrnují (včetně součástek) téměř všechny chemické prvky mají, vzhledem k obtížné recyklaci, negativní dopad na životní prostředí.

Plošné spoje tvoří společně s elektronickými součástkami základ všech elektronických jednotek. Materiálová různorodost a s ní spojená obtížná recyklace je dána přítomností velkého množství elektronických prvků. Desky obsahují množství nebezpečných látek, ale i drahých kovů (např. stříbro, zlato, platina a palladium - zejména na plošné konektory a piny). Průměrný obsah kovů v plošném spoji s osazenými elektronickými součástkami je uveden v tabulce. Optimálním materiálem pro desky plošných spojů je vrstvený izolant (laminát). Jedná se o materiál na bázi pryskyřic a papíru s přiměřenou navlhavostí, střední pevností a dobrými elektrickými vlastnostmi. V oblasti počítačové techniky a v průmyslové elektronice se nejčastěji používají základní materiály na bázi skleněných tkanin.

Tabulka 8: Průměrný obsah kovů v plošných spoji s osazenými elektronickými součástkami

Chemický prvek	Obsah [%]	Oblast použití
Měď Cu	10 až 25	Vodivé cesty, vodiče, chladiče
Železo Fe	5 až 10	Konstrukční a spojovací části
Olovo Pb	1 až 5	Složka pájky, kondenzátory
Nikl Ni	1 až 3	Akumulátory
Hliník Al	2	Konstrukční části, chladiče
Cín Sn	0,8 až 4	Složka pájky, kondenzátory
Zinek Zn	0,3 až 0,4	Fluorescenční materiály
Antimon Sb	0,1	Složka pájky, kondenzátory
Stříbro Ag	0,05 až 0,3	Elektrické kontakty, konektory
Zlato Au	0,01 až 0,1	Elektrické kontakty, konektory
Platina Pt	0,004	Elektrické kontakty, konektory
Palladium Pd	0,004 až 0,03	Náhrada zlata, kontakty, relé
Kadmium Cd, Titan Ti, rtuť Hg	4 až 10	Akumulátory, baterie, spínače, relé

Před recyklací desek plošných spojů je prvním krokem *odstranění veškerých elektronických součástí*. Následně může být použita metoda mechanického odstranění, která je vhodná pro selektivní separaci pouze některých důležitých součástek (např. diody, tranzistory, rezistory apod.). Provádí se mechanickým odstraněním pinů z vhodných komponent.

Dalším používaným technologickým postupem je *tavení*, kdy dochází k postupnému roztavení cínových spojů a uvolnění pinů součástek, které se mechanicky odstraní. Plošný spoj se umístí pod ochranný kryt na hliníkovou desku, která se topnými tělesy ohřeje na teplotu 350 až 400 °C.

Dále je využíváno *řezání*, kdy se deska plošného spoje umístí do upínacího rámu, ve kterém se piny odřezou pilou na kov. Nevýhodou tohoto postupu je, že odpad, vznikající při odřezávání obsahuje směs kovových a laminátových pilin.

Dalším technologickým postupem je *drcení plošných spojů*. Podle konkrétních požadavků na zrnitost drceného materiálu se používají břitové drtičí stroje, granulační mlýny, řezací zařízení nebo brousky. Mezi zvláštní způsoby zdobňování kovových odpadů lze zařadit také tzv. kryogenní drcení. Tento způsob drcení spočívá v tom, že drcený odpad je nejprve hluboce podchlazen na teplotu -100 až -170 °C a teprve poté drcen. Využívá se přitom různých účinků nízkých teplot na fyzikální vlastnosti materiálů. Podchlazené materiály potřebují k dokonalé fragmentaci drtiče s přibližně polovičním příkonem než při drcení standardním. Nevýhodou jsou vysoké náklady na tuto technologii.

Dalším technologickým procesem je *separace materiálů z drti*. Třídění feromagnetických materiálů z drti plošných spojů se provádí pomocí magnetické separace, vibračním tříděním, elektrostatickou separací a gravitační úpravou (umožňuje oddělování jednotlivých materiálů v prostředí kapaliny, na základě rozdílné hustoty).

Získávání drahých kovů probíhá s využitím několika různých technologických postupů:

- *extrakce v tavenině olova*, kdy jsou rozdrčené desky s tištěnými spoji dávkovány přímo do tavicích zařízení, kde se mísí s roztaveným olovem. Plasty vyhoří, železo a část barevných kovů plave na povrchu taveniny, odkud se stahuje mimo. Do roztaveného olova přechází většina ušlechtilých kovů. Tavenina je následně provzdušňována a většina olova a obecných kovů zoxiduje a odstraní se jako struska. Zbylá část olova, obohacená o drahé kovy je podrobena rafinaci. Takto je získávána nejen měď, ale i selen, nikl, tellur, olovo, cín a rtuť. Výhodou procesu je malá náročnost na pracovní sílu a univerzálnost vůči vstupní surovině, nevýhodou je nižší environmentální šetrnost této technologie,
- *kyanidové loužení*, kdy je možné zlato selektivně a snadno izolovat loužením zředěnými roztoky alkalických kyanidů. Podmínkou je, aby pozlacený materiál byl obnažen (jeho povrch musí být přístupný kontaktu s loužicím roztokem). Loužení má vysokou účinnost a jeho výhodou je skutečnost, že ostatní kovy jím nejsou znehodnoceny. Nejčastěji používané slitiny na bázi mědi, zinku a niklu tak mohou tak mohou být dále metalurgicky rafinovány, aniž by tyto kovy přecházely do roztoků, ze kterých by musely být složitě izolovány. Nevýhodou je vysoká toxicita použitého činidla. Při řádném řízení procesu a bezpečném zacházení s výluhy vzniká minimální

množství dalších odpadů s nízkou mírou nebezpečnosti. Provozní rizika a potenciální možnost havárie však činí tento proces problematickým,

- *sulfáto-nitrátový postup*, který se používá pro separaci palladia. Pokud se surovina s obsahem palladia zpracovává sulfáto-nitrátovou cestou, pak lze vzniklé roztoky po denitraci velmi snadno redukovat formaldehydem a získat s vysokou účinností palladium.
- *elektrolýza*, která se používá tehdy, kdy se při procesu recyklace elektroodpadu získá frakce barevných kovů nebo výluh z některého podílu odpadu. Roztok ale obvykle obsahuje velké množství kovů (měď, zinek, nikl, kadmium, stříbro, palladium, železo atd.) a izolace všech složek není ekonomicky možná, ani žádoucí. Většinou se elektrolýzou získá podíl mědi, případně niklu a složka drahých kovů zůstává většinou obsahem anodických kalů,

Náhrada nebezpečných materiálů v plošných spojích

V poslední době probíhá intenzivní výzkum možností nahrazení nebezpečných, škodlivých materiálů v plošných spojích za jiné. Nejpokročilejší jsou výsledky výzkumu v oblasti bezolovnatých pájek a zpomalovačů hoření bez obsahu halogenů. Vývoj bezolovnatých pájek trval cca 10 let a ukazuje se, že jejich použití v praxi je reálné. V současné době používá tyto pájky několik významných výrobců elektroniky, jako např. Panasonic, Nokia, Sony, Toshiba. Použití bezolovnatých slitin má vyšší ekonomickou náročnost, což vede k tomu, že jsou intenzivněji využívány recyklované kovy z vyřazených výrobků. Olovo v pájkách může být nahrazeno slitinami na bázi cínu a bismutu s legurami stříbra, mědi a zinku.

5. AUTOVRAKY

V současné době je automobil standardní součástí lidských potřeb a na světě je provozováno okolo 650 milionů automobilů s tendencí k dalšímu růstu jejich počtu. Rozvoj automobilového průmyslu se projevuje ve zvyšujícím se počtu vozidel, která jsou vyřazována z provozu, z důvodu technického či morálního zastarání. Celosvětově je každoročně vyřazováno z provozu cca 30 milionů vozidel a rychlý růst počtu nových automobilů vede i k růstu počtu vyřazených vozidel (oproti předpokladům je růst výraznější). V České republice je vozidlo s ukončenou životností nazýváno autovrak. Vyřazené vozidlo obsahuje významné množství využitelných materiálů, ale i látek nebezpečných pro životní prostředí. S ohledem na tyto skutečnosti je nutné s autovraky nakládat tak, aby byly co nejefektivněji a environmentálně šetrně zpracovány a tím byly získány cenné druhotné suroviny a separovány

nebezpečné látky. Na autovraky se vztahuje povinnost zpětného odběru, což je odebrání použitých výrobků povinnými osobami bez nároků na úplatu za účelem jejich využití nebo odstranění. Povinnost zpětného odběru se na území České republiky vztahuje i na použité oleje, elektrické akumulátory, galvanické články a baterie, pneumatiky, výbojky a zářivky a elektrozařízení pocházející z domácnosti.

Z hlediska právní úpravy problematiky autovraků je základním předpisem zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech ve zn. pozd. předp. a prováděcí předpisy, zejména vyhláška č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady ve zn. pozd. předp. Specifika nakládání s autovraky vychází ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/53/ES. V České republice byla vydána vyhláška č. 352/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s autovraky, novelizována vyhláškou č. 54/2010 Sb. a vyhláškou č. 105/2014 Sb. Mezi další související předpisy patří zákon č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, novelizován zákonem č. 239/2013 Sb.; zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích; zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny ve zn. pozd. předp.; vyhláška č. 341/2002 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích; vyhláška 30/2001 Sb. kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích a úprava a řízení provozu na pozemních komunikacích; vyhláška č. 243/2001 Sb. o registraci vozidel, ve zn. pozd. předp.

5.1 Nejdůležitější související pojmy

Dle ustanovení právních předpisů se *autovrakem* rozumí každé úplné nebo neúplné motorové vozidlo, které bylo určeno k provozu na pozemních komunikacích pro přepravu osob, zvířat nebo věcí a stalo se odpadem podle § 3 zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech ve zn. pozd. předp. Vybraný *autovrak* je definován jako každé úplně nebo neúplné motorové vozidlo vymezené zvláštním právním předpisem (zákon č. 56/2001 sb. ve zn. pozd. předp.) jako vozidlo kategorie M1 nebo N1 anebo tříkolové motorové vozidlo s výjimkou motorové tříkolky, které se stalo odpadem dle § 3 zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech ve zn. pozd. předp.

Opětovné použití ve vztahu k autovraku je použití částí autovraků bez jejich přepracování ke stejnému účelu, pro který byly původně určeny.

Zpracováním autovraku se rozumí operace prováděné po převzetí autovraku za účelem odstranění nebezpečných složek autovraku, demontáž, rozřezání, drcení (šředrování), příprava na odstranění nebo využití odpadu z drcení a provádění všech dalších operací potřebných pro využití nebo odstranění autovraku a jeho částí.

Dle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech ve zn. pozd. předpisů je *zpracovatel autovraku* právnická nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, která provádí jednu nebo více operací zpracování autovraku na základě souhlasu k provozování zařízení s jeho provozním řádem. Rozhodnutí o souhlasu vydává místně příslušný krajský úřad.

Podstatnou částí autovraku se rozumí karoserie autovraku vybavená identifikačním číslem vozidla, včetně dveří, blatníků a kapot, hnací a převodový mechanismus s příslušenstvím, nápravy s koly, motor vybavený identifikačním číslem, pokud bylo uvedeno v osvědčení o registraci vozidla, elektroinstalace, včetně ovládacích a bezpečnostních prvků, řídicí jednotky a dalších přístrojů, katalyzátor dle homologace.

Identifikační číslo vozidla VIN (Vehicle Identification Number) je určitý počet znaků, čísel a písmen, které jsou specifické pro dané vozidlo.

Odpadní oleje jsou jakékoliv minerální nebo syntetické mazací nebo průmyslové oleje, které se staly nevhodnými pro použití, pro které byly původně určeny, zejména upotřebené oleje ze spalovacích motorů a převodové oleje a rovněž minerální nebo syntetické mazací oleje, oleje pro turbíny a hydraulické oleje.

Provozovatel zařízení je povinen vystavit potvrzení o převzetí autovraku (dříve označováno „doklad o ekologické likvidaci“), byla-li odevzdána alespoň karoserie s označením identifikačního čísla VIN a motor s označením identifikačního čísla, pokud bylo uvedeno v osvědčení o registraci vozidla. Toto potvrzení vystaví provozovatel bezúplatně.

Centrální registr vozidel je databáze, ve které musí být zapsáno každé legálně provozované vozidlo na pozemních komunikacích. Jsou v něm uchovány veškeré údaje o vozidle, jeho vlastníkově a provozovateli po celou dobu, kdy je vozidlo registrováno. Správcem a majitelem dat je Ministerstvo dopravy České republiky.

V České republice je 1. ledna 2009 provozován informační systém s oficiálním názvem Modul Autovraky Informační Systém Odpadového Hospodářství (zkráceně MA ISOH). Je to informační systém pro sledování toku vybraných autovraků a slouží k plnění ohlašovací povinnosti příjemců a zpracovatelů vyřazených automobilů podle vyhlášky o podrobnostech nakládání s autovraky. Účelem MA ISOH je zajistit provázanost údajů o převzatém autovraku s údaji o odpadech, které vznikly při nakládání s vybranými autovraky. Systém byl vyvinut společností INISOFT s.r.o. a pro Ministerstvo životního prostředí jej provozuje Česká informační agentura životního prostředí (CENIA).

5.2 Složení autovraků a zařídění dle Katalogu odpadů

Autovrak obsahuje vedle nebezpečných součástí i celou řadu materiálů, které je možno vhodnými separačními postupy oddělit a využít. Průměrná hmotnost autovraku se pohybuje okolo 950 kg. Z této hmotnosti tvoří průměrně 75 % kovy a 25 % ostatní nekovové materiály. Z hlediska kovů jsou autovraky složeny především z oceli (ocelový plech, případně profily) a litiny. V menším množství se vyskytují nejrůznější slitiny kovů, barevné a neželezné kovy. Nekovový podíl automobilu tvoří zejména pryže a gumy, plasty, sklo, textil a další materiály. Významnou součástí automobilů je rovněž elektroinstalace tvořená obvykle měděnými kabely potaženými izolantem z PVC nebo gumy. Kabely jsou zdrojem hodnotné suroviny – mědi. Materiálová struktura autovraků se v průběhu času mění, a to v závislosti na technickém vývoji výroby vyřazovaných vozidel. U novějších vozů je větší podíl elektroinstalace, větší zastoupení hliníku a lehkých slitin, které jako konstrukční materiál nahrazují ocel. Významný je i rostoucí podíl plastů. Automobil střední třídy obsahuje cca 100 kg plastových dílů. Téměř všechny plasty jsou dále zpracovatelné a využitelné.

Autovraky spadají podle Katalogu odpadů do skupiny 16 „Odpady v tomto katalogu jinak neurčené“. Součástí skupiny 16 je podskupina 16 01 „Vyřazená vozidla (autovraky) z různých druhů dopravy (včetně stavebních strojů) a odpady z demontáže těchto vozidel a z jejich údržby“. Vozidlo s ukončenou životností přijaté do zařízení ke sběru a zpracování autovraků je jakožto druh odpadu evidováno pod číslem 16 01 04 „Autovraky“ a spadá do kategorie nebezpečných odpadů. Z vozidla je následně vyjmuta baterie, odčerpány provozní náplně a odstraněny nebezpečné součásti a materiály obsahující škodliviny. Odstraněným provozním náplním a ostatním součástem jsou přiřazena příslušná a čísla dle Katalogu odpadů. Odstraněním těchto nebezpečných odpadů ztrácí vozidlo své nebezpečné vlastnosti a stává se z něj odpad ostatní. Takovému autovraku je přiřazeno číslo 16 01 06 „Autovraky zbavené provozních kapalin a jiných nebezpečných součástí“.

5.3 Technické prostředky a zařízení pro nakládání s autovraky

Závazné požadavky na zařízení pro nakládání s autovraky jsou stanoveny v příloze č. 2 vyhlášky č. 352/2008 Sb. ve zn. pozd. předp. Místa určená k přejímání, skladování a zpracování autovraků, místa k shromažďování odpadů a skladování materiálů a součástí k opětovnému použití musí být zřetelně označena a musí umožňovat:

- *Příjem autovraků*, zjištění jejich hmotnosti, provádění příslušných záznamů a vedení evidence,
- *skladování autovraků* a jejich části zbavených škodlivin,

- *odčerpání provozních náplní* a vyjmutí dalších nebezpečných částí autovraků,
- *skladování autovraků* bez materiálů a součástí obsahujících škodliviny,
- *demontáž,*
- *skladování částí vozidel,* které lze opětovně použít a které neobsahují žádné kapaliny i těch částí, které kapaliny obsahují,
- *skladování odpadů* určených k dalšímu využití nebo k odstranění,
- *skladování zbytkových karoserií* určených k odvozu nebo dalšímu zpracování.

Zařízení určená pro zpracování autovraků musí být vybavena především:

- *Vodohospodářsky zabezpečenou plochou* zamezující ohrožení (znečištění) povrchových nebo podzemních vod,
- *pomůckami pro úklid,* sorbenty na uniklé provozní náplně, zařízením pro odstranění uniklých kapalin a shromažďovacími prostředky, které odpovídají vznikajícím odpadům, materiálům a částem k opětovnému využití a případně i dalšími zařízeními k úpravě odpadů,
- *zařízením k jímání nebo čištění odpadních vod* včetně vod srážkových v souladu s požadavky zákona č. 254/2001 Sb. o vodách ve zn. pozd. předp.,
- *skladovacími prostory* pro použité pneumatiky a pro jednotlivé demontované části autovraků, včetně částí znečištěných olejem nebo jinými ropnými produkty,
- *příslušnými shromažďovacími prostředky* pro oddělené shromažďování vyjmutých materiálů a částí, provozních náplní a ostatních kapalin obsažených v autovraku.

Mostní váha

Zjištění hmotnosti autovraků je jednou z prvotních technologických operací při jejich zpracování. K tomuto účelu se nejčastěji používá mostní váha dnes. S využitím mostní váhy rovněž stanovujeme také hmotnost železného šrotu a ostatních materiálů. Mostní váha se obvykle skládá z ocelového nebo betonového mostu š. 3 m a délce až 21 m. Rozsah hmotností, které je zařízení schopno zvážit je 30 až 60 000 kg. Z hlediska provedení mohou být mostní váhy zapuštěné do úrovně vozovky nebo nadúrovňové s nájezdem. Váhy jsou vybaveny snímači, které jsou propojeny s měřicí a vyhodnocovací jednotkou, případně i stanicí PC, na které je možné pomocí softwarové aplikace zaznamenávat zjištěné údaje.

Manipulační technika

Mechanizace pro manipulaci s autovraky a materiály je nezbytnou součástí vybavení provozoven pro zpracování autovraků. Nejčastěji se využívá mobilních strojních prostředků pro manipulaci, jakými jsou vysokozdvizné vozíky. K pohonu vozíku i hydraulicky ovládané nástavby bývá využíváno spalovacího motoru, u kterého se jako palivo používá benzín. Lze se

setkat i s vozíky vybavenými motory na zkapalněný uhlovodíkový plyn (LPG) nebo elektropohon na AKU baterie. Přídavným zařízením vysokozdvihných vozíků jsou prodloužené nosné vidlice, zajišťující snadnou manipulaci s autovraky. Stacionárním manipulačním prostředkem, který se v těchto provozech využívá pro transport autovraků do šrédrů, je mostový jeřáb s drapákem. Drapák je vhodný i k manipulaci s jiným železným šrotem. Pro transport autovraků z míst mimo dosah mostového jeřábu jsou využívány i mobilní jeřáby s drapákem. Vedle drapáků lze alternativně využít i elektromagnetů.

Nosné rámy, zdvihací plošiny, zdvihací vidlice

Z důvodu snadnější přístupnosti pracovníků při odčerpávání provozních náplní je autovrak obvykle umístěn na nosnou rámovou konstrukci, případně zdvihací plošinu nebo zdvihací vidlice. Nosná rámová konstrukce je trvale přikotvena k betonovým základovým konstrukcím a je umístěna ve výšce cca 1,8 m. Zdvihací plošiny nebo vidlice je možné nastavit dle potřeby do libovolné výšky. Některá zdvihací zařízení jsou uzpůsobena i k naklonění autovraku, což usnadňuje navrtání nádrže v nejnižším bodě, čímž se docílí efektivnějšího vypuštění paliva.

Zařízení pro odsávání provozních náplní

Důležitou technologickou operací při zpracování autovraků je odstranění provozních náplní. Tato zařízení může být v stacionárním (trvale umístěné v areálu zařízení pro zpracování autovraků) i mobilním provedení (využívané např. i při dopravních nehodách) a musí usnadnit účinné odsávání provozních náplní, včetně navrtání nádrží. Obvykle se jedná o zařízení zajišťující navrtání nádrží a odsávací zařízení (např. vývěva) s napojením na nádobu pro uskladnění těchto kapalin (a plynu). Mezi provozní kapaliny patří brzdová kapalina, nemrznoucí chladicí kapalina, kapalina z ostřikovačů, benzín, nafta a oleje (motorové, převodové, hydraulické). Specifickou náplní je plyn z klimatizačního zařízení. Jednotlivé odsáté náplně musí být skladovány odděleně ve speciálních nádobách ve vyhrazených skladovacích prostorech.

Mezi nejmodernější vybavení zařízení pro zpracování autovraků řadíme stacionární komplexní odsávací stanice (výrobce např. SEDA, Austria). Cena komplexní centrální odsávací stanice se pohybuje okolo 22 000 EUR.

Sorbenty

Sorbenty jsou speciální látky, určené pro sorpci uniklých provozních náplní. Používané sorbenty jsou obvykle v tuhém skupenství ve formě sypkého materiálu nebo textilních pásů. Sorbenty jsou schopny na sebe fyzikálně-chemicky navázat uniklou provozní kapalinu, pohlcovat ji nebo s ní reagovat a tím zabránit jejímu dalšímu šíření do okolního životního prostředí.

Dílenské vybavení pro demontáž

Pro demontážní práce je nutné mít v zařízení k dispozici i běžné dílenské vybavení, jako např. šroubováky, sady gola klíčů, kleště, hasáky, kladiva a ostatní ruční nářadí. Dále je nutná i kotoučová úhlová bruska, pneumatické nůžky, autogenní souprava apod.

Zařízení pro lisování

Zařízení pro lisování zajišťují snížení objemu kovového odpadu. Jedná se obvykle o stacionární nebo semimobilní zařízení, která mohou být přepravována pomocí mobilních prostředků. U některých zařízení jsou využívány lisovací stroje, které jsou schopny slisovat celou karoserii vozu, u jiných musí být autovrak nejdříve rozstříhán na menší části. Lisovací zařízení pracují na hydraulickém principu a jejich produktem je balík (paket) o stanovených rozměrech.

Zařízení pro drcení

Na zařízeních pro zpracování autovraků je pro drcení využíváno drtících zařízení v podobě kladivových drtičů (tzv. šrédry) a mlýny. Při zpracování autovraků se nejčastěji využívá modifikovaných kladivových drtičů. Šrédry rozlišujeme podle jejich velikosti a určení. Mini šrédry mají příkon do 250 kW a jsou určeny pro drcení jednotlivých dílů. Střední šrédry mají příkon 250 až 750 kW a jsou určeny pro drcení celých autovraků bez motorů. Velké šrédry mají příkon 750 až 2200 kW a jsou určeny pro drcení kompletních autovraků. Velmi velké šrédry mají příkon nad 2200 kW a jsou určeny pro drcení ostatních zvláště rozměrných materiálů.

Zařízení pro zpracování alternátorů a elektromotorů

Tato technologická linka je určena ke zpracování elektromotorů a alternátorů vyjmutých z vozidel. Elektromotor či alternátor je pásovým dopravníkem veden do kladivového mlýna, kde je dezintegrován na drobné částice. Takto dezintegrováný materiál je dalším dopravníkem přepravován na určené místo. Nad dopravníkem je umístěn magnetický separátor, který odstraňuje z materiálu magnetické kovy.

Separční zařízení – roštové třídiče

Rošty (respektive roštové třídiče) jsou určeny pro hrubé roztřídění kusových částic zpracovávaných materiálů. Rošty se skládají z pevných, posuvných, pohyblivých nebo kotoučových roštnic. Rošty bývají součástí komplexních technologických linek pro zpracování autovraků.

Separační zařízení – sítové třídiče

Síta (respektive sítové třídiče) lze rozdělit dle funkčnosti na desková a drátěná. Podle konstrukčního řešení rozlišujeme síta na bubnová a vibrační. Pro rozřídění nemagnetické frakce z drcení autovraků se používají především rotační bubnová síta.

Separační zařízení – odlučovače prachu

Ze směsi zpracovaného materiálu se pomocí odlučovačů prachu odstraňují jemné prachové částice. Odlučovače jsou nejčastěji pneumatické (např. cyklony) a často bývají doplněny i záchytným filtračním zařízením pro snížení emisí prachu uvolňovaného při oddělování.

Magnetické separační zařízení

Magnetické separátory jsou zařízení určené k oddělení kovových částic různých velikostí od nekovových materiálů. Dle konstrukce rozlišujeme magnetické separátory s permanentním magnetem a separátory z elektromagnetu napájené elektrickou energií. Separační rampy s permanentním magnetem jsou nejčastěji využívány k oddělení magnetické a nemagnetické frakce materiálu, vzniklé drcením autovraků a vedené na pásovém dopravníku. Základem je magnet, kolem něhož obíhá pás, na který je pomocí magnetických sil přitahován feromagnetický materiál. Tento materiál je pomocí pásu odváděn na určené místo. Magnetická separační rampa se většinou umísťuje nad dopravník s vodorovným pootočením o 90°. Kvalita separace závisí na rychlosti pásu a zrnitosti materiálu.

5.4 Příklad technického řešení drtící a separační linky PWH 2500

PWH 2 500 je drtící a separační linka na úpravu autovraků a lehkého kovového odpadu, která je využívána např. společností Metalšrot Tlumačov a.s. Toto drtící a separační zařízení je schopno zpracovat až 70 000 autovraků za rok. Zařízení zpracovává osobní i dodávkové automobily v původním nebo předlisovaném stavu. Dále se také využívá k drcení vyřazených elektrospotřebičů a lehkého ocelového odpadu do tloušťky stěny 4 mm. Při momentálním přetížení je drtič schopen zpracovat i silnější materiály. Součástí linky je i separační zařízení, takže odpad, který vstupuje do zařízení, může být promíchán s neželeznými kovy a znečištěn nekovovými povlaky. Drtící linka je soustavou několika samostatných technologických celků, které jsou navzájem propojeny dopravníkovou soustavou. Příkon celé linky je 2 350 kW. Základní činností je drcení materiálu, které je prováděno v uzavřeném rotačním kladivovém drtiči. Hlavní motor drtiče pracuje pod napětím 6 000 V a jeho příkon je 1 850 kW. Motor dosahuje 740 otáček za minutu, při momentálním přetížení, které je způsobeno drcením silnějších částí dosahuje drtič cca 450 otáček za minutu. Výkon linky se liší podle vstupního materiálu a pohybuje se v rozmezí od 20 000 kg do 70 000 kg kovových materiálů za hodinu.

Spotřeba elektrické energie je 25 kWh na 1 000 kg drceného materiálu. Maximální vstupní rozměry materiálu jsou: výška 1 500 mm, šířka 2 400 mm a délka až 5000 mm. Vstupující karoserie autovraků mohou být kompletní, včetně motoru, čalounění, skel, pneumatik apod. Nesmí ovšem obsahovat zbytky provozních kapalin, autobaterie a jiné nebezpečné součásti. Mimo zařízení v Tlumačově se obdobná linka nachází také v Kladně a Kovošrot Group CZ a.s. provozuje podobnou linku Shredder v České Lípě.

5.5 Příklad technického řešení drtící a separační linky HAMMEL

Toto kompaktní zařízení reprezentuje drtící a separační linku, kterou je možno převézt na místo použití. Základním strojním zařízením je primární drtič HAMMEL VB 950 DK, další součástí linky je vibrační síto HAMMEL MMS 150 a excentrický dodrcovač HAMMEL HEM 1 250. HAMMEL VB 950 K je výkonný vysokootáčkový kladivový drtič, který je schopen dezintegrovat kompletní vraky osobních automobilů zbavené provozních kapalin a nebezpečných součástí. Drtící zařízení je vybaveno diesellovým agregátem, jehož kladiva podrtí vložený materiál na částice o maximální velikosti 300 mm. Zařízení je schopno podrtit až 60 000 kg autovraků za hodinu. Hmotnost celého zařízení se pohybuje okolo 46 000 kg. Součástí zařízení je elektromagnet, který roztřídí podrcený materiál na 2 frakce (magnetickou a nemagnetickou). Jednotlivé frakce jsou odděleně vedeny pásovými dopravníky k dalším zařízením, kde probíhá jejich separace. Magnetická frakce postupuje do vibračního síta HAMMEL MMS 150 s velikostí ok 150 mm. Jemná frakce (menší než 150 mm) propadá skrz vibrační síto do vibračního žlabu a je vedena k elektromagnetickému bubnu, kde jsou odděleny zbytky neželezných kovů a prach. Částice větší než 150 mm putují do dalšího zařízení. Výkonnost tohoto zařízení je až 40 000 kg za hodinu a zařízení má hmotnost kolem 18 000 kg. Výkon diesellového agregátu je 62 000 W. Excentrický drtič HAMMEL HEM 1 250 je určen k dodrcování částic větších než 150 mm, ale je schopen i drcení částí autovraků. Dále může být využíván k drcení bloků motorů a hliníkových materiálů. Zařízení je také poháněno diesellovým motorem a jeho hmotnost se pohybuje okolo 49 000 kg. Materiály produkované zařízením se dále třídí a neželezné kovy jsou oddělovány od ostatních materiálů. Tato linka je vyráběna německou společností Hammel Recyclingtechnik. Cena celé sestavy se pohybuje od 1 400 000 EUR. K tomuto zařízení můžou být připojeny další stroje na separaci neželezných kovů.

5.6 Technologický proces zpracování autovraků

Jednotlivé kroky technologického postupu vychází z podmínek stanovených právními předpisy. Musí být zajištěno technicky, ekonomicky a environmentálně příznivá koncepce technologického procesu. Ve světě se lze setkat s uplatňováním několika různých technologických koncepcí zpracování autovraků. Jednotlivé koncepce a možnosti jejich využití se liší podle zpracovatelské výkonnosti (množství zpracovaných autovraků), vlivu na životní prostředí i technické a ekonomické vyspělosti daného státu. Rozlišujeme čtyři základní technologické koncepce zpracování autovraku. První koncepce je drcení, tzv. šředrování (tj. americký způsob). V tomto případě je celý autovrak rozdrčen a jednotlivé materiály jsou následně separovány. Druhá koncepce je úplná demontáž (tj. německý způsob), kdy je uplatňován přístup recyklace maxima materiálů. Třetí koncepcí je tzv. selektivní demontáž (tj. francouzský způsob), kdy je upřednostňováno znovupoužití nepoškozených dílů. Poslední koncepcí je tzv. repase, kdy se vychází z modernizace a obnovy vozidla. Tento přístup je ze všech nejméně využívaný. Technologické linky pro zpracování autovraků jsou v České republice koncipovány jako průnik prvních tří technologických koncepcí.

Přijetí vozidla do zařízení

Prvním krokem při nakládání s autovrakem je jeho přijetí zařízením oprávněného pro jeho zpracování. Obsluha zařízení musí v úvodu ověřit soulad technického průkazu s parametry přivezeného autovraku. Obvykle se kontroluje VIN na karoserii a motoru vozidla s číslem uvedeným v technickém průkazu. Dále se ověřuje hmotnost vozidla, úplnost vozidla a případný nežádoucí obsah nepůvodních odpadů ve vozidle. Z vozidla jsou odstraněny registrační značky a vozidlo je následně zaevidováno do informačního systému MA ISOH. Pokud přebíranému vozidlu nechybí podstatné části, je bezúplatně vystaven dokument „potvrzení o převzetí autovraku“. Pokud vozidlu některé podstatné části chybí, může provozovatel zařízení vyžadovat po majiteli vozu náhradu ušlého zisku.

Technické podmínky skladování

Vyřazené vozidlo není obvykle zpracováno ihned po přijetí do zařízení ke zpracování autovraků a to z důvodu omezené zpracovatelské výkonnosti zařízení. Autovraky musí být tedy skladovány. Pro skladování autovraků jsou právními předpisy stanoveny podmínky, které musí být splněny (konkrétně jsou uvedeny v příloze č. 2 vyhlášky o podrobnostech nakládání s autovraky). Místa, kde dochází k přejímání, skladování, soustředování a zpracování autovraků musí být vybavena plochou zajišťující, aby nedošlo k ohrožení ani ke znečištění povrchových nebo podzemních vod. V místě musí být k dispozici pomůcky pro úklid, látky pro vsakování uniklých provozních kapalin, zařízení pro odstranění případných

uniklých kapalin a shromažďovací prostředky pro vznikající odpady. Autovraky při skladování nesmí být vršeny na sebe, pokud nejsou umístěny ve stojanech. Nesmějí se také skladovat v poloze na boku nebo na střeše. Při nakládání s autovraky nesmí dojít k úniku provozních kapalin.

Přípravné práce

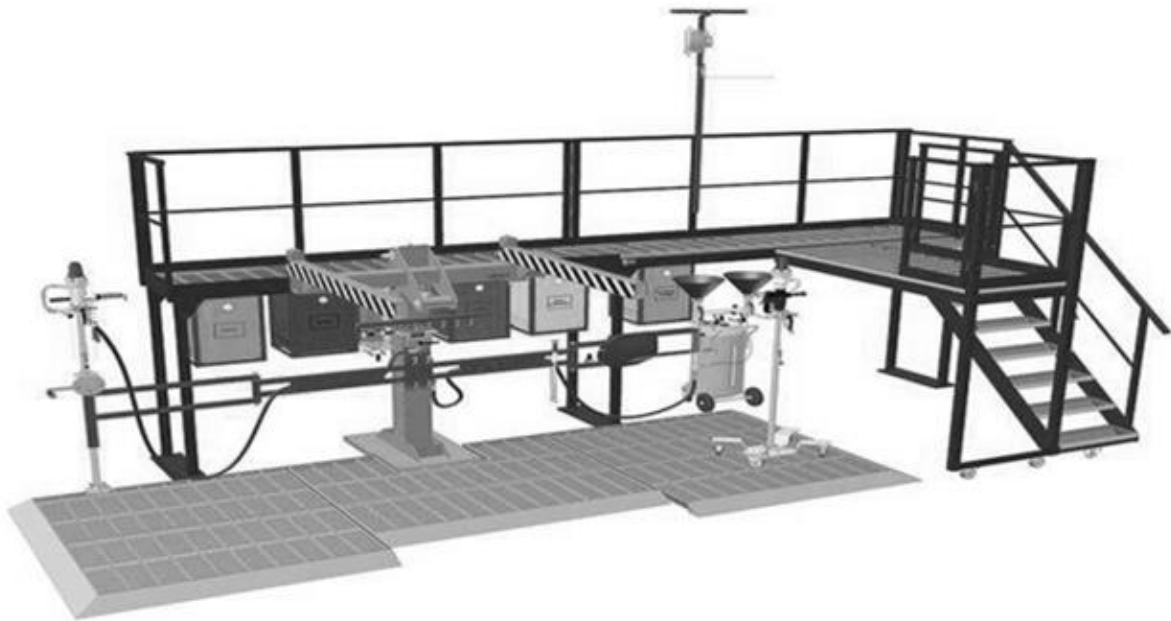
Vlastní zpracování autovraku začíná dopravou skladovaného autovraku na místo určeného pro demontáž. Doprava a manipulace s vozidly probíhá obvykle pomocí vysokozdvížných vozíků či manipulátorů. Autovrak je manipulační technikou obvykle umístěn na nosný rám, který může být buď v pevně stanovené výšce, nebo ve formě zvedáku. V rámci přípravných prací, je nejprve odpojena a vyjmuta baterie. Pokud byl automobil poháněn zkapalněným nebo stlačeným plynem, je primárně odstraňována nádoba na plynné palivo. Pokud je palivem benzín či nafta, pak je nejprve odšroubováno víčko palivové nádrže pro urychlení odtékání pohonných hmot v dalším kroku, kterým je odstraňování všech provozních náplní z vozidla.

Odstraňování provozních náplní

Mezi provozní náplně v automobilu patří palivo, motorový a převodový olej, oleje z rozvodovky, oleje z hydrauliky, chladicí kapaliny, nemrznoucí směsi, brzdové kapaliny, náplně klimatizačního systému a jakékoliv další kapaliny obsažené v autovraku. Při odstraňování kapalin ze všech systémů autovraku musí být dosaženo stavu, kdy nedochází k odkapávání kapaliny. Pro odstraňování provozních náplní se používají různé postupy. V následujícím textu je popsán postup odstraňování provozních náplní dle technologie společnosti SEDA z Kössenu v Rakousku, která patří mezi nejvýznamnější producenty technologických zařízení pro odstraňování provozních náplní z autovraků.

Po vyjmutí baterie a odšroubování víčka palivové nádrže je autovrak pomocí manipulační techniky (vysokozdvížného vozíku) umístěn na ocelovou konstrukci a to tak, aby pod ním byla zajištěna možnost pohybu. Následně je k vozidlu přivezena plošina, která zajišťuje přístup i k motorové části. Jako první je odsáta chladicí kapalina a kapalina z ostřikovačů. Při odstraňování chladicí kapaliny je napíchnuta gumová hadička, která vede z chladiče a následně je natlakován celý chladicí systém tak, aby bylo dosaženo úplného odsátí kapaliny. Následně se pracovník přesune pod vozidlo a provede odsávání chladicí kapaliny z okruhu topení a odsátí brzdové kapaliny přes odvzdušňovací šroub a pomocí kleští na trubičky a hadičky (zásobník brzdové kapaliny je rovněž natlakován). Následuje vypouštění oleje do výlevek, které jsou pomocí pneumatického systému nastaveny do potřebné výšky. Po vypouštění oleje je odšroubován olejový filtr. Dále je navrtána převodovka a odsát převodový olej. Poté pracovník nakloní vozidlo pro optimální odběr pohonných hmot a navrtá palivovou

nádrž. Odsávané palivo jde přes filtr kontrolující jeho kvalitu. Dále je odsát olej z tlumičů. Pokud je vozidlo vybaveno klimatizací, pak musí být odčerpána i náplň z klimatizace. Všechny náplně je nutno umístit do oddělených speciálních nádob, určených pro skladování těchto materiálů. Proces odsávání provozních náplní trvá cca 10 minut. Zbytky provozních kapalin je možné nechat nasáknout do k tomu určených sorbentů. Veškeré navrtané otvory a otvor po olejovém filtru je nutné opatřit zátkami.



Obrázek 16: Příklad technického řešení zařízení pro odstraňování provozních náplní

Odstranění nebezpečných součástí

Pokud není možné provést deaktivaci součástí s nebezpečím výbuchu (např. airbagy), pak je nutné je z autovraku přednostně odstranit. Dále se odstraňují také všechny součásti obsahující rtuť (v případě, že to je technicky proveditelné).

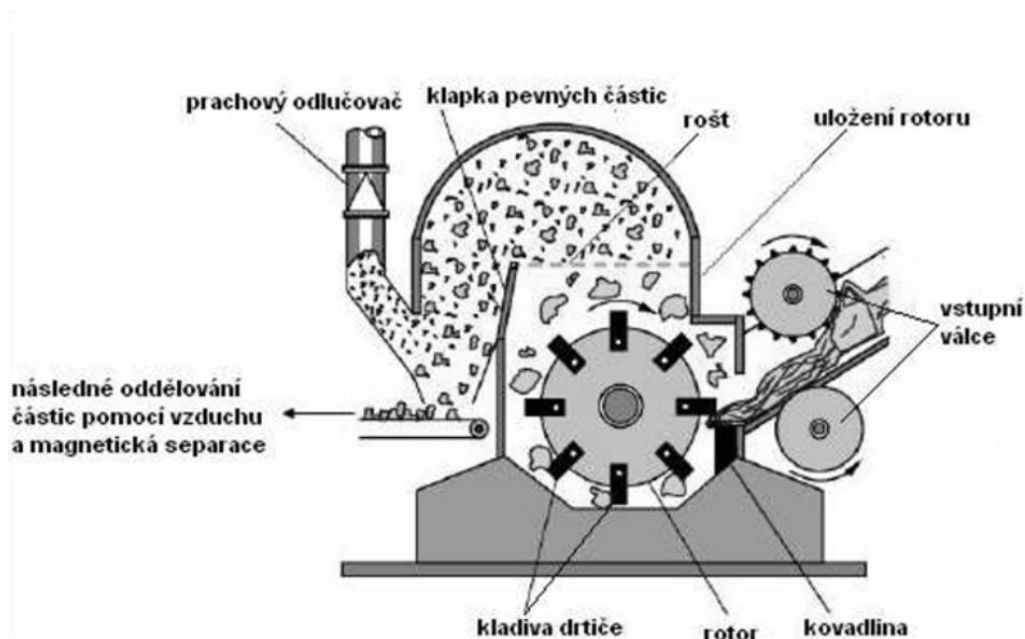
Demontáž autovraků

Jedná se o přístup, kdy u vozidel s ukončenou životností (po vyjmutí baterie, odčerpání provozních náplní a zbavení nebezpečných součástí) je provedena ruční demontáž s roztríděním jednotlivých demontovaných součástí na materiálové skupiny a jejich následná recyklace. Tento způsob zpracování se vyznačuje vysokou čistotou produkovaných materiálů (vyseparovaných ruční demontáží). Způsob demontáž jednotlivých součástí je individuální, v závislosti na stáří vozidla a zejména na tom, co jednotlivá demontážní pracoviště považují za hodnotný díl. Rozebrání vozidla je rovněž limitováno technickým vybavením daného pracoviště, jeho zpracovatelskou výkonností, popřípadě specializací na určitý typ a značku vozidla. Po primárních technologických operacích probíhá rozebrání a roztrídění dílů dle

materiálů. Demontáž autovraků je velice nákladnou záležitostí, a to především z důvodu vysoké časové náročnosti jednotlivých operací a vysokému podílu manuální práce.

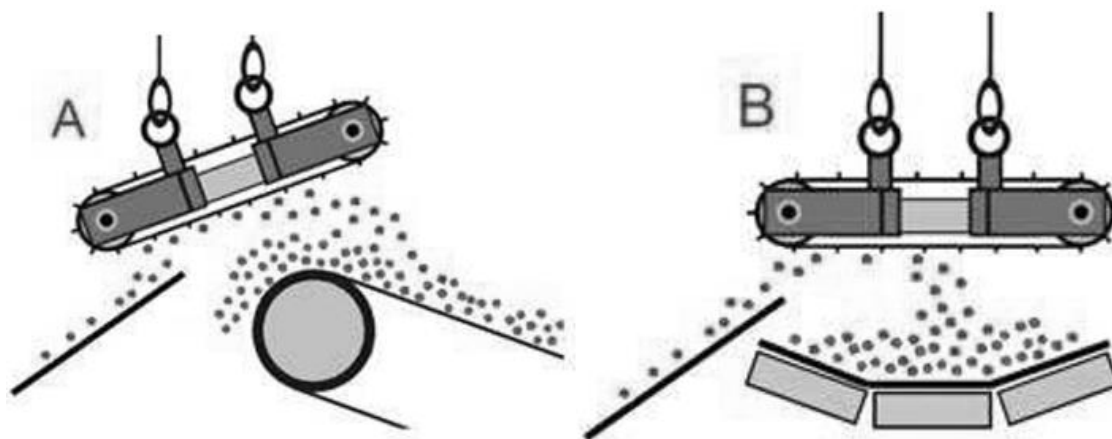
Proces drcení (tzv. šředrování)

Technologicky odlišným způsobem zpracování vyřazených vozidel je drcení neboli tzv. šředrování. Pokud nelze při drcení oddělit části a součásti k opětovnému použití a účinně využít jako materiály, musí být z autovraku přednostně odstraněny (do této skupiny patří katalyzátor; pneumatiky; velké části plastů jako např. nárazník, přístrojová deska, kryty kol; kovové části obsahující měď, hliník, hořčík; sklo. Drcení autovraků může probíhat až po odčerpání provozních kapalin a odstranění nebezpečných součástí. V následujícím textu je proveden popis drcení autovraků na drtící lince PWH 2 500. Fyzikálně je zde využit princip drcení, obdobný jako u jiných obdobných strojních zařízení pro drcení. Materiál (autovraky) a je pomocí stacionárního mostového nebo mobilního jeřábu pokládán na deskový dopravník s regulovatelnou rychlostí posunu. Protože proces drcení je vysoce energeticky náročný, tak je nutné, aby byl zajištěn plynulý přísun materiálu určeného k drcení. Dopravník vede zpracováváný materiál ke dvěma hydraulicky ovládatelným podávacím válcům, ve kterých dochází k jeho částečné deformaci, zhutnění a vtlačení do rotačního kladivového drtiče. Podávací válce jsou reverzní, čehož se využívá v případě chybného odhadu nebo podávání nevhodného materiálu. V prostoru drtiče je zhutněný materiál postupně odsekáván rotujícími volně uloženými kladivy ze speciální vysokopevnostní oceli. Podrcený materiál propadává oky roštu na vibrační žlab. Velikost ok tohoto roštu je neměnná a určuje maximální zrnitost produkovaného podrceného materiálu. Při drcení materiálu dochází k uvolňování prachu, otloukání rzi a dalších nečistot. Jemné prachové částice jsou přímo v samotném drtiči odsávány radiálním ventilátorem (podtlak až 60 kPa) do mokrého odlučovače, kde jsou smáčeny vodou, a vzniklý kal je vynášen speciálním dopravníkem do kontejneru. Hrubá frakce je odsávána do suchého odlučovače (cyklonu) a odtud putuje ke smísení s kalem a obě frakce jsou následně ukládány do kontejneru. Z pohledu bezpečnosti je celá odsávací soustava jištěna proti přetlaku gumovými klapkami a provoz je možný, pokud okolní teplota neklesne pod -7 °C. Další technologický prvek, který je umístěn přímo za rotačním kladivovým drtičem je cyklón (typu „cik-cak“). Do tohoto zařízení padá veškerý podrcený materiál a jsou v něm na základě odstředivé síly oddělovány hrubší lehké nečistoty a další prachové částice. Proti materiálu působí při pádu protiproud vzduchu a lehké nekovové části jsou odsávány do stejného suchého odlučovače, jako obdobný materiál přímo z drtiče.



Obrázek 17: Schéma drtícího zařízení (tzv. švédru)

Podrcený materiál, který je zbaven prachu a lehkých nečistot, je následně dopravníkem přiváděn k magnetickému separátoru. Toto zařízení pracuje automaticky na základě přitažlivosti železného kovu a oceli k magnetu. Materiál je tříděn na magnetický (železné kovy) a nemagnetický (neželezné kovy a těžké nečistoty). Odseparovaná magnetická frakce je dále dopravníkem transportována k třídícímu úseku. Na tomto pracovišti jsou obvykle dva zaměstnanci, kteří provádí zrakovou kontrolu a zajišťují tak kvalitu odseparované železné frakce. Probíhá zde ruční vyřídování kusů podrceného materiálu, ve kterých je vidět neželezný kov. Tyto kusy podrceného materiálu jsou umísťovány do předem připravených kontejnerů. Magnetická frakce je dále vedena přes pásovou váhu, kde je prováděno průběžné vážení a obsluha je průběžně informována o výkonnostních charakteristikách zařízení a produkovaném množství železné složky za hodinu.



Obrázek 18: Schéma uspořádání různých způsobů magnetické separace

Zkontrolovaný a zvážený materiál je následně veden k rotačnímu třídícímu bubnu, který slouží k dalšímu třídění produkovaného materiálu. Na základě rozdílné velikosti ok v sítu můžeme získat dvě frakce, a to o průměru 40 mm a 80 mm. Dle požadavků odběratele lze případně třídění pomocí bubnového třídiče vyloučit. Produkovaný materiál je otočným dopravníkem ukládán na haldu pod jeřábovou drahou a je připraven k expedici.

Zbývající nemagnetická složka zpracovaného materiálu prošlým magnetickým separátorem je pásovým dopravníkem vedena k rotačním třídícím bubnu. Síto bubnu tento materiál roztrídí dle velikosti částic na tři frakce, a to jemná frakce (velikost částic do 15 mm) obsahující sklo, dřevo, umělé hmoty apod., střední frakce (velikost částic 15 až 50 mm) obsahuje neželezné kovy atd., hrubá frakce (velikost částic nad 50 mm) obsahuje barevné kovy, plasty atd. Jemná a střední frakce jsou ukládány do zásobníků. Jemná frakce je nejčastěji ukládána na skládky nebo je po další úpravě spalována. Střední frakce je zpracovávána dochází na jiném zařízení. Hrubá frakce je dopravována k ručnímu třídění a jsou z ní separovány neželezné kovy, následně je lisována do balíků a dopravována k dalšímu hutnímu zpracování. Procesem drcení (šrédrování) vzniká podrcený kusový kovový odpad obsahující částice železných kovů, vytríděné částice neželezných kovů z ručních pracovišť, nevytríděná frakce obsahující neželezné kovy určená k dalšímu zpracování a zbytkový odpad. Průměrná procentuální výtěžnost zpracovaných autovraků technologií šrédrování je 71 % železných kovů, 2,7 % neželezných kovů a 26 % směsi ostatních materiálů.

Ostatní pracovní operace při zpracování autovraků

Mezi další využívané pracovní operace patří lisování a stříhání, které jsou vhodné pro úpravy autovraků zbavených provozních kapalin a nebezpečných součástí. Hlavním důvodem zavedení lisování bylo snížení objemu materiálu, což vedlo k úspoře prostoru při přepravě i skladování a zhutnění materiálů. Zhutnění má velký význam při vsázení do ocelářských pecí. V posledních letech se rozšiřuje proces stříhání kovů, protože poptávka na trhu po stříhaném kovu roste.

Zneškodňování provozních náplní

Brzdová kapalina

Brzdové kapaliny jsou provozní tekutiny různého chemického složení. Recyklace brzdových kapalin je z hlediska sběru, třídění, ale i vlastního procesu recyklace v současné době ekonomicky i environmentálně neefektivní. Brzdové kapaliny nesmějí být z důvodu bezpečnosti provozu znovu využity jako provozní náplň. Z těchto důvodů se brzdové kapaliny ve většině případů zneškodňují termicky ve speciálních spalovacích zařízeních nebo rotačních cementářských pecích.

Oleje

U odpadních motorových a převodových olejů se uvažuje se spotřebou 3,5 litru na občana za rok. Odpadní oleje lze v dnešní době efektivně chemickým postupem vyčistit (regenerovat). Současné nároky na kvalitu nových mazacích olejů jsou však vysoké a regenerované odpadní oleje lze použít většinou pouze ke spalování. Odstranění olejů se provádí spálením v uzavřené kontrolované peci jako palivo nebo jej termicky odstraňujeme pod dohledem ve spalovně průmyslových odpadů spalováním při velmi vysoké teplotě, aby se zabránilo tvorbě nežádoucích škodlivin. Spalování odpadních olejů je v malých energetických zdrojích do 200 kW od roku 2004 zakázáno.

Náplně z chladicích zařízení a nemrznoucí směsi

Médium pro odvádění tepla z motoru a chráníci ho před poškozením korozi a mrazem je obvykle směs obsahující monoethylglykol (MEG), vodu a další přísady. Při odstraňování těchto kapalin přichází v úvahu několik možností. Nemrznoucí směsi lze zpracovat různými způsoby regenerace, například filtrací se sorbentem a aktivním uhlím nebo je možno nemrznoucí směs nechat nasát do hořlavého materiálu a spálit v průmyslových spalovnách odpadů. Ve většině případů se využívá spalování, které je ekonomicky výhodnější.

Zbytky paliv

Zbytky paliv (benzín, nafta), odsáté při přípravných pracích, může být znovu využito (pokud splňuje kvalitativní požadavky). Silně znečištěné palivo se spaluje.

Katalyzátory

Příloha č. 2 vyhlášky o podrobnostech nakládání s autovraky stanovuje, že katalyzátor musí být jakožto součástka k opětovnému využití, z autovraku odstraněn přednostně. Automobilové katalyzátory obsahují významné množství drahých kovů jako je například platina, palladium a rhodium. Platiny je v katalyzátoru množství zhruba za dva tisíce korun, ale běžnou chemickou cestou se z něj získává obtížně, protože je natažena na keramickém nosiči ve velmi tenké vrstvě. Katalyzátory patří, z hlediska zatřídění dle Katalogu odpadů, mezi nebezpečné odpady. K získávání drahých kovů z katalyzátorů se využívá ionizovaného plynu ve formě plazmového oblouku. Tato technologie pracuje v redukčním prostředí, při teplotě v reaktoru okolo 1600 °C. Teplota samotného plazmového oblouku se pohybuje kolem 10 000 °C. Použité katalyzátory se musí nejdříve podrtit na menší částice a následně jsou taveny. Vzniká směs taveniny, ve které se odděluje těžší kovový podíl od drahých kovů. Touto technologií v České republice zatím disponuje pouze společnost Safina, a.s. sídlící ve Vestci nedaleko Prahy. Roční kapacita tohoto zařízení využívající plazmových procesů je

1000 000 kg zpracovaných vstupních surovin. Dalším podnikem je společnost Nippon PGN v průmyslové zóně v Liberci.

Olověné akumulátory

Akumulátory jsou galvanické články určené pro opakované uchovávání elektrické energie. Používají pro startování motorů automobilů a funkci elektrozařízení. Jsou koncipovány pro opětovné nabíjení (omezená životnost akumulátoru). U automobilů se nejčastěji používá olověný akumulátor s olověnými elektrodami, přičemž elektrolyt tvoří zředěná kyselina sírová. Na výrobu těchto akumulátorů se spotřebovává 66 % světové produkce olova. Při zpracování autovraků je akumulátor po vyjmutí z vozidla umístěn do speciálního dvouplášťového boxu a převezen k dalšímu zpracování. V České republice zpracovává olověné akumulátory jediný podnik, a to Kovohutě Příbram. Z akumulátoru je nejprve odstraněna kyselina sírová. Následně se separují jednotlivé části a olovo je recyklováno. Od roku 2009 disponuje tato společnost novou technologií na zpracování polypropylenu, který je v akumulátoru zastoupen asi z 13 % a je stejně jako olovo hodnotnou surovinou. Dalším druhem používaných akumulátorů je nikl-kadmiový akumulátor, ve kterém je elektrolytem hydroxid draselný. Tento druh je oblíben pro svou delší životnost a vyšší odolnost vůči nepříznivým podmínkám. Zpracovávají se demontáží, kdy je po neutralizaci elektrolytu separována a dále recyklována ocel, nikl, kadmium, plasty, pryž.

Pneumatiky

Průměrná hmotnost jedné pneumatiky pro osobní automobil je cca 7 kg. Přibližně 80 % celkové hmotnosti tvoří směs pryže z vulkanizovaných přírodních a syntetických kaučuků, sazí a dalších minoritních přísad. Zbytek pneumatiky tvoří ocelové výztuže a textil, popřípadě jiné materiály. Pneumatika je díky svému materiálovému složení a energetickým vlastnostem významným zdrojem materiálu, energie a potenciálně také surovin. Skládkování pneumatik je zakázáno, a proto jsou uplatňovány následující možnosti nakládání:

- opětovné použití výrobku díky protektorování,
- opětovné použití materiálu jako např. ochranné bariéry pro automobilová závodiště nebo technický materiál k zabezpečení skládek odpadů,
- materiálové zhodnocení recyklací nebo regenerací,
- pyrolýza a energetické zhodnocení.

V České republice se nejvíce využívá energetického a surovinového zhodnocení v cementářských pecích (jako tzv. tuhé alternativní palivo), kde dochází jak k energetickému zhodnocení, tak i ke kompletnímu využití anorganických látek obsažených v pneumatice.

Kabely elektroinstalace

Každý vyřazený automobil obsahuje asi 10 až 20 kg elektrických kabelů, převážně měděných drátů obalených izolačním pláštěm z PVC nebo pryže. U modernějších automobilů je rozsah elektroinstalace větší, což má za následek i větší počet kabelů. Z důvodu problematické separace jednotlivých komponent je recyklace kabelů poměrně obtížná. Zpracování kabelů se provádí pomocí specializovaných granulačních linek, které od sebe oddělí kovové jádro a izolaci. Kabely větších průměrů se zbavují izolace pomocí speciálních páracích strojů. Kabely menšího průměru, zamotané kabely a kabely ve svazcích se nejprve rozdrťí a následně se oddělí kovy od zbytků izolace. Separace se nejčastěji provádí pneumaticky, pomocí stlačeného vzduchu.

Autoskla

Ve vozidle s ukončenou životností se vyskytuje okolo 30 kg skla. Většina tohoto skla je lepená s bezpečnostní folií uvnitř. Recyklace autoskel je možná. Autosklo se nejprve podrtí a zbytky folie se odstraňují pomocí soustavy optických čidel. Tento způsob nakládání s autoskly ovšem není ekonomicky výhodný. Z toho důvodu je většina autoskla ukládána na skládky. Při zpracování autovraku pomocí drtičů (šrédrů) je autosklo součástí nemagnetické frakce.

Olejoyé filtry

Olejoyé filtry jsou v České republice zpracovávány na technologické lince provozované společností Kovohutě Mníšek a.s. Technologie zpracování je založena na rozdrčení filtrů a následném oddělení kapalně fáze a pevného podílu pomocí odstředivých sil. Pevný podíl je poté pomocí magnetického separátoru roztríděn na magnetický a nemagnetický. Z 1000 kg olejových filtrů se získá asi 600 kg železné drtě, která je využita jako vsázka v ocelářském průmyslu, 200 litrů oleje s minimálním obsahem nečistot a 200 kg nemagnetického podílu (plast, pryž, papír), který je vhodný k energetickému využití.

6. TECHNIKA PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ ŽIVOČIŠNÉHO PŮVODU

Nakládání s těly či částmi těl uhynulých zvířat je známé již z dávné historie lidstva. Archeologické nálezy potvrzují, že určitá činnost v oblasti odstraňování těchto odpadů probíhala už v pravěku. Důkazem jsou četné soustředěné nálezy zbytků živočišného původu jako např. kostí divoce žijících zvířat, která zaujímala důležité místo ve výživě našich předků. Tyto zbytky bývaly soustředěny v blízkosti sídlišť a v této souvislosti lze již hovořit a určité prvotní formě asanace. Historický vývoj a s ním související rozvoj zákonodárství jasněji formuloval povinnosti i práva tzv. pohodných, tj. osob, odpovědných za odklizení těl a odpadů ze zvířat. Jak je uvedeno v „Dvorním dekretu“ z roku 1753, bylo pohodným zakázáno připravovat a vydávat léčiva k léčení zvířat a lidí a na druhé straně vydaná zařízení zajišťovala společenskou ochranu pohodných, neboť, jak se v dekretu uvádí: „kdo potupí drnomystry při vykonávání jejich činnosti jest trestný“.

V roce 1882 bylo ředitelem jatek v Antverpách zkonstruováno první strojní zařízení k tzv. kafilernímu zpracování živočišných surovin. Prováděla se sterilizací v tlakových nádobách. V českých zemích bylo obdobné zařízení uvedeno poprvé do provozu v roce 1899, a to v Praze – Podolí. Od tohoto data je patrná nová éra moderní veterinární asanace. V průběhu času pak dochází k výstavbě kafilerii při provozech jatek v Brně, Novém Bohumíně atd. Kafilerní odpady jsou v dnešní době produkovány především na porážkách masokombinátů, ve velkochovech hospodářských zvířat, méně často v chovech drobného a domácího zvířectva, divoké zvěře a dále také v koželužnách a zpracovatelských závodech, využívajících živočišné produkty.

Základním legislativním dokumentem upravujícím řešenou problematiku je Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002, kterým se stanoví především veterinární a hygienická pravidla pro shromažďování, přepravu, skladování, manipulaci, zpracování, použití a odstraňování vedlejších živočišných produktů za účelem zabránění nebezpečí pro zdraví zvířat nebo lidí. Vedlejší živočišné produkty vznikají především při porážení zvířat k lidské spotřebě, výrobě produktů živočišného původu, neškodném odstraňování mrtvých zvířat a provádění opatření pro tlumení nálezů. Na základě legislativních požadavků je třeba se vznikajícími VŽP manipulovat odděleně, patřičným způsobem je označovat a dále s nimi nakládat. Sběr VŽP musí být proveden neprodleně po jejich vzniku. Neškodné odstranění všech VŽP není reálné, protože by vedlo k neudržitelným nákladům a rizikům pro životní prostředí, proto se VŽP zpracovávají tak, aby se snížilo zdravotní riziko. Úplná likvidace VŽP by rovněž vedla ke ztrátě cenných surovin, zejména živočišných bílkovin a tuků, které lze po zpracování dále využívat. Odhaduje se, že k lidské výživě je využita pouze část jatečných

zvířat (např. 68 % z kuřat, 62 % z prasat, 54 % skotu, 52 % ovcí a koz, vztaženo k celému zvířeti), proto každoročně vzniká více než cca 10 miliónů tun masa neurčeného k lidské spotřebě. Všechny VŽP se dělí dle své nebezpečnosti do tří základních kategorií: Materiál kategorie 1; materiál kategorie 2; materiál kategorie 3.

Materiály kategorie 1 – jsou pokládány za nejvíce rizikové, proto pro tuto skupinu platí nejprísrnější bezpečnostní předpisy. Do této kategorie patří celá těla a všechny jejich části, včetně kůží a kožek zvířat, která - mají úředně potvrzenou TSE; jsou podezřelá z TSE; jsou usmrčená v rámci eradikace TSE; ze zájmového chovu, ZOO a cirkusů; pokusných zvířat; volně žijících zvířat podezřelých z infekce onemocněním přenosným na člověka nebo zvířata.

Materiály kategorie 2 – jsou pokládány za rizikové, proto je lze zpracovávat a dále využívat s určitým omezením. Do materiálů kategorie 2 patří hnůj, nemineralizované guáno a obsah trávícího traktu; VŽP sebrané během úpravy odpadních vod ze zařízení a podniků zpracovávajících materiál kategorie 2, z jatek na nichž se nemanipuluje s materiály kategorie 1; VŽP, které obsahují rezidua povolených látek nebo kontaminantů přesahující povolené limity; produkty živočišného původu, které byly z důvodu výskytu cizích těles v těchto produktech prohlášeny za nevhodné k lidské spotřebě; produkty živočišného původu, kromě materiálů kategorie 1, které byly dovezeny ze třetích zemí a nesplňují požadavky kladené pro dovoz do EU, nebo obdobně produkty vymezené, nesplňující podmínky pro vývoz do EU.

Materiály kategorie 3 – jsou pokládány za nejméně rizikové. Některé z nich mohou být využívány přímo v syrovém stavu jako krmiva pro zvířata v zájmovém chovu, zpracované produkty pak mají široké spektrum využití. Do materiálů kategorie 3 patří těla poražených zvířat a jejich části, nebo v případě zvěře těla usmrčených zvířat nebo jejich části, které jsou vhodné k lidské spotřebě (požitelná), avšak z obchodních důvodů nejsou k lidské spotřebě určeny; jatečně upravená těla nebo těla zvířat a jejich části, které byly prohlášeny za nevhodné k lidské spotřebě, avšak nevykazovaly žádné příznaky onemocnění přenosného na člověka nebo zvířata; hlavy drůbeže (hlavy kachen a hlavy brojlerových kuřat); kůže a kožky, včetně jejich odřezků a plátků, rohy a končetiny, včetně článků prstů, zápěstních a záprstních kůstek, nártů a zánártí.

Kafilerní surovinu lze rozdělit na tyto druhy specifického odpadu:

- *kadavery*, což jsou těla uhynulých zvířat,
- *konfiskáty*, což jsou veškeré pevné odpady vznikající v masokombinátech a při výrobě masných potravin,
- *kosti*, které tvoří část konfiskátů, které se často oddělují za účelem jejich dalšího speciálního zpracování,

- *technická krev*, která tvoří hlavní část kapalných odpadů, zpracovávaných obvykle odděleně,
- *technické peří a štětiny*, které představují zvláštní skupinu odpadů, které vyžadují zvláštní tepelné zpracování,
- *drůbeží odpady a uhynulá drůbež* z chovů drůbeže a zpracovatelských závodů bývají obvykle zpracovány odděleně od ostatních konfiskátů a kadaverů pro specifické složení,
- *ostatní odpady* představují širokou škálu různých odpadů živočišného původu nejen z výroby potravin, ale i např. odpady ze stravovacích zařízení,
- *rybí odpady a uhynulé ryby*, které se při větším množství zpracovávají odděleně (to se týká přímořských oblastí), v podmínkách našich zpracovatelských závodů se tyto odpady přidávají do konfiskátů z masokombinátů.

Spektrum odpadů vznikajících při produkci potravin živočišného původu je velice široké, nicméně legislativní předpisy striktně nařizují oddělení odpadů jednotlivých kategorií a označení nádob, ve kterých jsou VŽP shromažďovány a uchovávány. V souvislosti s jatečným zpracováním porážených zvířat a s prováděním prohlídky vznikají odpady všech tří kategorií. Zastoupení odpadů v jednotlivých kategoriích je variabilní, největší množství bývá odpadů spadajících do kategorie 3. Jakmile provozovatelé vyprodukují VŽP nebo získané produkty, označí je a zajistí, že se s nimi bude patřičně nakládat. Vznik VŽP je označován za počáteční bod zpracování.

6.1 Identifikace VŽP

Identifikace musí být jednoznačná a umožňovat tak další oddělenou manipulaci. VŽP se dále zpracovávají a využívají v jiných zařízeních, než kde vznikají a musí se tedy k dalšímu zpracování přepravovat. Identifikace je však povinná již při jejich sběru. Na nádobách, kontejnerech a dalších obalech používaných ke shromažďování a přepravě VŽP musí být umístěno zřetelné a nápadné označení kategorie VŽP doplněné barevným kódováním a nápisy. Označení se provádí přímým nápisem a barvou na obal nebo častěji etiketou nebo štítkem s odpovídajícím nápisem a barvou. Materiály kategorie 1 jsou identifikovány označením materiál kategorie 1, černou barvou a nápisem „pouze k neškodnému odstranění“. Materiály kategorie 2 jsou identifikovány označením materiál kategorie 2, žlutou barvou a nápisem „není určeno ke krmení zvířat“. Materiály kategorie 3 jsou identifikovány označením materiál kategorie 3, zelenou barvou (zelená barva má vysoký podíl modré barvy) a nápisem „není určeno k lidské spotřebě“.

6.2 Přeprava VŽP

Z místa vzniku VŽP jsou materiály přepravovány ke zpracování různými odběrateli. Přepravu si může zajistit i sám producent VŽP, vždy však musí dodržet základní požadavky na její provedení. V praxi zajišťují přepravu velké části VŽP přímo asanační podniky nebo koneční odběratelé. Mezi základní požadavky na přepravu se řadí:

- sběr a přeprava v zaplombovaných nových obalech nebo zakrytých nepropustných nádobách nebo vozidlech,
- dodržování čistoty všech vozidel, nádob zařízení a přístrojů k opakovanému použití, před znovupoužitím musí být nádoby suché, po každém použití musí být vyčištěny, omyty nebo vydezinfikovány,
- zabránění křížové kontaminace všech vozidel, nádob zařízení a přístrojů k opakovanému použití,
- obalový materiál k jednorázovému použití musí být po použití neškodně odstraněn.

Přeprava VŽP určených ke krmným účelům pro zvířata v zájmovém chovu musí probíhat za odpovídající teploty, v případě VŽP z masa a masných výrobků při teplotě max. 7 °C. Nezpracovaný materiál kategorie 3 určený jako krmná surovina musí být skladován a přepravován zchlazený, zmrazený nebo zesilážovaný pokud není zpracován do 24 h po sběru nebo ukončení skladování ve zchlazené či zmrazené podobě, obdobné podmínky platí pro VŽP z mléka.

Přeprava VŽP vyžaduje, kromě splnění podmínek na identifikaci a oddělené zacházení, ještě doklad k přepravě. Obchodní doklad nebo veterinární osvědčení k přepravě VŽP vystavuje producent, tedy ten, u kterého VŽP vznikají. Obchodní doklad musí být vyhotoven minimálně ve trojím provedení. Originál doprovází zásilku na místo konečného určení, tedy až k příjemci VŽP, který tento doklad uchová. Jedna kopie dokladu zůstává u producenta, druhou kopii uchovává přepravce. Pokud je přeprava VŽP zajišťována konečnými zpracovateli (asanační podniky), potom zásilku doprovází jak originál, tak jedna kopie a oba doklady zůstávají v tomto podniku. Členské státy mohou požadovat, aby byl důkaz o doručení zásilky poskytnut prostřednictvím systému TRACES nebo formou čtvrté kopie obchodního dokladu, která je příjemcem zaslána zpět výrobcí. Lhůta pro uchování obchodních dokladů je pro všechny zúčastněné subjekty 2 roky. Obchodní doklad k VŽP musí uvádět:

- Datum odebrání materiálu ze zařízení,
- popis materiálu včetně identifikace, živočišného druhu, v některých případech čísla ušních známek zvířete,

- množství materiálu vyjádřené objemem, hmotností, počtem balení,
- místo původu materiálu,
- identifikaci přepravce (název a adresu),
- identifikaci příjemce (název, adresa, schvalovací nebo registrační číslo),
- identifikaci odesílatele (název, adresa, schvalovací nebo registrační číslo),
- použitý dopravní prostředek,
- podpis odpovědné osoby vyhotovený v jiném barevném provedení, než je barva tisku.

6.3 Metody zpracování VŽP

Podniky, ve kterých probíhá jakékoli operace s VŽP musí být minimálně registrovány příslušnou KVS, pro většinu podniků se však vyžaduje schválení pro jednotlivé činnosti. Obecné požadavky na vybavení a obecné hygienické požadavky závisí na tom, jaké operace se v daném zařízení provádí. Asanační podniky nacházející se v České republice mají schválení pro zpracování materiálů jednotlivých kategorií. Většina z nich je schválená pro provádění různých mezioperací, proto je možné do nejbližšího asanačního podniku vozit materiály všech kategorií. Mezioperací se rozumí veškerá manipulace s VŽP před tím, než proběhne vlastní zpracování materiálu určité kategorie. Mezi nejčastější mezioperace lze zařadit třídění, dělení, chlazení či mražení, odstraňování kůží a kožek, apod. I během mezioperací a následného zpracování je striktně dodržovat oddělení materiálů jednotlivých kategorií. Materiály jednotlivých kategorií se zpracovávají zvlášť podle toho, jakého získaného produktu chtějí zpracovatelé dosáhnout. Možností zpracování je poměrně velké množství, nejširší způsoby zpracování a následného využití se otevírají u materiálů kategorie 3. Ve zpracovatelských zařízeních jsou používány dva typy metod, a to:

- *standardní zpracovatelské metody,*
- *alternativní zpracovatelské metody.*
-

6.4 Standardní zpracovatelské metody

Rozlišuje se sedm standardních zpracovatelských metod, přičemž nejvíce využívanou je metoda 1, zvaná tlaková sterilizace. Principem všech standardních zpracovatelských metod je zmenšení výchozího materiálu na částice o velikosti několika centimetrů a jejich tepelné ošetření pod tlakem. Délka tepelného opracování, velikost použitého tlaku a doba působení musí vždy zaručit odstranění přítomných patogenních agens, nebo snížení jejich koncentrací na takovou úroveň, která nepředstavuje zdravotní riziko. Dodržení parametrů, zejména velikosti částic, teploty, tlaku a doby opracování musí být zaznamenáváno přístrojově,

záznamy se uchovávají pro možnost úředních kontrol. Pro zabránění nedostatečnému ohřevu musí být při tepelném ošetření k dispozici bezpečnostní systém. Materiál kategorie 1 a 2 se zpracovává metodami 1 až 5. Materiál kategorie 3 se zpracovává metodami 1 až 5 a 7, pokud materiál pochází z vodních živočichů nebo vodních bezobratlých živočichů, lze využít také metodu 6.

Metoda 1 zahrnuje zmenšení částic na max. 50 mm, zahřátí na 133 °C (zahřívání musí trvat min. 20 minut bez přerušení), tlak min. 3 bary. Tepelného ošetření za požadovaného tlaku je dosaženo odčerpání veškerého vzduchu ve sterilizační komoře a jeho nahrazením parou, zařízení je konstruováno v dávkovém nebo kontinuálním systému.

Metoda 2 zahrnuje zmenšení částic na max. 150 mm, zahřátí na min. 100 °C (zahřívání musí trvat min. 125 minut bez přerušení) nebo zahřátí na min. 110 °C (zahřívání musí trvat min. 120 minut bez přerušení) nebo zahřátí na min. 120 °C (zahřívání musí trvat min. 50 minut bez přerušení). Zařízení je konstruováno v dávkovém systému.

Metoda 3 zahrnuje zmenšení částic na max. 30 mm, zahřátí na min. 100 °C (zahřátí musí trvat min. 95 minut bez přerušení) nebo zahřátí na min. 110 °C (zahřátí musí trvat min. 55 minut bez přerušení) nebo zahřátí na min. 120 °C (zahřátí musí trvat min. 13 minut bez přerušení). Zařízení je konstruováno v dávkovém systému nebo kontinuálním systému.

Metoda 4 zahrnuje zmenšení částic na max. 30 mm, zmenšené částice se vloží do nádoby s tukem a jsou zahřáty na min. 100 °C (zahřátí musí trvat min. 16 minut bez přerušení) nebo zmenšené částice se vloží do nádoby s tukem a jsou zahřáty na min. 110 °C (zahřátí musí trvat min. 13 minut bez přerušení) nebo zmenšené částice se vloží do nádoby s tukem a jsou zahřáty na min. 120 °C (zahřátí musí trvat min. 8 minut bez přerušení) nebo zmenšené částice se vloží do nádoby s tukem a jsou zahřáty na min. 130 °C (zahřátí musí trvat min. 3 minuty bez přerušení). Zařízení je konstruováno v dávkovém nebo kontinuálním systému.

Metoda 5 zahrnuje zmenšení částic na max. 20 mm, zahřívání až do vysrážení, stlačení pro odstranění tuku a vody, bílkovinná hmota se zahřeje na min. 80 °C, po dobu min. 120 minut bez přerušení nebo se zahřeje na min. 100 °C (zahřátí musí trvat min. 60 minut bez přerušení). Zařízení je konstruováno v dávkovém nebo kontinuálním systému.

Metoda 6 zahrnuje zmenšení částic na 50 mm a tepelné ošetření při teplotě min. 90 °C po dobu 60 min, zmenšení částic na 30 mm a tepelné ošetření při teplotě min. 70 °C po dobu min. 60 min. Zařízení je konstruováno v dávkovém nebo kontinuálním systému.

Metoda 7 je jakákoliv jiná metoda, schválená KVS, u které je splněn požadavek na snížení zdravotních rizik pro lidi i zvířata. Splnění kritérií je dáno sledováním na základě vyšetřování vzorků po dobu 30 dní.

Vzorky musí splnit následující mikrobiologická kritéria:

- Nepřítomnost *Clostridium perfringens* v 1 g produktu odebraného bezprostředně po ošetření,
- nepřítomnost *Salmonella* spp. ve 25 g produktu odebraného v průběhu skladování nebo při vyskladnění,
- koncentrace *Enterobacteriaceae* v rozmezí $n=5$, $c=2$, $m=10$, $M=300$ v 1 g produktu odebraného v průběhu skladování nebo při vyskladnění.

V asanačních podnicích zpracovávajících materiály kategorie 1 a 2 je v ČR zavedena metoda 1. Po přijetí materiálu do zpracovatelského podniku je materiál vyložen z přepravního prostředku na vhodné místo. Podle charakteru a druhu materiálu pak probíhá jeho další zpracování, které zahrnuje např. odstraňování SRM (specifikovaný rizikový materiál), stahování kůží či kožek, odběr vzorků na TSE, dělení na menší celky. Skladování a příprava suroviny se provádí v příjmových žlabech, drticích a separátorech. Zmenšení velikosti částic je zajištěno výkonnými mlecími a drticími zařízeními. Materiál je posunován v potrubním systému do uzavřených nádob (kotlů), kde probíhá vlastní tepelné opracování. Tepelné zpracování je prováděno ve sterilizátorech, předvařácích a sušárnách. Asanační podniky musí být vybaveny výkonnými zařízeními pro výrobu horké páry, která slouží k tepelnému ošetření masokostní kaše. Tepelně ošetřená masokostní kaše obsahuje velké množství vody a tuku, obojí je třeba odstranit. Tuk se odstraňuje lisováním, někdy extrakcí, voda odpařením. Nejčastěji probíhá separace tuků od masokostní moučky ve šnekových lisech s příslušenstvím. Zbylá hmota se suší, mele a prosévá na požadovanou velikost. Základními produkty, které vznikají po zpracování standardními zpracovatelskými metodami, jsou masokostní moučka (MKM) a kafilerní tuk. Podle charakteru výchozí suroviny může vznikat po zpracování péřová moučka, kostní moučka, rybí moučka, krevní moučka apod. V průběhu zpracování VŽP v asanačních podnicích vzniká velké množství odpadní vody, která musí být přímo v asanačním podniku vyčištěna. Podobné je to i se vzduchovými parami, které je nutno dezodorizovat. Veškerá vzdušina od strojů a z prostoru provozních hal je odsávána ventilátory a vyčištěna v pračce vzduchu. Vzduch je v pračce zvlhčen zkrápějící voda z něj navíc zachycuje amoniak. Vzduch je do okolního prostředí vypouštěn přes půdní filtry, které sorbují pachové částice. Půdní filtry jsou betonové nádrže naplněné směsí kořenů exotických stromů a kůrou z tvrdých dřevin. Účinnost půdního filtru je více než 80 %. Velkými asanačními podniky, které v ČR zpracovávají největší část živočišných odpadů a které jsou vybaveny zpracovatelskými linkami, jsou ASAVET a.s., AGRIS spol. s.r.o. a ASAP s.r.o. Ostatní registrované a schválené subjekty jsou spíše podniky s menší kapacitou.

6.5 Alternativní zpracovatelské metody

Tyto metody představují moderní zpracování VŽP na získané produkty, které nachází široké uplatnění v technické oblasti. Každá alternativní metoda musí být na základě předložené žádosti schválena, zpracovávat lze vždy jen některé kategorie VŽP. Alternativní metody zahrnují postupy, které zpracovávají jednotlivé druhy VŽP nebo se při nich jako výchozí surovina používá získaný produkt po zpracování standardní metodou. Mezi alternativní zpracovatelské metody řadíme:

- proces alkalické hydrolýzy – výchozím materiálem jsou VŽP všech kategorií,
- proces hydrolýzy za vysokého tlaku a teploty – výchozím materiálem jsou VŽP kategorie 2 a 3,
- proces výroby bionafty – zpracování tukové frakce získané z VŽP všech kategorií,
- proces zplyňování podle Brookese – výchozím materiálem jsou VŽP kategorie 2 a 3,
- spalování živočišného tuku pro energetické účely v kotli – zpracování tukové frakce získané z VŽP všech kategorií,
- proces termomechanické výroby biopaliva – výchozím materiálem je hnůj, obsah trávicího traktu nebo VŽP kategorie 3.

6.6 Produkty ze zpracování VŽP

Po zpracování kafilerních surovin je produkována řada produktů s různým způsobem dalšího využití. Tento způsob zpracování zajišťuje téměř bezodpadovou technologii, která může produkovat zejména:

- moučky,
- technický tuk,
- odpadní,
- inertní plyny a páry,
- kůže,
- komposty.

Moučky lze dále rozdělit, dle druhu odpadu ze kterého jsou vyrobeny a dle zpracovatelské technologie na:

- masokostní moučka (MKM); krevní moučka (KM); kostní drť (KD); kostní moučka (KM); pěřová moučka (PM); drůbeží moučka (DM); rybí moučka (RM).

Technické tuky lze rozdělit dle obdobných kritérií na:

- masokostní tuk,
- kostní tuk,
- rybí tuk.

Kůže – jsou stahovány obvykle pouze z některých hovězích nebo telecích kadaverů.

6.7 Požadavky na odstraňování nebo využívání produktů ze zpracování VŽP

Evropská legislativa konkrétně stanoví, jaké zpracovatelské metody mohou být používány k ošetření VŽP jednotlivých kategorií. Stejně tak je určeno, jakým způsobem se zachází se získanými produkty, zda je lze dále využívat nebo zda je nutno je neškodně odstranit.

Neškodné odstranění a použití materiálu kategorie 1 - materiál kategorie 1 se:

- Neškodně odstraní jako odpad spálením přímo bez předchozího zpracování,
- neškodně odstraní jako odpad spálením po zpracování tlakovou sterilizací a po trvalém označení výsledného materiálu,
- využije nebo neškodně odstraní spoluspálením, pokud je materiál kategorie 1 odpadem a to přímo bez předchozího zpracování,
- využije nebo neškodně odstraní spoluspálením, pokud je materiál kategorie 1 odpadem a to po zpracování tlakovou sterilizací a po trvalém označení výsledného materiálu,
- v případě materiálu kategorie 1 jiného než celých těl a jejich částí zvířat podezřelých z TSE, s potvrzenou TSE nebo usmrcených z důvodu eradikace TSE se materiál neškodně odstraní zpracováním tlakovou sterilizací; výsledný materiál se trvale označí a uloží na povolené skládce,
- odpad ze stravovacích zařízení vzniklý v dopravních prostředcích mezinárodní přepravy se neškodně odstraní uložením na povolené skládce,
- použije jako palivo pro spalování pro energetické účely po předchozím zpracování nebo bez něj,
- použije k výrobě získaných produktů (kosmetické prostředky, aktivní implantibilní zdravotnické prostředky, zdravotnické prostředky, diagnostické zdravotnické prostředky, veterinární léčivé přípravky, léčivé přípravky apod.) a uvede na trh v souladu s legislativními požadavky.

Přímé spalování nebo spoluspalování se pro běžnou likvidaci materiálu kategorie 1 téměř nepoužívá z důvodu značné ekonomické zátěže. Základním způsobem likvidace materiálu kategorie 1 je zpracování tlakovou sterilizací, konkrétně metodou 1 a následná likvidace získaných produktů. Masokostní moučka (MKM) se likviduje nejčastěji jako odpad spoluspálením a to ve spoluspalovacích zařízeních, získaný kafilerní tuk se používá jako palivo pro energetické účely. Získané produkty (MKM, tuk) lze rovněž odstranit uložením na povolené skládce, přeměnit na bioplyn za předpokladu, že zbytky rozkladu jsou buď spáleny,

spoušpáleny nebo uloženy na povolené skládce, nebo se získané produkty zpracují na tukové deriváty určené k jiným způsobům využití, než ke krmení.

Neškodné odstranění a použití materiálu kategorie 2 - materiál kategorie 2 se:

- Neškodně odstraní jako odpad spálením přímo bez předchozího zpracování,
- neškodně odstraní jako odpad spálením po zpracování tlakovou sterilizací a po trvalém označení výsledného materiálu,
- využije nebo neškodně odstraní spoluspálením, pokud je materiál kategorie 2 odpadem, a to přímo bez předchozího zpracování,
- využije nebo neškodně odstraní spoluspálením, pokud je materiál kategorie 2 odpadem, a to po zpracování tlakovou sterilizací a po trvalém označení výsledného materiálu,
- neškodně odstraní na povolené skládce po zpracování tlakovou sterilizací a trvalém označení výsledného materiálu,
- využije k výrobě organických hnojiv nebo půdních přísad, které mají být po případném zpracování tlakovou sterilizací a trvalém označení výsledného materiálu uvedeny na trh v souladu s legislativními požadavky,
- zkompostuje nebo přemění na bioplyn po zpracování tlakovou sterilizací a trvalém označení výsledného materiálu,
- zkompostuje nebo přemění na bioplyn v případě hnoje, trávicího traktu a jeho obsahu, mléka, mléčných produktů, mleziva, vajec a vaječných produktů, které podle příslušného orgánu nepředstavují riziko šíření závažného přenosného onemocnění, po předchozím zpracování nebo bez něj,
- bez zpracování aplikuje na půdu v případě hnoje, obsahu trávicího traktu vyjmutého z trávicího traktu, mléka, mléčných produktů a mleziva, které podle příslušného orgánu nepředstavují riziko šíření závažného přenosného onemocnění,
- v případě materiálu pocházejícího z vodních živočichů zesiláží, zkompostuje nebo přemění na bioplyn,
- použije jako palivo pro spalování pro energetické účely po předchozím zpracování nebo bez něj,
- použije k výrobě získaných produktů (kosmetické prostředky, aktivní implantibilní zdravotnické prostředky, zdravotnické prostředky, diagnostické zdravotnické prostředky, veterinární léčivé přípravky, léčivé přípravky apod.) a uvede na trh v souladu s legislativními požadavky.

Možností zpracování je u materiálů kategorie 2 více, než u materiálů z kategorie 1. Rovněž využití získaných produktů je širší, nejvíce se uplatňuje možnost využití MKM jako suroviny pro výrobu bioplynu, kompostování a především využití jako organické hnojivo. Tuk se využívá k technickým účelům, v kosmetickém průmyslu apod.

Neškodné odstranění a použití materiálu kategorie 3 - materiál kategorie 3 se:

- neškodně odstraní jako odpad spálením, po předchozím zpracování nebo bez něj,
- využije nebo neškodně odstraní spoluspálením, pokud je materiál kategorie 3 odpadem, po předchozím zpracování nebo bez něj,
- po zpracování neškodně odstraní na povolené skládce,
- zpracuje, kromě materiálu kategorie 3, který se změnil rozkladem nebo znehodnocením, a představuje proto nepřijatelné riziko pro zdraví lidí a zvířat, a použije se,
- k výrobě krmiv pro hospodářská zvířata jiná než kožešinová,
- k výrobě krmiv pro kožešinová zvířata,
- k výrobě krmiv pro zvířata v zájmovém chovu,
- k výrobě organických hnojiv nebo půdních přísad,
- použije k výrobě syrových krmiv pro zvířata v zájmovém chovu,
- zkompostuje nebo přemění na bioplyn,
- v případě materiálu pocházejícího z vodních živočichů zesiláží, zkompostuje nebo přemění na bioplyn,
- v případě ulit měkkýšů a korýšů, kromě ulit měkkýšů a korýšů, z nichž byly odstraněny měkké tkáně a maso a v případě vaječných skořápek použije za podmínek stanovených příslušným orgánem, které zabraňují rizikům pro zdraví lidí a zvířat,
- použije jako palivo pro spalování pro energetické účely po předchozím zpracování nebo bez něj,
- použije k výrobě získaných produktů (kosmetické prostředky, aktivní implantibilní zdravotnické prostředky, zdravotnické prostředky, diagnostické zdravotnické prostředky, veterinární léčivé přípravky, léčivé přípravky apod.) a uvede na trh v souladu s legislativními požadavky,
- v případě odpadu ze stravovacích zařízení (mimo odpady z mezinárodní přepravy) zpracuje tlakovou sterilizací nebo jinými přesně definovanými metodami zpracování nebo se zkompostuje či přemění na bioplyn,

- bez zpracování aplikuje na půdu v případě syrového mléka, mleziva a produktů z nich vyrobených, které podle příslušného orgánu nepředstavují riziko šíření onemocnění přenosného tímto produktem na člověka nebo zvířata.

Omezení použití VŽP – je zakázáno toto použití VŽP a získaných produktů:

- krmení suchozemských zvířat určitého druhu, jiných než kožešinových zvířat, zpracovanými živočišnými bílkovinami získanými z těl zvířat stejného druhu nebo jejich částí,
- krmení hospodářských zvířat jiných než kožešinových, odpady ze stravovacích zařízení nebo krmnými surovinami obsahujícími tento odpad nebo z něj získanými,
- krmení hospodářských zvířat rostlinným porostem, buď přímo jeho spásáním nebo krmením sekaným rostlinným porostem, z půdy, na níž byly použita organická hnojiva nebo půdní přídatky, kromě hnoje, ledaže toto sekání nebo spásání následovalo po uplynutí ochranné lhůty, která zajistí přiměřené zvládnání rizik pro zdraví lidí a zvířat a která činí nejméně 21 dní,
- krmení chovaných ryb zpracovanými živočišnými bílkovinami získanými z těl chovaných ryb stejného druhu nebo jejich částí.

6.8 Zpracovatelské technologie

Moderní způsoby zpracování vedlejších živočišných produktů vycházejí ze stejných principiálních zásad, které se mohou u jednotlivých technologií v detailech lišit, ale mají společné charakteristiky jednotlivých stavebních objektů i technologických úseků. Zpracovatelské zařízení je vždy opatřeno nepropustným, bezpečnostním plotem, který ohraničuje areál celého zařízení. Dopravní komunikace zpřístupňující areál kafilérie je na vjezdu – výjezdu z areálu obvykle vybavena bránou a vrátnicí. Rovněž průjezd mezi tzv. nečistou a čistou částí je vzájemně oddělen bránou. Jeden z vjezdů slouží pro svoz VŽP (nečistá část) a druhý pro odvoz finálních produktů (čistá část). Areál kafilérie lze rozdělit na tři úseky, a to:

- tzv. nečistou část, kde je nutná zvýšená opatrnost, jsou stanoveny přísné hygienické předpisy a musí být prováděna očista a dezinfekce,
- tzv. čistá část, kde probíhá zpracování a finalizace zpracovávané suroviny,
- tzv. pomocné provozy, které slouží a podporují funkci čisté a nečisté části.

Očista vozidel je prováděna vždy po přivezení suroviny do přípravný ostříkáním vozidla horkou vodou a desinfekčním roztokem. Při výjezdu vozidla z areálu musí vozidlo projet desinfekčním brodem, kde dojde před výjezdem na veřejnou komunikaci k očištění podvozku

automobilů. Odpady jsou svázeny výhradně nákladními automobily se speciálně upravenými kontejnery pro soz kusových i tekutých odpadů a kadaverů. Každý automobil s kontejnerem je po příjezdu automaticky zvážen a evidován.

V uzavřeném objektu (přípravně surovin) se provádí krátkodobé (max. 24 hod.) skladování dovezené suroviny v tzv. příjmových žlabech o objemech 50 až 200 m³. Surovina nebo kadavery jsou z těchto žlabů pomocí šnekových dopravníků, o okamžité hodinové výkonnosti cca 10 až 30 t, dopravovány do drtiče surovin. Výkonné drtiče rozdrtí surovinu na částice o velikosti 50 mm. V přípravně rovněž dochází k případnému stahování kůží z kadaverů.

Nečistá část provozu je od čisté části důsledně oddělena na rozhraní přípravní surovin a strojovny nepropustnou stěnou. Strojní technologie je koncipována tak, že nadrcená surovina je dopravována do strojovny přes sterilizační zařízení. V čisté části se nachází strojovna, která tvoří hlavní technickou část kafilerie. Strojovna je vybavena v závislosti na druhu zpracovávaných surovin. Obvykle jsou zde umístěny stroje a zařízení, ve kterých probíhají procesy sterilizace, koagulace, sušení, kondenzace brýd a separace finálních produktů.

V čisté části dále probíhá skladování a distribuce finálních produktů (např. tzv. moučkárna, kde jsou jednotlivé druhy mouček skladovány v oddělených zásobnících). Před uskladněním musí být moučka tříděna na sítě. Vlivem technologického zpracování ve strojovně a vlivem šrotování dochází k zahřívání moučky až na 90 °C. Takto ohřátá moučka by po naskladnění do zásobníků vlivem termofyzikálních a biofyzikálních vlastností začala hořet, proto se musí ochladit v chladiči na max. 40 °C. Ze zásobníků o objemu 100 až 1000 m³ je moučka vyskladňována do velkoobjemových kontejnerů nákladních automobilů (obvykle 20 až 30 t) nebo do velkoobjemových vaků o objemu 3 až 5 m³ nebo je pytlována po 50 kg do papírových pytlů k další distribuci.

Skladování a úprava tuků se provádí v tzv. tukovém hospodářství. Po kontinuálním přečerpání horkého tuku (o teplotě 100 až 120 °C) ze strojovny do tzv. tukárny se tuk zbavuje sedimentu. Sediment tvoří až 20 % objemu v celkovém množství tuku a je vrácen zpět do strojovny k vyloučení v moučce. Odstraňování sedimentu probíhá v tzv. dekantéru. Z dekantéru je tuk dopravován do zásobních nádrží, kde musí být udržován v kapalném stavu při teplotách 70 až 90 °C. Pro distribuci k dalšímu zpracování je tuk ze zásobních nádrží přečerpáván do autocisteren o objemu 20 až 30 m³.

V areálu kafilerie nebývají vždy umístěny všechny technologické linky pro zpracování jednotlivých druhů surovin. Specializované kafilerie pak zpracovávají odděleně jatečné odpady s kadaverými, peří, štětiny a krev nebo jsou všechny druhy zpracovávány v areálu jedné kafilerie, ale na oddělených technologických linkách. Kosti jsou pro svoji specifičnost

finálních produktů zpracovávají obvykle samostatně ve specializovaných kafilériích, rovněž rybí odpady bývají zpracovávány výhradně samostatně.

6.9 Zpracování konfiskátů a kadaverů ve strojovně

Tyto odpady jsou pro svůj původ velmi nebezpečné, proto je nutné věnovat významnou pozornost sterilizaci této suroviny. Technologie instalované ve strojovně lze podle způsobu sterilizace rozdělit na níže uvedené druhy.

Destruktorová (šaržovitá) technologie

Jedná se o nejstarší typ technologie sterilizace a sušení v jednom zařízení. Tato technologie je pro svou jednoduchost a bezpečnost stále využívána především tam, kde je množství zpracovaných odpadů do 3 tun za hodinu. Technologie je rozšířena především v návaznosti na provoz masokombinátů a odstraňování odpadů z porážkových linek, a to ve východní Evropě, Asii a Africe. Destruktor je v budově umístěn tak, aby asi polovina zařízení byla situována ve výklenku. Vhozem vybaveným uzavírací armaturou se dávkuje surovina přiváděná z přípravní. Při plnění destrukturu je uzavřena výpust s uzavírací armaturou. Když je destruktore naplněn, uzavře se armatura vhozu. Destruktor má obvykle vyhřívané míchadlo osazené uvnitř zařízení a plášť vyhřívaný nepřímo pomocí ohřevu topnou parou o přetlaku 0,3 až 0,6 MPa při teplotě 140 až 160 °C. Surovina se zahřívá do teploty 133 °C a přetlaku 0,2 MPa. Ohřev trvá 20 minut ohřevu při udržení teploty 133 °C. Následně je snížen přetlak, čímž zároveň dojde ke snížení teploty na 100 °C a odpaří se odpovídající množství vody (cca 5 %). Sterilizace i sušení probíhá za stálého míchání se spotřebou cca 30 kWh mechanické energie na 1 tunu zpracované suroviny. Po ukončení sterilizace probíhá sušení, při kterém je třeba odpařit 60 % hmotnosti vody ze suroviny. Konečná vlhkost tzv. masokostní kaše je 4 až 6 % hmotnostních. Brýdové páry ze sušení odcházejí přes ventil na kondenzátor. Usušená masokostní kaše (MKK) je z destrukturu vypuštěna armaturou do zásobníku. Šnekovými dopravníky je MKK kontinuálně dopravena do šnekového lisu, kde dochází k odstranění podílu tuku. Tuk je odčerpáván do tukového hospodářství. Masokostní moučka (MKM) je dopravníkem transportována do moučkárně k dalšímu skladování a zpracování.

Předvařáková (kontinuální) technologie

Sterilizace materiálů probíhá v jednom strojním zařízení, tzv. předvařáku a pak následuje kontinuální sušení a separace tuku. Předvařáková technologie je používána především v Německu, Rakousku, České republice, Slovenské republice a Slovinsku. Z hlediska rentability provozu je vhodné tuto technologii navrhovat v případech, kdy se zpracovává množství 4 až 15 tun suroviny za hodinu. Plnění surovinou a sterilizace v předvařáku probíhá

za stejných podmínek jako u destruktorové metody, tj. teplota 133 °C, přetlak 0,2 MPa. Po ukončení sterilizace se celý objem předvařáku přepustí do mezizásobníku pomocí uvolnění ventilu (k dopravě suroviny je využit přetlak 0,2 MPa). Mezizásobník slouží jako homogenizační a vyrovnávací nádrž, která je ohřívána a obsah rozvaru (tzv. polívka) je mírně míchán. Z mezizásobníku je rozvar dopraven dávkovacím zařízením do kontinuální sušárny. Využívá se různých principů kontaktního sušení, nejčastěji diskových sušáren, kde teplosměnnou plochu tvoří několik desítek dutých disků navléknutých na hřídeli. Rotor s disky se otáčí, sušenou surovinou míchá a ohřívá na teplotu sušení s mírným pod tlakem. V prostoru sušení je rotor vyhříván zevnitř topnou parou o přtlaku 0,6 až 1,0 MPa o teplotě 160 až 180 °C. Teplota v prostoru sušení je v rozmezí 100 až 130 °C. Brýdy ze sušárny jsou odváděny na kondenzátor. Usušená masokostní moučka je následně zbavena tuku v lisu a finální produkty jsou dále dopraveny čerpadlem a dopravníkem k dalšímu zpracování.

Technologie kontinuální sterilizace a sušení

Tuto technologii řadíme mezi nejmodernější. Sterilizace i sušení zde probíhá kontinuálně. Nevýhodou této technologie je vyšší investiční náročnost a efektivní využití je možné pro množství 15 až 100 t zpracovávané suroviny za hodinu. Technologie se používá zejména v Holandsku, Belgii a Lucembursku.

Nízkoteplotní kontinuální technologie

Tato technologie představovala v sedmdesátých a osmdesátých letech dvacátého století převratnou technologii, která se rozšířila především v USA, severní i jižní Evropě, a to díky své jednoduchosti a nízké energetické náročnosti. Po výskytu nebezpečných veterinárních onemocnění typu TSE je využití této technologie omezené a problematické.

6.10 Zpracování peří a štětín

Vzhledem ke specifickým vlastnostem peří a štětín je nutné tyto materiály zpracovat speciálním způsobem. Keratin, který je obsažen v peří a štětínách, je zpracováván za vysokých teplot a tlaků (165 °C při přtlaku 0,6 MPa) po dobu až 1 hodiny procesem hydrolýzy, kdy je rozložen na stravitelné látky. Používají se tři různé technologie zpracování peří a štětín a jejich návrh je závislý na ekonomickém posouzení efektivního množství zpracovávaného odpadu.

Technologie šaržovité hydrolýzy a sušení v hydrolyzéro

Tato technologie je využívána pro zpracovatelskou výkonnost menší než 2 tuny zpracovaného materiálu za hodinu. Jedná se o technologii rozšířenou v celém světě včetně ČR. Obdobně jako u destruktorové technologie je hlavním zařízením hydrolyzér s konstrukcí podobnou

destruktoru, ale s vnitřním vyšším přetlakem a teplotou. Do hydrolyzéro je šaržovitě dopravena vsázka peří a štětín z přípravy při uzavřené výpustní armatuře. Poté se uzavře vsázková armatura. Za stálého míchání probíhá ohřev peří, kdy se dodává tepelná energie teplosměnnou plochou pláště a míchadla, s využitím topné páry. Když je peří zhydrolyzované, tak se sníží vnitřní přetlak ventilem a zahájí se sušení za stálého míchání. Z peří se odpaří voda na zbytkovou vlhkost cca 3 až 5 % hmotnostních. Po vysušení se otevře výpustná armatura a pomocí míchadla hydrolyzéro se usušený produkt vyprázdní ze zařízení a dopraví se k finalizaci do moučkového hospodářství.

Technologie šaržovité hydrolyzy a sušení v kontinuální sušárně

Tento typ technologie zpracování peří a štětín je určena pro střední zpracovatelské výkonnosti v rozmezí 2 až 5 tun za hodinu. Je celosvětově rozšířená. Proces hydrolyzy je realizován opět v hydrolyzéro. Po hydrolyzaci se zařízení vyprázdní přes uzavírací ventil do zásobníku s dopravníkem. Odtud je zhydrolyzovaný produkt s vysokým obsahem vlhkosti kontinuálně dávkován do sušárny. Pro sušení jsou využívány diskové i trubkové sušárny. Brýdové páry jsou kondenzovány v kondenzátoru.

Technologie kontinuální hydrolyzy a sušení

Tato technologie je vhodná pro větší zpracovatelskou výkonnost v rozmezí více než 5 tun za hodinu. Tyto technologické linky jsou používány v USA, Holandsku, Německu a Rakousku. Linka se skládá z mixéro, do kterého je kontinuálně dávkována surovina přes oddělovací zařízení. V mixéro dojde k narušení peří a štětín vlivem mechanického drcení spolu s nástřikem topné páry do zařízení. Z mixéro je produkt dopraven otáčením rotoru mixéro do hydrolyzéro. Mixér i hydrolyzér jsou spojené tlakové nádoby, ve kterých je udržován přetlak 0,6 MPa. Hydrolyzér je konstruován jako šnekový dopravník, který kontinuálně posouvá produkt k expanzní komoře, kde je uvolněn přetlak. Hydrolyzér předává do produktu teplo přes plášť a zajišťuje potřebnou časovou prodlevu 1 hodinu po proběhnutí procesu hydrolyzy. Z expanzní komory je produkt dále dávkován do sušárny. Ke kondenzaci brýd dochází opět v kondenzátoru.

Tabulka 9: Průměrné hodnoty obsahu látek v moučkách [%]

Parametr	Jednotka	Masokostní moučka (MKM)	Krevní moučka (KM)	Pěřová moučka (PM)
Sušina	[%]	93	91	90
Dusíkaté látky (NL)	[%]	52	83	80
Tuk	[%]	14	0,8	2
Popeloviny	[%]	20	4	3
Hrubá celulóza	[%]	2,5	0,5	1,5
Ca	[g/kg]	27	1,5	5
P	[g/kg]	15	1,5	4,5
Mg	[g/kg]	2	0,6	0,1
K	[g/kg]	7	5,3	0,5
Na	[g/kg]	4	2	0,8
Vláknina	[g/kg]	5	0,2	2,1

7. SPALOVNY ODPADŮ

V současné době je termické zpracování odpadů a jeho následné energetické využití v mnoha vyspělých státech nezastupitelné v systému odpadového hospodářství. Termicky se zpracovávají následující odpady:

- Komunální odpady
- nebezpečné odpady
- plynné a kapalně odpady
- kaly.

7.1 Komunální odpady

Energetické využití komunálních odpadů je nedílnou součástí odpadového hospodářství mnoha zemí. Řada průmyslově vyspělých zemí technologie pro energetické využití odpadů s úspěchem využívá již desítky let. Mezi tyto země patří i Česká republika (ČR). První spalovna komunálního odpadu na území tehdejší Rakousko-Uherské monarchie vznikla totiž právě v Brně a byla postavena roku 1905. Nyní se na území České republiky nacházejí celkem tři moderní spalovny komunálního odpadu a to v Brně, Liberci a Praze, a více jak třicet spaloven nebezpečného odpadu.

Produkce komunálního odpadu (KO) nejen v Evropě, ale i v celém světě neustále roste, přičemž tato produkce úzce souvisí s rostoucí kupní silou obyvatel dané země.

Tabulka 10: Nakládání s odpady ve vybraných zemích EU za rok 2008 podle Eurostat

Země	Produkce KO v kg na 1 obyvatele	Způsob nakládání s odpadem v %			
		Skládkování	Energeticky využito	Recyklace	Kompostování
EU	524	40	20	23	17
ČR	306	83	13	2	2
Dánsko	802	4	54	24	18
Německo	581	1	35	48	17
Slovensko	328	83	10	3	5
Francie	543	36	32	18	15
Švédsko	515	3	49	35	13
Irsko	733	62	3	32	3

V tabulce 10 je uveden způsob nakládání s KO ve vybraných zemích EU za rok 2008. Z uvedených čísel je patrné, že energetické využívání KO hraje v zemích EU výraznou roli. Zajímavé je také porovnat míru recyklace a energetického využití v některých zemích, např. Švédsko, Dánsko nebo Německo. Tyto země energeticky využívají velkou část své produkce KO, ale zároveň míra recyklace v těchto zemích je jedna z nejvyšších v celé Evropské unii (EU). Což je v rozporu s tvrzením některých organizací, že energetické využívání odpadů nepříznivě ovlivňuje jejich recyklaci.

Zajímavá je i výhřevnost komunálního odpadu, která se pohybuje přibližně kolem 10 až 11 MJ·kg⁻¹. Výhřevnost KO je tedy obdobná jako výhřevnost méně kvalitního hnědého uhlí, kde se tato hodnota pohybuje kolem 10 MJ·kg⁻¹. Hodnotu výhřevnosti KO ovšem silně ovlivňuje skladba. Komunální odpad je heterogenní směs různých materiálů, o různé vlhkosti a tím také různé výhřevnosti. Komunální odpad se skládá z těchto složek:

- Biologicky rozložitelný komunální odpad (40 – 65 %_{hm}),
- plasty (12 – 20 %_{hm}),
- inertní odpady (1 – 5 %_{hm}),
- kovy (1 – 5 %_{hm}),
- sklo (3 – 7 %_{hm}),
- nebezpečný odpad (0,2 – 1 %_{hm}).

Přičemž biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO) se skládá z materiálu jako například dřevo, textil, papír či kompostovatelný odpad (např. odpady z kuchyně, zbytky zeleniny apod.). Energeticky nejvýhodnější složkou je plastový odpad, což je směs různých polymerů. Výhřevnost jednotlivých polymerů se pohybuje od přibližně 25 MJ·kg⁻¹ u polyethylentereftalátu (PET) až do 44 MJ·kg⁻¹ u polyethylenu (PE) a polypropylenu (PP). Naproti tomu energeticky nejméně výhodnou složkou jsou biologické odpady, kde díky

vysoké vlhkosti může být energetická bilance i záporná. Výhřevnost komunálního odpadu tedy v převážné míře závisí na poměru těchto dvou složek.

Česká republika se přijetím směrnice č.1999/31/ES stejně jako ostatní země EU zavázala k tomu, že množství BRKO, který se ukládá na skládky, bude od roku 1995 postupně snižovat. Výsledkem má být do roku 2020 snížit množství BRKO na skládkách o 65 % oproti roku 1995. Situace je ale přesně opačná a v ČR se toto množství neustále zvyšuje. Existuje několik cest k naplnění tohoto cíle:

- *Primárně omezit vznik BRKO u producentů pomocí osvětových kampaní,*
- *třídění a recyklace s využitím kompostování,*
- *energetické využití KO.*

První cesta osloví jen úzký okruh lidí a tím i dopad na množství BRKO v komunálním odpadu bude zanedbatelný. Pomocí druhé cesty se vytřídí jen část BRKO a to kompostovatelné odpady. Navíc výsledky třídění jsou v některých typech zástaveb diskutabilní, jedná se především o sídlištní zástavby. Zde dochází k vyššímu podílu nečistot ve sběrných nádobách a tím i k následné komplikaci při zpracování tohoto odpadu. Třetí cesta řeší problematiku BRKO komplexně, ale je nutné podotknout, že touto cestou se „ztrácí“ organický uhlík, který je důležitý pro půdní ekosystém. Aby tedy došlo k redukci BRKO ukládaného na skládky s co nejmenšími environmentálními dopady, je nutné tyto tři cesty kombinovat.

Jako každá technologie pro zpracování či využití odpadů mají ale technologie pro energetické využití KO své výhody a nevýhody. *Mezi výhody řadíme:*

- Radikální zmenšení hmotnostního podílu odpadu (cca o 70 %),
- radikální zmenšení objemového podílu odpadu (cca o 90 %),
- využití energetického potenciálu odpadu.

Mezi nevýhody potom řadíme:

- Oproti jiným technologiím vysoké investiční i provozní náklady,
- pro řízení technologického procesu je nezbytná kvalifikovaná obsluha,
- emise některých škodlivých plynů jsou obtížně odstranitelné.

7.2 Proces spalování

Spalování komunálního odpadu má oproti spalování ostatních paliv svá specifika. Průběh spalování komunálního odpadu je ale podobný jako u spalování tuhých paliv a lze jej tedy rozdělit do třech fází: vysušování, uvolnění a hoření prchavé hořlaviny, hoření uhlíku. Rozdíl ve spalovacím procesu KO oproti ostatním tuhým palivům (dřevo, uhlí atd.) je právě

v heterogenitě KO. Při spalování konvenčních paliv jsou totiž fyzikální vlastnosti, jako je výhřevnost, tvar a velikost, teplota vznícení velmi podobné. Jinak tomu ale je u komunálního odpadu, kde se tyto vlastnosti mohou u jednotlivých složek velmi lišit.

Pro spalování komunálního odpadu se nejvíce využívá spalovacích zařízení s roštem. Typy roštů mohou být následující:

- Pevné rovinné rošty s nehybnou vrstvou paliva
- Pohyblivé rošty s trvalým přemísťováním paliva

Pevné rovinné rošty jsou převážně určeny pro spalovací zařízení o malém výkonu (a to zejména z finančních důvodů). Zařízení pro energetické využití komunálních odpadů však mají výkony v řádek jednotek až desítek megawatt. V těchto zařízeních se již instalují pohyblivé rošty, které zajišťují trvalé přemísťování paliva. Pohyblivé rošty se dají rozdělit na:

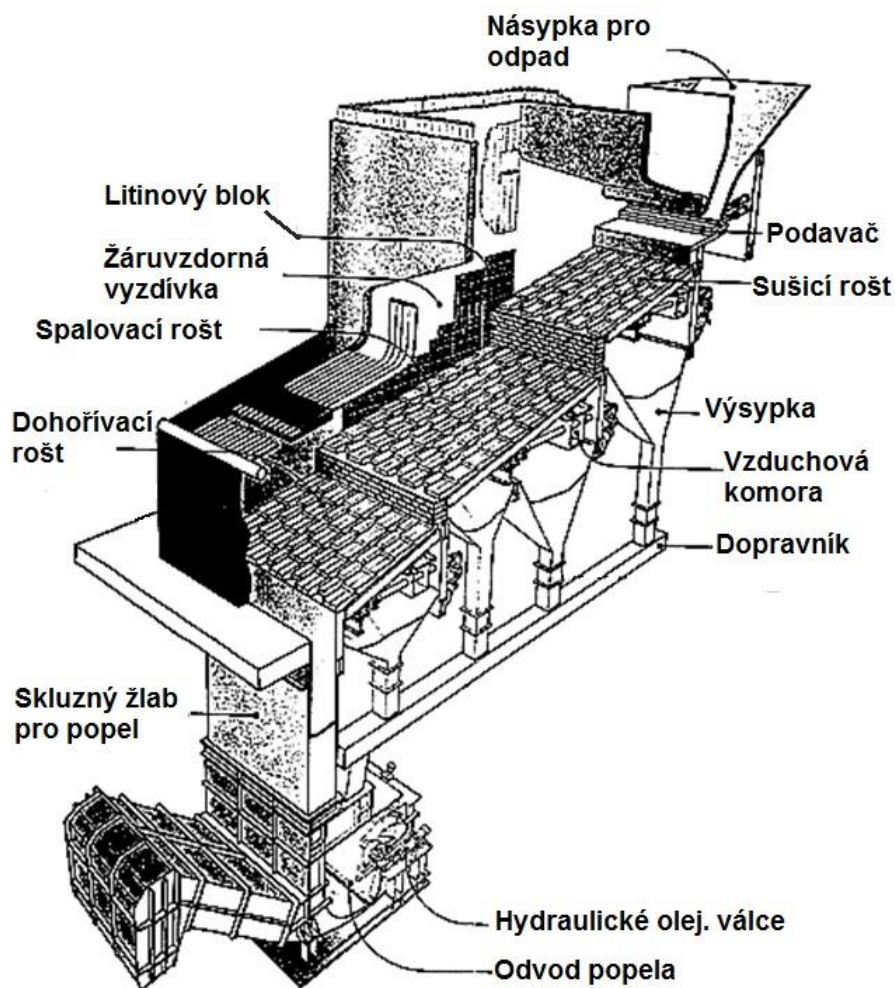
- Pásové rošty
- Posuvné rošty
- Válcové rošty

Pásové rošty se skládají z roštnic, které vytvářejí nekonečný pás (podobně jako u pásových dopravníků). Tento pás je unášen pomocí tažných řetězů a hnacího zařízení. Výhodou tohoto typu roštu je jeho jednoduchost, nevýhodou potom je, že při procesu spalování nedochází k promíchávání paliva, čímž je zapříčiněno nedokonalé prohoření paliva. Pro spalování komunálního odpadu tedy nejsou příliš vhodné.

Posuvné rošty (nebo-li vratisuvné) jsou složeny z roštnic, jejichž plocha částečně překrývá plochu roštnice, která je umístěna pod ní. Při procesu spalování dochází k postupnému zasouvání a vysouvání roštnic, čímž dochází nejen k posunu paliva, ale také k jeho promíchávání. Tento typ roštu se v drtivé většině používá u moderních typů spaloven (SAKO Brno, TERMIZO Liberec).

Válcový rošt je tvořen několika válci, které jsou řazeny sestupně. Na válcích jsou umístěny roštnice. Během procesu spalování dochází k otáčení válcových roštů (cca 1 až 12 otáček za minutu). Odpad je nejdříve vložen na nejvýše položený válec. Jak se válce pohybují, odpad postupně přepadává na válec, který je umístěn níže. Tím opět dochází k promíchávání odpadů a tím jeho lepšímu prohoření. Válcový rošt (typ Düsseldorf) je umístěn v současné době například v zařízení na energetické využití komunálního odpadu v Praze – Malešicích.

Příklad spalovacího zařízení pro komunální odpad od japonského výrobce Takuma je uveden na obrázku 19.



Obrázek 19: Roštové spalovací zařízení pro komunální odpad od japonského výrobce Takuma

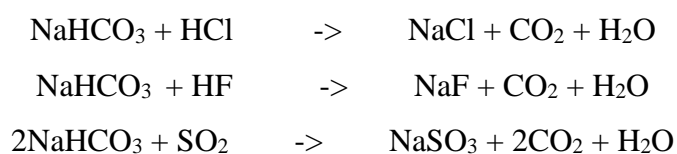
7.3 Proces čištění spalin

Po spálení komunálního odpadu zbude v prostorách spalovacího zařízení popel a škvára, která je následně odváděna. Tyto vedlejší produkty jsou buď skládkovány, nebo je z nich vyráběné umělé kamenivo pro stavební účely. Polétavý popílek, který je unášen společně s proudem spalin, je poté zachycen a následně solidifikován (o procesu solidifikace viz níže). Spaliny jsou potom čištěny a dál odváděny do komína. Proces čištění spalin ze spalování komunálního odpadu je ale velmi komplikovaný. Tyto spaliny obsahují především dusík (N_2), kyslík (O_2), oxid uhličitý (CO_2) a vodní páru (H_2O). Dále do plynné fáze přecházejí plyny kyselého charakteru jako je například chlorovodík (HCl), fluorovodík (HF), oxid siřičitý (SO_2) a oxid sírový (SO_3). Tvoří se ale i látky, které mají velmi negativní vliv na lidský organismus a to jsou chlorované uhlovodíky. Jedná se především o polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), polychlorované dibenzodioxiny (PCDD), polychlorované dibenzofurany (PCDF) a

polychlorované bifenylly (PCB). Aby byly nebezpečné plyny ze spalin odstraněny, je nutné vybudovat v zařízení pro spalování odpadu systém čištění spalin. Tento systém se dá v zásadě rozdělit podle skupenství chemických reagentů, které se v daném systému využívají. Jedná se o tyto metody:

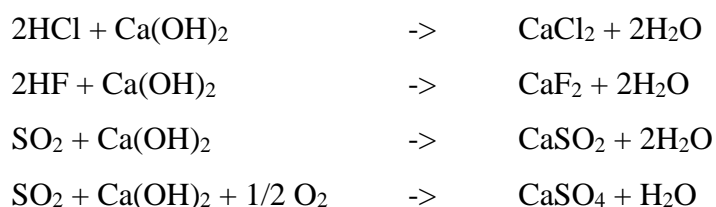
- Suché metody
- Polosuché metody
- Mokrý metody

U suché metody se používá sorbent v suchém stavu v podobě jemně rozemletého prášku. Jeho hlavní složkou je hydroxid vápenatý, který při rozptýlu ve spalinách reaguje s kyselými složkami spalin. Využívá se také hydrogenuhličitan sodný. Chemické reakce jsou potom následovné:



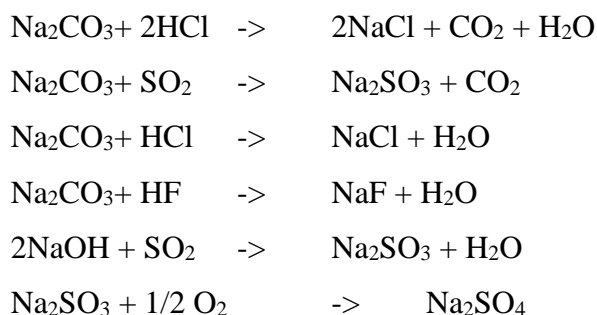
V průběhu procesu je jemný prach rozptýlován do proudu spalin a to v přibližném přebytku sorbentu 1,2 až 1,4. Zreagovaný sorbent je potom zachytáván na látkovém filtru. Odpadní produkt, který je následně z těchto filtrů sejmuto je nutné solidifikovat a uložit na skládku nebezpečného odpadu. Výhodou tohoto postupu je jeho jednoduchost a tím i nízké pořizovací náklady. Nevýhodou je potom poměrně nízká účinnost a také velká produkce nebezpečného odpadu.

Polosuchá metoda čištění spalin je založena na principu, kdy sorpční činidlo, jenž je rozmíchané ve vodě, je vstříkováno do proudu spalin. Jako sorpční činidlo se nejčastěji využívá podobně jako u suché metody hydroxid vápenatý případně látky na podobné bázi. Při vstříkování rozmíchaného hydroxidu vápenatého ve vodě mohou vznikat následující chemické reakce:



Pro reakci se volí teplota od 120 °C do 160 °C. Výsledným produktem je zachycený prášek, který je následně deponován. Jelikož prášek je alkalický a má schopnost těžké kovy vázat, je vyluhování těchto kovů obtížné. Výhodou tohoto procesu je zvýšená účinnost oproti suché metodě. Nevýhodou jsou potom zvýšené investiční, ale i provozní náklady.

Poslední metodou je mokrý postup. Zde je pro účel odstraňování škodlivých látek využíváno fyzikálně-chemických procesů. Konkrétně se potom jedná o absorpci a chemisorpci. Výhodou je, že pomocí mokrého postupu se zajistí za prvé odloučení prachu, který je obsažen ve spalinách, ale zároveň i ostatních škodlivin. Principem metody je rozptylování kapalného sorpčního činidla do proudících spalin. Tím však dochází k prudkému ochlazení spalin, což má za následek kondenzaci par a částice prachu se tím tak dostávají do styku s mnohem většími částicemi vody. Prach ulpívá na těchto částicích (kapkách) a současně s nimi je pak odlučován. Během tohoto procesu potom zároveň dochází také k absorpci a chemickým reakcím mezi plynnými škodlivinami a vzniklým roztokem. Jako sorpční činidlo se nejčastěji používají látky na bázi různých louhů, sody nebo vápenného mléka. V průběhu rozptylu činidla do proudu spalin dochází k těmto chemickým reakcím:



Proces čištění spalin pomocí mokré metody se dělí do několika stupňů. V prvním stupni dojde ke snížení na pH 2 až 3. V tomto prvním stupni dochází k odloučení prachu, halogenidů (HCl a HF) a těžkých kovů. V dalším stupni se pomocí zásaditých roztoků (louh sodný, vápenné mléko) pH zvýší na 6 až 7. Zde dochází k odloučení převážně kyselých plynů (zejména SO₂). V případě, že vstupní koncentrace škodlivin jsou velmi vysoké, zařazuje se i 3. stupeň, tzv. dočišťující. Odpadní produkty z čištění se musí dále zpracovávat. Mokrý postup patří mezi metody neúčinnější, avšak také mezi finančně nejnáročnější.

Ve spalovnách komunálních odpadů jsou však spalovány i materiály, které obsahují chlor. Jedná se především o polymer s názvem polyvinylchlorid (PVC). Při spalování těchto látek vznikají plyny, které jsou velmi toxické, přičemž mezi nejvíce diskutované toxické plyny patří již zmíněné PCDD a PCDF (souhrnný název „dioxiny“). U těchto plynů sice dochází při vysokých teplotách (které jsou běžně dosahovány ve spalovenských kotlích) k rozpadu, nicméně při snížení teploty spalin dochází k opětovné rekombinaci. Proto je nutné těmto plynům při čištění spalin věnovat zvláštní pozornost. V procesu čištění spalin se využívají následující technologie pro odstraňování dioxinů:

- Adsorpční metody
- Selektivní katalytická oxidace dioxinů
- Katalytická filtrace a další

U adsorpčních metod se využívá sorbentů s velkým vnitřním povrchem. Typickým zástupcem je například aktivní uhlí. Selektivní katalytická oxidace dioxinů je v převážné míře spojena i se selektivní katalytickou redukcí oxidů dusíku (NO_x). Tato metoda pracuje na principu vstřikování roztoku amoniaku (NH_3) do proudu spalin v teplotním rozmezí přibližně 250 °C až 350 °C, kde dochází ke snížení koncentrace NO_x až o 90 %. Aby došlo i k oxidační reakci dioxinů (případně furanů) je nutná přítomnost katalyzátoru. Nejčastěji využívaný katalyzátor je oxid titaničitý (TiO_2). Další metodou je katalytická filtrace spalin, která je například realizována v zařízení pro energetické využití komunálního odpadu TERMIZO Liberec. Zde je využito speciálního filtračního materiálu, který zachytává jednak tuhé znečišťující látky (TZL) a v němž zároveň dochází ke katalytické oxidaci dioxinů. Katalyzátor (převážně vzácné kovy) je v tomto případě nanesen přímo na materiál, ze kterého je vyroben základ filtrační tkaniny (např. expandovaný polytetrafluorethylen). Na povrchu filtračního rukávce je ještě potom membrána, která má za úkol odstraňovat TZL.

Existují však i jiné metody, které jsou zaměřeny primárně pro odlučování TZL. Jedná se o tyto zařízení:

- Mechanické odlučovače suché/mokrý (cyklony)
- Elektrické odlučovače
- Filtry látkové a keramické

Mechanické odlučovače se v případě spalování KO pro svoji nízkou účinnost běžně nepoužívají. Velmi účinné jsou však elektrické odlučovače. Tato metoda funguje na principu odlučování TZL pomocí přitažlivých sil mezi nabitými částicemi a opačně nabitou sběrací elektrodou. Účinnost zde dosahuje více než 99 %.

7.4 Zpracování produktů po spalování

Ve škváře, strusce nebo popelu, který je odvod ze spalovacího prostoru, je obsažen určitý podíl železných kovů. Tyto kovy jsou magneticky separovány. Následně je materiál skládkován nebo je podroben certifikaci a následně využíván pro stavební účely jako umělé kamenivo. Tuhé znečišťující látky, které se nacházejí v proudu spalin a jsou následně zachytávány, obsahují nebezpečné látky. Z tohoto důvodu je poléťavý prach solidifikován. Pro solidifikaci jsou využívány následující metody:

- Cementace
- Bitumenace
- Vitřifikace

Při cementaci je odpadní popílek obsahující nebezpečné látky smíchán se speciálním cementem a vodou. Tato směs je poté na skládce ukládána ve formě cementové „kaše“ nebo jsou z tohoto materiálu odlévány cementované bloky, které jsou deponovány až po vytvrnutí. Bitumenace spočívá v zatavení odpadu do bitumenu (živice). Tento odpad je poté plněn do sudů či kontejnerů a následně deponován.

Vitřifikace je metoda, která je určena pro odloučené popílků, které mají vysoký obsah toxických látek a vysoký obsah těžkých kovů. Při této metodě dochází nejdříve k roztavení popílků (teplota přibližně 1 500 °C) a následnému vzniku skelného kmene. Tento produkt je velmi těžko vyluhovatelný a za splněných podmínek lze tento odpad ukládat na skládce typu O-O.

7.5 Nebezpečné odpady

Nebezpečné odpady vznikají v mnoha průmyslových odvětvích a jejich energetické využití bývá často jedinou možností, jak tyto látky účinně převést do formy, která již nebude pro životní prostředí nebezpečná a nebo její nebezpečnost bude radikálně snížena. Nebezpečný odpad může pocházet z různých odvětví lidské činnosti:

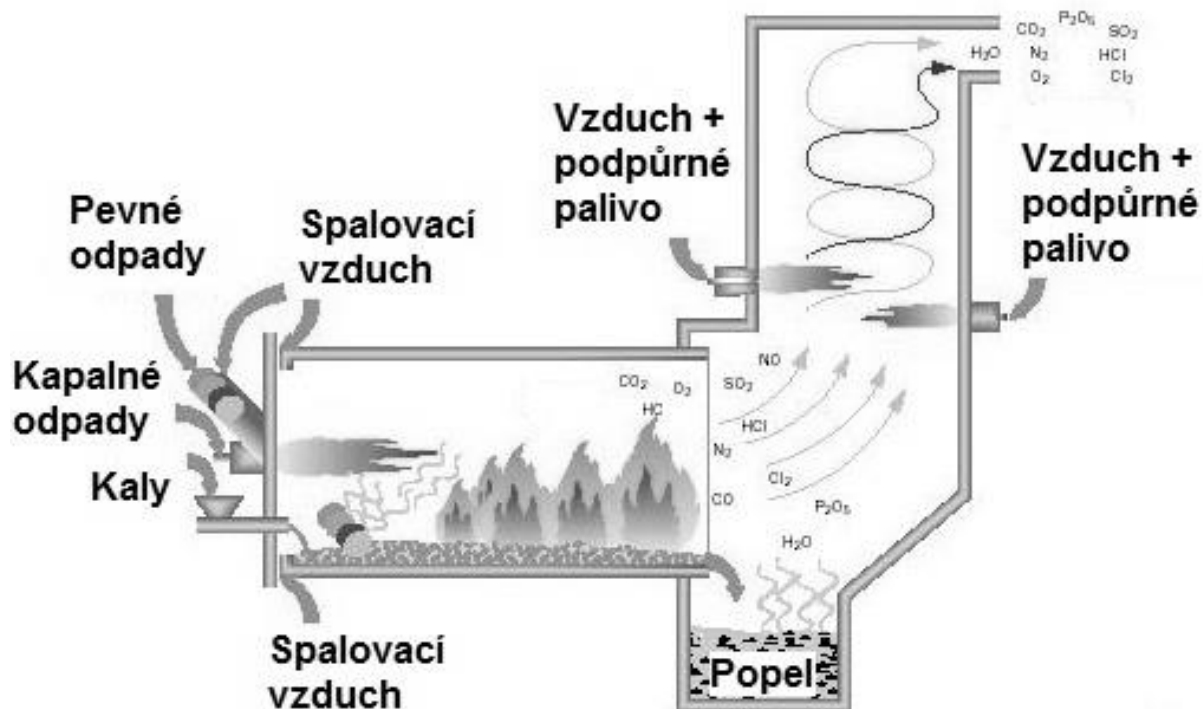
- chemický průmysl
- zdravotnictví
- průmysl zpracování ropy
- výroba plastů
- farmaceutický průmysl
- a další.

Pro spalování nebezpečných odpadů lze využít několika způsobů a technologií. Pozornost bude věnována následujícím technologiím:

- rotační pece
- muflové pece
- etážové pece
- spalování ve fluidním loži
- termální desorpce
- spalování v plazmovém oblouku

Rotační pece

Tato technologie je nejčastěji používanou technologií pro spalování nebezpečných odpadů. Rotační pec je válcového tvaru o přibližné délce 10 až 12 m a o průměru přibližně 4 m. Válec je také pro lepší posun materiálu mírně nakloněn. Úhel naklonění bývá přibližně 3 °. Dávkování odpadu probíhá čelem zařízení. Při provozních teplotách okolo 1000 °C bývá vnitřek rotační pece vyzděn šamotovými cihlami. V případě spalování mimořádně nebezpečných látek, jako například chlorovaných aromatických uhlovodíků, se operační teplota pohybuje okolo 1300 °C. V tomto případě vyzdívku tvoří přibližně z 60 až 70 % cihly na bázi oxidu hlinitého. Tento materiál má vysokou žáruvzdornost a je také odolný vůči alkalickým tavidlům a vlivu oxidů železa. V případě vyšších teplot (1480 – 1600 °C) se pro vyzdívání spalovacího prostoru musí použít pevný roztok oxidu chromitého a oxidu hlinitého. Doba zdržení materiálu v peci závisí na typu spalovaného materiálu. Obvyklá doba zdržení materiálu v peci je až několik hodin. Na obrázku 20 je zobrazena rotační pec s dopalovací komorou.



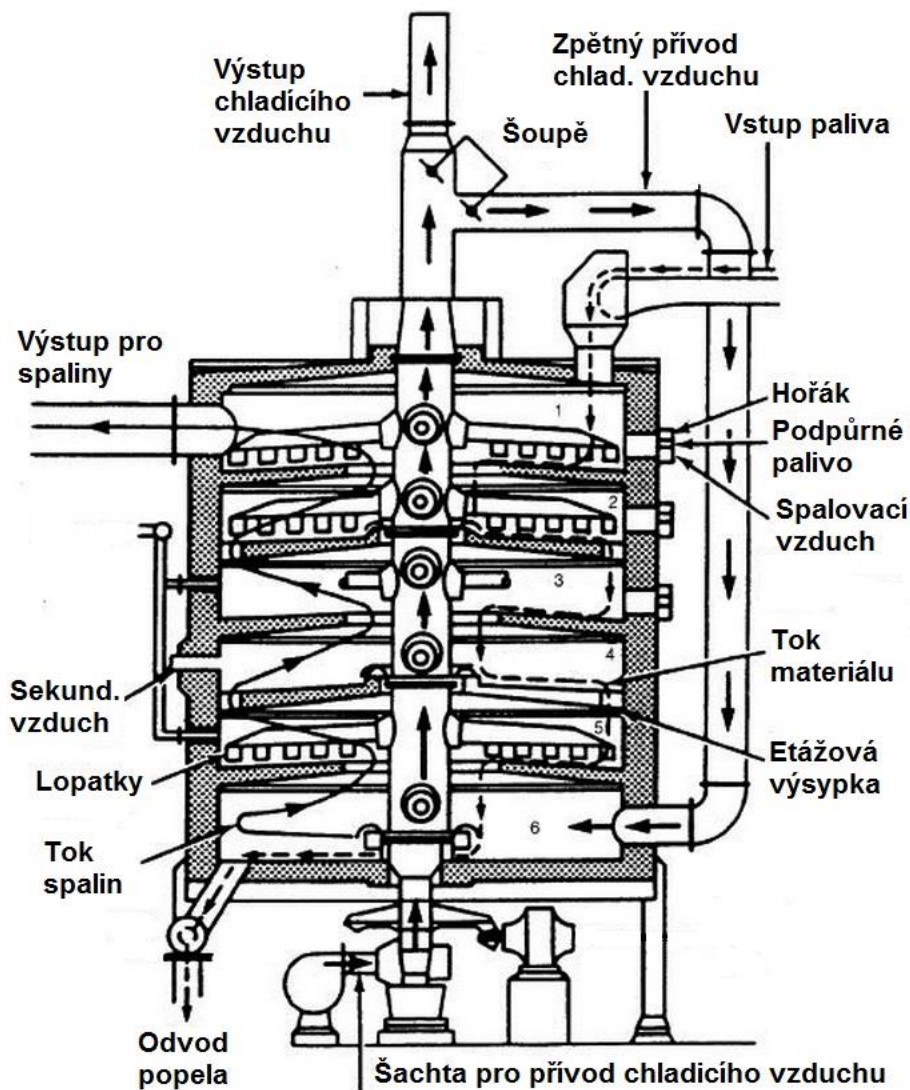
Obrázek 20: Rotační pec

Muflové pece

Muflové pece jsou pece bezroštové. Uvnitř zařízení je umístěna vana nebo keramická podložka na níž je umístován nebezpečný odpad. Odpad se do zařízení ukládá vrchním plnicím otvorem a nebo boční vstupní šachtou. Ve spalovacím prostoru je umístěn hořák, který může mimo spalování pevných odpadů sloužit také pro spalování kapalných odpadů. Spaliny, které vzniknou spálením odpadu dále proudí do dohořivací komory, kde jsou zbylé neshořelé částice spáleny. Do dohořivací komory je pro tento účel zaveden i přívod sekundárního vzduchu. Zařízení pracuje periodicky. Do pece je nejdříve zavezen materiál, který je poté pomocí stabilizačního hořáku zahřát na potřebnou teplotu. Po ukončení spalování je zbylý popel a škvára odstraněna a pec připravena pro spalování další vsázky materiálu. Tento typ pece se často používá pro spalování zdravotnických odpadů, rozpouštědel, zbytků z výroby barev a laků.

Etážové pece

V angličtině je tato technologie nazývána Multiple Hearth Furnace (MHF) a využívá se i pro jiné aplikace než spalování nebezpečných odpadů, jedná se například o pražení biomasy nebo uhlí. Narozdíl od této aplikace však teplota horkého vzduchu, který pecí prostupuje směrem vzhůru je až 900 °C. Jedná se o pec válcového tvaru, která je rozdělena do jednotlivých etáží. Pec je opatřena žáruvzdornou vyzdívkou a osou pece je vedena ocelová, chlazená hřídel. Hřídel je opatřena lopatkami, které zasahují do jednotlivých etáží. Odpad, který je dávkovaný z horní části pece je tak pomocí těchto lopatek posunován směrem k výsypce, kde materiál propadne do další etáže. Proti toku odpadu proudí spaliny ze spalovací části pece. V důsledku výše uvedeného je zajištěna relativně dlouhá doba zdržení odpadu. Z tohoto důvodu je tento způsob spalování vhodný pro materiál o vysoké vlhkosti (například kaly). Nákres etážové pece pro spalování kalu je uvedena na obrázku 21.



Obrázek 21: Etážová pec

Spalování ve fluidním loži

Fluidizace je obecně děj, v němž je soubor pevných látek udržován ve fluidní vrstvě ve vzhledu proudem tekutiny. Fluidní vrstva tvoří disperzní systém, který se vytváří průtokem plynu vrstvou částic nasycených pod pórovité dno – tzv. fluidní rošt. Náplň fluidní vrstvy tvoří palivo (odpad) aditivum pro stabilitu fluidní vrstvy (inertní materiál – např. písek).

Vznik a základní vlastnosti fluidní vrstvy jsou následující:

Při ustáleném toku tekutiny svislou nádobou směrem vzhůru, ve které jsou na vodorovné pórovité přepážce uloženy částice, jejichž měrná hmotnost je větší než měrná hmotnost tekutiny, je možno docílit několika stavů směsi. Tyto stavy jsou závislé na rychlosti toku tekutiny, složení částic pevné fáze, tvaru a měrné hmotnosti částic, tvaru a velikosti nádoby, velikost a typu pórovité přepážky (fluidního roštu), fyzikálních vlastnostech tekutiny a dalších činitelích.

Při zvětšování rychlosti tekutiny roste i tlaková ztráta tekutiny ve vrstvě a při určité rychlosti tekutiny vyrovnává sílu, kterou působí na vrstvu zemská přitažlivost. Tento stav se nazývá práh fluidizace a příslušná rychlost tekutiny ve volném průřezu nádoby bez částic prahová rychlost fluidizace. Částice tuhé fáze se vznášejí v tekutině a navzájem se promíchávají. Fluidizovaný materiál teče, udržuje víceméně zřetelnou hladinu a má hydrostatický tlak. Objem fluidní vrstvy při prahu fluidizace je větší než objem nehybné vrstvy.

Výhodou fluidního spalování je vysoká účinnost tohoto druhu spalování naopak nevýhodou je náročnost na granulometrii paliva. Z tohoto hlediska se tímto způsobem dají spalovat jen ty druhy nebezpečných odpadů, u kterých lze zajistit konstantní velikost pevných částic, což například u komunálních odpadů, jejichž složení je velmi různorodé, nelze zajistit. Z tohoto důvodu jsou tedy spíše preferovány jednodruhové odpady, které se spíše vyskytují v oblasti průmyslu než v komunální sféře.

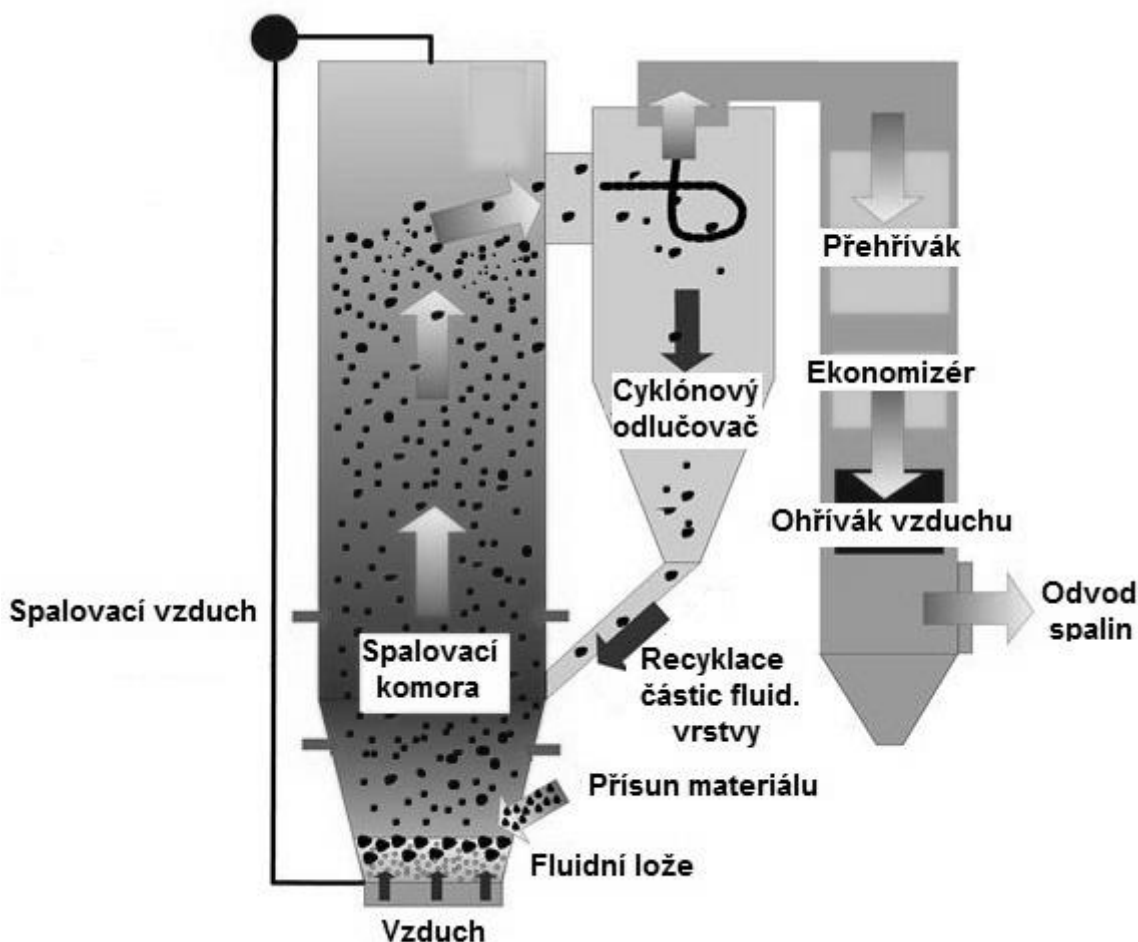
Existují dva základní typy kotlů pro *fluidní spalování*:

- *Atmosférické fluidní kotle se stacionární bublinkující vrstvou (AFB)*
- *Atmosférické fluidní kotle s cirkulující fluidní vrstvou (CFB)*

Pro účely spalování nebezpečného odpadu se převážně využívají technologie spalování s cirkulující fluidní vrstvou. Tyto technologie se zavádí poprvé v 70. letech 20. století, nejdříve pro účely spalování uhlí, avšak v poslední době čím dál častěji pro účely spalování nebezpečných odpadů.

Principem kotlů s cirkulující fluidní vrstvou je cirkulace částic fluidní vrstvy (paliva i aditiva) mezi spalovací komorou a cyklonem, ze kterého jsou vraceny zpět do fluidního ohniště. Společným znakem těchto kotlů je prostup všech spalín z ohniště přes cyklony. Výhodou je delší pobyt částic ve spalovacím prostoru, který vede k lepšímu vyhoření částic (snížení ztráty mechanickým nedopalem). Tyto kotle se staví pro vyšší výkony než kotle s bublinkující (výkony 50–700 MWt).

Na rozdíl od kotlů AFB není u těchto kotlů zřetelná hladina fluidní vrstvy, která expanduje do prostoru ohniště. V důsledku cirkulace přes sifon se pevné částice vrací zpět do ohniště. Uvádí se, že průměrně velká částice paliva cirkuluje 10–15× než dojde k jejímu vyhoření. Zjednodušené schéma systému CFB je uvedeno na obrázku 22.



Obrázek 22: Schéma fluidního kotle s cirkulující fluidní vrstvou

Termální desorpce

Technologie termální desorpce byla vyvinuta pro účely dekontaminace půd, sedimentů a kalů. Využití této technologie je často spojena s požadavkem dekontaminace území v oblastech, kde se nacházejí rafinerie, zařízení na zplyňování uhlí, centrální střediska vozové techniky (například pro armádní vozidla), a další zařízení, kde dochází ke skladování ropných produktů, nakládání s odpady apod.

Technologií termální desorpce dochází k odstranění těkavých látek a to jejím zahříváním tepelnou energií. Těkavé látky jsou zahřívány nad bod varu, tím dochází k urychlení procesu uvolňování z nosné matrice. Uvolněné páry znečišťující látky jsou poté buď přímo spalovány nebo zachycovány kondenzací. Tato technologie bývá klasifikována jako:

- nízkoteplotní (90 – 320 °C)
- vysokoteplotní (320 – 560 °C)

Podle místa, kde dochází k dekontaminaci se tyto technologie dělí na:

- termickou desorpci „in situ“
- termickou desorpci „ex situ“.

Metoda „in situ“ spočívá v dekontaminaci zeminy přímo na místě vzniku. Principem metody je ohřev materiálu na území, kde ke kontaminaci došlo. Zemina se ohřívá buď pomocí ocelových sítí, které jsou pomocí topných tyčí. Teplota topných tyčí je až 820 °C (tzv. metoda kobercového uspořádání). V případě, že je zemina kontaminována ve větších hloubkách jak 1 m, zemina se ohřívá pomocí soustavy vrtů (tzv. metoda vrtů).

Naopak metoda „ex situ“

Metoda „ex situ“ se zakládá na odtěžení zeminy ze zájmové lokality, následné mechanické předúpravě, kde je tento materiál tříděn, zbavován kovových částí, následně drcen a ohříván. Ohřev je zajištěn v rotační nádobě (případně míchané nádobě) zvané desorbér.

Spalování v plazmovém oblouku

Pevné, pastovité nebo tekuté odpady jsou speciálním zařízením dávkovány do prostoru plazmového reaktoru, kde nastává účinkem vysokovýkonného plazmového hořáku rychlá destrukce škodlivin obsažených v odpadu. Plazmový hořák pracuje na principu elektrického oblouku a je napájen stejnosměrným proudem.

Samotná plazma je ionizovaný vodivý plyn o teplotě 4000 – 5000 °C (jsou dosahovány i teploty 20 000 °C). Jedná se o energeticky náročný proces. Jsou známa zařízení s relativně malým prosazením speciálních (brizantních) odpadů (cca 0,1 – 1,0 t/h).

Plazmových hořáků může být instalováno více – např. hlavní a podpurný hořák. Instalovaný výkon hořáku se může pohybovat kolem 1500 kW. Tento údaj umožňuje představu o vysoké energetické náročnosti plazmové technologie na zpracování relativně malého množství odpadů.

Anorganické podíly odpadu vytvářejí strusku v tekutém stavu (teplota může dosáhnout hodnot vysoko přes 1500 °C), která je ze spodní části reaktoru odpouštěna a po ochladnutí tvoří inertní zbytkový materiál se skelnou strukturou (vitifikace). Tento materiál je vhodný k dalšímu použití či ke konečnému uložení na skládku.

Organické podíly odpadu jsou rozloženy na jednotlivé elementy. Tento procesní krok nastává v redukčním prostředí a vzniklý syntézní plyn může být pomocí kyslíku či směsi vzduchu a kyslíku v oxidační části plazmového reaktoru oxidován.

Takto upravené spaliny o teplotě přes 1000°C mohou být v následně zařazeném kotli využity k výrobě páry, která v kogeneračním procesu produkuje energii. Vystupující plyn je průchodem kotlem ochlazen na teplotu kolem 200 °C a posléze podroben několikasupňovému standardnímu komplexnímu čištění. (Např. omezování emisí tuhého úletu, anorganických kyselin, těžkých kovů a aerosolů.) Dále může být zařazen proces

katalytické redukce oxidů dusíku na molekulární dusík a vodu s následným procesem katalyticko – oxidační destrukce látek typu PCDD/F. Provozní teplota katalytického stupně (cca 300 °C) je dosažena patřičně dimenzovaným zařízením k přesunu tepla. Výstupní emisní hodnoty dosahují zlomků zákonných emisních limitů.

Prací kapalina z procesu čištění vystupujících plynů je rovněž podrobena standardní komplexní úpravě (neutralizace, vložkování, srážení, sedimentace, filtrace), jejímž cílem je výstup vyčištěného média do lokálního vodoteče či do kanalizace a koncentrace odloučených škodlivin (hlavně těžkých kovů) do tzv. filtračního koláče, který může být předán plazmovému procesu nebo postoupen dalšímu látkovému využití.

Principy čištění spalin stejně jako principy zpracování produktů po spalování jsou u nebezpečných odpadů obdobné jako v případě odpadů komunálních. Systém čištění i způsob zpracování vždy závisí na druhu spalovaného nebezpečného odpadu a jeho složení.

8. TECHNIKA ENERGETICKÉHO VYUŽÍVÁNÍ DŘEVNÍCH ODPADŮ

Termochemickou konverzí se obecně rozumí rozklad materiálu na bázi uhlíku pomocí vysokých teplot. Je využíváno několik způsobů termochemické konverze:

- spalování
- zplyňování
- pyrolýza

Důvodem využití termochemické konverze biomasy je zisk tepelné energie, která se dále využívá pro ohřev teplé vody, vytápění, případně výrobu elektrické energie. Za tímto účelem se nejčastěji využívá dřevního odpadu. Mezi dřevní odpad řadíme:

- štěpka,
- piliny,
- hobliny
- sekané dýhy,
- zbytková kulatina,
- odřezky.

Nezanedbatelným zdrojem odpadní biomasy pro energetické účely je však i zemědělství, jedná se především o tyto produkty:

- obilní sláma
- řepková sláma
- traviny.

8.1 Spalování

Hoření částice pevného paliva se liší od hoření plyných nebo kapalných paliv. Tyto odlišnosti jsou především dány tím, že u pevných paliv musí nejdříve proběhnout ohřev částice, poté odpaření vlhkosti a odplynění, a na závěr musí proběhnout heterogenní reakce mezi kyslíkem a pevným povrchem uhlíku.

Proces hoření částice pevného paliva se skládá z těchto dějů

- ohřev částice,
- odpaření vlhkosti,
- uvolnění prchavé hořlaviny,
- hoření prchavé hořlaviny,
- hoření uhlíku,

přičemž hlavní úlohu při hoření pevného paliva (biomasy) má hoření uhlíku. Je to způsobeno tím, že uhlík je primární součástí pevného paliva a v prvkovém složení zaujímá majoritní podíl. Čím je vyšší tento podíl, tím je i vyšší výhřevnost paliva. Proto z tuhých paliv mají největší výhřevnost antracity, kde tento podíl může přesáhnout 90 % hmoty. U dřeva se podíl uhlíku v palivu pohybuje kolem 50 %. Hoření uhlíku je velmi důležité pro celkový proces spalování. Hoření uhlíku totiž zaujímá až 90 % celkové doby, která je zapotřebí pro hoření částice. Pro dokonalé vyhoření uhlíku je velmi důležité vhodné nastavení přívodu vzduchu a vhodná konstrukce topeniště kotle.

8.2 Fyzikálně-chemické vlastnosti dřevních odpadů

Obsah prchavé hořlaviny

Oproti ušlechtilým klasickým palivům (uhlí, koks) má biomasa vysoký podíl prchavé hořlaviny. Při spalování na roštu se nejprve prchavá hořlavina z paliva uvolňuje ve formě uhlovodíků (při teplotách 200 až 500 °C) a potom nastává hoření neodplyněného zbytku. Uvolněná prchavá hořlavina částečně vyhořívá v oblasti nad roštem a její zbytek postupuje spolu se spalinami kotlem do pásma nižších teplot.

Tabulka 11: Obsah prchavé hořlaviny

Palivo	Rašelina	Řepková sláma	Dřevní hmota	Obilní sláma
V_{daf} (% hm)	cca 70	80 až 86	80 až 86	až 88

Obsah a vlastnosti popelovin v palivu

Biopaliva se vyznačují nízkým obsahem popelovin. Z tohoto důvodu mají kotle na biomasu méně složitou soustavu na jejich odvod než kotle na paliva klasická, kde tvoří popeloviny až 40 % (lignit). V případě menších zařízení bývá odvod popelovin i diskontinuální.

Složení a vlastnosti popela mohou do značné míry ovlivnit bezporuchový chod a životnost spalovacího zařízení. Pro návrh a provoz kotlů, jsou nejdůležitější charakteristické teploty popelovin a obsah alkalických kovů. Charakteristické teploty popelovin jsou:

- teplota měknutí T_A [°C],
- teplota tavení T_B [°C],
- teplota tečení T_C [°C].

Dřevní hmota má v porovnání s jinými biopalivy charakteristické teploty poměrně vysoké, $T_A = 1160$ °C, $T_B = 1340$ °C, $T_C = 1350$ °C. Naproti tomu teplota měknutí popela T_A u rašeliny, řepkové slámy, případně obilné slámy je nižší o 300 až 400 °C. Výjimku tvoří šťovík, kde je tato teplota oproti dřevní hmotě vyšší o cca 150 °C. Charakteristické teploty popelovin pro vybraná paliva jsou uvedeny v tabulce 12.

Tabulka 12: Charakteristické teploty popela

Palivo	Rašelina	Řepková sláma	Dřevní hmota	Šťovík	Obilní sláma
T_A [°C]	900	750	1160	1306	830
T_B [°C]	x	x	1340	>1500	850 – 900
T_C [°C]	x	x	1350	>1500	850 – 900

Obsah vody v palivu

Obsah vody v palivu je významnou veličinou jak pro kvalitu samotného spalovacího procesu, tak pro dopravní charakteristiky paliva, především u zařízení používajících šnekových dopravníků. Zvláště jedná-li se o biomasu s jemnou granulometrií bývá vysoká vlhkost příčinou tvorby slepených shluků, které jsou obtížně rozrušitelné, vytváří klenby a brání tak plynulému dávkování paliva. Tento jev je zejména patrný u malých zařízení, kde i lokální – u velkého zařízení nevýznamné – slepence mohou ucpat celý dopravní systém. Při spalování snižuje vysoký obsah vody v palivu jeho výhřevnost, neboť se významná část energie spotřebuje pro její odpaření. Vyšší obsah vody také znesnadňuje proces hoření, což se projeví zvýšeným obsahem CO a uhlovodíkových sloučenin ve spalinách. Obsah vody v biomase se pohybuje v širokém rozmezí od surového stavu (dřevo $W_{rel} = 55$ %_{hm}, kůra i $W_{rel} = 65$ %_{hm}) po stav vysušený (obvykle $W_{rel} > 10$ %_{hm}).

Výhřevnost paliva

Vzhledem k nepatrné závislosti hustoty dřevní substance na druhu dřeva, kterou považujeme za téměř konstantní, se spalné teplo dřeva pohybuje v rozmezí 18 až 19 MJ.kg⁻¹. Výjimkou jsou dřeva bohatá na pryskyřice a další hořlavé doprovodné látky. Vlastní výhřevnost je v závislosti na vlhkosti dřeva snižována spotřebovaným výparným teplem na odpaření vody z dřeva. V tabulce 13 jsou znázorněny výhřevnosti různých druhů dřev, při různé vlhkosti.

Tabulka 13: Výhřevnost dřeva a kůry v závislosti na druhu a vlhkosti dřeva.

Dřevo	Výhřevnost dřeva při dané vlhkosti		
	0 %	15 %	60 %
Smrk	17,9	13,4	-
Borovice	18,7	14,5	10,6
Bříza	19,9	15,8	-
Dub	17,0	14,5	-
Buk	17,6	15,4	-
Borka (kůra)	-	19,0	10,5

Složení paliva

Mezi hlavní elementární prvky paliva se řadí především uhlík, vodík, kyslík a dusík. Přičemž hlavním nositelem energie je uhlík, v menší míře potom vodík. Z tabulky 14 je patrné, že oproti klasickým tuhým palivům, jako je například koks či černé uhlí, má dřevo poměrně nízký obsah uhlíku. U dřeva se většinou pohybuje kolem 50 %, kdežto u černého uhlí se tato hodnota pohybuje kolem 90 % a u hnědého uhlí potom v rozmezí 50 – 80 %. Oproti klasickým palivům má však dřevnatá biomasa výhodu v tom, že má nulový či velmi nízký obsah síry.

Tabulka 14: Elementární složení dřeva

Dřevo	Prvky (%)			
	C	H	O	N
Smrk	50,3 – 51,4	6,1 – 6,3	41,6 – 43,1	0,1 – 0,9
Jedle	50,4 – 51,3	5,9 – 6,0	43,4 – 44,0	0,1 – 0,8
Borovice	49,5 – 49,6	6,4	44,0 – 44,4	0,9
Dub	49,4 – 50,6	6,1 – 6,2	41,8 – 44,5	1,2
Buk	48,5 – 50,9	6,1 – 6,3	42,1 – 45,2	0,12 – 0,9

Granulometrie

Z geometrického hlediska může mít palivo pocházející z biomasy mnoho forem. Co se týká dřevin, jsou k dispozici většinou ve formě polen, štěpky, briket, pelet, drcených větví, různých

odpadních odřezků, případně pilin či hoblin. V případě zemědělských odpadů nebo cíleně pěstovaných energetických bylin to může být například řezanka.

Při konstrukci kotle je nutno uzpůsobit dopravní systém i spalovací komoru daným rozměrům a tvaru paliva. Z hlediska konstrukce spalovací komory je nutno znát předem rozměry paliva, aby mohla být vhodně navržena soustava přívodu spalovacího vzduchu.

8.3 Zařízení pro spalování odpadní biomasy

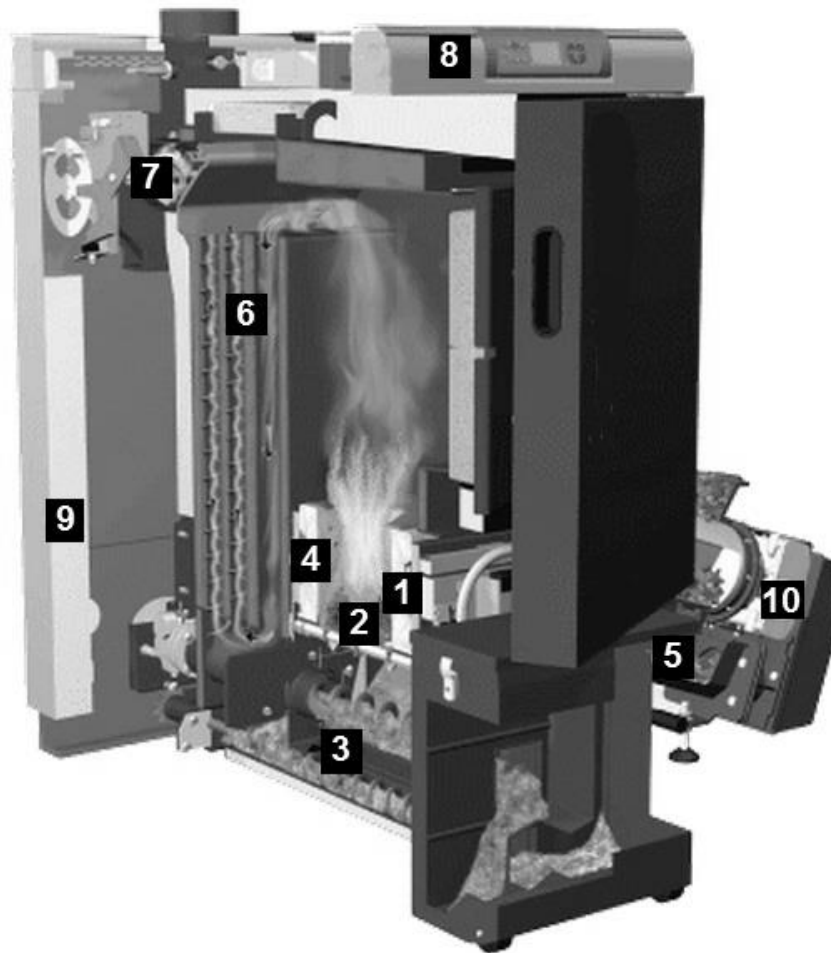
Pro spalování biomasy se převážně využívají kotle roštové. Spalování u roštových ohnišť probíhá jednak ve vrstvě na roštu, jednak v prostoru nad vrstvou paliva. Podíl hoření nad vrstvou paliva je tím větší, čím vyšší je obsah prchavé hořlaviny. Z tohoto pohledu rozeznáváme dvě základní konstrukční koncepce:

- roštové ohniště s jedním ohniskem hoření
- roštové ohniště s dvěma ohnisky hoření.

Pro spalování dendromasy se v průmyslovém měřítku využívají i fluidní spalovací zařízení. Nicméně z důvodu vysokých nároků na úpravu paliva nejsou tyto technologie příliš rozšířené a vyplatí se spíše u vyšších výkonů spalovacích zařízení. Pro spalování odpadní biomasy existuje široká škála zařízení o různých výkonech a to od spalovacích zařízení pro domácí použití o výkonech v řádu desítek kilowatt až po velká zařízení o výkonech několika megawattů.

Zařízení menších výkonů

Jedná se o zařízení určená pro vytápění či ohřev teplé vody v rodinných domech. Jejich výkon se pohybuje v řádech několika desítek kilowatt. V této oblasti spíše převažují zdroje spalující konvenční tuhá paliva. Jedná se především o dřevěné pelety, kusové dřevo, polena apod. Na trhu jsou však zařízení, která mimo pelety spalují například i odpadní štěpku, hobliny nebo řezanku. Na obrázku 23 je uvedena technologie domácího zdroje vytápění pro spalování dřevěných pelet a dřevěné štěpky.

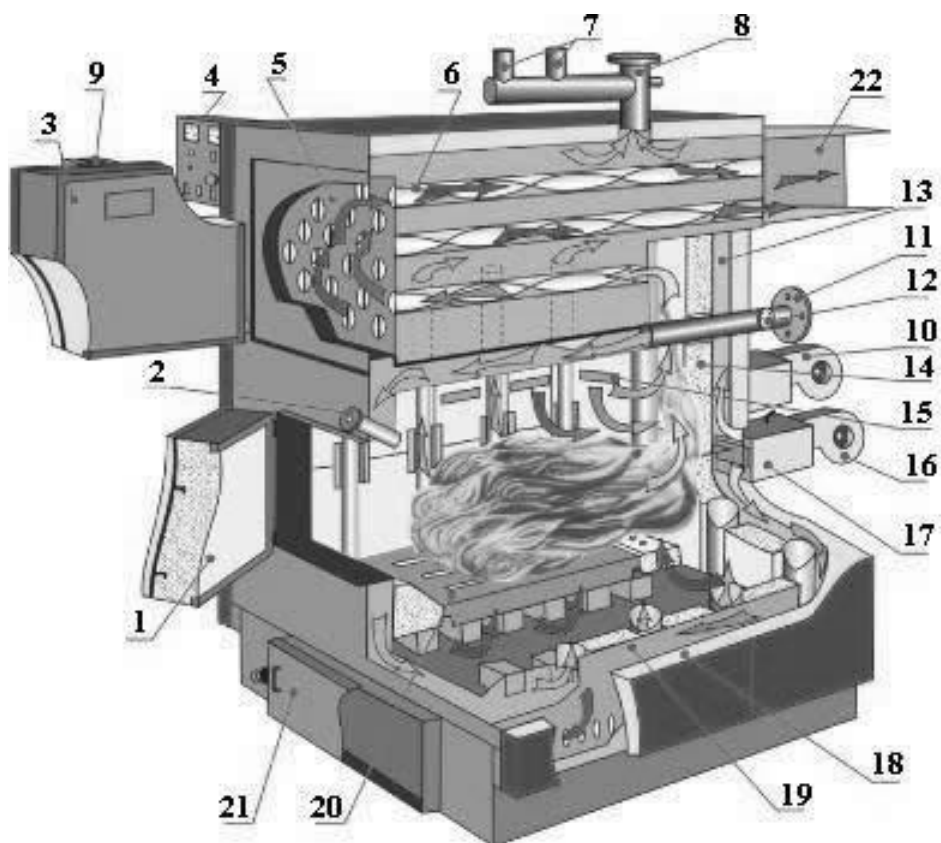


Obrázek 23: Spalovací zařízení pro spalování dřevěných pelet a dřevěné štěpky

1 – vysokoteplotní spalovací komora se žáruvzdornou vyzdívkou, 2 – spalovací rošt, 3 – automatický odvod popela pomocí šroubového dopravníku, 4 – primární a sekundární přívod spalovacího vzduchu, 5 – šroubový dopravník pro přívod paliva, 6 – výměník tepla, 7 – ventilátor s regulací rychlosti, 8 – řídicí jednotka pro lamda sondu, 9 – tepelná izolace, 10 – elektrický pohon dopravníků.

Zařízení středních výkonů

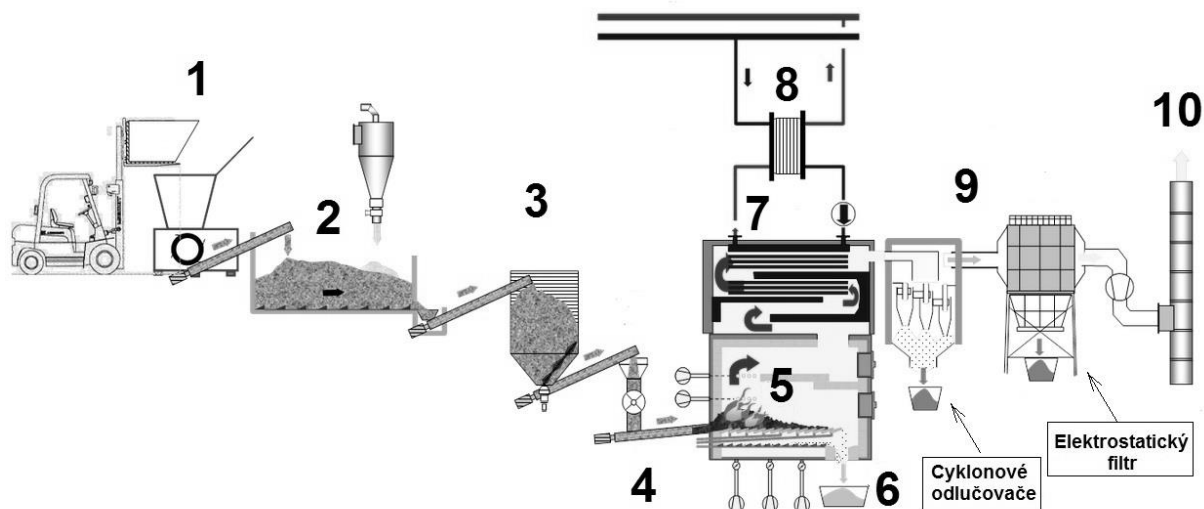
Jedná se o zařízení určená pro vytápění či ohřev teplé vody ve větších dílnách, areálech nebo bytových domech. Výkony těchto zařízení se pohybují v řádech několika stovek kilowatt. S výhodou se těchto zařízení může využít například ve stolařských dílnách, kdy jsou spalovány odpady z výroby nábytku jako například hobliny nebo piliny. Na obrázku uvedeném níže je zobrazeno zařízení na spalování dřevěných odpadů jako jsou piliny, hobliny nebo štěpka.



Obrázek 24: Spalovací zařízení středního výkonu pro spalování dřevěných pilin a hoblin
 1 – vstupní dvířka do spalovací komory, 2 – monitorovací otvor, 3 – přístupová dvířka k tepelnému výměníku, 4 – kontrolní panel, 5 – potrubí tepelného výměníku, 6 – odnímatelný turbulátor, 7 – potrubí pro přetlakový pojistný ventil, 8 – potrubí pro horkou vodu, 9 – bezpečnostní ventil, 10 – ventilátor pro přívod sekundárního vzduchu, 11 – potrubí pro přívod vratné vody, 12 – termostat, 13 – komora pro sekundární hoření, 14 – šamotová vyzdívka, 15 – Sekundární přívod vzduchu, 16 – Primární přívod vzduchu, 17 – nastavovací prvek pro přívod vzduchu, 18 – tepelná izolace, 19 – spalovací komora, 20 – spalovací pevný rošt, 21 – přístupová dvířka k popelníku.

Zařízení velkých výkonů

Jsou to zařízení využívaná především v teplárenství. Jejich výkony dosahují hodnot až několika megawatt. Jedná se o složité technologické celky. Technologické řazení jednotlivých zařízení bývá u různých výrobců odlišné. Závisí především na druhu přijímaného materiálu a požadavcích zákazníka na využití tepelné energie nebo na míru čištění spalin. Příklad technologického řazení jednotlivých zařízení včetně popisu je uveden na obrázku 25.

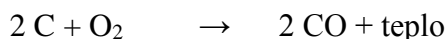


Obrázek 25: Schéma technologického celku určeného pro spalování odpadního dřeva

Popis procesu: V první fázi se naveze dřevěný odpad do štěpkovacího zařízení (1), štěrka se následně pomocí šnekového dopravníku transportuje do skladu paliva (2). Do skladu paliva může být přiváděn i další materiál jako jsou hobliny, piliny nebo drobný úlet zachycený při odsávání prachu při práci se dřevem. Se skladu paliva je materiál dopraven do zásobníku paliva (3), odkud je materiál dopraven do dávkovacího zařízení (4). Následně je palivo energeticky využito ve spalovací komoře. Popel zbylý po spalování je odveden do popelníku (6). Horké spaliny vzniklé při spalování paliva ohřívají otopnou vodu v tepelných výměnících (7), (8). Spaliny jsou poté čištěny nejdříve v cyklonových odlučovačích, kde jsou odstraněny hrubé částice, následně v elektrostatickém filtru, kde jsou odstraněny částice jemné (9). Po vyčištění jsou spaliny odvedeny do komína (10).

8.4 Zplyňování

Zplyňování na rozdíl od spalování probíhá za podstechiometrického množství kyslíku. Aby oxidační reakce uhlíku proběhla pouze na oxid uhelnatý podle následující rovnice:



Reakce $2 \text{H}_2 + \text{O}_2$ musí být zcela potlačena. Teplota při zplyňování se pohybuje přibližně v rozmezí 1000 – 1500 °C. V praxi samozřejmě dochází v malém množství i k reakcím, kdy vzniká i CO_2 a voda. Produktem je syntézní plyn, což je převážně směs $\text{CO} + \text{H}_2$, který je možné využít materiálově nebo k výrobě energie. Při zplyňování se používá při reakci buď kyslík, nebo vzduch obohacený kyslíkem na 90 % a více. Cílem je vyloučení dusíku ze vzduchu, protože dusík tvoří s ohledem na materiálové i energetické využití syntézního plynu

nežádoucí složku. V případě zplyňování se vzniklý syntézní plyn podrobuje čištění ještě před vlastním užitím. S ohledem na „redukční“ atmosféru mají nežádoucí složky vzniklé z přítomných prvků jiný charakter než při spalování (např. ze síry vzniká sirovodík) a je rovněž značně potlačena tvorba vyšších uhlíkatých látek s kyslíkem.

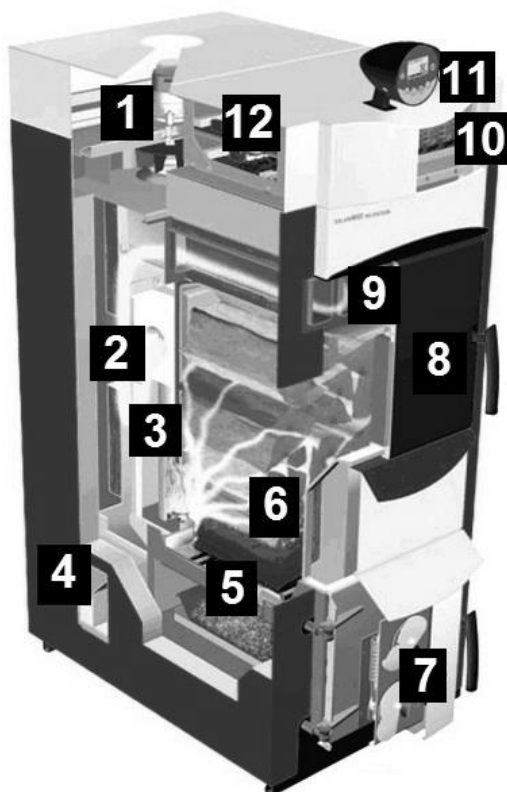
Energeticky využitelným produktem zplyňování je syntézní plyn. Syntézní plyn se skládá z hlavních složek, jimiž jsou výhřevné permanentní plyny (CO, H₂ a CH₄), balastní permanentní plyny (CO₂ a N₂) a samozřejmě vodní pára. Dále plyn tvoří vedlejší složky a tuhé znečišťující látky (dehet, popeloviny, nedopal) a sloučenin S, Cl, N aj. Složení plynu nelze generalizovat, protože je závislé na fyzikálně-chemických vlastnostech tuhého paliva, na typu zplyňovacího reaktoru a na provozních podmínkách generátoru. Příkladem je složení plynu z fluidního zplyňování dřevní biomasy různými zplyňovacími tekutinami – vzduchem, vodní parou a paro-kyslíkovou směsí. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 15.

Tabulka 15: Hlavní složky plynu ze zplyňování dendromasy

Parametr	Jednotka	Zplyňování vzduchem (autotermní)	Zplyňování parou (alotermní)	Zplyňování paro-kyslíkovou směsí (autotermní)
Výhřevnost	[MJ·mN ⁻³]	4–6	12–14	12–15
H ₂	[%]	11–16	35–40	25–30
CO	[%]	13–18	25–30	30–35
CO ₂	[%]	12–16	20–25	23–28
CH ₄	[%]	3–6	9–11	8–10
N ₂	[%]	45–60	<1	<1

Zařízení pro zplyňování

Podobně jako u spalovacích zařízení existuje široká škála zplyňovacích zařízení o různých výkonech. Kotle pro domácí použití jsou vybaveny převážně pevným roštem. U zařízení větších výkonů se používají i jiné typy roštů, případně i jiné druhy technologií zplyňování. Rošty jsou převážně sesuvné (pohyblivé). Dále se může využít i zplyňování pomocí fluidních zařízení. Prozatím v oblasti výzkumu je technologie založena na plazmovém zplyňováním za extrémně vysokých teplot (až 30 000 °C). Konstrukce zařízení závisí na požadovaném výkonu, tvaru zplyňovaného materiálu a na zvolené technologii. Popis a nákres zplyňovacího zařízení o výkonu 20 kW určeného pro vytápění domů je uveden na obrázku 26.



Obrázek 26: Nákres zplyňovacího kotle pro domácí použití

1 – ventilátor pro přívod vzduchu, 2 – teplotní sonda, 3 – hořák, 4 – čistící otvor, 5 – integrovaný přívod předehřátého vzduchu, 6 – prostor pro zplyňování dendromasy, 7 – automaticky řízené servomotory pro regulaci přívodu vzduchu, 8 – dvířka pro plnění zplyňovacího prostoru palivem, 9 – odvod karbonizovaného plynu, 10 – kontrolní systém, 11 – displej, 12 – systém regulace spalování syntézního plynu

Především u velkých zdrojů je velmi důležitou součástí technologie čištění syntézního plynu. Důvodem je, že kromě syntézního plynu během zplyňování vznikají také další nežádoucí látky. Jedná se o pevné částice, dehet, alkálie, sloučeniny síry (H_2S , COS , CS_2 a organické sloučeniny), dusíku (NH_3 a HCN), halogenů a jiné. Zastoupení nečistot v plynu je závislé na technologii zplyňování a na složení biomasy. Nároky na čistotu plynu se liší dle jeho následné aplikace.

Obecně existují dva základní přístupy k čištění plynu, které se vzájemně doplňují. Jedná se o tzv. primární opatření a sekundární opatření. Primární opatření jsou metody týkající se samotného procesu zplyňování, které se uplatňují přímo v generátoru. Jsou to např. volba vhodného zplyňovacího média, vhodné teploty zplyňování, tlaku zplyňování atd. U fluidních generátorů se také využívá možnost ovlivňovat kvalitu generátorového plynu použitím katalyzátorů ve fluidním loži. Sekundárními opatřeními je rozuměno použití návazných technologií, jako jsou např. cyklóny, filtry, mokré vypírky (skrubry) a jiné.

8.5 Pyrolýza

Pyrolýza se řadí mezi tzv. termochemické procesy, kam se řadí i spalování nebo zplyňování. Pyrolýza však má svá určitá specifika, kterými se od předchozích dvou procesů odlišuje. Základní odlišností je, že pyrolýza je proces se zamezením přístupu kyslíku, vzduchu nebo jiných zplyňovacích látek. Tímto procesem lze zpracovávat různé druhy materiálů na bázi uhlíku. Pyrolýza probíhá obecně ve třech fázích:

- sušení
- karbonizace
- tvorba plynu.

Moderní pyrolýzní jednotky se využívají jako zdroj chemických látek nebo přímo ke kombinované výrobě tepla a elektrické energie. Biomasa, zvláště poté dendromasa je surovinou velmi vhodnou pro pyrolýzní zpracování. Obecně vzato pyrolýzní procesy zpracovávající biomasu můžeme rozdělit následujícím způsobem:

- pomalá pyrolýza
- rychlá pyrolýza
- pražení.

Pomalá pyrolýza

Technologie pomalé pyrolýzy využívá pomalého ohřevu materiálu za nepřítomnosti kyslíku a to na teplotu přesahující 400 °C, některá literatura uvádí až 500 °C. Tato teplota vyvolává tepelný rozklad lignocelulózy za vzniku syntetického plynu, pyrolýzního oleje a pyrolýzního uhlí. Rychlost tepelného ohřevu zde činí přibližně 5 – 7 °C za minutu.

Pomalé pyrolýzní jednotky mají ve srovnání s ostatními technologiemi určenými pro termochemickou konverzi látek několik výhod, mezi tyto výhody patří především to, že jednotky určené pro pomalou pyrolýzu jsou levné a jsou schopny zpracovat různé druhy vstupních surovin. Využití pomalých pyrolýzních jednotek ve větším měřítku je však obtížné. Příčinou je pomalý přenos tepla v objemu materiálu a z tohoto důvodu je nutná dlouhá doba zdržení materiálu v komoře.

Pomalé pyrolýzní jednotky produkují relativně vyšší podíl pevného zbytku a menší množství ostatních produktů než ostatní technologie určené pro termochemickou konverzi.

Rychlá pyrolýza

Při rychlé pyrolýze dochází k rychlému ohřevu suroviny (500 až 1000 °C za minutu) bez přístupu kyslíku. Biomasa se rozkládá za vzniku plynů, par, aerosolů a pevného zbytku. Výtěžek kapalného bio-oleje je po zkondenzování par a aerosolů v rozmezí 60 – 75 %_{hm.}, 15 –

25 %_{hm}. tvoří pevný koks a 10 – 20 %_{hm}. plyny. Pro dosažení žádoucího výtěžku bio-oleje je nezbytné splnit některé požadavky. Předně je nezbytná vysoká rychlost ohřevu v celém objemu pyrolyzovaného materiálu, což je zpravidla podmíněno malou velikostí částic, z nichž se pyrolyzovaný materiál skládá. Je tedy nutné vstupní surovinu nejdříve pomlít. Teplota pyrolýzního procesu musí být pečlivě řízena (většinou v rozmezí 425 – 500 °C), protože pyrolýzní proces silně závisí na teplotě. Dále je nezbytné, aby vznikající parní fáze neměla v reaktoru dobu zdržení delší než 2 s a aby bylo zajištěno co nejrychlejší ochlazení a zkondenzování par a aerosolů, které jinak mohou podléhat sekundárním reakcím.

Pražení

Pražení je další z procesů, které lze považovat za pyrolytický proces. Z energetického hlediska je pražení biomasy zajímavý proces. V některých státech je této úpravě materiálu věnována zvýšená pozornost (například Holandsko, Kanada). Pražením obecně rozumíme tepelnou úpravu materiálu (například biomasy), která je prováděna v inertní atmosféře. V případě procesu pražení biomasy dochází především k odstranění vlhkosti materiálu a lehkých těkavých látek a zároveň k depolymerizaci dlouhých polysacharidových řetězců. Výsledkem je hydrofobní produkt se zvýšenou energetickou hustotou (na jednotku hmotnosti) a s vysokou melitelností. V důsledku této úpravy dochází k výrazně nižší spotřebě energie při následném zpracování praženého paliva. Pro energetické využití tohoto materiálu není nutné stavět speciální spalovací zařízení – lze jej využít již ve stávajících uhelných elektrárnách a spoluspalovat s černým nebo hnědým uhlím.

Lignocelulózní biomasa obsahuje přibližně 80 % těkavých látek a 20 % fixovaného uhlíku v sušině. Během pražení při průměrné teplotě 250 °C až 350 °C a výraznému poklesu kyslíku v pražicí komoře dojde ke snížení přibližně 20 % těkavých látek. Zároveň se výrazně změní i fyzikální vlastnosti výsledného produktu. Uvádí se například, že díky pražení dojde ke změně spalného tepla z 19 MJ·kg⁻¹ u dřeva na 21 – 23 MJ·kg⁻¹ po procesu pražení.

Produkty pyrolýzního zpracování dendromasy

Pyrolýza materiálů poskytuje tři základní produkty:

- bio-olej
- pyrolýzní plyn
- pevný zbytek.

Bio-olej je směs organických chemikálií a pyrolýzní vody. Alternativně může být nazýván jako pyrolýzní benzín či pyrolýzní olej. Bio-olej je po pyrolýze biomasy tmavě hnědá kapalina s ostrým charakteristickým zápachem. Je to komplexní směs organických sloučenin, obsahující vodu a mnoho derivátů kyslíkatých organických sloučenin, např. kyseliny,

alkoholy a fenoly, karbonylové sloučeniny, ethery, estery, cukry, furany a také deriváty dusíkatých sloučenin. Molární hmotnost těchto sloučenin je v širokém intervalu, od $18 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ u vody až po $5000 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ pyrolytického ligninu. Průměrná molární hmotnost pyrolýzního oleje se pohybuje v intervalu $370 - 1000 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. Přestože pyrolýzní olej obsahuje velké množství organických sloučenin, většina z nich se vyskytuje v nízkých koncentracích a kompletní chemická analýza pyrolýzního oleje není možná kvůli přítomnosti pyrolytického ligninu. Pyrolytický lignin představuje různě dlouhé deriváty ligninu způsobené tepelnou degradací a jeho koncentraci nelze stanovit plynovou ani kapalinovou chromatografií. Složení pyrolýzního oleje se výrazně liší od paliv na ropné bázi, protože na rozdíl od fosilních paliv, biomasa obsahuje velké množství kyslíku. Analýzou složení pyrolýzního oleje zaměřenou na identifikaci lehčích složek byly mezi hlavními složkami detekovány karbonylové sloučeniny vzniklé degradací celulosy (levoglukosan, acetylacetaldehyd), karboxylové kyseliny (octová, mravenčí), deriváty furanu, fenoly a guajakoly. Složení pyrolýzního oleje je velmi proměnlivé v závislosti na surovině i technologii zpracování. Pyrolýzní plyn je směs několika plyných uhlovodíků, dále vodíku, oxidu uhelnatého a uhlíčitého a oxidů dusíku. Pevný zbytek je směs nezreagovaných částic rozkládaného dřeva, uhlíkatých úsad, zuhelnatělých částic a také popela. Často se označuje jako pyrolýzní koks.

Bioolej

Bioolej vzniklý pyrolýzou lignocelulózových materiálů má typicky vyšší obsah vody, může mít vyšší obsah rozpuštěných pevných částic a větší hustotu než konvenční paliva. Základní fyzikální vlastnosti biooleje jsou uvedeny v tabulce 16.

Tabulka 16: Fyzikální vlastnosti bio-oleje

Vlastnosti	Jednotky	Hodnota
Voda	%	20 – 30
Pevné částice	%	> 0,5
Popeloviny	%	0,01 – 0,1
Dusík	%	> 0,4
Síra	%	> 0,05
Viskozita (40 °C)	cSt	15 – 35
Hustota (15 °C)	$\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$	1,10 – 1,30
Bod vznícení	°C	40 – 110
Výhřevnost	$\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	13 – 18
pH	-	2 – 3

Pevný zbytek

V další tabulce jsou uvedeny chemicko-fyzikální vlastnosti pevného zbytku u různých typů biomasy. Pyrolytický proces v tomto případě proběhl při 500 °C a jednalo se o pomalou pyrolýzu. Konečný produkt vykazuje velmi vysokou biologickou a tepelnou stabilitu a také vysoký obsah uhlíku. Při srovnání jednotlivých druhů materiálů je velmi nápadný rozdíl mezi obsahem popelovin u slámy a dalších typů biomasy.

Tabulka 17: Chemicko-fyzikální vlastnosti pevného zbytku (uvedeno v %)

Druh analýzy	Vlastnost	Typ materiálu		
		Sláma	Kmenové dřevo	Dřevěná kůra
Fyzikální analýza	Vlhkost	2,07	1,46	0,36
	Prchavé hořlaviny	6,46	12,79	18,14
	Vázaný uhlík	39,1	83,47	68,66
	Popeloviny	52,37	2,28	12,84
Prvková analýza	C	86,28	89,31	84,84
	H	3,12	2,57	3,13
	O	7,35	7,34	10,20
	N	3,25	0,78	1,83
	Výhřevnost [MJ.kg ⁻¹]	13,45	16,46	15,40

Pyrolýzní plyn

Základní chemicko-fyzikální vlastnosti pyrolýzního plynu jsou potom pro srovnání uvedeny v tabulce 18. V tomto případě pyrolýzní proces proběhl při teplotě 650 °C. Obecně lze říci, že podíl vodíku s rostoucí teplotou v pyrolýzním procesu roste. Například v tomto experimentu podíl vodíku při teplotě 500 °C činil 6,4 %.

Tabulka 18: Chemicko-fyzikální analýza pyrolýzního plynu při 650 °C

Druh analýzy	Vlastnost materiálu	Jednotka	Dřevo
Fyzikální analýza	Relativní hustota	l	0,76
	Měrná tepel. kapacita	kJ m ⁻³ K ⁻¹	1,02
	Výhřevnost	MJ.m ⁻³	16,97
	Hustota	kg m ⁻³	0,99
Prvková analýza	H ₂	%	19,9
	CO	%	30,5
	CO ₂	%	16,2
	CH ₄	%	15,1
	C ₂ H ₄	%	3,9
	C ₂ H ₆	%	1,4

8.6 Technologie pro pyrolýzní zpracování

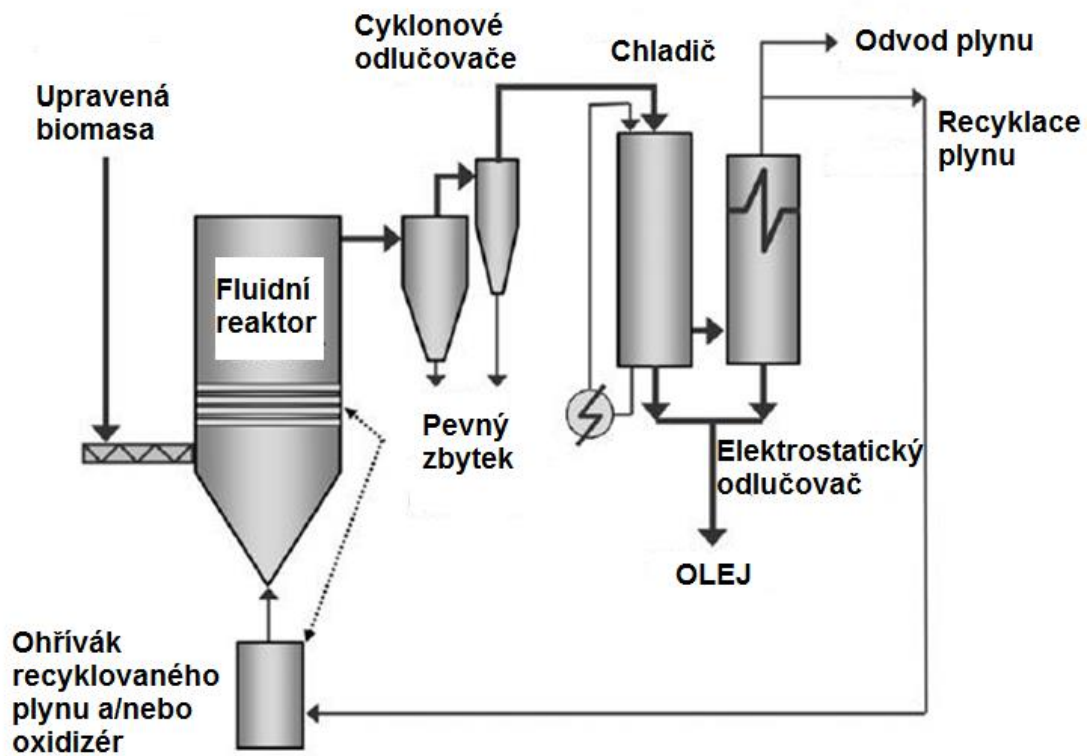
Pro pyrolýzní zpracování dendromasy existuje celá řada technologií, které se využívají jak v laboratorním měřítku, tak i v tom průmyslovém. Reaktory určené pro pyrolýzu mohou být následující:

- vsázkové reaktory
- fluidní reaktory
- fluidní reaktory s cirkulující vrstvou
- ablační pyrolýzní reaktory
- vakuové pyrolýzní reaktory.

Pro průmyslové využití jsou vhodné technologie využívající fluidních reaktorů. Jejich nespornou výhodou je, že jsou v současné době po technické stránce dobře zvládnuté. Nevýhodou je potom skutečnost, že vstupní materiál musí upraven mletím či drcením, což zvyšuje provozní náklady. V literatuře se například uvádí, že velikost všech částic by se měla pohybovat v rozmezí 2 – 3 mm, jelikož při těchto velikostech je přenos tepla mezi částicemi nejefektivnější.

Schématický náčrtek uvedený na obrázku 27 znázorňuje typickou konfiguraci s využitím fluidního reaktoru se stacionární (bublínající) fluidní vrstvou a s elektrostatickým odlučovačem. Upravená biomasa/dendromasa vstupuje pomocí dopravníku do fluidního reaktoru, kde proudí velkou rychlostí recyklovaný plyn, který částice uvádí do vznosu. Za fluidním reaktorem jsou řazeny cyklonové odlučovače. Pevné částice jsou zde pomocí tangenciálních sil z horkého plynu odloučeny. Vzniká jeden z produktů pyrolýzy – pevný zbytek. Následně jsou horké plyny chlazeny a dochází ke kondenzaci par obsažených v plynu. Kondenzát je odváděn mimo zařízení – vzniká bio-olej. Zbylý plyn se ohřeje a je částečně využit jako nosný plyn pro fluidizaci vrstvy v reaktoru a částečně může být využit pro další technologie či aplikace (např. spálení plynu a následný ohřev otopné vody).

Fluidní zařízení mají stabilní výkonnost s vysokým výtěžkem kapalného podílu (70 – 75 %_{hm} v sušině).



T

Obrázek 27: Schematický nákres fluidního reaktoru

SEZNAM LITERATURY

- FILIP, J. *Odpadové hospodářství*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2002. 118 s. ISBN 80-7157-608-5.
- FILIP, J., ORAL, J. *Odpadové hospodářství II*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 78 s. ISBN 80-7157-682-4.
- FILIP, J., BOŽEK, F., KOTOVICOVÁ, J. *Komunální odpad a skládkování*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 128 s. ISBN 80-7157-712-X.
- KÁRA, J., PASTOREK, Z., PŘIBYL, E. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., 2007. 117 s. ISBN 978-80-86884-28-8.
- KURAŠ, M., DIRNER, V., SLIVKA, V., BŘEZINA, M. *Odpadové hospodářství*. Chrudim: vodní zdroje Ekomonitor, 2008. ISBN 978-80-86832-34-0.
- MALAŤÁK, J., VACULÍK, P. *Technologická zařízení staveb odpadového hospodářství – zpracování biologicky rozložitelných odpadů*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. 178 s. ISBN 978-80-213-1747-5.
- MALAŤÁK, J., VACULÍK, P. *Biomasa pro výrobu energie*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. 206 s. ISBN 978-80-213-1810-6.
- PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. *Biomasa obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC PUBLIC, 2004. 288 s. ISBN 80-86534-06-5.
- VÁŇA, J., HANČ, A., HABART, J. *Pevné odpady*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2009. 190 s. ISBN 978-80-213-1992-9.
- VÍTĚZ, T., GRODA, B. *Čištění a čistírny odpadních vod*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. 126 s. ISBN 978-8073751807.
- VOŠTOVÁ, J. *Zpracování pevných odpadů II*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. 95 s. ISBN 80-01-03488-7.
- ZEMÁNEK, P., BURG, P., KOLLÁROVÁ, M., PLÍVA, P. *Biologicky rozložitelný odpad a kompostování*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., 2010. 113 s. ISBN 978-80-86884-52-3.

Autor	Ing. Petr Junga, Ph.D. doc. Ing. Tomáš Vítěz, Ph.D. Ing. Petr Trávníček, Ph.D.
Název titulu	TECHNIKA PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ I
Vydavatel	Mendelova univerzita v Brně Zemědělská 1, 613 00 Brno
Vydání	První, 2015
Náklad	200 ks
Počet stran	142
Tisk	ASTRON studio CZ, a.s.; Veselská 699, 199 00 Praha 9 Neprošlo jazykovou úpravou.
ISBN	978-80-7509-207-6
ISBN	978-80-7509-209-0 (soubor)
ISBN	978-80-7509-208-3 (II. díl)

Tato publikace je spolufinancována z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.

Byla vydána za podpory projektu OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0302 Inovace studijních programů AF a ZF MENDELU směřující k vytvoření mezioborové integrace.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdelávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ