

Energetická agentura Zlínského kraje, o.p.s.

Hospodaření s odpady

autor

Ing. Jaroslav ORAL a kolektiv

V rámci projektu

„Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji“

Rok 2014



**evropský
sociální
fond v ČR**



EVROPSKÁ UNIE



**MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY**



**OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost**

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah

1. ÚVOD.....	4
1.1. DEFINICE ODPADŮ DLE PLATNÝCH ZÁKONŮ	4
1.2. NĚKTERÉ POJMY SOUVISEJÍCÍ S ODPADY V OBCÍCH, DEFINICE ZPŮSOBŮ NAKLÁDÁNÍ S ODPADY A DALŠÍ SOUVISEJÍCÍ POJMY (2)	4
1.3. HIERARCHIE ZPŮSOBŮ NAKLÁDÁNÍ S ODPADY (8)	12
1.4. KOMUNÁLNÍ ODPADY	12
1.5. SPECIFICKÉ „KOMUNÁLNÍ“ ODPADY	13
1.6. PODNIKOVÉ ODPADY	15
2. POUČME SE Z NAŠÍ HISTORIE A OD SOUSEDŮ [11]	16
2.1. JAK ŘEŠILI PROBLÉM S ODPADY NAŠI PŘEDKOVÉ?	16
2.2. SOUČASNÝ STAV V BRNĚ	19
2.3. SOUČASNÝ STAV V EVROPSKÉ UNII	20
2.4. JAK SE ŘEŠÍ PROBLÉM S ODPADY U SOUSEDŮ?	20
3. JAK TO CHODÍ V PRAXI [11]	22
3.1. BEZODPADOVÉ TECHNOLOGIE	22
3.2. TŘÍDĚNÍ ODPADŮ, TECHNOLOGIE MBÚ	24
3.3. MATERIÁLOVÉ VYUŽITÍ VYTŘÍDĚNÝCH ODPADŮ	26
3.4. ENERGETICKÉ VYUŽÍVÁNÍ ODPADŮ	26
3.5. SKLÁDKOVÁNÍ ODPADŮ	27
4. STRAŠÁK ZVANÝ SPALOVNY ODPADŮ A JAK TO S NIMI VLASTNĚ JE? [11]	28
4.1. VÝHODY A NEVÝHODY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ.	28
4.2. CHARAKTERISTIKA TERMICKY ZPRACOVÁVANÝCH ODPADŮ	29
4.3. ODPAD JAKO PALIVO	29
4.4. ZÁKLADNÍ PROVOZNÍ UZLY TECHNOLOGIE SPALOVNY	32
4.5. TERMICKÉ METODY ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ	32
4.6. PRODUKTY ZE SPALOVÁNÍ ODPADŮ A MOŽNOSTI JEJICH REDUKCE	37
4.7. EXKURZE PO SPALOVNÁCH V PŘÍKLADECH [11] [12]	84
4.8. MALÉ NEBO VELKÉ SPALOVNY? [11]	88
4.9. MALÉ SPALOVNY (FORMOU RÁMCOVÉ NABÍDKY) [FIREMNÍ MATERIÁL]	90

5. PROJEKT S NÁZVEM „MIKROREGIONY“ [11] [12]	98
5.1. ZÁKLADNÍ PRINCIPY PROJEKTU	98
5.2. PŘEDPOKLADY	98
5.3. KONCEPCE ŘEŠENÍ SYSTÉMU MIKROREGION	99
5.4. MOŽNOSTI ROZŠÍŘENÍ A DOPLNĚNÍ SYSTÉMU MIKROREGION	103
5.5. HLAVNÍ PŘEDNOSTI SYSTÉMU MIKROREGION	105
5.6. STRUČNÝ POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ ZÁKLADNÍCH UZLŮ SYSTÉMU	105
6. ODPADY VE ZLÍNSKÉM KRAJI	110
7. VZKAZ NAŠIM POTOMKŮM	113
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	114
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	116
SEZNAM TABULEK.....	117
SEZNAM OBRÁZKŮ	118

1. Úvod

Definice a správné pochopení pojmu „**odpad**“ je důležité pro všechny, protože při nakládání s odpady je zapotřebí dodržet celou řadu zásad a povinností.

Při výkladu pojmu „odpad“ se vychází ze zákona o odpadech a z Rámcové směrnice o odpadech 98/2008 ES.

1.1. Definice odpadů dle platných zákonů

Od 1. října 2013 se částečně změnil původní Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb., a to novým zákonem č. 169/2013 Sb. Změny v zákoně se týkají především původců odpadů a oprávněných osob. Byla změněna i definice pojmu odpadu.

§ 3 - Změna definice odpadu

Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit. V pochybnostech, zda se movitá věc považuje za odpad, rozhoduje krajský úřad na žádost vlastníka této movité věci nebo z moci úřední.

Po prvním přečtení se jedná o jasnou definici, která by v praxi neměla způsobovat zásadní obtíže. Již v definici samé jsou ale z právního hlediska obsaženy problémy. Je to např. samotný pojem "zbavit se", který je klíčový pro posouzení věci jako odpadu. Tento pojem může být vykládán poměrně široce a vždy případ od případu. Takové pojetí proto přináší poměrně vysokou míru právní nejistoty. (1)

1.2. Některé pojmy související s odpady v obcích, definice způsobů nakládání s odpady a další související pojmy (2)

Předkládané definice základních pojmů souvisejících s problematikou nakládání s odpady v obcích vychází z platné legislativní úpravy odpadového hospodářství v podmínkách ČR. Opírá se především o zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen zákon o odpadech) a o zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen zákon o obalech) a s nimi související prováděcí předpisy.

Komunální odpad

Komunálním odpadem je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, který je uveden jako komunální odpad v prováděcím právním předpisu s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání. Zákon o odpadech § 4 písm. b). Z hlediska evidence odpadů je komunální odpad chápán v rozšířené podobě jako „Odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů, včetně složek odděleného sběru“. Odpad skupiny 20 katalogu odpadů, vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví katalog odpadů, ve znění pozdějších předpisů.

Tuhý komunální odpad

Tuhým komunálním odpadem je komunální odpad, který si jako celek, nebo jako jeho jednotlivé části za normálních atmosférických podmínek uchovává svůj tvar a objem. Metodický pokyn odboru odpadů MŽP č. 9 k hodnocení vyluhovatelnosti odpadů.

Domovní odpad

Za domovní odpad je považován odpad z domácností a z činností spojených s úklidem obytných objektů. Pod pojmem domovní odpad (nebo také odpad z domácností) se rozumí především běžný odpad z denní spotřeby domácností. Domovní odpad je součástí komunálního odpadu, která vzniká na území obce a má původ v činnosti fyzických osob (nepodnikatelských subjektů).

Domovní odpad tvoří dominantní podíl komunálního odpadu. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Živnostenský odpad

„Živnostenským odpadem se rozumí odpad podobný domovnímu odpadu, vznikající při ne-výrobní činnosti právnických nebo fyzických osob oprávněných k podnikání (v úřadech, kancelářích apod.). Původcem tohoto odpadu není obec, ale jsou jím příslušné právnické a fyzické osoby. Živnostenským odpadem se z věcného hlediska rozumí odpad z obchodu a služeb a průmyslový odpad nesouvisející s výrobou.“ (1) Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen. Vzhledem k tomu, že v mnoha případech se jedná o drobné podnikatelské subjekty a tedy i o malá množství tohoto odpadu, mají tito původci ze zákona možnost využít systému zavedeného obcí pro nakládání s komunálním odpadem. Na systém zavedený obcí se mohou napojit na základě písemné smlouvy s obcí a odpovídající poplatek tzn., že mohou v dohodě s obcí tento odpad odkládat způsobem a na místech k tomu obcí určených.

Využitelné složky

Využitelné složky komunálního odpadu jsou druhy odpadů získané odděleným sběrem, které lze po úpravě nebo přímo využít většinou jako druhotnou surovinu. Využitelnou složkou komunálního odpadu jsou zejména: odděleně sebraný papír, sklo, plasty, železné a neželezné kovy a jejich slitiny, textil, biologický odpad. Odděleně sebrané využitelné složky jsou dle katalogu odpadů vedeny v podskupinách 20 01 a 15 01.

Druhotná surovina

Pojem druhotná surovina není v legislativě odpadového hospodářství vymezen. Druhotnou surovinou se rozumí materiály, které jsou bezprostředně využívány ve výrobním procesu, tj. bez jakékoli úpravy či zpracování jsou určeny k materiálovému využití/recyklaci.

Obal, vratný obal

Obalem je výrobek zhotovený z materiálu jakékoli povahy a určený k pojmutí, ochraně, manipulaci, dodávce, popřípadě prezentaci výrobku nebo výrobků určených spotřebiteli či jinému konečnému uživateli, jestliže má zároveň funkci prodejního obalu, skupinového obalu nebo přepravního obalu. Vratným obalem je pak obal, pro který existuje zvláště vytvořený způsob vracení použitého obalu osobě, která jej uvedla do oběhu. Zákon o obalech § 2 písm. a) a h).

Nebezpečné složky, nebezpečný odpad

Nebezpečné složky komunálního odpadu jsou druhy odpadů získané odděleným sběrem a označené v katalogu odpadů jako nebezpečný odpad. Nebezpečný odpad (§ 4 a) zákona o odpadech) je odpad, uvedený v seznamu nebezpečných odpadů (vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb.) a jakýkoliv jiný odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze č. 2 k zákonu o odpadech. Nebezpečné složky komunálního odpadu jsou v katalogu odpadů vedeny ve skupině 20 01 (označené *) bez rozlišení zda se jedná o komunální respektive domovní odpad nebo živnostenský odpad.

Biologicky rozložitelný odpad

„Biologicky rozložitelným odpadem je jakýkoli aerobně nebo anaerobně rozložitelný odpad.“
(3)

Biologicky rozložitelný komunální odpad

Biologicky rozložitelný komunální odpad tvoří odpady, které jsou schopny anaerobního nebo aerobního rozkladu (např. potraviny, odpad ze zeleně, papír). Ve vztahu ke komunálnímu odpadu se jedná především o odpady z údržby sadů, parků a lesoparků, sídlištní a uliční zeleně, ale i travnatých hřišť a odpady ze hřbitovů ve vlastnictví případně ve správě měst a ze zahrad ve vlastnictví fyzických osob (občanů). Patří sem také odděleně sebrané biologicky rozložitelné odpady z kuchyní

a stravoven a z domácností, ale i odpady papíru, dřeva a přírodních textilií a z nich zhotovených oděvů. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Objemný odpad

Objemný komunální odpad je domovním odpadem (resp. odpadem z domácností), který vzhledem ke svým rozměrům nebo hmotnosti nelze odkládat do běžných sběrných nádob (80-1100 dm³) Např. nábytek, koberce, sanitární keramika, objemné lepenkové, skleněné, plastové a kovové obaly apod. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Odpad ze zeleně

Za odpad ze zeleně je považován odpad rostlinného původu z údržby sadů a parků, sídlištní a uliční zeleně, travnatých hřišť, ze zahrad fyzických osob, ze hřbitovů apod. Jedná se zejména o větve stromů, trávu, listí, ale i piliny, odřezky a ostatní dřevo neošetřené prostředky s obsahem stopových toxických kovů nebo organických sloučenin. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Směsný komunální odpad

Směsný komunální odpad je odpad, který zůstává po oddělení využitelných složek a nebezpečných složek z komunálních odpadů. Někdy také je nazýván „zbytkovým“ odpadem. Směsný odpad je v katalogu odpadů veden pod druhovým označením 20 03 01 jako „směsný komunální odpad“.

Zbytkový komunální odpad

Zbytkový komunální odpad je komunálním odpadem, který zůstane po realizaci činností spojených s minimalizací odpadů a s odděleným sběrem. Zbytkový komunální odpad je nutno upravit a odstraňovat. Metodický pokyn MŽP stanovující minimální kritéria pro projekty v oblasti nakládání se zbytkovým komunálním odpadem žádající o podporu z Fondu soudržnosti.

Alternativní palivo (palivo z odpadů)

Alternativním palivem se rozumí směs spalitelných materiálů přírodního nebo umělého původu bez nebezpečných vlastností uvedených pod kódy H1, H4 až H14 v příloze č. 2. zákona o odpadech. Skutečné složení alternativního paliva se ověřuje autorizovanou zkušebnou. Vlastnosti produktu spalení (plynných odpadních plynů a tuhých zbytků) jsou ověřovány autorizovanou osobou dle § 15 zákona o ochraně ovzduší na konkrétním zařízení zdroje znečišťování. „Alternativní palivo lze spalovat jen v zařízení zvláště velkého, velkého nebo středního zdroje znečišťování, na kterém byla provedena spalovací zkouška včetně měření emisí a podmínky využití jeho spalování jsou uvedeny v souboru technicko-provozních parametrů a technicko-organizačních opatření daného zdroje. Na tato zařízení zdroje znečišťování se vztahují vybrané obecné emisní limity dle zvláštního právního předpisu.“ (4)

Biopalivo

Biopalivo je palivo vyrobené z biomasy. Definice z vyhlášky č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy. Druhy biomasy, které jsou z hlediska ochrany životního prostředí předmětem podpory, stanoví příloha č. 1 této vyhlášky. Z pohledu komunálních odpadů se v souladu s přílohou jedná především o „biologicky rozložitelné zbytky z kuchyní a stravoven a biopaliva z nich vyrobená“ a o „biologicky rozložitelnou část vyříděného komunálního odpadu pocházející z odděleného sběru a biopaliva z ní vyrobená“. Takto vymezená biomasa je určena pro využití prostřednictvím anaerobní digesce (vývin bioplynu pro následné energetické využití) a ve druhém případě ještě prostřednictvím vysokoteplotního zplyňování (přeměna na plyny pro jejich energetické využití). (4)

Autovrak

Autovrakem je každé úplné nebo neúplné motorové vozidlo, které bylo určeno k provozu na pozemních komunikacích pro přepravu osob, zvířat nebo věcí a stalo se odpadem. Vybraným autovrakem je pak každé úplné nebo neúplné motorové vozidlo vymezené zvláštním právním předpisem jako vozidlo kategorie M1 nebo N1 a nebo tříkolové motorové vozidlo s výjimkou motorové tříkolky, které se stalo odpadem. (1)

Stavební a demoliční odpad

Stavební a demoliční odpad jsou odpady vznikající při zřizování, údržbě, rekonstrukcích a odstraňování staveb, jeho materiálovou základnou jsou zejména zeminy, horniny a stavební výrobky (věci určené a užívané k zabudování do staveb). Metodický pokyn odboru odpadů MŽP č. 9 k nakládání s odpady ze stavební výroby a s odpady z konstrukcí a odstraňování staveb. Seznam stavebních a demoličních odpadů je uveden v příloze č. 1 metodického pokynu.

Kal ze septiků a žump

Kal ze septiků a žump je směs kapalných a tuhých odpadů z domácností oddělených z různých typů kapalin jako výsledek přírodních nebo umělých procesů. Kal všeobecně je odpadem, který sedimentací uvolňuje kapalnou fázi. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Ostatní odpady z obcí

Ostatními odpady z obcí jsou komunální odpady, které vznikají při užívání pozemních komunikací a veřejných prostranství převážně na území obcí fyzickými osobami (nepodnikatelskými subjekty). Patří sem uliční smetky, odpady z odpadkových košů, odpady z městských tržišť, ale i volně odhozené odpadky (littering). Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Odpadové hospodářství

Odpadovým hospodářstvím se rozumí činnosti zaměřené na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností. (1)

Prevence

Prevenčí v odpadovém hospodářství se rozumí činnosti zaměřené na předcházení vzniku odpadů a jejich nebezpečnosti. Např. prevencí dle zákona o obalech se rozumí zajištění snižování hmotnosti a objemu obalu, osobami uvádějícími obal na trh, a to při dodržení požadavků kladených na balený výrobek a při zachování jeho přijatelnosti pro spotřebitele nebo jiného konečného uživatele, s cílem snížit množství odpadu z obalů, který je nutno odstranit. Dále např. zajištění nepřekročení limitních hodnot součtu koncentrací olova, kadmia, rtuti a chromu s oxidačním číslem VI v obalu nebo v obalovém prostředí, uváděném na trh. (5)

Nakládání s odpady

Nakládání s odpady je jejich shromažďování, soustřeďování, sběr, výkup, třídění, přeprava a doprava, skladování, úprava, využívání a odstraňování. (1)

Shromažďování odpadů

Shromažďováním odpadů se rozumí krátkodobé soustřeďování odpadů do shromažďovacích prostředků v místě jejich vzniku před dalším nakládáním s odpady. (1)

Skladování odpadů

Skladování odpadů je přechodné umístění odpadů, které byly soustředěny (shromážděny, sesbírány, vykoupěny) do zařízení k tomu určeného a jejich ponechání v něm. (1)

Soustřeďování odpadů

„Soustředování odpadů je jejich shromažďování původcem, sběr a výkup k tomu oprávněnou osobou, skladování odpadů původci i oprávněnými osobami, ale i jiné soustředování než skladování převzatých odpadů osobami oprávněnými k jejich využití nebo odstranění před jejich využitím nebo odstraněním.“ (6)

Svoz odpadů

Svoz odpadů představuje přepravu odpadů z různých míst dopravním prostředkem, který není mobilním zařízením ke sběru a výkupu odpadů. Stanovisko odboru legislativního a odboru odpadů MŽP k § 39 zákona o odpadech a k § 21 až 23 vyhlášky o podrobnostech nakládání s odpady. (6)

Sběr odpadů

Sběrem odpadů se rozumí soustředování odpadů právnickou osobou nebo fyzickou osobou oprávněnou k podnikání od jiných subjektů za účelem jejich předání k dalšímu využití nebo odstranění. (1)

Oddělený sběr odpadů (separace, tříděný sběr)

Odděleným sběrem odpadů je činnost, při které dochází k oddělení vybraných složek a druhů odpadů, k jejich oddělenému soustředování za účelem předání k dalšímu využití nebo odstranění. Pojem je nejčastěji spojován s odděleným sběrem využitelných a nebezpečných složek komunálních odpadů. Pro oddělený sběr odpadů jsou také užívány pojmy separace odpadů či tříděný sběr. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Výkup odpadů

„Výkupem odpadů se rozumí sběr odpadů v případě, kdy odpady jsou právnickou osobou nebo fyzickou osobou oprávněnou k podnikání kupovány za sjednanou cenu.“ (1)

Opětovné použití výrobku

„Opětovným použitím je použití zpětně odebraného nebo odděleně sebraného výrobku nebo komponentů takového výrobku bez jejich dalšího zpracování ke stejnému účelu, pro který byly původně určeny. Opětovné použití elektrozařízení je definováno v § 37g písm. c) zákona o odpadech.“ (1)

Zpětný odběr výrobků

„Zpětným odběrem se rozumí odebírání použitých výrobků povinnými osobami od spotřebitelů bez nároku na úplatu za účelem jejich využití nebo odstranění.“ (1) „Zpětný odběr se nevztahuje na výrobky, se kterými bylo nakládáno jako s odpadem již před jejich předáním povinné osobě. Povinnost zpětného odběru v podmínkách ČR se vztahuje na použité oleje, elektrické akumulátory, galvanické články a baterie, výbojky a zářivky, pneumatiky, elektrozařízení pocházející z domácností, autovraky.“ (7)

Úprava odpadů

„Úpravou odpadů je každá činnost, která vede ke změně chemických, biologických nebo fyzikálních vlastností odpadů (včetně jejich třídění) za účelem umožnění nebo usnadnění jejich dopravy, využití, odstraňování nebo za účelem snížení jejich objemu, případně snížení jejich nebezpečných vlastností.“ (1)

Biologickou úpravou odpadů se rozumí řízené působení biologicky aktivní složky na odpad za účelem změny vlastností odpadu spočívající např. ve snížení obsahu či uvolňování škodlivých látek obsažených v odpadu do roztoku, snížení objemu či hmotnosti odpadu nebo významné snížení pa-

togenních biologických činitelů za účelem odstranění nebezpečné vlastnosti, kterou je infekčnost (H9).

Fyzikálně-chemickou úpravou odpadů se rozumí např. odpařování, sušení, kalcinace, změna reakce (změna pH – neutralizace), změna chemického složení, odvodnění, srážení, filtrace, zpevňování (obecně solidifikace), zapouzdření (enkapsulace), zesklenění (vitrifikace), zatavení do skla (vitrifikace), zatavení do asfaltu (bitumenace), zatavení do síry, kombinace uvedených postupů atd.

Mechanickou úpravou odpadů se rozumí např. úprava složení odpadu, která zahrnuje i třídění odpadu, tj. oddělení jednotlivých složek odpadu prováděné především za účelem jejich využití, s nimiž je zpravidla dále nakládáno rozdílným způsobem, přičemž nejméně jedna vytríděná složka je odstraňována uložením na skládku. (3)

Úprava směsného komunálního odpadu před jeho uložením na skládku

„Úpravou směsného komunálního odpadu před jeho uložením na skládku se rozumí vytrídění nebezpečných složek komunálního odpadu, komodit určených ke zpětnému odběru podle § 38 odst. 1 zákona o odpadech a využitelných složek dle § 16 odst. 1 písm. b), § 17 odst. 4 zákona, případně vytrídění dalších složek.“ (3)

Mechanicko-biologická úprava (MBÚ)

Mechanicko-biologickou úpravou se rozumí úprava směsného komunálního odpadu případně pro tuto úpravu dalších vhodných odpadů, spočívající v kombinaci mechanických, fyzikálních a biologických postupů, jejímž výsledkem je oddělení některých složek odpadu, stabilizace biologicky rozložitelných složek odpadu a případně další úprava oddělených složek odpadu. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen. Návrh řešení VaV SL/7/183/05.

Zpracování odpadů

Zpracováním odpadů se rozumí operace prováděné za účelem úpravy, využití nebo odstranění odpadů. Např. zpracováním autovraků se rozumí operace prováděné po převzetí autovraku za účelem odstranění nebezpečných složek, 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. (1)

Využívání odpadů

Využíváním odpadů se rozumí činnosti uvedené v příloze č. 3 k zákonu o odpadech. Jedná se o využití odpadů způsobem obdobným jako paliva nebo jiným způsobem k výrobě energie; získání/regeneraci rozpouštědel; získání/regeneraci organických látek, které se nepoužívají jako rozpouštědla (včetně kompostování a dalších biologických procesů); recyklaci/znovuzískání kovů a kovových sloučenin; recyklaci/znovuzískání ostatních anorganických materiálů; regeneraci kyselin nebo zásad; obnovu látek používaných ke snižování znečištění; získání složek katalyzátorů; rafinaci použitých olejů nebo jiný způsob opětovného použití olejů; aplikaci do půdy, která je přínosem pro zemědělství nebo zlepšuje ekologii; využití odpadů, které vznikly aplikací některého z již uvedených způsobů; skladování materiálů před aplikací některého z uvedených postupů.

Materiálové využití, recyklace

Materiálovým využitím odpadů je náhrada prvotních surovin látkami získanými z odpadů, které lze považovat za druhotné suroviny, nebo využití látkových vlastností odpadů k původnímu účelu nebo k jiným účelům, s výjimkou bezprostředního získání energie. (1)

Energetické využití

Energetickým využitím se rozumí použití odpadů hlavně způsobem obdobným jako paliva za účelem získání jejich energetického obsahu nebo jiným způsobem k výrobě energie. (1)

Spalování odpadů se považuje za energetické využití pouze tehdy, jestliže použitý odpad nepotřebuje po vlastním zapálení ke spalování podpurné palivo a vznikající teplo se použije pro

potřebu vlastní nebo dalších osob, nebo se odpad použije jako palivo či jako přídatné palivo v zařízeních na výrobu energie nebo materiálů za podmínek stanovených právními předpisy o ochraně ovzduší. (1)

Kompostování odpadů

Kompostování odpadů je aerobní proces (za přístupu vzduchu), při němž se činností mikro a makro organismů využitelný biologicky rozložitelný odpad přeměňuje na stabilizovaný výstup – kompost. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen. Návrh vyhlášky MŽP o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady.

Komunitní kompostování

Komunitním kompostováním je systém sběru a shromažďování rostlinných zbytků z údržby zeleně a zahrad na území obce, jejich úprava a následné zpracování na zelený kompost. Zeleným kompostem pak je substrát vzniklý kompostováním rostlinných zbytků. (1)

Anaerobní digesce

Anaerobní digesce je řízený a kontrolovaný mikrobiální rozklad organických látek bez přístupu vzduchu za vzniku bioplynu a digestátu. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen. Návrh vyhlášky MŽP o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady.

Využívání odpadů na povrchu terénu

Využíváním odpadů na povrchu terénu se rozumí využívání odpadů při uzavírání skládek k vytváření těsnicí vrstvy skládky a svrchní rekultivační vrstvy skládky, k rekultivaci vytěžených povrchových důlních děl (povrchové doly, lomy, pískovny), k terénním úpravám nebo k rekultivačním lidskou činností postižených pozemků. (3)

Rekultivace

„Rekultivací se rozumí uvedení místa, zpravidla dotčeného lidskou činností, do souladu s okolím a obnovení funkčnosti povrchu terénu ve vztahu k jeho původnímu užívání nebo nově zamýšlenému užívání.“ (3)

Odstraňování odpadů

Odstraňováním odpadů se rozumí činnosti uvedené v příloze č. 4 k zákonu o odpadech. Jedná se o ukládání v úrovni nebo pod úroveň terénu (např. skládkování); úprava půdními procesy (např. rozklad kapalných odpadů nebo kalů v půdě); hlubinná injektáž (např. injektáž čerpatelných kapalných odpadů do vrtů, solných komor nebo prostor přírodního původu); ukládání do povrchových nádrží (např. vypouštění kapalných odpadů nebo kalů do prohlubní, vodních nádrží, lagun); ukládání do speciálně technicky provedených skládek; vypouštění do vodních těles; vypouštění do moří a oceánů; biologická úprava; fyzikálně-chemická úprava; spalování na pevnině; spalování na moři; konečné či trvalé uložení (např. v kontejnerech do dolů); úprava složení nebo smíšení odpadů před jejich odstraněním; úprava jiných vlastností odpadů před jejich odstraněním; skladování odpadů před jejich odstraněním.

Integrovaný systém

Integrovaný systém ve spojení s komunálním odpadem je jednoduchou strategií, která koordinuje prevenci, sběr, využití a odstranění komunálních odpadů v celém odpadovém toku, směřující k optimální činnosti při respektování ekonomických, sociálních a environmentálních požadavků. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Integrovaným obalovým systémem se pak rozumí systém společného nakládání s komunálním odpadem a použitými obaly. Systém je jednou z možností zajištění povinnosti zpětného odběru, recyklace a využití odpadů z obalů podle zákona o obalech. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Svozová oblast

Svozovou oblastí se rozumí oblast, ve které osoba oprávněná k nakládání s odpady zajišťuje služby k nakládání s odpady. Konkrétně se jedná o území, ve kterém určitá firma provádí sběr a svoz odpadů do příslušného zařízení na úpravu, využití či odstranění odpadů. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Svozová firma

Svozová firma je osobou oprávněnou k nakládání s odpady, která provádí sběr a svoz odpadů do příslušného zařízení na úpravu, využití či odstranění odpadů. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Zařízení

„Zařízením se rozumí technické zařízení, místo, stavba nebo část stavby.“ (1)

Mobilní zařízení

Mobilním zařízením je zařízení určené k nakládání s odpady, schopné pohybu a samostatné funkce, které přemístěním tuto svou funkci neztratí. V souladu s vyhláškou č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů, se rozlišují mobilní zařízení ke sběru nebo výkupu odpadů (§ 3 písm. b)) a mobilní zařízení k využívání nebo odstraňování odpadů (§ 3 písm. a)).

Sběrné nádoby

Sběrné nádoby jsou nádoby určené ke shromažďování a sběru odpadů. V obcích se jedná nejčastěji o sběrné nádoby objemu 80 až 3200 litrů, plastové, kovové nebo sklolaminátové, různého tvarového provedení s barevnou odlišností podle shromažďovaného druhu odpadu. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Sběrný dvůr, sběrné místo

Místo určené ke shromažďování a sběru vybraných druhů odpadů vybavené různými druhy shromažďovacích prostředků (různé typy kontejnerů, sběrné boxy apod.). Na sběrném dvoře lze sbírat větší počet druhů odpadů, a to včetně nebezpečných složek. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Uvedení výrobku na trh v České republice

„Uvedením výrobku na trh je první úplatné nebo bezúplatné předání výrobku jiné osobě v České republice jeho výrobcem nebo osobou, která jej nabyla z jiné členské země Evropské unie. Za uvedení na trh se považuje též dovoz výrobku.“ (1)

Uvedení výrobku do oběhu

„Uvedením výrobku do oběhu je každé úplatné nebo bezúplatné předání výrobku jiné osobě v České republice po jeho uvedení na trh.“ (1)

Původce odpadů

Původcem odpadů je právnická osoba, při jejíž činnosti vznikají odpady, nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, při jejíž podnikatelské činnosti vznikají odpady. Pro komunální odpady vznikající na území obce, které mají původ v činnosti fyzických osob, na něž se nevztahují povinnosti původce, se za původce považuje obec. „Obec se stává původcem komunálních odpadů v okamžiku, kdy fyzická osoba odpady odloží na místě k tomu určeném; obec se současně stane vlastníkem těchto odpadů.“ (1)

Oprávněná osoba

„Oprávněnou osobou je každá osoba, která je oprávněna k nakládání s odpady podle zákona o odpadech nebo dle zvláštních právních předpisů (např. živnostenský zákon, obchodní zákoník).“ (1)

Výtěžnost odděleného sběru

Množství odděleně sebraných a dále využitelných druhů odpadů za určité časové období. Vyjadřuje se obvykle v měrných jednotkách jako např. výtěžnost v kg na obyvatele za rok. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Účinnost odděleného sběru

Podíl množství odděleně sebraných odpadů daného druhu k celkové produkci těchto odpadů na daném území za určité časové období (udává se v %). Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Měrná produkce odpadů

Měrnou produkcí odpadů se rozumí množství vyprodukovaných odpadů vztažené na určitou měrnou jednotku. Ve spojení s komunálním odpadem je to nejčastěji množství odpadů vyprodukovaných „průměrným“ občanem za určité časové období např. kg na obyvatele za týden nebo kg na obyvatele za rok. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

Objemová hmotnost (hustota)

Objemovou hmotností odpadů se rozumí hmotnost odpadu v konkrétním úseku shodných činností jeho odpadového toku. Nejčastěji je uváděna u odpadu shromážděného ve sběrných nádobách, po vysypání ze svozového vozidla, po zhutnění na skládce a je vyjádřena v kg/m³ nebo také v t/m³. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen.

1.3. Hierarchie způsobů nakládání s odpady (8)

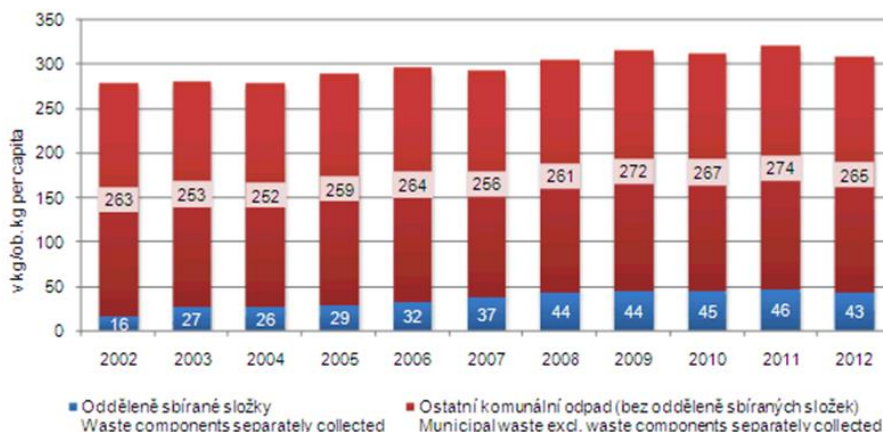
(1) V rámci odpadového hospodářství musí být dodržována tato hierarchie způsobů nakládání s odpady:

- a) předcházení vzniku odpadů,
- b) příprava k opětovnému použití,
- c) recyklace odpadů,
- d) jiné využití odpadů, např. energetické využití,
- e) odstranění odpadů.

(2) Od hierarchie způsobů nakládání s odpady je možno se odchýlit, pokud se na základě posuzování životního cyklu celkových dopadů zahrnujícího vznik odpadu a nakládání s ním prokáže, že je to vhodné.

1.4. Komunální odpady

Definice komunálního odpadu, případně domovního odpadu, živnostenského odpadu atd. jsou uvedeny v předchozích odstavcích. Jak tento odpad vzniká, případně jaké má složení a jak vypadá je všeobecně známo. Vývoj produkce komunálních odpadů je patrný z následujícího grafu viz Obr.1. (9)



Obr. 1 Vývoj produkce komunálních odpadů (9)

1.5. Specifické „komunální“ odpady

Kaly z čistíren odpadních vod (ČOV)

Kal je nevyhnutelným odpadem při čištění odpadních vod. Zpracování vod je navrženo tak, aby odstraňovalo nežádoucí složky z vody a koncentrovalo je do objemově nevýznamného vedlejšího proudu - kalu. Kal může také obsahovat přebytečnou biomasu z biologického čištění.

Legislativně je problematika kalů upravena vyhláškou 382/2001 Sb., Vyhláška MŽP o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě

Surový kal obsahuje okolo 70 % organických látek v sušině a vzhledem k možné přítomnosti patogenních mikroorganismů je dle zákona o odpadech klasifikován jako nebezpečný odpad se všemi důsledky z toho plynoucími. Ve srovnání s ostatními odpady je množství produkovaných čistírenských kalů malé, mají podobný dopad na životní prostředí, ale větší zdravotního rizika. Je to jediný přísně usměrňovaný odpad po celé Evropě se specifickými požadavky na kvalitu, monitoring, pořizování záznamů a hlášení.

Kaly představují suspenzi pevných látek a agregovaných koloidních látek původně přítomných v odpadních vodách a vzniklých při různých způsobech jejich čištění. Kaly zauímají přibližně 1 až 2 % objemu čistěných vod, s koncentrací 50 až 80 % původního znečištění.

Kal obsahuje:

- netoxické organické látky, až 60 % v sušině a dále sloučeniny dusíku a fosforu,
- toxické látky:
- těžké kovy: Zn, Pb, Cu, Cr, Ni, Cd, Hg, As, (koncentrace 1 až 1000 mg/l),
- PCB, PAU, dioxiny, pesticidy, alkylsulfafenoly, polyfenoly,
- mikroorganismy z čistírenského procesu a jiné včetně patogenních,
- anorganické sloučeniny křemíku, hliníku, železa, vápníku, hořčíku, aj.,
- zbytkovou vodu.

Produkci kalů nelze zabránit, navíc požadavky na vyšší kvalitu vypouštěné vody budou dále obecně zvyšovat množství produkovaných kalů.

Celkové množství produkovaných kalů závisí na množství zpracovávaného znečištění a na způsobu čištění odpadních vod a typu kanalizace. Množství produkovaného kalu také závisí na technologickém postupu zpracování kalu (zahušťování, desintegrace, stabilizace, odvodňování, desinfekce, sušení apod.).

Pro využití kalu musí být kal stabilizovaný a hygienizovaný, za účelem zabezpečení hygienických vlastností (odstranění patogenních mikroorganismů)

Způsoby zpracování kalů závisí na místních podmínkách dané lokality, na fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech kalů a na možnostech konečného využití. Požadavkem je takové využití nebo zpracování kalů, které je přijatelné pro životní prostředí, udržitelné a ekonomicky únosné. Zpracování kalů obvykle stojí přibližně více než polovinu celkových nákladů na čištění odpadních vod.

Při výběru technologie zpracování kalů je třeba mít na zřeteli, že minimalizace bezpečnostního rizika a akceptovatelnost veřejností jsou důležitější než cena navrhované technologie.

V současné době jsou nejrozšířenější tři způsoby konečného zpracování kalů:

- a) využití v zemědělství a na rekultivace,
- b) uložení na skládku,
- c) termické zpracování (různé způsoby spalování, pyrolýza),

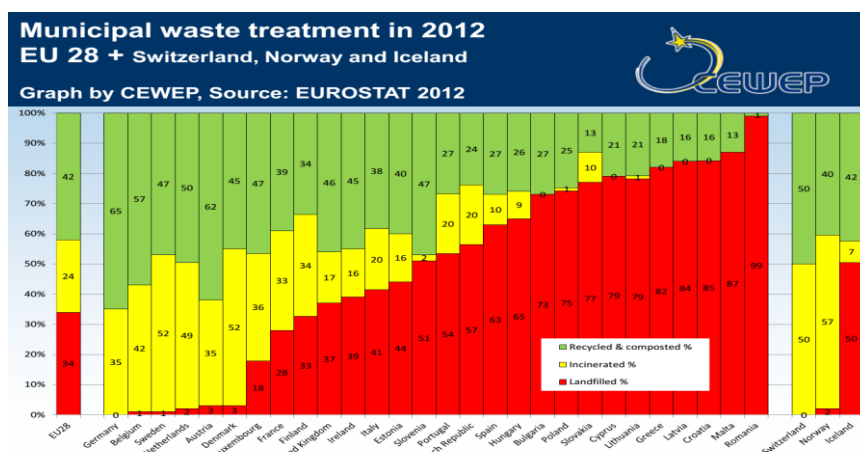
ad a) Předpokladem pro využívání čistírenských kalů v zemědělství je jejich nezávadnost a to z hlediska vnosu cizorodých látek do půdy (těžké perzistentní organické látky apod.) a z hlediska hygienické možnosti mikrobiologické kontaminace půdy – vnosem zárodků patogenních mikroorganismů. Vzhledem k tomu, že přítomnosti toxických látek (těžkých kovů) v kalech lze do značné míry zabránit zásahem již u producenta tohoto znečištění, stává se nejdůležitějším kritériem pro aplikaci kalů v zemědělství jejich hygienické zabezpečení.

ad b) Skládkování - (deponie) - uložení materiálu na zabezpečenou skládku, když se nenalezne výhodnější metoda využití nebo likvidace. Jedná se o nejméně ekologicky vhodné řešení, neboť přesouvá problém pouze na pozdější dobu. Odpadová politika EU obecně potlačuje ukládání odpadů a podporuje zabránění vzniku odpadů, jejich minimalizaci a recyklaci. Ukládání kalů na skládky, které je pro některé kaly v Evropě hlavním výstupem, je obecně považováno za neudržitelné.

ad c) Termické zpracování, spalování - nejúčinnější metoda hygienizace materiálu, měla by se používat především pro biologicky nerozložitelné organické materiály nebo materiály kontaminované nebo toxické, či jinak nebezpečné.

V případě termického zpracování lze v zásadě zpracovávat surový odvodněný kal nebo kal po anaerobní stabilizaci, prioritou je získání cenných látek z kalu a maximální využití energie z kalu. Používají se různé způsoby, jako např.:

- spalování v cementárenské peci - ekologická a bezodpadová metoda likvidace odpadu (zpracování do cementu)
- spolu spalování – spalování společně s energeticky bohatším palivem. (teplárny a elektrárny, spalovny TKO, obvykle se přidává množství kalu do 5 % spotřeby uhlí)
- termické zpracování – různé způsoby spalování ve speciálních zařízeních, pyrolýza, zplyňování, kombinace termické a chemické hydrolyzy
- mokré spalování - nová metoda velmi výhodná z ekologického hlediska pro likvidaci organických materiálů hlavně kalů



Obr. 2 Nakládání s kalem z ČOV (10)

Rok	Produkce kalů celkem [t/r]	Způsob zneškodnění kalů				
		Přímá aplikace a rekultivace [t/r]	Kompostování [t/r]	Skládkování [t/r]	Spalování [t/r]	Ostatní [t/r]
2003	180 098	31 298	88 678	23 305	390	36 427
2004	178 749	29 119	87 469	25 447	39	36 675
2005	171 888	34 467	88 820	12 027	20	36 554
2006	175 471	48 304	89 932	13 979	27	23 229
2007	172 303	55 349	80 393	8 536	47	27 978
2008	175 708	46 776	78 289	11 986	712	37 945
2009	168 164	42 442	80 727	5 931	2 179	36 885
2010	170 689	60 639	45 528	6 177	3 336	55 009
2011	163 818	61 750	45 985	9 527	3 538	43 018

Tab. 1 Produkce kalů v ČOV a způsob jejich zneškodnění (9)

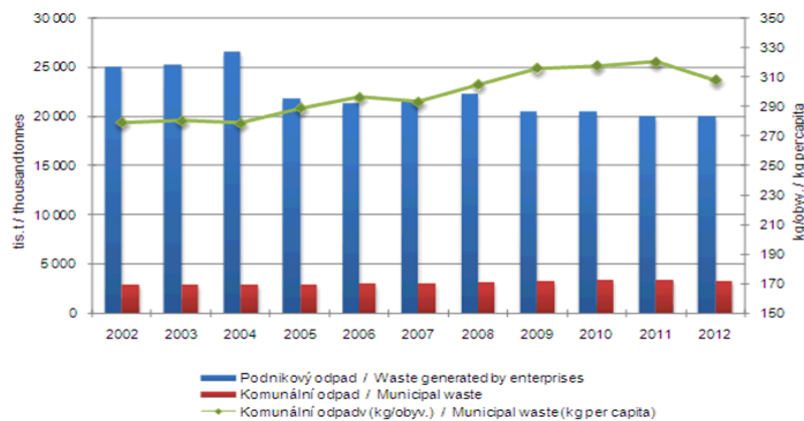
Zdravotnické (nemocniční) odpady

Zdravotnický odpad produkují různá zdravotnická zařízení, především nemocnice, polikliniky, pečovatelské služby apod. Odpady, které vznikají ve zdravotnictví, jsou často vzhledem k biologickému zdravotnímu riziku nebezpečné. Zacházení s těmito odpady se řídí dle příslušných platných právních předpisů a vyhlášek či metodických pokynů daného zařízení. Základem pro nakládání se zdravotnickým odpadem je jeho správné identifikování, třídění, uložení a zabezpečení. Odpady ze zdravotnických zařízení lze rozdělit na neinfekční (prádlo, pláště apod.), které mají charakter komunálních odpadů a infekční (biologický materiál, zdravotnický materiál, farmaceutika, použité obvazy, injekční stříkačky apod.) ve své podstatě nebezpečné, se kterými se musí nakládat velmi opatrně. Do této kategorie odpadů nepatří mrtvá těla nebo jeho části, se kterými je nakládáno dle zákona o pohřebnictví.

1.6. Podnikové odpady

Podnikový odpad je odpad, který vznikl ve vykazující jednotce ve sledovaném období. Pojem "průmyslový odpad", zahrnuje velký rozsah různých materiálů, všech známých konzistencí.

Hovoříme-li o průmyslových odpadech, je třeba mít na paměti, že se převážně jedná o část nakoupené suroviny, a že jsou v tomto materiálu uloženy peníze. Z tohoto důvodu se každý producent průmyslového odpadu přirozeně snaží tento odpad minimalizovat, případně znovu použít ve vlastní výrobě. I přes používání sofistikovaných výrobních postupů neexistuje zcela bezodpadová technologie. Z následujícího grafu (viz. Obr. 3) je patrný vývoj produkce odpadů v ČR včetně odpadů podnikových.



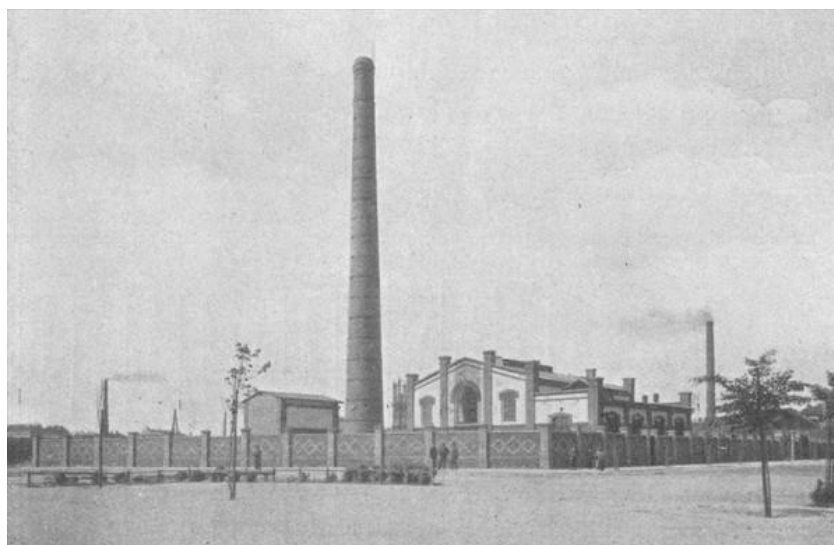
Obr. 3 Vývoj produkce odpadů v ČR (9)

2. Poučme se z naší historie a od sousedů [11]

2.1. Jak řešili problém s odpady naši předkové?

První spalovna odpadů byla v Brně

Na přelomu 19. a 20. století se město Brno, jako většina velkých měst potýkalo s problémem velkého množství odpadů s domácností, tržišť, ulic a docházelo tak tvorbě skládek přímo na ulicích, které vedly k vytvoření ohnisek všech možných nákaz (úplavice, tyfus, atd.). Na základě tohoto faktu radní města na počátku 20. století rozhodli, že jediným možným řešením jak ochránit obyvatelstvo od nemocí je svoz a spalování odpadu. V roce 1904 bylo usnesením městského zastupitelstva v Brně rozhodnuto o vybudování městské spalovny odpadu. Vlastní stavba započala na podzim roku 1904 a 24. 8. 1905 vyrobila spalovna první elektrickou energii z odpadu.



Obr. 4 Spalovna odpadu Brno (11)

Co bylo v odpadech

Před zahájením práce na projektu bylo nutné vyřešit otázku, zda-li městské odpady samy hoří. Ověření provedl v roce 1900 prof. Max Hömig (radní města Brna). Rozbor odpadu dělal tak, že odpad z města přesíval přes síto a rozdělil ho na dvě složky. První měla kousky menší než 7 mm, což byl hlavně popel a prach. Druhá složka měla kousky větší než 7 mm, a šlo tedy o různé jiné odpady.

Popela a prachu bylo v odpadech více než tři čtvrtiny. To bylo způsobeno způsobem vytápění – na počátku století prakticky všechny domácnosti k vaření i vytápění používaly kamna na dřevo a uhlí. Proto bylo málo i větších odpadů – všechno co hořelo, skončilo v kamnech.

Podobným způsobem zkoumali komunální odpad v Brně také v roce 2000. Zjistili přitom, že částic menších než 7 mm je v odpadu jen necelých 9 procent, zbytek tvoří větší odpady. Z toho plyne, že v Brně už lidé netopí kamny, tudíž nevyhazují do popelnic popel a zůstává jim mnohem více větších odpadů.

Profesor Hömig v roce 1904 zjistil, že spalitelné složky tvoří zhruba třetinu celkového odpadu a odpady samy hoří bez přídavku dalšího paliva (přesná čísla jsou v Tab. 2).

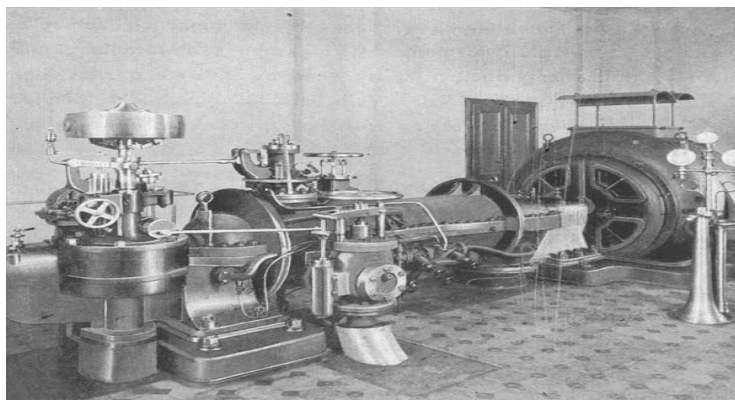
Odpady	Částice		Suchý domovní odpad	
	Menší než 7mm	Větší než 7mm	Spalitelný	Nespalitelný
Brno – odpad v zimě (1904)	0,843	0,167	0,315	0,685
Brno – odpad v létě (1904)	0,767	0,233	0,38	0,62
Berlín, Hamburk (1904)	0,602	0,398	0,267	0,733
Brno v roce 2000	0,087	0,913		

Tab. 2 Rozbor odpadu (12)

Technologie na svou dobu velmi pokročilá

V Brně byl použit systém firmy ALFONS CUSTODIS z Vídně, zavedený také ve Frankfurtu nad Mohanem, Dortmundu a Hanoveru. Spalovací pec měla sedm spalovacích komor ve spojení s BABCOCK-WILCOXOVÝM parním kotlem, za ním byla zařazena PARSONOVA turbína s turbogenerátorem na střídavý proud. Spalovna pracovala denně 11 hodin, přičemž spalovala průměrně 27,45 tuny odpadu za den.

Odpad nejdříve procházel dvěma rotujícími válci, které rozmačkávaly a drtily větší kusy – hliněné hrnce, sklo, kovové kusy apod. Takto upravený odpad se skladoval v zásobníku, který pojal až dvoudenní zásobu odpadu. Odtud se ručně pomocí lopat odpad přesouval na podavač umístěný nad jednotlivými spalovacími komorami. Škvára se odstraňovala z pecí dveřmi za pomoci železných tyčí.



Obr. 5 Parsonova turbína s turbogenerátorem na střídavý proud (11)

Spalovací proces trval 45 minut při dávkování odpadu v intervalech po 10 minutách o hmotnosti 60–80 kg. Objem odpadu se spálením zmenšil na polovinu. Škvára se vyvážela kolejovými vozíky do chladicí věže, kde se pak drtila a prosívala přes síta. Získaný štěrk se prodával stavitelům a betonářům. Celá soustava byla schopna zpracovat 2000 kg škváry/hod.

V roce 1920 byl při spalovně podnik na výrobu popelobetonových křížových tvárnic. Vyráběly se ručně ze tříděné škváry, cementu, cemolitu a vody. V roce 1921 byl provoz zrušen pro vysoké výrobní náklady a i díky neosvědčenému upotřebení se staly tvárnice neprodejnými.

Dovoz smetí je nejdůležitější

Svozová situace byla řešena za pomoci plechových vozů, do kterých byl odpad vysypáván z plechových kbelíků, které sloužili jako nynější popelnice a byl jimi vybaven každý dům. V roce 1929 byly zakoupeny čtyři parní vozy ŠKODA-SENTINEL, kterými se přiváželo smetí ve výměnných kovových kbelících.

Konec spalovny

Městská spalovna sloužila do roku 1941, kdy byl její provoz ukončen. V posledních dnech druhé světové války byla městská spalovna včetně blízké plynárny a elektrárny vybombardována.



Obr. 6 Brněnská spalovna z počátku 20. Století (11)

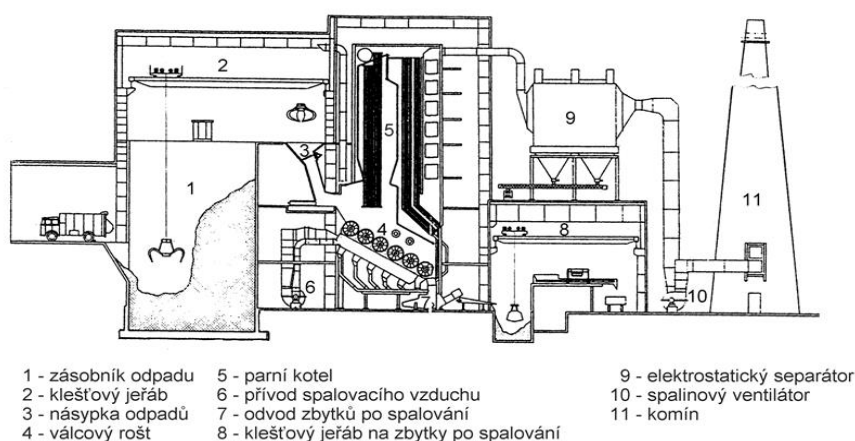


Obr. 7 Brněnská spalovna zničená za války (11)

Snahu o vybudování nové spalovny lze nalézt již v materiálech, zabývajících se obnovou válkou zničeného města. Snaha o znovuobnovení spalovny ve městě Brně se datuje od roku 1946, avšak realizovat tento záměr trvalo téměř 40 let.

Spalovna 20. století

Písemný doklad o investičním záměru stavby spalovny v Brně je z roku 1977, stavební povolení bylo vydáno v roce 1984. V téže roce byla zahájena stavba nové spalovny a zkušební provoz v lednu roku 1989. Generálním dodavatelem technologické části bylo ČKD Dukla Praha, a.s. a dodavatelem stavební části Průmyslové stavby Brno, a.s. Stavba byla řešena jako uzavřený ucelený komplex s prvním stupněm čištění spalin, tj. odloučení pevného úletu ze spalin na elektrostatických odlučovačích. Kotelna byla osazena třemi kotli s válcovými rošty (6 válců) systém Düsseldorf. Pro všechny tři spalovací kotle byl navržen jeden komín s výškou 125 metrů. Schéma tehdejšího řešení spalovny viz Obr. 8.

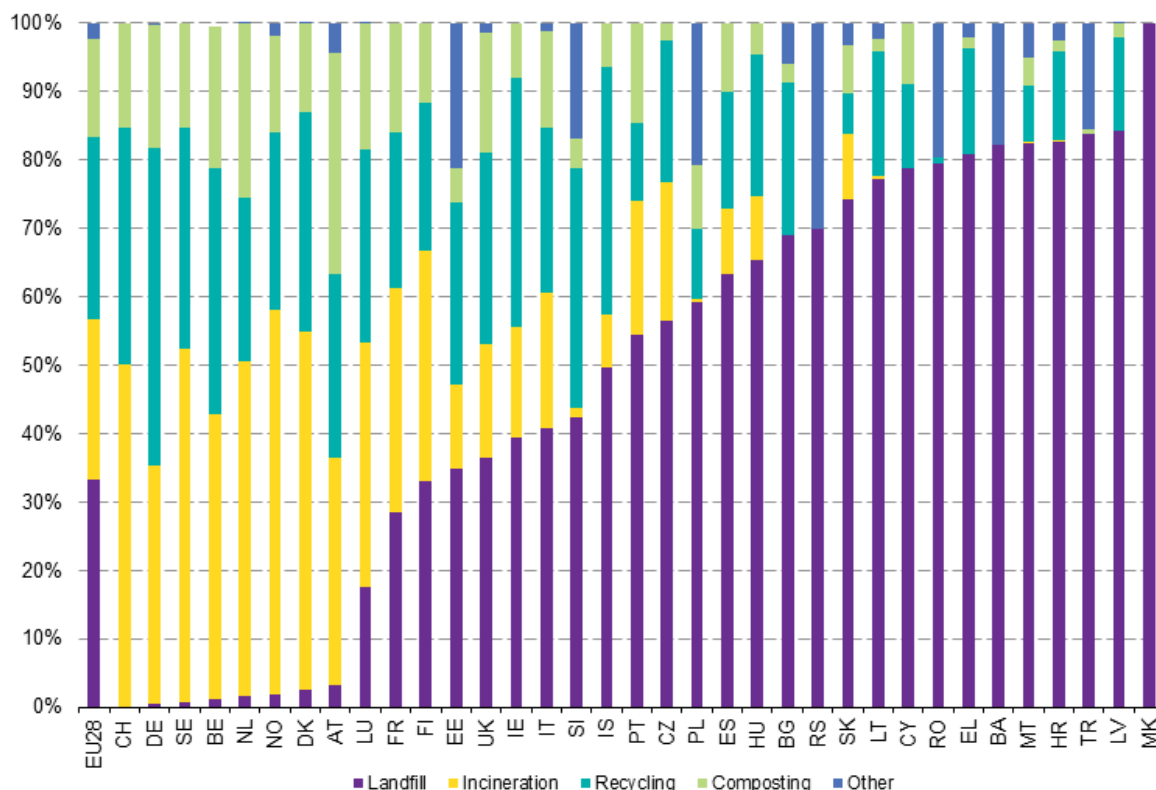


Obr. 8 Schéma spalovny s válcovými rošty na spalování komunálního odpadu (11)

2.2. Současný stav v Brně

Novodobé zařízení na energetické využívání odpadu získalo své současné parametry realizací projektu Odpadové hospodářství Brno (OHB), který byl spolufinancován Evropskou unií, Státním fondem životního prostředí, Statutárním městem Brnem a společností SAKO Brno, a.s. Účelem a cílem projektu OHB bylo vybudovat spalovnu s optimálním využitím stávajících zařízení a budov, včetně dopravních (příjmových) kapacit, komplexu třídění, recyklace a energetického využití komunálního odpadu s kogenerací, tj. kombinovanou výrobou tepelné a elektrické energie tak, aby zařízení splňovalo emisní limity a stanovené technické podmínky provozu. Současně je produkovaná škvára upravována tak, aby vyhověla normám pro zpracování ve stavebním průmyslu a rekultivaci. Instalaci dotřídovací linky je umožněno materiálové dotřídění separovaných složek komunálního odpadu.

2.3. Současný stav v Evropské unii



Obr. 9 Situace odpadového hospodářství v EU (13)

2.4. Jak se řeší problém s odpady u sousedů?

Spalovny v Evropě

Míra spalování komunálního odpadu (TKO) v jednotlivých zemích je velmi rozdílná. Tuto hodnotu ovlivňují různé faktory: ekonomický rozvoj, hustota obyvatel, záměry politiky či nátlak ekologických skupin. Ve spalování tuhého komunálního odpadu s využitím energie, tj. v procesu, který je znám jako Waste-to-Energy (WTE), lze ve světě rozpoznat určité trendy. Celosvětově se WTE provádí zejména v evropských zemích, v Japonsku a USA. Spaluje se méně než 5 % z celkového množství TKO.

Podle příkazu Evropské Unie 1999/31/EC skládkování spalitelných materiálů musí být postupně během desetiletí zastaveno. Nicméně není jasné, zda-li všechny členské státy budou mít požadované kapitálové investice. Některé mají malou WTE kapacitu a některé, např. Řecko nemají žádnou.

Databáze spaloven (2009)

V Evropě je kolem 300 WTE spaloven. Tyto spalovny zpracovávají zhruba 50 milionů tun TKO a produkují 50 000 GWh elektřiny a dále tepelnou energii ve formě páry a teplé vody. Jsou ale i země, které nemají žádnou spalovnu TKO (Řecko, Irsko) a musejí odpad skládkovat nebo vyvážet do sousedních zemí, které mají spalovnu. Mezinárodní konfederace spaloven (CEWEP) zastupuje 380 zařízení na energetické využití odpadů v Evropě.

	Počet spaloven	Počet spaloven TKO	Průměrná kapacita	Zpracovaný odpad v r. 2009	Poznámka
	[ks]	[ks]	[t/h]	[t/r]	
Česká republika	6	3	39	410 000	Rekonstrukcí spaloven po r. 2009 se uvedené údaje zvýšily
Rakousko	9	3	10	842 000	
Portugalsko	3	1	68	648 000	
Španělsko	10	5	25	2 221 000	
Švýcarsko	31	30	16	3 025 000	z toho 7 malých spaloven s výkonem 5 t/h a méně
Itálie	51	32	14	4 454 000	z toho 12 malých spaloven s výkonem 5 t/h a méně
Belgie	18	8	20	1 370 000	z toho 1 malá spalovna s výkonem 5 t/h a méně
Nizozemsko	11	7	61	5 159 000	
Maďarsko	1	1	60	160 000	
Norsko	13	9	6	767 000	z toho 3 malé spalovny s výkonem 5 t/h a méně
Finsko	1	1	8	49 000	
Švédsko	30	13	17	3 078 000	z toho 5 malých spaloven s výkonem 5 t/h a méně
Dánsko	34	15	17	3 010 000	z toho 10 malých spaloven s výkonem 5 t/h a méně
Velká Británie	22	4	18	873 000	z toho 1 malá spalovna s výkonem 5 t/h a méně
Německo	68	13	36	15 260 000	
Francie	127	58	15	8 238 000	z toho 27 malých spaloven s výkonem 5 t/h a méně
Slovinsko	1	1	15	35 000	
Slovensko	3	2	8	196 000	
Polsko	1	1	15	46 000	

Tab. 3 Spalovny v Evropě k roku 2009

3. Jak to chodí v praxi [11]

3.1. Bezodpadové technologie

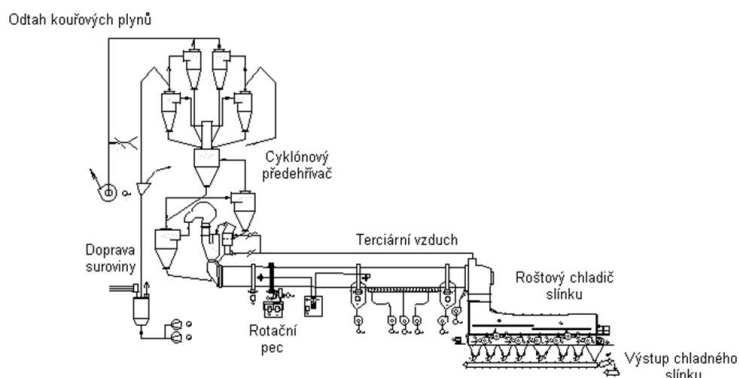
V praxi neexistuje mnoho technologií (pokud je vůbec nějaká) o kterých lze směle prohlásit, že je to technologie bezodpadová. V oblasti termického zpracování odpadů se tomuto označení bezodpadové technologie nejvíce přibližuje využití výhrevných odpadů v moderních cementárnách, případně v omezené míře i ve vápenkách.

Odpady jako alternativní palivo při výrobě stavebních hmot

Výroba stavebních hmot obecně a zejména pak výroba portlandského cementu, která je ve světě velmi rozšířena, patří k energeticky velmi náročným technologiím. Jako zdroj tepla potřebného pro proces se spotřebovává velké množství ušlechtilých paliv, převážně uhlí, mazut a topné oleje a plyn. Náhrada fosilních paliv alternativním palivem s vysokým energetickým potenciálem jako jsou např. odpady typu opotřebované pneumatiky, destilační zbytky, rozpouštědla a plasty se stává ve světě stále běžnější.

Mimo to se v praxi prokázalo, že cementářské pece mohou sloužit také jako účinný prostředek pro odstraňování spalitelných odpadů, a to i odpadů velmi stabilních, které jsou jinými technologiemi obtížně zpracovatelné. Vysoké teploty uvnitř pece (slinovací teplota cca 1425 °C, teplota spalin 1600 °C) a dostatečná doba zdržení zajistí prakticky úplnou destrukci nebezpečných odpadů. Klíčový faktor je přijatelná ekonomická návratnost, protože početné testy prokázaly, že v podstatě není žádný rozdíl v emisích, kvalitě slinku nebo zbytkových produktů, když je použit odpadní materiál k náhradě fosilních paliv a přísad potřebných k produkci cementářského slinku. Z environmentálního pohledu lze hovořit o bezodpadové technologii odstraňování odpadů.

V celosvětovém měřítku je více než 90 % slinku vyráběno v rotačních pecích, které se používají jak pro mokrý tak polosuchý nebo suchý způsob výroby. Rotační pec tvoří válcový ocelový plášť (vnější ϕ až 5,5 m, délka až 90 m), který je na vnitřní straně opatřen žáruvzdornou vyzdívkou (v pásnu nižších teplot je vyzdívka šamotová, ve slinovacím pásnu je magnezitová nebo chrom magnezitová). Hlavní rozdíl mezi jednotlivými způsoby výroby cementářského slinku je v přípravě surovinové směsi, tj. mletí suroviny, buď za sucha nebo za mokra. Mokrá výroba cementu vykazuje ve srovnání se suchým způsobem podstatně vyšší stupeň homogenizace výchozích surovinových složek. Značná nevýhoda mokrého způsobu výroby cementu je podstatně vyšší spotřeba tepelné energie, která je dána nutností odpaření vody, která vstupuje do rotační pece se surovinou, proto nové linky pracují výhradně se suchým způsobem výroby cementu. Schéma linky suchého způsobu výroby cementu je uvedeno na Obr. 10.



Obr. 10 Schéma linky suchého způsobu výroby cementu (11)

Cementářské pece jsou univerzální alternativou pro zpracování široké škály odpadů. Surovina použitá k produkci cementu často obsahuje stopové množství prakticky většiny prvků, včetně alkalických chloridů a sulfátů, těžkých kovů jako kadmium, chrom, arsen a další anorganické sloučeniny. Mnohé z těchto složek jsou také obsaženy ve fosilních palivech, jako jsou uhlí, olej, petrolejový koks a ve vodě použité k přípravě kaše pro pece pracující mokřím způsobem. Složky přítomné ve vstupní surovině, palivu nebo odpadu, které jsou zavedeny do pece, se stávají částí slínku (cementového produktu), odpadního materiálu nazývaného odprašky (cement) nebo jsou přeměněny na jiné formy uvnitř pece (složky reagují s vyzdívkou nebo tvoří nálepky uvnitř pece).

V současné době jsou prakticky využívány pro výrobu cementářského slínku převážně různé druhy kapalných odpadů, odpadní pneumatiky v rozdrčené nebo celistvé podobě a odpady vzniklé sycením dřevěných pilin, označované jako „resofuel“ tzv. náhradní palivo připravené zpracováním komunálního odpadu. Pro výrobu náhradního paliva jsou rovněž používány odpadní oleje, zbytky barev, rozpouštědel, maziva, drcené pryskyřice a plasty. Odpadní pneumatiky jsou podávány spolu se surovinami do patního kusu rotační pece buď v drcené podobě, nebo v celistvém stavu. Tekuté odpady a náhradní palivo jsou dávkovány do pece ze strany pecního hořáku (žárové hlavy) tj. na straně výstupu produktu (slínku) z rotační pece.

Dosažené výsledky z experimentálních zkoušek a trvalého provozu lze shrnout následovně:

- Měření a vyhodnocení prováděná v cementárnách a vápenkách prokázala účinnost rozkladu chlorovaných látek nad 99,99 %. Dobrý je rozklad PCB, kde koncentrace škodlivin v emisích nepřekročily hodnoty naměřené při provozu bez spalování odpadů. Bylo doloženo, že většina kovů (Pb, Zn atd.) přechází do slínku a jen 1 až 3 % do prachu z elektrostatických odlučovačů. Zachycuje se obsah SO_2 z 90 - 95 % a pokles NO_x při současném spalování odpadů s obsahem síry.
- Ze soustavných měření prováděných ve Švédsku, Norsku a Švýcarsku vyplývá, že při teplotách nad 950 °C (optimálně 1200 °C) a době zdržení nad 1 sekundu se rozkládá PCB s účinností nad 99,99 % na jednoduché sloučeniny CO_2 , CO, HCl a Cl_2 . Velká pozornost byla věnována spalování čistírenských kalů ze splaškových vod. V cementářské peci o kapacitě 1500 t/den bylo spalováno 2,7 t/h kalů. Kal byl dávkován na vstup do pece s přehřívacím systémem. Došlo k nárůstu obsahu CO, poklesu NO_x o 15 - 30 %, zvýšení emisí rtuti na 0,2 mg/m³_N při vnášení kalů přímo do přehříváče a na 0,04 mg/m³_N při provozu přes drtič. Hodnoty Pb a Zn byly nevýznamné.
- Za zvlášť výhodné je považováno spalování vytríděných hořlavých podílů z domovního odpadu, označované jako RDF (Refuse Derived Fuel), nesprávně též jako ekopalivo. Tento odpad má v porovnání s uhlím jen cca 10 % Cd (pod 0,2 mg/kg), 5 % Pb (pod 0,3 mg/kg) a asi 25 % Hg (pod 5 mg/kg) při výhřevnosti cca 12 MJ/kg. Obsah chloru je však značný, z toho důvodu byl použit 5 % obtok spalin. Při spalování až 35 % náhrady hlavního paliva nedošlo k nárůstu emisních hodnot.
- Také v České a Slovenské republice existují provozní zkušenosti se spalováním nebezpečných odpadů. Při spalování nebyly překročeny emisní hodnoty a ani limit PCB nepřesáhl povolenou hranici. Rozklad probíhal s 99,999 % účinností.

Přehled cementáren a vápenek využívajících alternativní paliva

Provozovatel	Provozovna
CARMEUSE CZECH REPUBLIC s.r.o.	Vápenka Mokrá
Cement Hranice, a.s.	Cementárna Hranice
Českomoravský cement, a.s., nástupnická společnost	Cementárna Mokrá
Českomoravský cement, a.s., nástupnická společnost	Cementárna Radotín
Holcim (Česko) a.s., člen koncernu	Cementárna Prachovice
Lafarge Cement, a.s.	Cementárna Čížkovice
Vápenka Čertovy schody a.s.	Vápenka Čertovy schody
VÁPENKA VITOŠOV s.r.o.	Vápenka Vitošov

Obr. 11 Přehled cementáren a vápenek využívajících alternativní paliva (11)

3.2. Třídění odpadů, technologie MBÚ

V České republice prozatím většina směsného odpadu končí na skládkách a není dále využívána. Ve snaze vytěžít ze směsného zbytkového komunálního odpadu co možná nejvíce využitelných látek, byla postupem času vyvinuta technologie nazývaná jako Mechanicko-Biologická Úprava (MBÚ) odpadů. Jak již bylo řečeno v úvodu, mechanicko-biologickou úpravou se rozumí úprava směsného komunálního odpadu, případně dalších vhodných odpadů, spočívající v kombinaci mechanických, fyzikálních a biologických postupů, jejímž výsledkem je oddělení některých složek odpadu, stabilizace biologicky rozložitelných složek odpadu a případně další úprava oddělených složek odpadu. Pojem není v legislativě odpadového hospodářství vymezen a v různých zemích je postup MBÚ mírně odlišný.

Jak to funguje

V zařízení MBÚ se směsné komunální odpady drtí a pak třídí na různých sítích. Směsný odpad se tak rozdělí v zásadě na dvě hlavní složky:

- Lehká frakce ("nadsítná"), v níž jsou hlavně kusy papíru, plastů a část biologických materiálů. Má sloužit k výrobě alternativního paliva, které by se spalovalo, za účelem výroby energie.
- Těžká frakce ("podsítná"), v níž jsou obsaženy všechny ostatní zbytky, zejména biologicky rozložitelné látky. Tato frakce se ještě zpracovává za přístupu nebo nepřístupu vzduchu. Dochází přitom k "vyhňování", během kterého se rozloží biologicky rozložitelné látky. Za přístupu vzduchu probíhá kompostování, výsledný produkt by měl sloužit jako kompost. Při zpracování za nepřístupu vzduchu (anaerobní digesce) se dá získat metan (=energie) a zbytek se opět kompostuje.

Problémy těžké frakce:

Její kompostování je obtížné, neboť z odpadu v ní zůstávají baterie, rozbité žárovky a lékovky. U kompostu (produkt kompostárny) se povinně testuje tzv. vyluhovatelnost (sleduje se, zda-li se ve vlhkém prostředí z hotového kompostu nevyklučují nevhodné látky).

Surová podsítná frakce uvolňuje do vodního prostředí poměrně vysoké koncentrace z pohledu současné legislativy nežádoucích látek, například organický uhlík. Kompostováním došlo ke snížení těchto ukazatelů až na desetinu původních hodnot. Nicméně i potom podsítná frakce nebo tzv. kompost překračuje stávající limity pro skládkování, takže ji v podstatě nelze použít ani jako technologický materiál pro úpravu skládek.

Těžkou frakci se také pokoušeli zpracovat anaerobně (tj. nechat ji vyhnít bez přístupu kyslíku). Testy na anaerobní zpracování dopadly podobně jako u kompostování, navíc bylo toto zpracování velmi nákladné.

Podsítnou frakci z mechanicko-biologické úpravy nelze dále využít. Ani po kompostování nebo jiné stabilizaci nelze použít jako kompost nebo alespoň rekultivační materiál. Jedinou z možností je ukládat ho na speciální skládky.

V Německu pracuje přes padesát zařízení MBÚ. Pro stabilizovanou podsítnou frakci, která nejde využít, mají speciální skupinu skládek. Limity pro ukládání jsou zhruba třikrát vyšší než u běžných skládek komunálního odpadu a znamenají proto větší ohrožení životního prostředí.

Ale hlavně: MBÚ se buduje proto, aby se méně skládalo! A tady, po všech úpravách na složitých zařízeních, se jeden z konečných produktů zase jen uloží na skládku.

Problémy lehké frakce:

Při MBÚ jde však hlavně o lehkou, nadsítnou frakci, která se dá dále energeticky využít.

Kdo může využívat nadsítnou frakci z MBÚ?

Náhradní či alternativní palivo, vyrobené procesy MBÚ ze zbytkového komunálního odpadu, vykazuje sice vyšší výhřevnost než výchozí materiál, ale také stejné či podobné škodliviny. Je proto třeba počítat se stejnými emisemi jako u spalování odpadu.

Cementárny

V České republice mají cementárny velký zdroj alternativního paliva v použitých pneumatikách. O nadsítnou frakci nemají příliš zájem, protože je velmi různorodá. Cementárny potřebují, aby palivo mělo co nejstabilnější složení. Navíc má nadsítná frakce vysoký obsah chlóru, který využití v cementárně ztěžuje.

Stávající spalovny komunálního odpadu

Stávající spalovny komunálních odpadů nemohou tuto frakci využít, z důvodu vyšší výhřevnosti než u směsného odpadu a její uplatnění by způsobilo technologické potíže.

Speciální spalovny

Tam, kde se v Evropě energeticky využívá nadsítná frakce z MBÚ, se pro ni musí vybudovat speciální spalovna "mono zdroj". Je nastavena tak, že může jako palivo využít výhradně frakci z MBÚ (nic jiného spalovat nemůže).

V Německu byly v letech 2002-2004 MBÚ velmi rychle vybudovány, aniž se myslelo na to, co bude s nadsítnou frakcí. Mono zdroje se teprve teď dostavují. Nadsítná frakce, pro kterou nebylo několik let využití, se skladovala, případně se podloudně a nelegálně pašovala do okolních zemí, tj. také k nám.

Využití v jiných zdrojích

Teoreticky by bylo možné spoluspalovat výhřevnou frakci v jiných zdrojích, jako jsou teplárny, elektrárny atd. Zejména zařízení s fluidním spalováním by s využitím výhřevné frakce neměly technické potíže.

Problémem je, že legislativa považuje výhřevnou frakci stále za odpad. Emisní normy pro spoluspalování jsou tak přísné, že provozovatelé zdrojů o tuto frakci nemají zájem. Proto i v Německu raději vsadili na mono zdroj.

Závěr:

Hlavní výstup z procesů MBÚ je nadsítná energetická frakce, nazývaná rovněž jako tzv. alternativní nebo náhradní palivo. Provozem zařízení MBÚ se tedy proces spalování neeliminuje, ale přesune do dalšího stupně zpracování odpadu - do procesu spalování.

V případě spalování v klasických elektrárenských kotlích je třeba počítat s podobnými emisemi jak při spalování odpadu bez čištění spalin. Tedy spalující elektrárnská jednotka se stane " maskovanou spalovnou? " bez patřičné ochrany životního prostředí.

O nadsítnou, energetickou frakci z MBÚ u nás není zájem, respektive nejsou u nás zdroje, které by byly schopny ji využít.

3.3. Materiálové využití vytríděných odpadů

Pokud nám vznikl odpad, je materiálové využití v odpadové hierarchii na předním místě před jeho energetickým využitím nebo odstraněním. Jak napovídá název, jedná se o souhrn procesů a postupů, které směřují k tomu, aby upravený odpad bylo možné dále materiálově využít, tedy získat z odpadu např. surovinu pro další výrobu. Díky tomu dochází k významné úspoře cenných primárních surovin (uhlí, ropy, zemního plynu, apod.).

Zní to jednoduše, tak proč se to nedělá se všemi odpady? Hlavně proto, že materiálové využití mnohdy naráží na složitost procesu získávání potřebných materiálů a surovin z odpadů a s tím související vysoké náklady na vybudování a provoz technologií. Celý proces je rovněž velmi náročný na spotřebu energií. Svou roli hrají také vysoké náklady na dopravu, kdy je potřeba soustředit větší množství potřebných druhů odpadů. Jednoduše řečeno, je to často složité a drahé a v některých případech se prostě získávání surovin z odpadů nevyplatí. Může se totiž snadno stát, že získání suroviny z některých odpadů je pro životní prostředí větší zátěž a obecně dražší, než získání primární suroviny. Nakonec je rozhodující ekonomika, to znamená, zda o vytríděný odpad má někdo zájem a zaplatí jej.

V ČR bylo v posledním sledovaném roce (2011) materiálově využito 22 969 521 t odpadů, což je asi 75 % z celkové produkce všech odpadů. Nejběžnějšími způsoby materiálového využití jsou biologické procesy, recyklace a regenerace.

3.4. Energetické využívání odpadů

Na následující mapce je patrné rozmístění komunálních a dalších typů spaloven o různých kapacitách. Některé z uvedených spaloven jsou již mimo provoz.



Obr. 12 Rozmístění spaloven komunálních a nebezpečných odpadů na území ČR (14)

4. Strašák zvaný spalovny odpadů a jak to s nimi vlastně je? [11]

4.1. Výhody a nevýhody termického zpracování odpadů.

Mezi základní přednosti spalování odpadů ve srovnání s ostatními metodami patří následující:

- značná redukce původního objemu odpadů. Objem odpadu se sníží o 70 - 99 %,
- lze spalovat široké spektrum odpadu všech konzistencí a různého původu (z domácností, nemocnic, z průmyslu atd.),
- možnost využití tepla, uvolněného při spalování odpadu, nebo jeho konverze na jinou formu energie pro průmyslové nebo komunální využití (ohřev vody, výroba páry, výroba elektrické energie aj.). Tuto možnost jiná technologie neumožňuje,
- pro některé odpady, zejména zvláštní odpady ze zdravotnických zařízení nebo odpady z chemického průmyslu, je to v podstatě jediný způsob jejich možného zneškodnění. Zbytek po spalování je tuhý, sterilní a většinou nepodléhá dalšímu rozkladu. Toto znatelně snižuje zdravotní rizika odpadů patologických, případně odpadů vznikajících v souvislosti se zdravotními epidemiemi,
- podstatné snížení množství kontaminantů, což zjednodušuje podmínky pro konečné uložení zbytků po spalování na skládkách a snižuje ekologická rizika,
- hygienický provoz při zpracování odpadů i pro biologicky nebezpečné odpady,
- proces spalování lze dobře kontrolovat a regulovat,
- organická hmota obsažená v odpadu se přeměňuje na konečné produkty (CO_2 , SO_2 , N_2 , HCl , HF , H_2O), přičemž jedovaté sloučeniny lze většinou dále zpracovávat,
- těžké kovy se zkoncentrují v zachyceném popílku,
- inertní zbytek (popel) je možné bezpečně deponovat na skládkách,
- popílek lze bezpečně ukládat na skládkách po tzv. solidifikaci,
- tepelná přeměna probíhá v krátké době v porovnání s kompostováním nebo skládkováním.

Metoda	Doba setrvání odpadu
spalování Vortex (obohacení spalovacího vzduchu kyslíkem)	sekundy (drcený odpad)
fluidní spalování	minuty (drcený odpad)
roštová a rotační spalovna	0,5 - 2 hodiny
kompostování	2 až 10 dní a zrání několik měsíců
skládkování	roky

Tab. 4 Typické doby nezbytné pro odstranění odpadu (11)

Pro ilustraci uvádí následující Tab. 4 porovnání doby potřebné pro odstraňování odpadu u jednotlivých metod. Z tabulky jednoznačně vyplývá, že spalování je nejrychlejším způsobem odstraňování odpadu.

Za hlavní nevýhody lze považovat relativně vysoké investiční náklady na výstavbu spaloven, relativně vysoké náklady na provoz a údržbu zařízení, potřeba kvalifikovaného personálu pro provoz a údržbu, nezbytnost opatření na bezpečné odstranění zbytků ze spalování odpadů a k zábraně emisí do ovzduší a vody.

4.2. Charakteristika termicky zpracovávaných odpadů

Termickými postupy (spalováním) je možno zpracovat rozsáhlou škálu odpadů, vyskytující se ve všech skupenstvích. Z tohoto pohledu je možno dělit odpady na:

- pevné (kusový, pastovitý, sypký odpad),
- kapalné,
- plynné.

Pokud se týká členění spalitelných odpadů z hlediska místa jejich vzniku (výskytu), možno odpad členit:

- odpady komunální (včetně kalů z čistíren odpadních vod),
- odpady průmyslové,
- odpady zemědělské a lesnické (bioodpady),
- odpady speciální (například nemocniční).

4.3. Odpad jako palivo

Z hlediska spalovacích procesů je možno odpady považovat za méně hodnotné palivo, vyznačující se často značnou nehomogenitou. Každé palivo je charakterizováno, jednak obsahem hořlaviny (označeno C), zejména obsahem spalitelných látek, obsahem balastních látek a popela, který je určen vlhkostí (označováno W) a celkovým množstvím minerálních látek (označeno A).

Hořlavina je tvořena spalitelnými látkami – uhlíkem, vodíkem, kyslíkem, dusíkem, spalitelnou sírou a chlorem, popř. fluorem. Prvky jsou zastoupeny v odpadu ve formě anorganické (chloridy, fluoridy, sírany, siřičitany) nebo organické (PVC).

Hořlavinu lze rozdělit na prchavou a neprchavou. Prchavá hořlavina (převážně uhlík vázaný ve sloučeninách a sloučeniny chloru a fluoru) se uvolňuje při zahřívání odpadu a hoří plamenem. Dokonalost spálení prchavé hořlaviny lze kontrolovat množstvím oxidu uhelnatého a přítomností uhlovodíků (PAU, PCB, PCDD, PCDF, atd.) ve spalínách.

Neprchavou hořlavinu představuje v podstatě uhlík s malým množstvím vodíku a síry. Oproti prchavé hořlavině nehoří plamenem, pouze žhne. Proces spalování probíhá při nízkém přebytku vzduchu.

Voda je nehořlavá látka, která při určitých podmínkách může sloužit jako okysličovadlo. Je v odpadech přítomna jako krystalicky vázaná nebo voda povrchová. Krystalicky vázanou vodu nelze odstranit sušením při procesu spalování, je vázána na molekulární úrovni. Povrchová voda se do odpadu dostane při dopravě, manipulaci a skládkování. Snižuje výhřevnost odpadu a při větším obsahu zhoršuje hoření.

Chlor se nachází v odpadu jako organicky vázaný nebo jako chloridový. Organicky vázaný je přítomen v odpadech z PVC, v barvách, lécích atd. Chloridový chlor je vázaný na alkalické kovy, alkalické zeminy či na těžké kovy. Organicky vázaný chlor uniká při spalování jako chlorovodík. Odpady s vysokým obsahem chloru, jsou hůře spalitelné. Podle obsahu chloru se také stanovuje dle legislativy režim spalování.

Základ popela tvoří oxidy hliníku (Al_2O_3) a křemíku (SiO_2). Dále obsahuje oxidy vápníku (CaO), hořčíku (MgO), železa (Fe_2O_3) a řadu vzácných zemin. Popel ztěžuje spalování odpadu, a to buď svým množstvím, nebo připékáním na stěny ohniště, pokud má nízkou teplotu měknutí, eventuálně tavení. Tato teplota se pohybuje v rozmezí 650 až 1300°C.

Složení hořlaviny nebo celého odpadu lze zjistit elementární analýzou, případně z tabulek. Dalším velmi důležitým parametrem paliva – odpadu je množství tepla obsaženého v palivu, které je udáváno pomocí spalného tepla a výhřevnosti.

Spalné teplo je množství tepla, které se vyvine dokonalým spálením jednotkového množství (kg , m^3) paliva, jestliže se spaliny ochladí na původní teplotu paliva a voda po spálení zůstane v kapalném stavu. Udává se v kJ nebo MJ na 1 kg nebo 1 m^3 paliva.

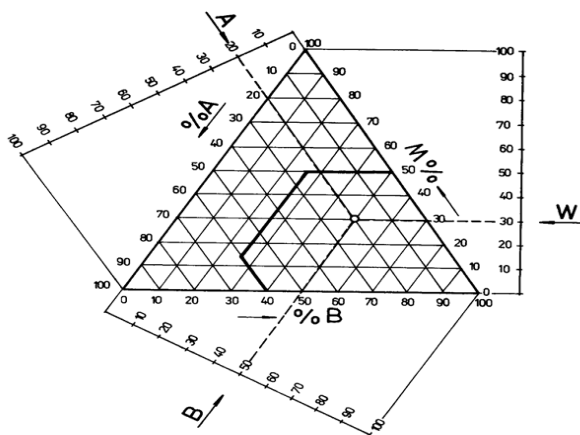
Výhřevnost je množství tepla, které vznikne dokonalým spálením jednotkového množství (kg , m^3) paliva, jestliže se spaliny ochladí na původní teplotu paliva a voda po spálení zůstane v plynném stavu. Udává se v kJ nebo MJ na 1 kg nebo 1 m^3 paliva.

Palivo - odpad je schopné samostatného hoření pouze v případě, že obsahuje dostatečný podíl hořlaviny. Pokud však významně vzroste obsah nespalitelných částí paliva, tedy popela a vlhkosti na úkor hořlaviny, není takovéto palivo již schopno samostatného hoření. Teplo uvolněné hořlavinou je nedostatečné k odpaření vlhkosti paliva a k ohřátí popelovin na spalovací teplotu. Aby i hořlavina tohoto odpadu mohla shořet, je nezbytné přivádět v tomto případě na krytí zbývajících ztrát další tzv. podpůrné, či stabilizační palivo.

Hranice pro spalování pevného odpadu bez přívodu podpůrného paliva je minimální výhřevnost odpadu 5000 kJ/kg; této podmínce přibližně odpovídá následující složení odpadu: obsah popela A menší nebo roven 60 %, obsah vlhkosti W menší nebo roven 50 %, obsah hořlaviny B menší nebo roven 25 %. Platí rovnice (1.1).

$$B + W + A = 100\% \quad (1.1)$$

Tyto podmínky složení odpadů jsou zobrazovány tzv. Tannerovým (trojným) diagramem viz Obr. 15. Po vynesení konkrétních hodnot procentových obsahů na příslušných stupních se z uvedeného diagramu určí, zda je přívod podpůrného paliva nutný nebo ne.



Obr. 15 Spalovací trojúhelník odpadů (11)

Komunální odpady

Pod pojmem komunální odpady rozumíme odpadové materiály vznikající v sídelních útvech a zahrnující následující hlavní skupiny:

- tuhé odpady z domácností,
- uliční odpady a smetky, odpad z parků a zahrad,
- odpady ze služeb, malých výroben (tzv. malý průmyslový odpad),
- odpady ze škol, úřadů, obchodů a institucí,
- kaly z čistíren odpadních vod.

Již pouhý výčet možných zdrojů ukazuje na značnou různorodost těchto materiálů, je proto často velmi obtížné získat reprezentativní vzorek komunálních odpadů, které jsou velmi heterogenním a proměnlivým materiálem.

Převažující složka tuhého komunálního odpadu vznikající při běžném provozu domácnosti je domovní odpad, jehož složení je značně proměnlivé jak v závislosti na typu zástavby, tak i v závislosti na ročním období a může se měnit i ze dne na den. Příklad morfologického složení tuhých domovních odpadů uvádí Tab. 5 pro dva základní druhy zástavby: s vytápěním ušlechtilými palivy a s lokálním vytápěním tuhými palivy.

Do budoucna lze očekávat částečné změny uvedeného složení, především postupný pokles složky popela a vzrůst složky papíru a plastů v souvislosti s postupným omezováním lokálního vytápění tuhými palivy.

Druh odpadu ve směsi	Lokalita (zástavba)					
	vytápěná ušlechtilými palivy [hm.%]		lokální vytápění tuhými palivy [hm.%]		Průměrné hodnoty z obou druhů zástavby [hm.%]	
	rozmezí	průměr	rozmezí	průměr	rozmezí	průměr
Papír a lepenka	14,3 až 10,8	17,8	1,4 až 13,1	8,0	9,5 až 16,0	13,4
Textil	1,2 až 9,7	6,2	0,4 až 6,8	3,3	0,7 až 8,4	5,4
Plasty	1,2 až 10,1	5,0	0,6 až 5,9	3,0	0,9 až 6,7	4,2
Přez	1,5 až 6,3	2,9	1,4 až 6,4	2,3	2,1 až 6,3	2,7
Kuchyňský odpad	26,2 až 72,2	47,8	14,5 až 45,4	32,5	22,0 až 56,6	41,8
Sklo (střeby)	1,9 až 15,6	7,9	1,5 až 12,7	6,5	1,7 až 14,5	6,6
Minerální odpad (suť)	0,1 až 8,9	2,6	2,5 až 7,5	3,7	2,3 až 6,5	3,0
Popel	-	2,8	15,3 až 48,4	34,4	10,2 až 28,2	16,7
Kovy	2,7 až 12,8	7,0	2,3 až 13,5	6,3	2,4 až 11,0	6,2
Součet		100		100		100

Tab. 5 Morfologické složení tuhých domovních odpadů (TDO) (11)

Velmi důležitou charakteristikou je rovněž obsah vlhkosti, který je definován ztrátou hmotnosti vzorku, která nastane jeho vysušením. Ve srovnání s konvenčními palivy je obsah vlhkosti u domovních odpadů značně vysoký (15 – 70 % hm.) a může se měnit v průběhu sběru a shromažďování; obecně platí, že vlhkost je vyšší v letním období než v zimě, v důsledku zvýšeného obsahu rostlinných zbytků.

Ke komunálním odpadům jsou obvykle počítány i kaly z čistíren odpadních vod. Ty se vyznačují zpravidla vysokým obsahem vody, který ovlivňuje podmínky úpravy kalu a jeho vlastní spálení. V upraveném kalu je obsah vody 32 až 45 % hm., obsah popela 12 až 30 % hm., obsah hořlaviny 25 až 40 % hm., výhřevnost bývá 4,2 až 5,5 MJ/kg. Výhřevnost hořlavé hmoty čistírenských kalů závisí na stupni jeho zpracování. Primární kal má 23 až 25 MJ/kg, aktivovaný kal má 17 až 23 MJ/kg, primární vyhnitý kal má 19 až 25 MJ/kg a směs vyhnitého a aktivovaného kalu má 17 až 19 MJ/kg.

Pro spalování je vhodné mísení kalů s jinými druhy tuhých odpadů. Samotné kaly je možno bez předchozího vysušení v oddělených sušících zařízeních spalovat jen ve speciálních typech spaloven.

4.4. Základní provozní uzly technologie spalovny

Dá se říci, že pro různé typy, velikosti a výkonnosti technologie, jsou základní provozní uzly následující:

- Příjem a skladování odpadů
- Úprava odpadů
- Dávkování odpadů
- Spalování odpadů
- Utilizace tepla
- Čištění spalin
- Elektro, měření a řízení
- Pomocné provozy

4.5. Termické metody zpracování odpadů

Jako termické (či tepelné) metody zpracování odpadů lze souhrnně označit postupy, při nichž dochází k chemickému rozkladu odpadní látky, působením teploty, popřípadě ke spolupůsobení teploty v prostředí s obsahem kyslíku. Pod tento pojem lze zahrnout spalování, zplyňování, pyrolýzu, plasmové metody, případně i jiné postupy.

Těmito metodami jsou nebezpečné látky obsažené v hořlavých odpadech přeměněny na poměrně neškodné produkty. Přitom ovšem vznikají vedlejší produkty jako plynné látky (spaliny), jež obsahují škodlivé plynné i pevné částice, často i popel (struska, škvára).

Teploty, používané u jednotlivých metod se pohybují ve velmi širokém rozmezí, nejčastěji mezi 300 °C a 1500 °C, výjimečně i teploty vyšší, až několik tisíc stupňů.

Významným kritériem pro hodnocení jednotlivých procesů je především dosažitelný stupeň rozkladu velmi stabilní odpadní látky, který je ve většině případů (především při destrukci organických látek typu PCDD a PCDF) ovlivněn nejen teplotou, ale zejména chemickými vlastnostmi (charakterem) prostředí, v němž daný proces probíhá. Podle tohoto hlediska se rozlišují:

- a) **Procesy oxidační**, jsou procesy termického odstraňování odpadů, při nichž je obsah kyslíku v reakčním prostoru stechiometrický nebo vyšší vzhledem k obsahu hořlavých látek ve zpracovávaném odpadu. V tomto případě jde o spalování odpadů.

Spalování odpadů je řízené exotermické slučování hořlavých složek odpadů s kyslíkem za stechiometrických nebo nad stechiometrických podmínek.

Další členění těchto oxidačních (spalovacích) procesů je pak možné dle teplot v reakčním prostoru a to na procesy

- nízkoteplotní s teplotou reakčního prostoru do 1000 °C;
- vysokoteplotní s teplotou reakčního prostoru nad 1000 °C.

- b) **Procesy redukční**, jsou procesy termického zpracování odpadů, při nichž je obsah kyslíku v reakčním prostoru pod stechiometrický vzhledem k obsahu hořlavých látek ve zpracovávaném odpadu. Mezi tyto procesy řadíme pyrolýzu a zplyňování.

Pyrolýza odpadů je tepelný rozklad organických látek za nepřístupu oxidačních médií (vzduch, kyslík, oxid uhličitý, vodní pára) v reakčním prostoru, při němž se za teplot nejčastěji v rozmezí 500 °C až 1000 °C organické látky rozpadají na jednoduché těkavé produkty a koks.

Zplyňování odpadů je tepelný rozklad odpadních látek při teplotách nad 800 °C za pod stechiometrického obsahu kyslíku a za přítomnosti vodní páry v reakčním prostoru, směřující k přeměně uhlíkatých materiálů na plynné hořlavé látky.

Základy technologie spalování

Spalování je poměrně složitý proces, při kterém probíhá prudká oxidační exotermní reakce. Spalování odpadů je podmíněno řadou souvisejících procesů, jako je jejich vysušení a ohřev na zápalnou teplotu. K tomu dochází jednak sáláním žhavých spalin a zdíva pece, jednak konvekci spalin nebo přehřátého vzduchu. Vysušování odpadu probíhá za teplot cca 40 °C až 150 °C. Za vyšších teplot pak dochází, v důsledku složitých rozkladných procesů, ke vzniku těkavých hořlavých látek, jejich vznícení a hoření. Zbývajících tuhý materiál je dále postupně odplyňován a po dosažení potřebné teploty je postupně spalován.

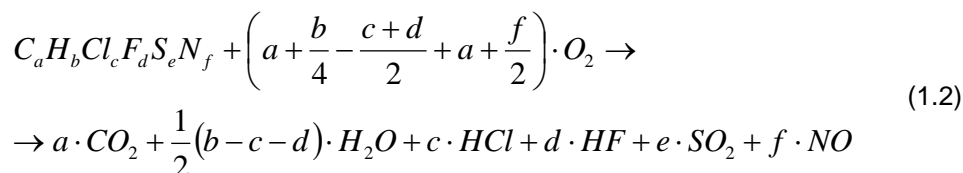
Teplota zápalná, je minimální teplota, při jejímž dosažení dochází ke spontánnímu hoření paliva v důsledku uvolnění dostatečného množství tepla ke krytí ztrát do okolí. Pohybuje se v hodnotách cca od 150 °C výše.

Teplota hoření (spalovací teplota) je teplota, při níž spalovací proces probíhá. Teoretické spalovací teploty by bylo dosaženo při spalování za podmínky, že veškeré teplo uvolněné dokonalým spálením paliva se převede beze ztrát do spalin. Skutečná spalovací teplota v ohništi je nižší a je určena hlavně účinností spalovacího zařízení, tj. stupněm dokonalosti spálení paliva, teplotou spalovacího vzduchu přiváděného do ohniště a velikostí tepelných ztrát.

Spalovací teplota závisí přímo na teple přiváděném palivem, tj. reakčním teplem a spalovacím vzduchem, a nepřímo na množství a složení vlhkých spalin, kterým se teplo ze spalovací komory odvádí. Při provozu spalovacího zařízení lze ovlivnit spalovací teplotu při dané jakosti paliva teplotou spalovacího vzduchu. Teplota hoření se pohybuje cca od 600 °C a výše (při přívodu potřebného kyslíku vzduchem).

Při spalování tuhých, kapalných a plyných odpadů se ve většině případů používá jako okysličovadlo spalovací vzduch. Při výpočtu spotřeby spalovacího vzduchu se vychází ze stechiometrického výpočtu spotřeby kyslíku na spálení jednotlivých složek hořlaviny.

Stechiometrie dokonalého spalování odpadu je založena na souhrnné rovnici (1-2) vyjadřující oxidaci jednotlivých složek spalovaného odpadu:



Zjednodušeně platí, že spálením uhlíku (C) vznikne oxid uhličitý (CO₂), spálením vodíku (H₂) vznikne voda ve formě vodní páry (H₂O) a spálením síry (S) vznikne oxid siřičitý (SO₂). Kyslík (O₂) obsažený v hořlavině se zúčastní hoření jako okysličovadlo a dusík (N₂) odchází v plynné formě se spalinami. Odpadní spaliny pak obsahují především dusík, oxid uhličitý, vodní páru a přebytečný kyslík.

Ostatní uvedené plynné látky lze povětšinou považovat za stopové kontaminanty. Lze očekávat, že pokud odpadní materiály obsahují prvky jako Cl, F, S a N vázané ve svých hořlavých složkách, dochází při jejich spalování ke tvorbě HCl, HF, SO₂ + SO₃ a NO + NO₂.

Stechiometricky vypočtené množství spalovacího vzduchu ze spalovacích rovnic se nazývá **vzduch teoretický** a udává se v jednotkách m³ vzduchu na 1 kg paliva (nebo 1 m³ paliva). Při skutečném spalování se přivádí jiné množství vzduchu, než je stanoveno stechiometrickým výpočtem. Objem tohoto vzduchu se nazývá **vzduch skutečný**. Poměr objemů je nazýván jako součinitel přebytku vzduchu α .

$$\alpha = \frac{\text{vzduch skutečný}}{\text{vzduch teoretický}} \quad (1.3)$$

Hodnoty součinitele přebytku vzduchu α používané při spalování paliv jsou různé v závislosti na druhu paliva a typu spalovacího zařízení. Například roštová ohniště pro hnědé a černé uhlí používají přebytek vzduchu $\alpha = 1,3$ až $1,5$, prášková ohniště granulační $\alpha = 1,2$, fluidní ohniště $\alpha = 1,8$ až $2,0$, spalovací motory $\alpha = 1,0$ až $1,2$, spalování odpadu $\alpha = 1,4$ až $3,5$.

Při nedostatku vzduchu, kdy je α menší než 1, jde o spalování nedokonalé. V tomto případě mohou spaliny obsahovat vedle základních plynů (CO_2 , SO_2 , N_2 , Ar a H_2O) ještě oxid uhelnatý (CO) a případně i řadu meziproduktů spalování, hlavně různé organické látky případně i saze.

Účinnost spalování odpadů je obvykle posuzována z pohledu účinnosti spalování organických látek v odpadu a z pohledu účinnosti odbourávání jedné nebo více sledovaných látek (škodlivin) obsažených v původním odpadu. Stanovuje se při tom hmotnostní tok sledované látky vstupující do spalování a vystupující ze zařízení ve všech produktech po spalování a čištění spalin (popel, popílek, spaliny do atmosféry, odpad. kapaliny, kaly atd.)

Účinnost spalovacího procesu závisí zejména na čtyřech klíčových parametrech, které zásadně ovlivňují podmínky spalování a tím i účinnost procesu:

- Dostatečně vysoká teplota hoření (spalovací teplota) v reakčním prostoru spalovací komory.
- Dostatečně dlouhý čas setrvání spalin v reakčním prostoru spalovací komory při požadované teplotě.
- Intenzita a způsob proudění vzdušiny v reakčním prostoru spalovací komory.
- Dostatečná koncentrace kyslíku (vzduchu) v reakčním prostoru spalovací komory (dáno přebytkem vzduchu α).

Základní spalovací režimy

Spalovacím režimem u spalovacího zařízení na odpad se rozumí průběh tepelných toků, teplot spalovaného odpadu, teplot spalin, teplot pece a těmto teplotám odpovídající procesy v závislosti na čase. Tomu odpovídá i doba pobytu odpadu ve spalovacím zařízení. Tento spalovací režim bude zásadně určen jednak charakterem práce, jednak vlastním konstrukčním provedením spalovací pece na odpad. Charakterem práce se rozumí, zda zařízení pracuje periodicky, či kontinuálně.

Periodickým způsobem práce se vyznačují pece komorového typu, u nichž se teploty a tepelné toky v reakčním prostoru v průběhu technologického cyklu značně mění v závislosti na čase; hovoříme v tomto případě o časově **neustáleném** (nestacionárním) **tepelném režimu**. Naopak u průběžných pecí, jimiž přerušovaně (po dávkách) nebo plynule (kontinuálně) prochází odpadní látka po dobu potřebnou k uskutečnění procesu termického odstranění odpadu, je tepelný režim ustálený čili **stacionární** a teploty i tepelné toky se vyznačují víceméně konstantními hodnotami v určitém místě (úseku) reakčního prostoru. U těchto pecí možno dále rozlišit kontinuální **pece pracující nepřetržitě**, tedy kontinuálně po určitý počet hodin během dne např. v jednosměnném či dvousměnném provozu, a **pece pracující nepřetržitě**, tedy kontinuálně v třísměnném provozu po určitý počet dní po sobě jdoucích.

Nejčastěji používanými režimy spalování je spalování na pohyblivém roštu.

Tento způsob zpracování odpadů vychází z nejstaršího, a proto rovněž nejpropracovanějšího způsobu spalování pevných paliv v ohništích (topeništích) parních kotlů, jejichž základem je rošt, na němž probíhá vlastní spalovací proces.

Celý spalovací cyklus je rozdělen do 6 základních fází, probíhající obvykle postupně, v závislosti na teplotách v reakčním prostoru. Těmito fázemi jsou: sušení, zplyňování (odplyňování), zapálení (lokální hoření), prohořívání, hoření a vyhořívání.

V průběhu procesu spalování dochází k postupnému zmenšení objemu odpadu a snížení výšky lože na konečnou výšku vrstvy škváry či popela.

Pyrolýza odpadů

Pyrolýzou rozumíme termický rozklad organických materiálů za nepřístupu médií obsahujících kyslík (vzduch, oxid uhličitý, vodní pára), jež vede ke vzniku jednotlivých plynných, kapalných a pevných frakcí, proces je obvykle doplněn jejich odděleným spalováním. Uskutečnění tohoto procesu, který možno považovat za alternativu spalování, je možné v externě ohřívané retortě, koksové komoře, nebo rotační peci.

Podstatou pyrolýzy je proces využívající malou stabilitu organických sloučenin při vyšších teplotách. Vysokomolekulární látky se při vyšších teplotách rozkládají na nízkomolekulární, což vede k jejich rozpadu na těkavé produkty a koks; tento proces probíhá v oblasti teplot 150 °C až 1000 °C. Podle použitých teplot se obvykle rozlišuje:

- nízkoteplotní pyrolýza (reakční teploty do 500 °C);
- středně teplotní pyrolýza (reakční teploty v rozmezí 500 °C až 800 °C);
- vysokoteplotní pyrolýza (reakční teploty nad 800 °C).

Kvalita vznikajících produktů a tepelná účinnost bude záviset především na kvalitě vstupujících odpadů a podmínkách procesu. Nižší teploty vedou k vyššímu výnosu dehtu a koksových frakcí; naopak za vyšších teplot přednostně vzniká pyrolyzní plyn.

Pyrolyzní způsob termického zpracování je použitelný pro odpady s prakticky konstantním složením, není příliš vhodný pro směsné odpady průmyslové či komunální.

Pyrolýza v klasickém pojetí

Rozvoj pyrolyzních technologií nastal především v sedmdesátých letech, kdy se rozšířil názor, že pyrolyzní procesy jsou použitelné k hromadnému zpracování odpadů, neboť:

- zařízení je jednodušší, a tím i investičně méně náročné;
- produkováná paliva jsou snadněji prodejná, než teplo či pára;
- objem vznikajících plynných produktů je významně menší než množství spalin vznikajících při klasickém spalování stejného množství odpadu; to by mělo zjednodušit problémy s čištěním spalin.

Uvedené výhody vedly v průmyslově vyspělých zemích k výstavbě četného množství menších i větších pyrolyzních zařízení. Zpravidla však došlo k jejich technickému selhání, v některých případech byly příčinou odstavení ekonomické důvody. Provedené zkoušky totiž ukázaly, že pyrolýza je nákladnější než spalování, přičemž vznikají nemalé problémy se zneškodněním pyrolyzního zbytku, tj. pyrolyzního koksu a kapalných uhlovodíků. Porovnání parametrů přímého spalování a pyrolýzy odpadů je uvedeno v Tab. 6.

Závěrem lze konstatovat, že v současné době je často značným rizikem investice do nevyzkoušené pyrolyzní technologie, dokonce i při nadějných výsledcích získaných na poloprovozních zařízeních. Je však možno očekávat potencionální využití těchto procesů pro termickou konverzi přesně definovaných odpadních materiálů o vysoké výhřevnosti, jako jsou plasty, odpadní guma, dřevo apod. Naopak tuhé domovní odpady jsou z tohoto pohledu obtížně použitelné a dávají vzniku produktů s nízkou výhřevností.

Pyrolýza plazmovým hořákem

Za speciální případ pyrolyzního postupu možno považovat pyrolýzu plazmovým hořákem, označovanou jako pyroplazmatický postup. V tomto případě, kdy je dosaženo teplot v rozmezí 5000 °C – 10 000 °C, uvolněné pyrolyzní plyny (H₂, CO a nízkomolekulární uhlovodíky) lze využít k získání energie. Problémy ovšem činí atomy halogenů, vznikající při zpracování plastů a jiných odpadních materiálů, jež nutno zachycovat ve zvláštním absorbéru. Nevýhodou tohoto postupu, který je zatím ve stadiu vývoje, jsou značné investiční náklady.

Spalování	Pyrolýza
Oxidace, reakce se vzdušným kyslíkem	Tepelný rozklad, reakce za vyloučení kyslíku
Spalovací teplota 800 °C až 1000 °C	Pyrolytická teplota 500 °C až 1000 °C
Produkty: <ul style="list-style-type: none"> tuhé: škvára (oxidovaná, inert) kapalné: voda plynné: CO₂, H₂O, SO₃, NO_x a jiné (nehořlavý plyn) 	Produkty: <ul style="list-style-type: none"> tuhé: tuhý zbytek (redukovaný) kapalné, voda, kapalné uhlovodíky plynné: H₂S, CO₂, CO, CH₄, C₂H₆, C₃H₈, H₂S, NH₃ a jiné (hořlavý plyn)
Exotermní reakce	Endotermní reakce
citlivá na změnu složení	málo citlivá na změnu složení
tuhé odpady (popel, škvára, struska)	tuhé, pastovité odpady (koks, dehet)

Tab. 6 Srovnání parametrů spalování a pyrolýzy (11)

Zplyňování odpadů

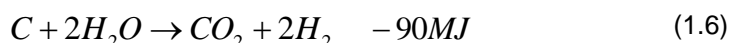
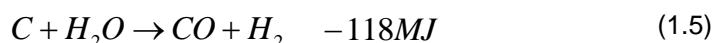
Podstatou zplyňování je přeměna uhlíkatých materiálů za vyšších teplot (nad 800 °C) na hořlavé plynné látky, a to za přívodu pod stechiometrického, přesně řízného množství vzduchu či jiného oxidačního činidla, čímž dochází k další přeměně vzniklého koksového zbytku na plynné produkty.

Uvedený proces je silně endotermický (spotřebovává teplo) a probíhá přibližně dle následujících rovnic:

Uhlík v koksovém zbytku se zplyňuje pomocí oxidu uhličitého:



Obdobně reaguje vodní pára:



Uvolněný vodík reaguje za vzniku metanu:



Výhodou tohoto procesu je, že díky vysokým teplotám odpadají problémy s tvorbou vysoce toxických dioxinů, furanů a polycyklických aromatických uhlovodíků. Redukční prostředí rovněž brání vzniku oxidů dusíku.

4.6. Produkty ze spalování odpadů a možnosti jejich redukce

Spaliny a jejich zpracování

Spaliny ze spalování odpadů obsahují, mimo neškodné plyny, jakými jsou dusík, oxid uhličitý a vodní pára, z pohledu životního prostředí škodlivé složky, jako jsou oxidy dusíku, oxidy síry, oxid uhelnatý, chlorovodík (HCl) a fluorovodík (HF), prach, těžké kovy a jejich sloučeniny, sloučeniny fosforu a organické sloučeniny.

Spaliny z odpadů jsou mnohasložkovou směsí chemických prvků a sloučenin. Do plynné fáze přecházejí převážně škodliviny kyselého charakteru, z nichž dominantní je chlorovodík, produkováný termickým rozkladem chlorovaných plastů. Další významnou škodlivinou je oxid siřičitý, těžké kovy (Cd, Hg, Cr, Cu, Zn, Pb) a prach.

Mezi látkami, které mají negativní vlastnosti na lidský organismus, jsou chlorované uhlovodíky. Tvoří celou řadu lineárních nebo cyklických sloučenin, které se hromadí zejména v tukových tkáních a vnitřních orgánech živých organismů. Podle počtu atomů chlóru v molekule, jejich polohy a uspořádání pak vzrůstá i jejich biologická a chemická odolnost a tím i obtížnost jejich rozkladu. V emisích spalovacích zařízení je možné prokázat výskyt produktů nedokonalého spalování, zejména polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), polychlorované dibenzodioxiny (PCDD), polychlorované dibenzofurany (PCDF), polychlorované bifenyly (PCB).

Příčinami vzniku dioxinů (PCDD) a furanů (PCDF) jsou:

- nedokonalé spalování odpadů obsahujících PCB, PCDD/PCDF,
- syntéza PCDD/PCDF na základě spalovací reakce, např. chlorfenolu, chlorbenzolu a jiných chlorovaných sloučenin,
- syntéza ze sloučenin neobsahujících chlór za spolupůsobení anorganického chloridu.

Dle odborné literatury existuje nejméně 74 izomerů PCDD a 135 izomerů PCDF. Jejich přítomnost ve stopových koncentracích byla prokázána takřka všude – v cigaretovém kouři, v tkáních, v ovzduší velkoměst s provozem automobilů, při požárech lesních porostů. Dále je pokládán za prokázanou karcinogenní látku pro člověka benzo(a)pyren (BaP), který byl také izolován v cigaretovém dýmu a je jedním z produktů nedokonalého spalování.

Jedním z důležitých kritérií dokonalosti spalování odpadů je obsah oxidu uhelnatého (CO) ve spalínách. Omezení přítomnosti oxidu uhelnatého ve spalínách lze řešit účelným přívodem přídavného vzduchu do ohniště, použitím pomocného hořáku a vhodným tvarem ohniště. Spálení CO má probíhat v oblasti co nejvyšších teplot a po dostatečně dlouhou reakční dobu.

Tvorba oxidů dusíku (NO_x) je závislá zejména na teplotě planeme a koncentraci chemicky vázaného dusíku v palivu. Vznik oxidů dusíku ve spalínách je ovlivnitelný konstrukčním řešením spalovacích zařízení a způsobem vedení spalovacího procesu. Spalováním přídavného paliva (plynu nebo topného oleje) pro stabilizaci hoření odpadu a regulaci výkonu se může zvyšovat koncentrace uvedených škodlivin ve spalínách a proto jsou na místě snahy o snižování spotřeby pomocného paliva, jak z důvodů snižování provozních nákladů, tak i z důvodu snižování produkce této škodliviny.

Chlazení spalin

Jednou z prvních operací zpracování horkých spalin před jejich další úpravou nebo vypuštěním do atmosféry je chlazení. Způsob chlazení spalin může mít významný vliv na jejich kvalitu a množství. Při použití nevhodného způsobu chlazení spalin je možný vznik škodlivin, jako jsou dioxiny a případně i další sloučeniny, rekombinací z chemických prvků obsažených ve spalínách.

Z tohoto důvodu je vhodné volit rychlý způsob ochlazení spalin, aby se tak zkrátil reakční čas v těchto teplotních oblastech, kdy k rekombinaci za vzniku škodlivin dochází.

K rychlému ochlazení spalin dochází při použití kontaktního chlazení, kdy se do horkých spalin přimíchá studené chladicí médium. Tím může být vzduch, vodní pára nebo nejčastěji rozprášená voda. Výběr vhodného způsobu chlazení spalin a využití jejich tepla závisí především na velikosti (výkonu) spalovacího zařízení, cenách energie a požadavcích na čištění spalin.

Chlazení spalin s využitím tepla

Nejčastěji se provádí ochlazování spalin ve výměníku, kdy teplo odebrané spalinám je využito ve vlastním procesu k předehřevu spalovacího vzduchu v rekuperátoru nebo pro externí využití v kotli na odpadní teplo např. pro výrobu páry (méně často pro výrobu teplé užitkové vody nebo tepla pro dálkové vytápění). Pára může být dále využita k výrobě elektrické energie či ke konverzi na jiný druh energie. Častá je kombinace, kdy se malá část tepla spalin použije ve spalovně pro ohřev spalovacího vzduchu a zbytek se využije externě.

Předehřev spalovacího vzduchu přináší celou řadu výhod pro tepelnou práci pece; jedná se především o úsporu stabilizačního paliva, zvýšení dosažitelné spalné teploty při spalování daného druhu odpadu a rychlejší dosažení zápalné teploty a tím i intenzifikaci spalovacího procesu. Jako nejúčinnější zařízení pro předehřev spalovacího vzduchu se jeví rekuperační výměník, nejčastěji kovový (ocelový či litinový).

Využití odpadního tepla při chlazení spalin spojené s výrobou páry a horké vody se provádí ve speciálním výměníku - kotli na odpadní teplo. Provedení používaných kotlů bývá dvojí: jednak jde o kotle na využití odpadního tepla, jež jsou umístěny mimo spalovací komoru, jednak kotle integrované, kdy trubkovnice kotle vytvářejí stěny spalovací komory.

Čištění spalin [12]

Základní metody čištění spalin (kouřových plynů) je možno rozdělit:

a) podle aplikovaného fyzikálního nebo chemického principu:

- odprášení - odloučení tuhých znečišťujících látek od plynu (suché odlučování, mokré odlučování, filtrace, odlučování v elektrostatickém, gravitačním a silovém poli),
- absorpci plyných znečišťujících látek (s následnou chemickou reakcí v kapalném absorpčním médiu, nebo bez chemické reakce),
- adsorpci plyných znečišťujících látek na pevných sorbentech s aktivním povrchem (fyzikální sorpce, chemisorpce),
- odlučování aerosolů (filtrace, silová pole),
- chemické reakce plyných znečišťujících látek v plynné fázi bez katalýzy nebo na povrchu katalyzátoru.

b) podle skupenství používaných chemických reagentů:

- suché metody
- polosuché metody
- mokré metody

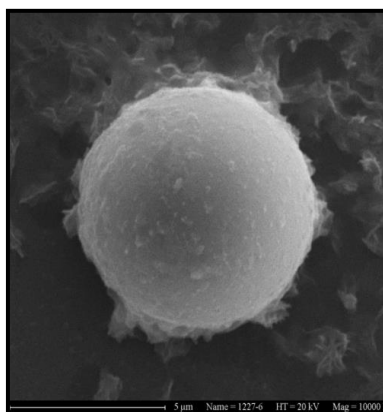
Odprášení

Prachové částice představují hlavní zdroj potenciálních emisí ve spalínách a dalších odpadních plynných proudech. Jejich obsah ve spalínách je určen celou řadou faktorů, jako např. obsahem popela v palivu, konstrukcí strojně technologických zařízení (roštů, spalovacích komor, atd.), množstvím vzduchu přiváděného do technologie a rovněž rychlostí proudění plynu v zařízení. Prachové částice mohou být zachycovány různými typy odlučovačů, pracujících na základě rozdílných principů, s různou činností a s různou vhodností pro jednotlivé druhy prachů.

Dle principu funkce možno tato zařízení členit na odlučovače mechanické (suché, mokré), odlučovače elektrostatické (suché, mokré), filtry.

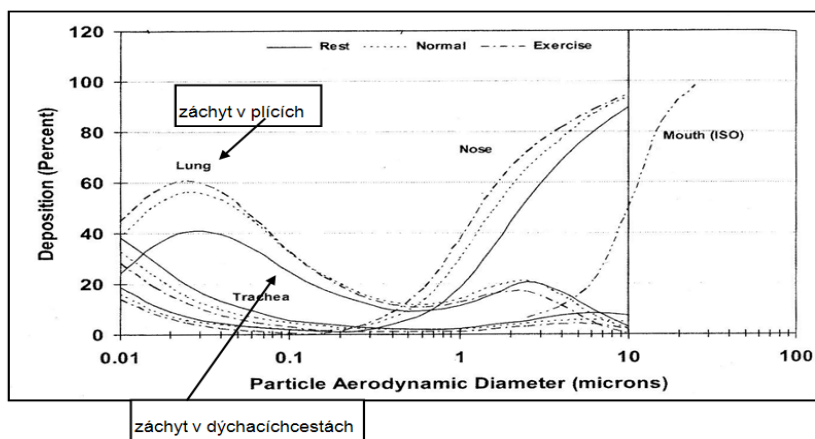
Částice popílku (prachové částice) zachytávané v odlučovačích a na filtrech se vyznačuje zejména:

- různými, často velmi malými rozměry zrna (rozměry v mikrometrech),
- různým, často kulovým tvarem částic (agregáty se velmi snadno tvoří a obtížně rozrušují),
- vyšším obsahem alkálií a díky adsorpčním vlastnostem i zvýšeným obsahem těžkých kovů, dioxinů a dalších znečišťujících látek.



Obr. 16 Částice prachu pod elektronovým mikroskopem (15)

V roce (2006) publikovali J.C.Chow a J.G. Watson práci zabývající se vlivem obsahu jemných a ultra jemných prachových částic v ovzduší na lidské zdraví. (16)



Obr. 17 Vliv obsahu prachových částic na lidské zdraví (15)

Odlučovače mechanické suché

Jsou založeny na využití gravitační nebo setrvačných sil k oddělení tuhých částic a to na základě jejich odlišné hustoty, oproti plynným spalínám.

Nejjednodušším typem jsou **usazovací komory** (prašníky). Jejich výhodou je jednoduchá konstrukce a malá tlaková ztráta, nevýhodou však nízká mezní odlučivost a velká prostorová náročnost.

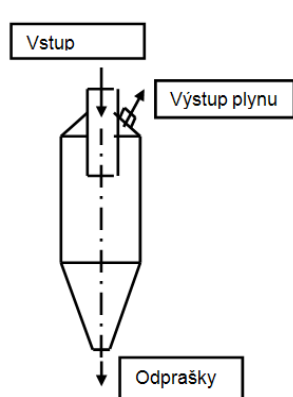
Nejpoužívanějším typem suchých mechanických odlučovačů jsou odlučovače vírové čili tzv. **cyklóny**, jejichž funkce je založena na využití odstředivé síly, jež vzniká při uvedení proudu plynu do rychlého rotačního pohybu. Jednotlivá konstrukční provedení cyklónů se odlišují způsobem, jímž je plyn do rotačního pohybu uveden (tečným vstupem nebo vnitřní lopatkovou vestavbou).

Pro velká průtočná množství je vhodné použití cyklónů sdružených do paralelně zapojovaných sestav. V tomto případě jsou používány:

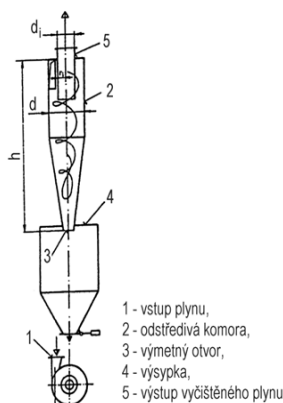
a) **skupinové cyklónové odlučovače**, kde na společném sběrném potrubí je nejčastěji v kruhovém uspořádání paralelně zapojeno několik cyklónů o průměru 300 až 600 mm;

b) **multicyklóny** (mnohočlánkové cyklónové odlučovače) s počtem až 600 jednotlivých cyklónů uspořádaných např. v uzavřené skříní.

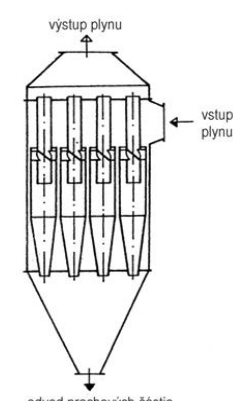
Výhodou uvedených uspořádání je výrobní jednoduchost, nízké pořizovací náklady a provozní spolehlivost. K nevýhodám patří zejména obrušování zařízení prachovými částicemi.



Obr. 18 Usazovací komora (15)



Obr. 19 Cyklón (15)



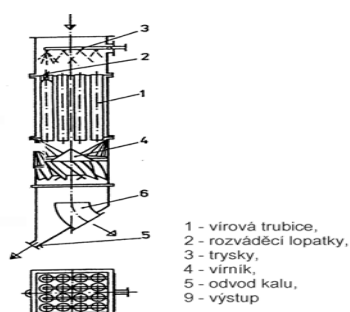
Obr. 20 Multicyklón (15)

Odlučovače mechanické mokré

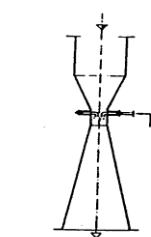
Snaha o zlepšení odlučivosti především pro jemné frakce vedla k vývoji mokrých mechanických odlučovačů. V současné době se pro odlučování tuhých částic používají často mokré odlučovače vírníkové, což jsou mnohočlánkové cyklónové odlučovače s vodními rozprašovači.

Pro chlazení spalín se často používají mokré proudové odlučovače (Venturiho pračky), jejichž princip je založen na intenzivním směšování vody a plynu s prachovými částicemi ve Venturiho dýze, kterou čistěný plyn prochází se značným zrychlením (příklady uspořádání viz Obr. 22).

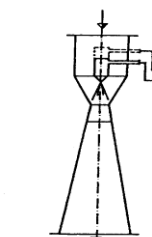
Výhodou proudových odlučovačů je mimořádně vysoká odlučivost a bezporuchový provoz, nevýhodou pak značná tlaková ztráta (několik kPa), velká spotřeba vody.



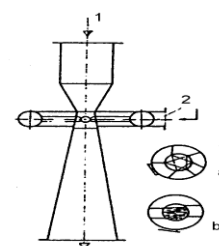
Obr. 21 Mokrý vířivkový odlučovač (15)



Proudový odlučovač (Kortig, Aeroget)



Proudový odlučovač (Imatra, Venturi)



Proudový odlučovač (Pease Antony scrubber)
1 - vstup plynů, 2 - přívod kapaliny, 3 - výstup plynů

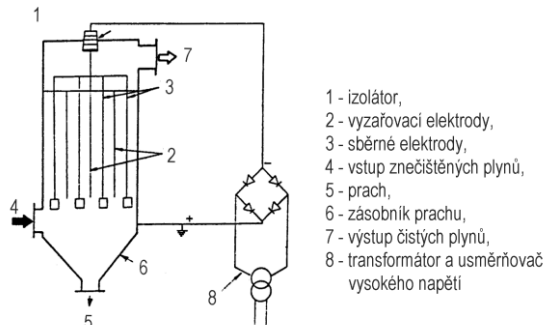
Obr. 22 Mokrý proudový odlučovač (15)

Elektrostatické odlučovače (ESP)

Elektrostatické odlučovače jsou založeny na využití přitažlivých sil, mezi elektricky nabitými částicemi prachu a opačně nabitou sběrnou elektrodou.

Základem každého odlučovače je nabíjecí elektroda o malé ploše a sběrací elektroda o relativně velké ploše, na něž je vloženo stejnoměrné napětí opačné polarity.

Sběrací elektrodu je nutno periodicky zbavovat usazené vrstvy prachu oklepáváním. Vodičnost prachu se zlepšuje jeho vlhčením, tj. vstřikováním vody před vstupem do odlučovače. Výhodou elektrických odlučovačů je malá ztráta tlaku spalin (20 - 200 Pa) a vysoká účinnost (99,9 %), nevýhodou pak velké rozměry a vysoké pořizovací náklady.



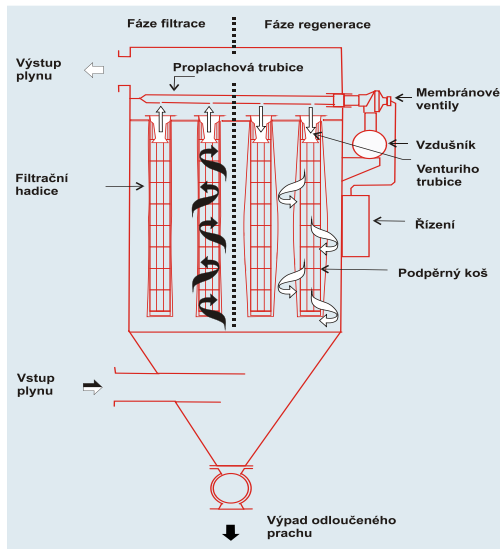
Obr. 23 Elektrostatický odlučovač (ESP) (15)

Látkové filtry

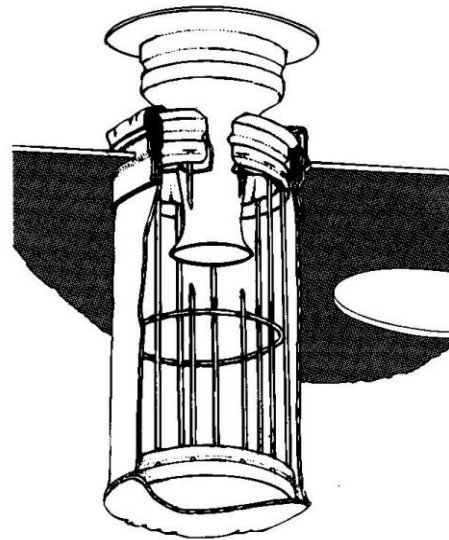
Při použití filtrů je prach z plynů odlučován průchodem přes vhodný filtrační materiál.

Nejčastěji se jako filtrační materiál používá tkanina nebo netkaná plst', s dostatečnou mechanickou a zejména tepelnou odolností. Rozhodujícím faktorem je způsob naskládání tkaniny s ohledem na využití místa, zajištění dobré funkce a vyčištění zaprášené tkaniny.

Podle tvaru filtrační látky dělíme tyto látkové filtry jednak na hadicové (či rukávcové), v nichž jsou používány hadice z filtrační látky různého průměru a délky (drátěné koše zasunuté do rukávců nebo vsíté kovové kroužky slouží k vyztužení hadic), jednak na kapsové, jež se vyznačují úpravou filtrační látky do plošných útvarů, nejčastěji obdélníkového či čtvercového tvaru; tvar kapes je opět udržován drátěnou vložkou.



Obr. 24 Schéma látkového filtru (15)



Obr. 25 Řez rukávcovým filtrem (15)

Látkový filtrační materiál

Jako výhody tohoto řešení lze jmenovat:

- Filtrační tkanina z různých materiálů
- Vysoká účinnost odstranění TZL při nízké tlakové ztrátě (až 99,9%, běžně pod 10 μ m)
- Provozní teplota až 270°C
- Možnost použití pro kombinované funkce odstranění prachu a dalších škodlivin (3D filtrace), včetně PCDD/F (až 99,7%) a NO_x (až 50%)
- Zvýšená mechanická a chemická odolnost

Jako nevýhody tohoto řešení lze jmenovat:

- Náchylnost k zalepení filtrační tkaniny.
- Nevhodné použití pro provoz s přítomností jisker

Se zvyšováním jemnosti tuhých částic ze spalovacích a dalších procesů se projevují trendy:

- Zvyšování koncentrace PCDD/F (zjištěno 10 až 75 ng TEQ/g)
- Zvyšování obsahu těžkých kovů (Hg, Cd, Cu, Pb, Sb, Zn)
- Zvyšování obsahu biogenicky aktivních látek (C, PAU, apod.)
- Zvyšování schopnosti popílku v atmosféře katalyzovat reakce vedoucí k vzniku kyselin, peroxidů, NO_x, apod. Zvláště nebezpečné jsou částice o velikosti pod 2,5 μ m.

Látkový filtr s 3D filtrací více operací v jednom aparátu

Tento aparát lze provozovat tak, že v něm probíhají tři jednotkové operace současně:

- Průchodem spalin přes filtr se spaliny dokonale odpráší od popílku a od zreagovaného sorbentu.
- Průchodem spalin přes filtr se vytvoří na filtrační ploše vrstvička sorbentu unášeného spalinami (filtrační koláč) a následně při průchodu spalin touto vrstvičkou dobíhá proces chemisorpce a adsorpce škodlivin – filtr provozován jako reaktor.
- Průchodem spalin přes filtr s katalyzátorem dochází k chemickému rozložení PCDD/F
- Při použití membránové filtrace probíhá mikrofiltrace.

Keramický filtrační materiál

Ve speciálních případech (pro vysoké teploty) se jako filtrační materiál používá porézní keramika, kde jsou filtrační elementy ve tvaru dutých válců.

+ Výhody

- Vysoká teplotní odolnost (až 800°C)
- Vysoká účinnost odstranění NO_x (až 90%)
- Inertní povaha materiálu
- Zachování části filtračního koláče při regeneraci
- Jednostupňový čistící proces

- Nevýhody

- Větší tlaková ztráta
- Vyšší investiční náklady



Obr. 26 Keramické filtrační hadice (17)

Odstranění SO₂ a HCl ze spalin [12]

Množství SO₂, HCl, popř. HF ve spalinách je v úměrné obsahu S, Cl, F v palivu.

Nečištěné spaliny z tepláren a elektráren spalující převážně hnědé uhlí obsahují vysoký podíl SO₂ (běžně 1500-3000 mg/Nm³) a relativně málo HCl a HF, naopak obecně provozů spalujících odpady (spalovny), produkují spaliny s vyšším obsahem HCl (běžně 1000 mg/Nm³ HCl a 500 mg/Nm³ SO₂).

Pro čištění spalin lze použít technologie:

- Suché,
- Polosuché,
- Mokrý.

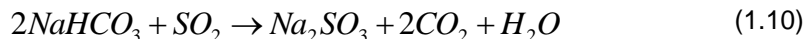
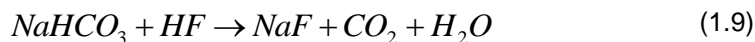
Suché metody čištění spalin

U tohoto postupu se používá sorbent v suchém stavu v podobě jemného prášku. Pro suchý postup se obvykle užívá jako hlavní složka sorbentu hydroxid vápenatý, který při procesu čištění chemicky reaguje s kyselými složkami spalin za vzniku pevných, snadno oddělitelných produktů reakce. Pro zachyt dalších znečišťujících látek, jako jsou těžké kovy a dioxiny je často sorbent doplněn dalšími složkami na bázi uhlíkatého sorbentu (aktivního uhlí nebo koks).

V současnosti se stále častěji používá jako hlavní složka sorpčního činidla jemně mletý natrium-bicarbonát. Aktivním sorpčním činidlem se vedle hydrogenuhličitanu sodného (natrium-bicarbonátu) přidává také uhlíkatý sorbent. Natrium-bicarbonát separuje především kyselé plyny, uhlíkatý sorbent separuje těžké kovy a látky typu PCDD/F (dioxiny).

Při procesu probíhají následující chemické reakce:





Výše uvedené chemické reakce probíhají při přebytku sorbentu cca 1,2 až 1,4 oproti stechiometrickému poměru. Suchý, jemně mletý sorbent se rozptyluje do proudu spalin. Jako reaktor se pro suchý postup často používá kontaktor, kde dochází k intenzivnímu míchání tuhých látek s proudícími spalinami. Pro odloučení zreagovaného sorbentu ze spalin se nejčastěji používá látkový filtr. Při tomto procesu se vytvoří na filtrační tkanině vrstvička odloučeného sorbentu. Průchodem spalin přes tuto vrstvičku ještě dobíhá vlastní reakce mezi škodlivinami a sorbentem a tím se zvyšuje účinnost procesu. Současně se zreagovaným sorbentem se ze spalin rovněž odstraňují prachové podíly (polétavý popílek), obsažený ve spalinách vznikajících při spalování odpadů. Odpadní látkou tohoto procesu jsou odloučené reakční produkty a popílek. Mají charakter prášku, který je nutno definovaně uložit na skládku za použití některé solidifikační metody.

Výhodou suchého postupu čištění spalin je relativně jednoduché technologické zařízení a z toho plynoucí nízké investiční náklady. Nevýhodou je menší účinnost procesu v porovnání s polosuchými a mokрыmi metodami čištění spalin. Další nevýhodou je relativně velká spotřeba speciálně připraveného sorbentu a následně přibližně stejně velká produkce nebezpečného odpadu v podobě práškového materiálu s chemicky vázanými škodlivinami.

- Do spalin je dávkován suchý práškový sorbent za účelem neutralizace kyselé složky (SO_2 , HCl, HF)
- Lze použít sorbenty na bázi Ca^{2+} nebo Na^+

Sorbenty na bázi Ca^{2+} :

- pálené vápno CaO
- vápenný hydrát $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (např. obchodní název Sorbacal fy Lhoist)
- vápenec CaCO_3

Sorbenty na bázi Na^+ :

- Trona– $\text{NaCO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- hydrogenuhličitan (bikarbonát) sodný
- NaHCO_3 (např. obchodní název BICAR TEC fy. Solvay)

Produkty čištění spalin jsou **suché práškové látky**.

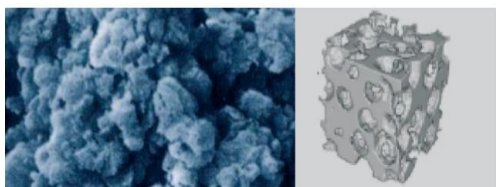
Příklady suchých sorbentů

U suchých sorbentů je důležité dosáhnout optimální granulometrie, velikost a množství pórů a vysoký specifický povrch pro zvýšenou účinnost, dále dodržet **požadované provozní podmínky**.

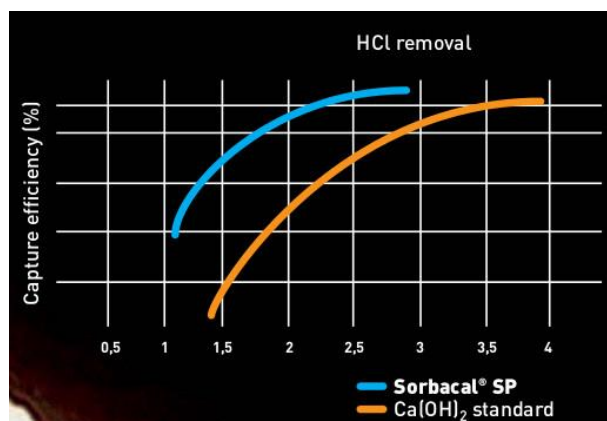
Ca^{2+} – suché sorbenty (viz Obr.26):

Vlevo horní „obyčejný“ vápený hydrát (spec. povrch $15\text{--}20\text{m}^2/\text{g}$)

Vlevo dolní Sorbacal SP (spec. povrch $40\text{m}^2/\text{g}$)



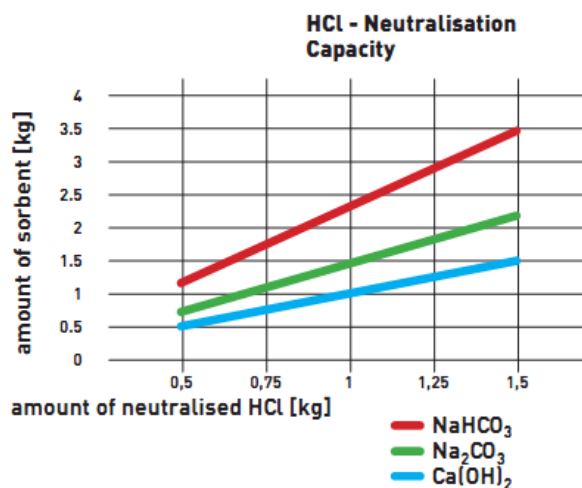
Obr. 27 Vápenný hydrát a Sorbacal SP (15)



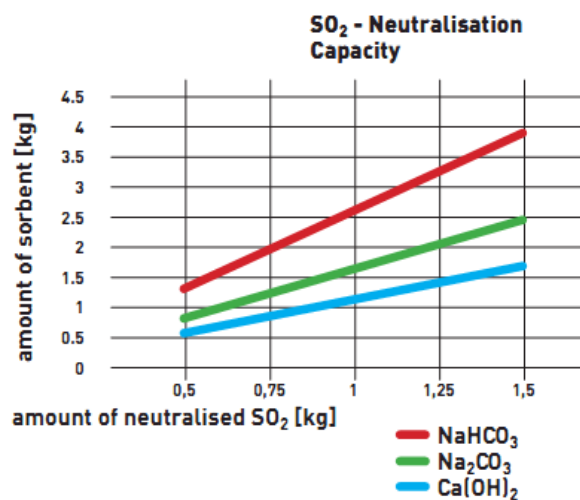
Obr. 28 Účinnost zachycení HCl (15)

	Vápenný hydrát	Sorbacal SP
Čistota (obsah $\text{Ca}(\text{OH})_2$)	> 90%	>93%
BET specifický povrch	< $18\text{m}^2/\text{g}$	< $40\text{m}^2/\text{g}$
Celkový objem pórů (0-1000Å)	< $0,1\text{cm}^3/\text{g}$	< $0,2\text{cm}^3/\text{g}$
D50 (50% částic menších či větších)	4-6 μm	5-8 μm

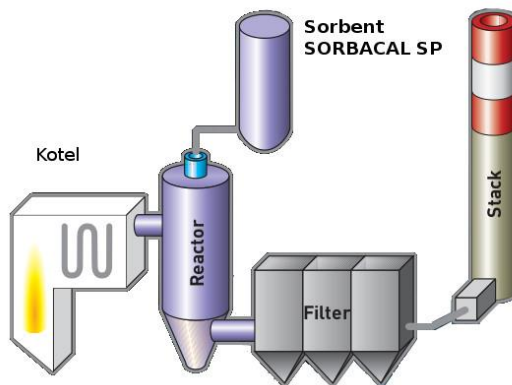
Tab. 7 Parametry suchých sorbentů (15)



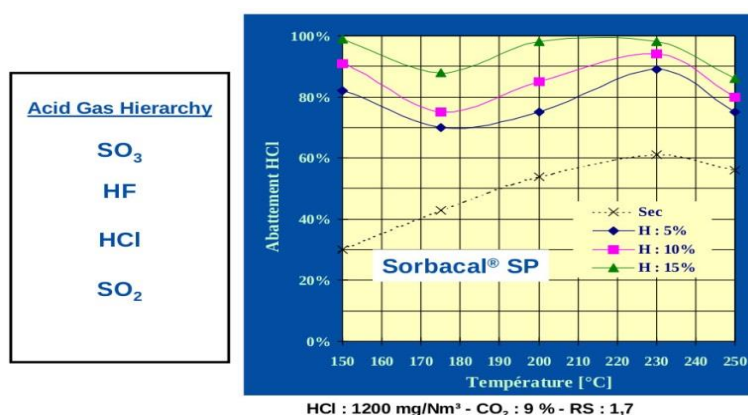
Obr. 29 Graf závislosti spotřeby sorbentu na množství neutralizovaného HCl (15)



Obr. 30 Graf závislosti spotřeby sorbentu na množství neutralizovaného SO_2 (15)



Obr. 31 Schéma metody suchého čištění spalin (15)



Obr. 32 Účinnost procesu v závislosti na teplotě (15)

Příklady technologie:

V Evropě se v oblasti použití suchých sorbentů pro čištění spalin na bázi Na⁺ výhradně využívá hydrogenuhličitan sodný (NaHCO₃), připraveného chemickou cestou (Solvay proces).

V USA se pro čištění spalin ve velké míře z ekonomických důvodů využívá také přírodního nerostu Tronzy (velká naleziště v Green River, Wyoming).

Podobně jako u sorbentů na bázi Ca²⁺ je důležité dosáhnout optimální granulometrie, velikost pórů a vysoký specifický povrch pro zvýšenou účinnost.

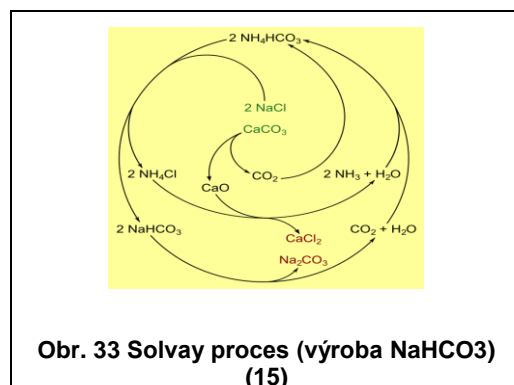
Příprava NaHCO₃

Solvay proces (1861):

suroviny: solanka (NaCl),
vápenec (CaCO₃)

produkt: NaHCO₃, Na₂CO₃, CaCl₂

katalyzátor: NH₃ (pouze krytí ztrát)

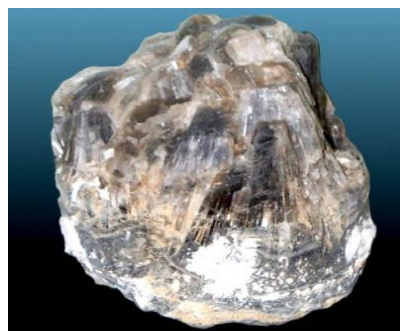


Obr. 33 Solvay proces (výroba NaHCO₃) (15)

Příklady suchých sorbentů- Na^+ sorbenty (Přírodní minerály)



Obr. 34 Nahcolit (NaHCO_3) (15)



Obr. 35 Trona ($\text{NaCO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (15)

Hydrogenuhličitan sodný (NaHCO_3) lze nalézt také v:

- Potravinové doplňky
- Prášek do pečiva, potravin
- Zubní pasty
- Čistící prostředky

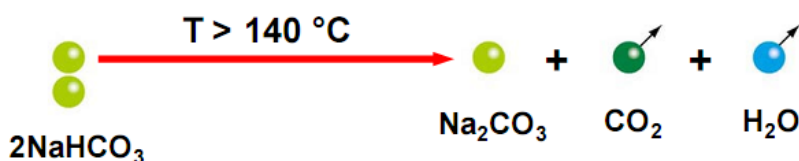
Suché čištění spalin pomocí hydrogenuhličitanu sodného (NaHCO_3)

Technologie využívá NaHCO_3 jako neutralizační činidlo.

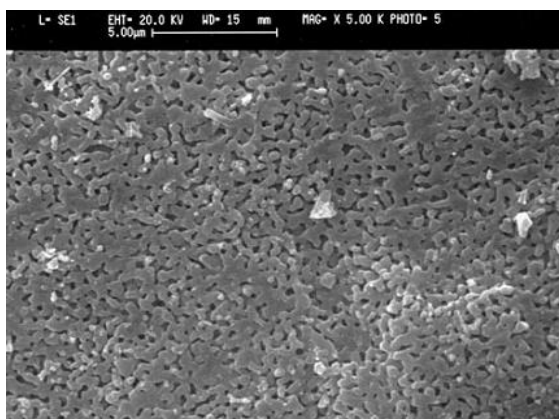
NaHCO_3 se začíná při teplotách nad 70°C velmi pomalu rozkládat na uhličitan sodný, teprve při teplotách nad 140°C je rozklad dostatečně rychlý.

Při rozkladu se zvětšuje jeho reakční povrch a pórovitost. Tento jev, označovaný jako „popcorn effect“ nebo kalcinace (uvolnění CO_2).

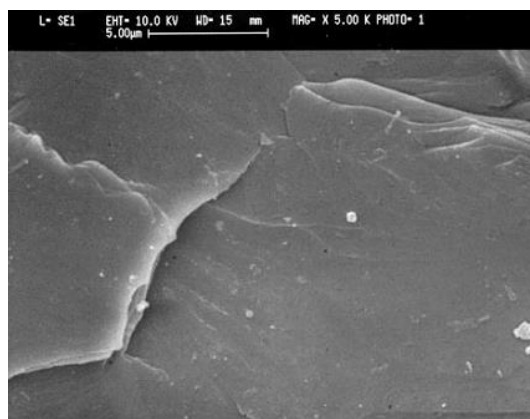
Teprve po provedení kalcinace – termické aktivace se původní NaHCO_3 stává velmi účinným neutralizačním činidlem.



Obr. 36 Popcorn effect

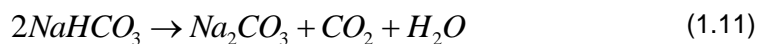


Obr. 37 Krystal kalcinované sody (15)

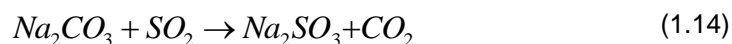


Obr. 38 Původní krystal sody (15)

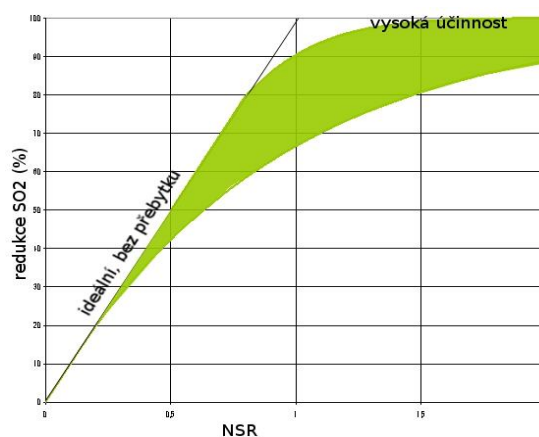
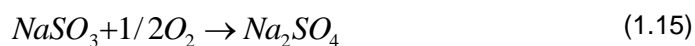
Termická aktivace- kalcinace



2. Neutralizační reakce



3. Oxidace

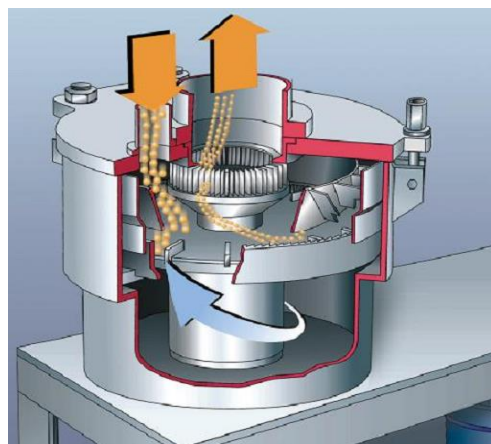


Obr. 39 Závislost redukce SO₂ na velikosti částic a typu odprašovacího zařízení (technologie NEUTREC) (15)

Pomocné aparáty suchého čištění spalin



Obr. 40 Třídící mlýn (18)



Obr. 41 Technologické schéma funkce třídícího mlýna (18)



Obr. 42 Spalinový ventilátor (18)



Obr. 43 Zásobník sorbentu (17)



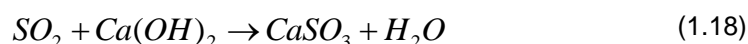
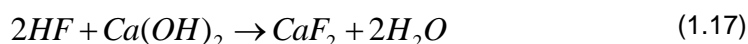
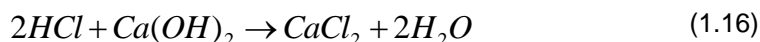
Obr. 44 Dávkové trysky (17)

Polosuché čištění spalin [12]

Tato metoda je založena na principu rozprašování sorpčního činidla rozmíchaného ve vodě do proudu horkých spalin. Postup lze rozdělit do těchto fází:

- příprava sorpčního činidla a jeho rozprašování do proudu spalin s obsahem škodlivin,
- mísení rozprašených mikročástic sorpčního činidla a spalin s cílem vytvořit mezi nimi velkou styčnou plochu a zajistit dostatečně dlouhou dobu kontaktu. Současně probíhá odpařováním vody, a tím i ochlazování spalin, a chemická reakce mezi škodlivinami ve spalinách a mikročásticemi sorpčního činidla.
- odloučení suchého produktu reakcí (krystaly a prachové částice) některou ze separačních metod, nejčastěji filtrací proudu spalin.

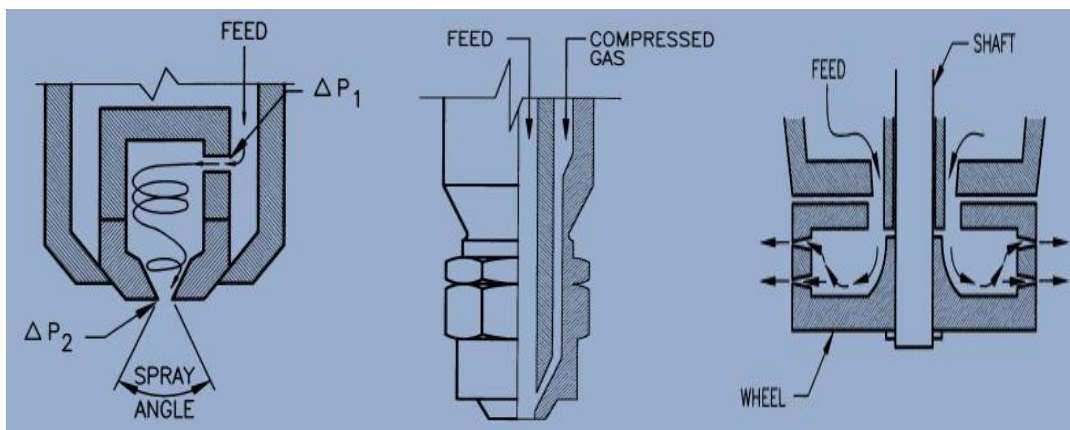
Jako sorpční činidlo se nejčastěji používají látky na bázi vápenného hydrátu. Kyselé složky spalin, jako jsou SO_2 , SO_3 , HF a HCL reagují s alkalickými mikročásticemi (při velkém kontaktním povrchu), které jsou současně sušeny za vzniku fluoridu, chloridu, siřičitanu a síranu vápenatého podle chemických rovnic:



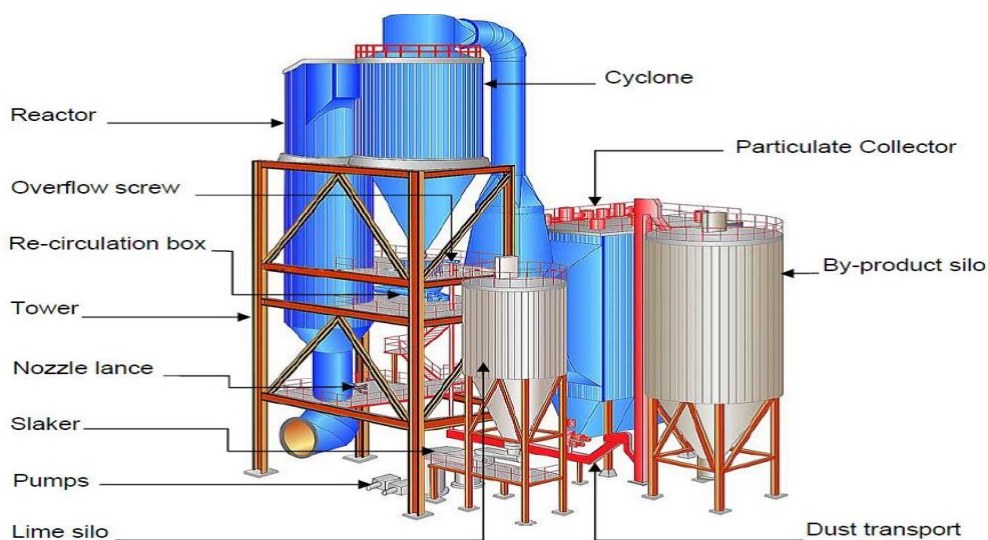
V porovnání se suchými metodami je účinnost polosuchých procesů čištění spalin vyšší. Nevýhodou je, že příprava a aplikace sorpčních činidel a vlastní technologické zařízení je složitější než u suchých metod. Z toho plynou i vyšší investiční a provozní náklady. Nevýhodou je menší účinnost procesu v porovnání s mokkými metodami čištění spalin. Další nevýhodou je spotřeba speciálně připraveného sorbentu a následně přibližně stejně velká produkce nebezpečného odpadu v podobě práškového materiálu s chemicky vázanými škodlivinami. Metoda spočívá v nástřiku kapalného reakčního činidla (nejčastěji vápenné mléko) do spalin v reakční věži (absorbér). Současně dochází k ochlazení spalin, k neutralizačním reakcím a vysušení reakčních produktů.

Reakční produkty včetně nezreagovaných podílů jsou unášeny spalinami do látkového filtru, kde se zachytí a částečně jsou vráceny zpět do procesu čištění spalin (recirkulace). Součástí technologie bývá také příprava reakčního činidla.

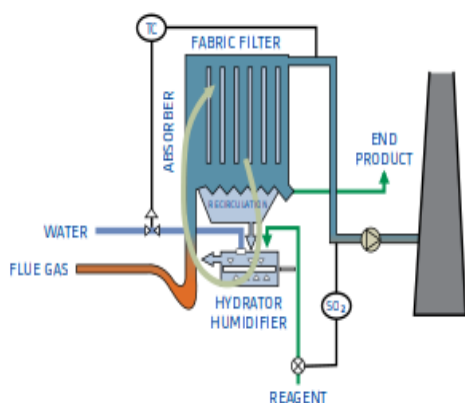
Reakční teplota se volí v rozmezí 120 až 160 °C. Konečný produkt je suchý prášek, který se z proudu spalin odlučuje v suchých odlučovačích (cyklony, filtry). Uložení odloučeného prachu není obtížné, poněvadž alkalické vlastnosti produktu vážou těžké kovy a znesnadňují jejich vyluhování, tudíž po stabilizaci (např. cementace) následuje uložení na deponii.



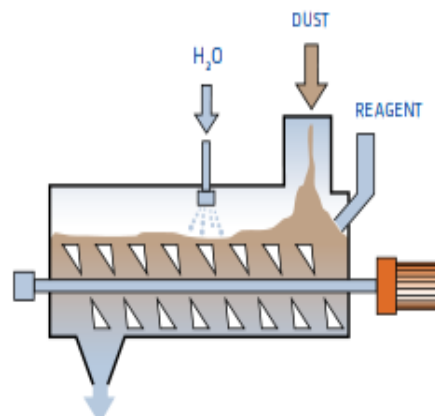
Obr. 45 Typy rozprašovacích trysek (15)



Obr. 46 Technologické řazení aparátů polosuchého čištění (15)



Obr. 47 Zapojení hydrátoru do technologie (15)



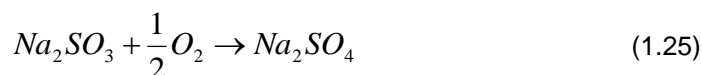
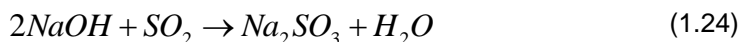
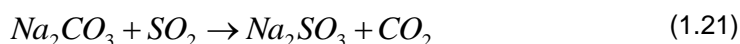
Obr. 48 Hydrátor na výrobu vápenného hydrátu z práškového paliva (15)

Mokrý postup čištění spalin [12]

Při mokrému čištění spalin se využívá principu absorpce (záchytu na kapalném sorbentu) a chemisorpce. Jako sorpční činidlo se používají roztoky chemických aditiv na bázi louhů, sody, vápenného mléka apod. Rovněž produkty tohoto procesu jsou kapalné.

Mokrý postup čištění spalin zajistí jednak odloučení prachu a současně i odloučení dalších škodlivin ze spalin. Princip mokrého čištění spalin spočívá v tom, že do proudu spalin se rozptýluje kapalně sorpční činidlo. Tím dochází k prudkému ochlazení spalin. Částice prachu obsažené ve spalinách se dostávají do styku s daleko většími částicemi vody. Prach smáčený vodou ulpívá na vodních kapkách a spolu s nimi se pak odlučuje. Současně s tím probíhá absorpce a chemická reakce plyných škodlivin s roztokem a ochlazení spalin na saturační teplotu (pohybující se kolem 60 °C).

Při procesu používajícím jako aditivum Na_2CO_3 a NaOH probíhají následující chemické reakce mezi kapalným sorbentem a škodlivinami:



K dosažení vysoké účinnosti procesu odlučování škodlivin, je třeba vytvořit velkou kontaktní plochu mezi spalinami a kapalinou a proces rozdělit na více stupňů. Při velkých množstvích škodlivin ve spalinách se v průběhu vstřikování vypíracího roztoku nastaví hodnota pH na 2 až 3 (kyselá). V prvním stupni se realizuje ochlazení spalin na saturační teplotu, záchyt zbytků prachu, záchyt halogenidů (HCl a HF) a těžkých kovů (zejména rtuti a kadmia). Ve druhém absorpčním stupni, kde se dávkováním např. louhu sodného nebo vápenného mléka udržuje hodnota pH na 6 až 7. Zde se uskutečňuje záchyt zbytkových úletů z předcházejícího stupně a záchyt dalších kyselých plynů, zejména SO_2 .

V případě potřeby je zařazován ještě další stupeň absorpce pro zvýšení celkové účinnosti procesu čištění spalin. Třetí absorpční stupeň je dočišťovací a používá se při vysokých vstupních koncentracích škodlivin ve spalinách. Jednotlivé absorpční stupně jsou plně oddělené, aby nedocházelo k průniku sorpčních médií mezi jednotlivými stupni. Spaliny na výstupu z vícestupňové absorpce jsou nasyceny vodní parou na saturační teplotu (cca 60 °C).

Odpadní vodu z mokrého čištění spalin obsahující produkty reakcí, nerozpustné a rozpustné soli a soli těžkých kovů, je nutno dále zpracovávat.

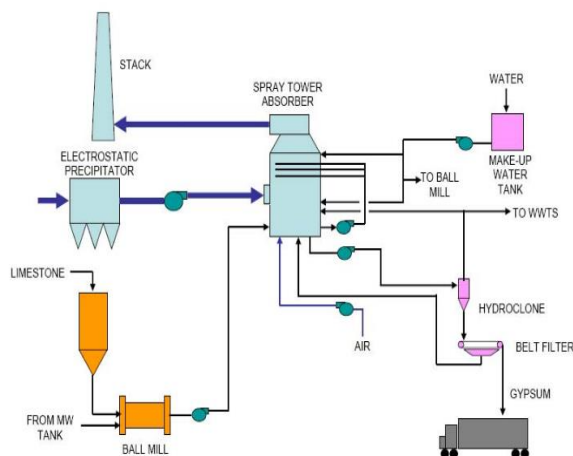
Pokud se ve spalinách vyskytují látky typu dioxinů, zařazuje se další stupeň čištění, pracující často na principu zvaném adsorpce. Adsorpce je proces, při kterém dochází k separaci látek na pevném, převážně velmi porézním materiálu (uhlíkaté sorbenty jako aktivní uhlí, hnědouhelný aktivní koks, uhlíkatá molekulová síta apod.). Před vstupem spalin do tohoto stupně čištění je zapotřebí jejich ohřev na teplotu cca o 40 °C vyšší, než je saturační teplota, aby nedošlo k nasycení sorbentu

vodní parou a tím k jeho zablokování. Průchodem spalin přes vrstvu sorbentu se škodliviny zachytí na náplni. Po nasycení škodlivinami je náplň termicky odstraňována ve spalovacím zařízení.

V porovnání se suchými a polosuchými metodami čištění spalin je účinnost mokrých procesů čištění spalin nejvyšší. Nevýhodou je, že příprava a aplikace sorpčních činidel a vlastní technologické zařízení je nejsložitější. Z toho plynou i vyšší investiční náklady. Vzhledem k vysoké účinnosti je spotřeba pomocných látek relativně nejmenší a produkce odpadních látek je malá. Z toho plynou i relativně malé provozní náklady.

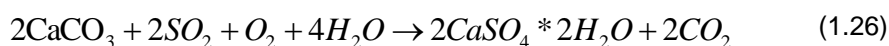


Obr. 49 Pračka spalin (15)

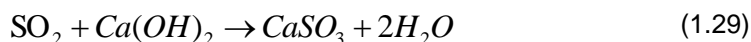
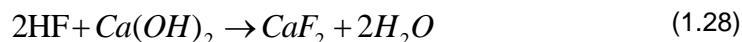
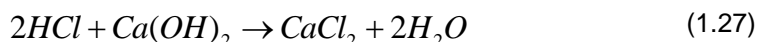


Obr. 50 Schéma technologie mokrého čištění spalin (15)

Činidlo – vápencová suspenze (elektrárny)

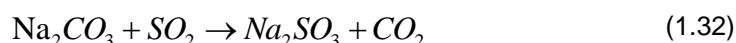


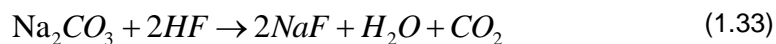
Činidlo – vápenná suspenze



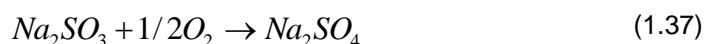
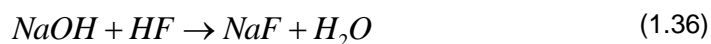
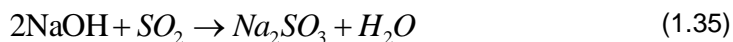
Pozn.: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ je ve formě vodní suspenze

Činidlo – soda

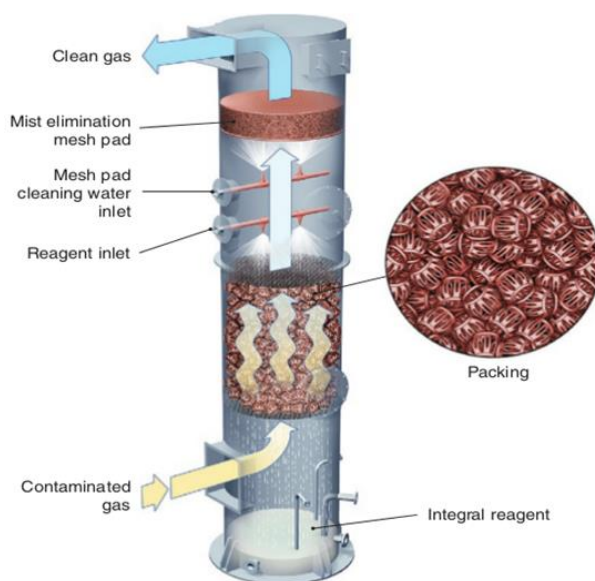




Činidlo – louh sodný



Často je zařazován další stupeň absorpce pro zvýšení účinnosti procesu čištění spalin. Třetí absorpční stupeň je dočišťovací a používá se při vysokých vstupních koncentracích škodlivin ve spalinách. Jednotlivé absorpční stupně jsou plně oddělené, aby nedocházelo k průniku sorpčních medií mezi jednotlivými stupni. Jsou provozovány při různém pH sorbentu. Spaliny na výstupu z absorpce jsou nasyceny vodní parou na saturační teplotu (cca 60-65°C).



Obr. 51 Náplňová kolona (15)

Potřebná velká mezifázová plocha (mezi spalinami a kapalinou) je zajištěna vhodnou výplní. Používá se náhodně uspořádaná (volně nasypaná) nebo strukturovaná orientovaná výplň.



Obr. 52 Sypané náplně do kolon – různé tvarové provedení tělísek



Obr. 53 Uspořádané náplně do kolon – různé typy náplní (15)

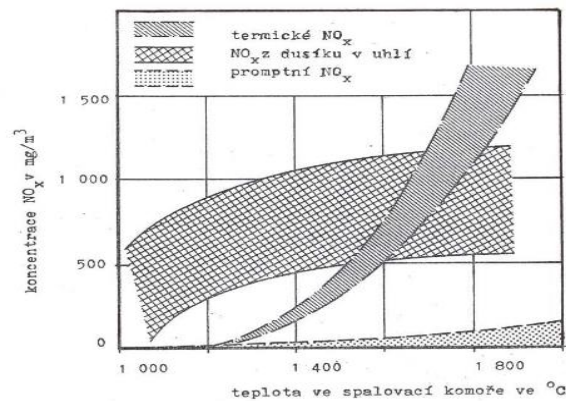
V porovnání se suchými a polosuchými metodami čištění spalin je účinnost mokrých procesů čištění spalin nejvyšší. Nevýhodou je, že příprava a aplikace sorpčních činidel a vlastní technologické zařízení je nejsložitější. Z toho plynou i vyšší investiční náklady. Vzhledem k vysoké účinnosti je spotřeba pomocných látek relativně nejmenší a produkce odpadních látek je malá.

Redukce oxidů dusíku (NO_x) [12]

- Oxid dusnatý(NO) - bezbarvý, pro člověka jedovatý plyn
 - Oxid dusičitý (NO₂) - červenohnědý, agresivní, prudce jedovatý plyn
 - způsobuje kyselé deště, záněty dýchacích cest
 - Oxid dusný (N₂O) - bezbarvý a nehořlavý plyn
 - skleníkový efekt – 200x nebezpečnější než CO₂
 - reaguje s ozónem,
 - rajský plyn
- **Oxidy dusíku NO_x z pohledu legislativy pouze oxid dusnatý (NO) a oxid dusičitý (NO₂).**
 - Při spalování vzniká cca 95% NO a pouze cca 5% NO₂

NO_x vznikají ve 3 formách:

- **Termické NO_x** – vznik při reakci dusíku obsaženého ve spalovacím vzduchu v oblasti vysokých teplot
- **Palivové NO_x** – oxidace dusíku obsaženého v palivu
- **Promptní NO_x** – vznikají při oxidaci uhlovodíkových radikálů v blízkosti plamene



Obr. 54 Vznik NO_x v závislosti na teplotě plamene (15)

Primární opatření

- Zásahy do spalovacího procesu s cílem **snížit vznik NO_x** (nastavení a optimalizace hořáků a spalovacího vzduchu, snížení přebytku vzduchu, odstupňovaný přívod vzduchu nebo paliva, recirkulace spalin)



Obr. 55 Nastavení hořáků (15)



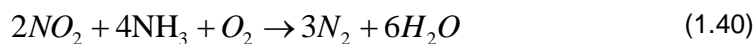
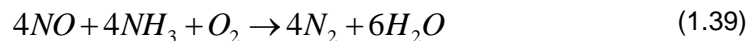
Obr. 56 Detail hořáku (15)

Sekundární opatření

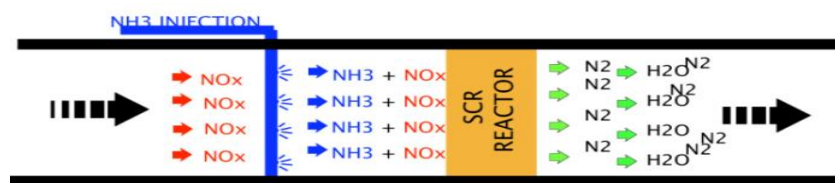
- **Snížení NO_x vzniklých během spalovacího procesu (SNCR, SCR)**

SCR – Selektivní katalytická redukce

- Katalytický rozklad NO_x pomocí redukčního činidla (amoniak nebo jiné sloučeniny NH₂-X) při poměru NH₃/NO v rozmezí od 1,1 do 1,5 [mol/mol]
- Reakce při SCR NO_x:



- Teplota reakce se pohybuje od 150 do 450°C
- Nejpopulárnější katalyzátor je V_2O_5/TiO_2 s podporou MoO_3 nebo WO_3 , kvůli schopnosti odolávat katalytickým jedům
- Dosahovaná účinnost ~90-95%

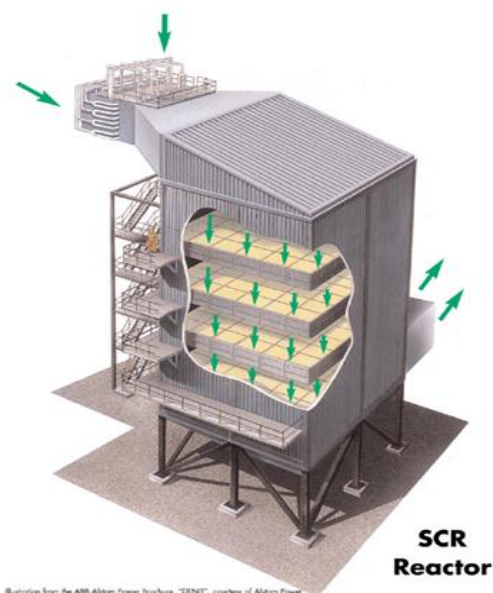
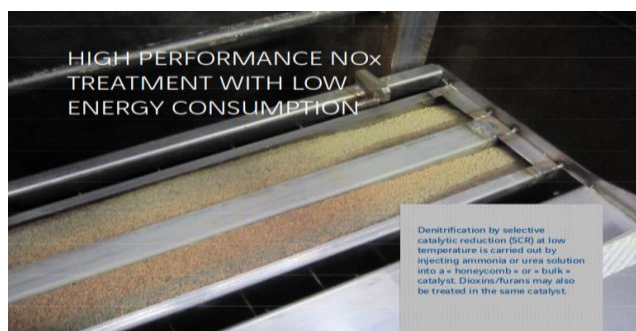


Obr. 57 Schéma technologie SCR (15)

Typy technologií využívající SCR v průmyslu

Katalytický filtr:

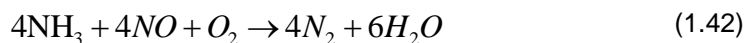
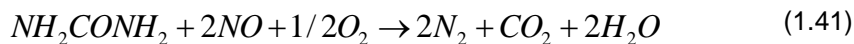
- voštiny (honeycomb)
- sypané lože
- rukávcový filtr
- látkový
- keramický



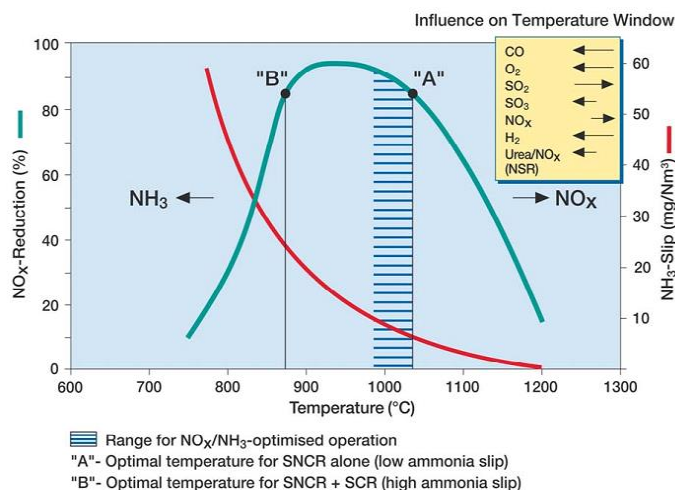
Obr. 58 Technologie využívající SCR (15)

SNCR – Selektivní nekatalytická redukce [12]

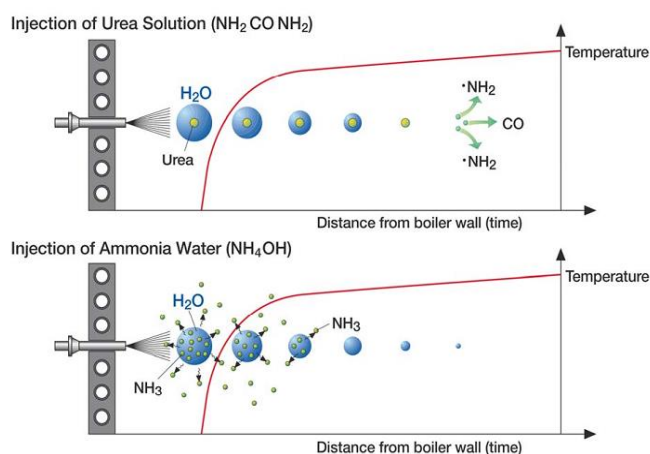
- SNCR je technologie umožňující konverzi NO_x na N₂ a H₂O. Jedná se o selektivní reakci.
- Typickými reagenty jsou NH₃ (kapalný nebo plyný) nebo močovina.



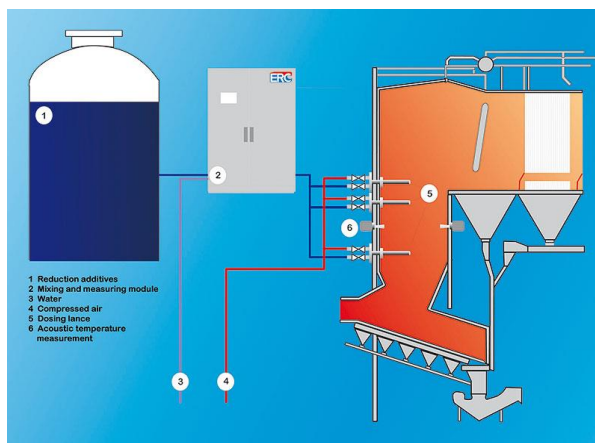
- Relativně „úzké“ teplotní okno vhodné pro nástřik reagentu
- SNCR dosahuje vysoké redukce, je-li reagent dobře promíchán se spaliny (50-60% redukce).
- Ve srovnání s jinými technologiemi pro redukci NO_x bývá levnější (low-NO_x hořák, SCR...)



Obr. 59 Vliv teplotního okna na průběh reakce (19)



Obr. 60 Vliv typu reagentu (19)



Obr. 61 Schéma uspořádání technologie SNCR (15)

Hlavní zařízení technologie SNCR



Obr. 62 Rozprašovací tryska (17)



Obr. 63 Míchací a dávkovací zařízení (17)



Obr. 64 Zásobník redukčního činidla (15)

Těkavé organické sloučeniny (VOC) [12]

Těkavé organické sloučeniny

Organická sloučenina nebo směs organických sloučenin, s výjimkou metanu, jejichž počáteční bod varu je menší nebo roven 250°C, při normálním atmosférickém tlaku 101,3 kPa.

Tlak par v kPa vybraných látek při 20 (dle Antoineova rovnice):

Voda	2,3	→není VOC
Trichlorethan	2,4	
Aceton	24,6	
Benzen	10,3	
Fenol (benzenol)	0,029	
Metanol	12,9	
Styren	0,6	
Toluen (metylbenzen)	2,9	
Xylen (dimetylbenzen)	0,82 (m), 0,65 (o), 0,87(p)	

Zdroje VOC

Biogenní zdroje:

- Emise z vegetace
- Emise z volně žijících živočichů
- Přírodní lesní požáry
- Anaerobní procesy v močálech a bažinách

Antropogenní zdroje:

- Použití rozpouštědel
- Výfukové plyny z dopravních prostředků
- Petrochemický průmysl
- Chemický průmysl
- Sklárny odpadů
- Potravinářský průmysl
- Zemědělství
- Rafinace minerálních olejů

Možnosti zneškodňování VOC

- Adsorpce
- Absorpce
- Kondenzace
- Termická oxidace (s rekuperací nebo regenerací tepla, katalyzátor)
- Termická oxidace – společné spalování (použití jako spalovací vzduch v jiném technologickém uzlu)

Adsorpce

Adsorpce je separační proces, při kterém dochází k „hromadění“ plynné látky ze směsi plynů nebo rozpuštěné plynné látky v kapalině na povrchu pevné látky (adsorbent). Difúzní přenos hmoty. Obrácený děj se nazývá desorpce.

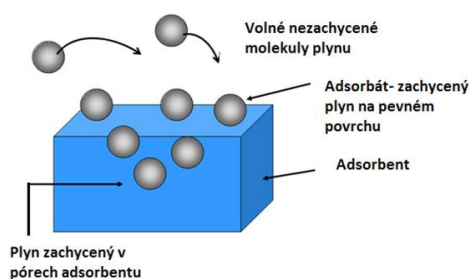
Rozlišuje se:

- **fyzikální adsorpce** – vzniká na základě Van der Wallsových přitažlivých sil
- **chemisorpce** – je tvořena chemickými vazbami (je pevnější než fyzikální adsorpce)

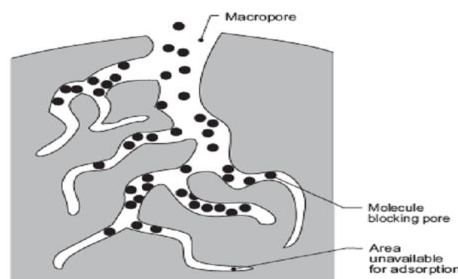
Adsorpce je charakterizována vzájemnou závislostí adsorbovaného množství, teploty a rovnovážného tlaku adsorbujícího se plynu.

Adsorpce je děj exotermní (směs se mírně zahřívá, adsorpční teplo 20-40kJ/mol, chemisorpce 40-400kJ/mol), adsorbované množství za konstantního tlaku s rostoucí teplotou klesá.

Průběh adsorpce je definován adsorpční rovnováhou, která určuje max. množství látky, které lze za daných podmínek adsorbovat a rychlost (kinetiku) tohoto děje.



Obr. 65 Schéma průběhu adsorpce (15)



Obr. 66 Schéma ulpívání částic v pórech adsorbentu (15)

Na sílu vazby má vliv velikost pórů:

- *mikropóry* (< 2nm)
- *mezopóry* (2 – 50 nm)
- *makropóry* (> 50 nm)

Adsorpční rovnováha je popsána závislostí mezi množstvím zachycené látky na koncentraci – adsorpční izoterma nebo izobara.

Adsorpce na pevném loži sorbentu

- adsorbéry axiální
- adsorbéry radiální

Adsorpce na cirkulačním nebo suvném loži sorbentu

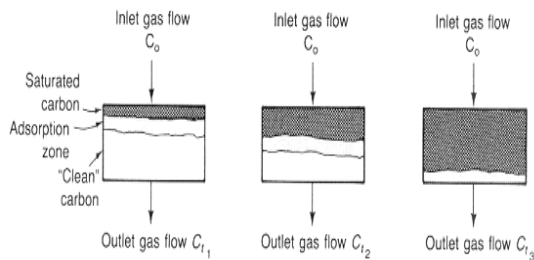
Koncentrátory (Používané sorbenty)

- sorbenty uhlíkaté
- sorbenty zeolitické
- silicagel (vlhkost)
- molekulová síta

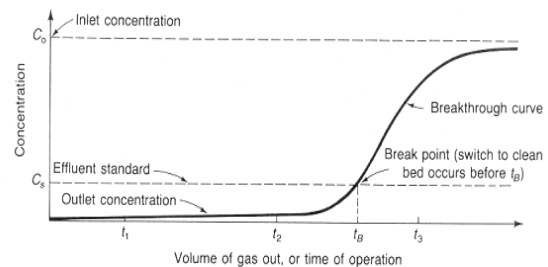


Obr. 67 Uhlíkatý sorbent tzv. aktivní uhlí (15)

Sorbenty mohou být ve formě práškové, zrněné, granule nebo pelety. Dále povrch může mít speciální úpravu (hydrofilní, hydrofóbní) nebo impregnace pro posílení chemisorpce (stříbro, síra).



Obr. 68 Provoz adsorbéru (15)



Obr. 69 Adsorpční křivka (15)

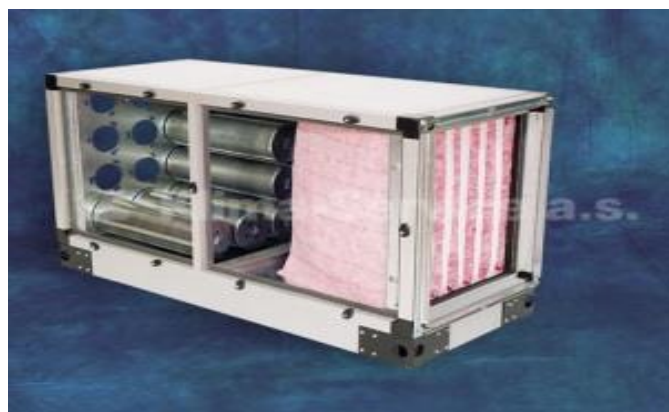
Composition	Internal Porosity, %	External Void Fraction, %	Bulk Dry Density, lb _m /ft ³	Surface Area, m ² /g
Acid-Treated Clay	30	40	35-55	100-300
Activated Alumina and Bauxite	30-40	40-50	45-55	200-300
Aluminosilicate "Sieves"	45-55	35	41-44	600-700
Bone Char	50-55	18-20	40	100
Carbons	55-75	35-40	10-30	600-1400
Fuller's Earth	50-55	40	30-40	130-250
Iron Oxide	22	37	90	20
Magnesia	75	45	25	200
Silica Gel	70	40	25	320

Tab. 8 Základní vlastnosti adsorbentů (15)

Adsorpční zařízení pracuje na dvou principech:

- Na principu reverzibilního zachytu plynných organických látek (běžných rozpouštědel) na aktivním povrchu adsorbentu. Vyčerpaná náplň je při poklesu pod minimální účinnost nahrazena novou náplní, nebo je regenerována.
- Na principu nereverzibilního zachytu plynných organických látek na aktivním povrchu s doprovodnou chemickou reakcí (chemisorpce). Vyčerpaná náplň bude při poklesu pod minimální účinnost nahrazena novou náplní. Likvidaci vyčerpaných náplní zajišťuje specializovaná firma. Regenerace většinou není možná.

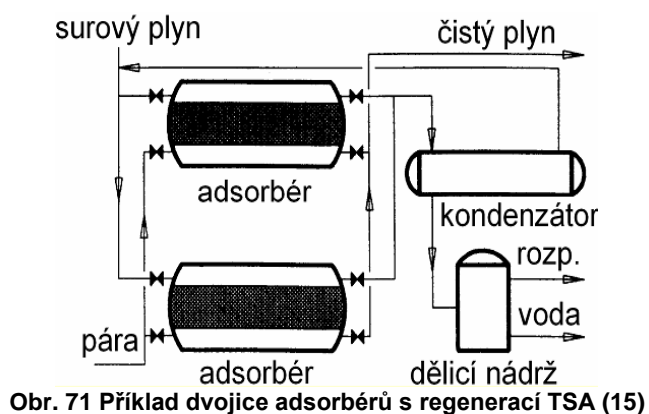
V případě zaprášené vzdušiny se předřazuje filtrace pro omezení zanášení adsorbentu.



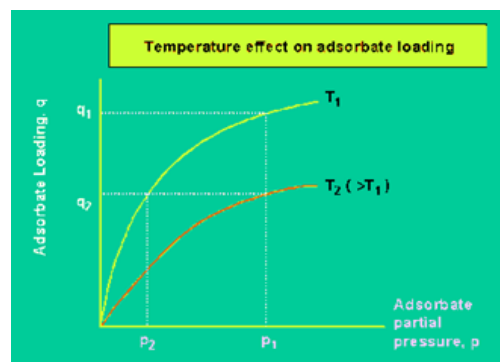
Obr. 70 Kombinovaný adsorbér (15)

Způsoby regenerace

- regenerace **TSA** (Thermal Swing Adsorber - změna adsorpce při změně teploty)
- regenerace **PSA** (Pressure Swing Adsorber - změna adsorpce při změně tlaku)



Obr. 71 Příklad dvojice adsorbérů s regenerací TSA (15)



Obr. 72 Regenerace TSA (15)

Absorpce [12]

Absorpce je separační proces, při kterém dochází k pohlcování vybrané plynné složky kapalinou. Difúzní přenos hmoty. Proces probíhá v absorberu, absorpční koloně, mokré pračka (vypírka).

Rozlišuje se:

- **fyzikální absorpce** – pouze rozpouštění v kapalině
- **chemická absorpce** – uplatňuje se navíc i chemická reakce (vzniká nová chemická sloučenina)

Absorpce je děj exotermní - směs se mírně zahřívá.

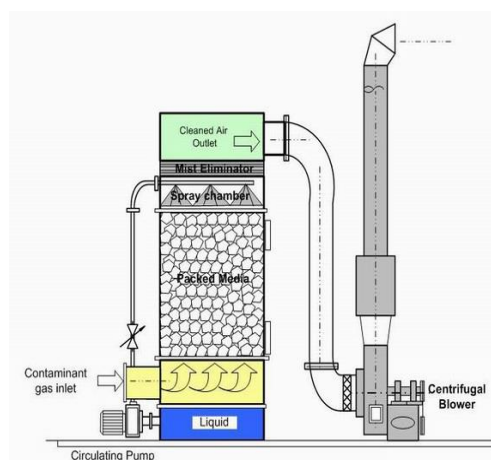
Opačný proces se nazývá exsorpce – při kterém je jedna (nebo více složek) pohlcená v kapalném roztoku uvolňována, proces se někdy označuje stripování.

Účinnost absorpce (běžně až 99%)

- rychlost přestupu z plynné do kapalně fáze
- koncentrace, teplota, plocha styku fází,
- doba zdržení, hydrodynamické podmínky
- lépe nižší teplota, vyšší tlak

Typy absorberů:

- Bez výplňové sprchové absorber,
- Výplňové absorber,
- Pěnové (patrové) absorber,
- Absorber s plovoucí výplní,
- Mokré mechanické odlučovače (Venturi, atd.).

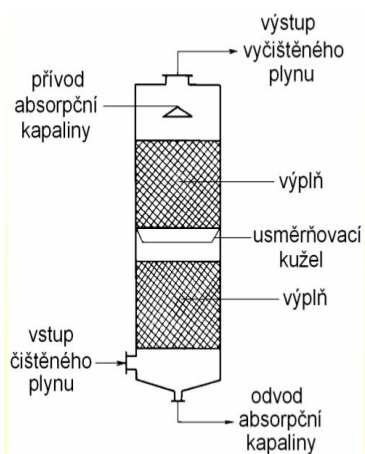


Obr. 73 Princip funkce absorberu (15)

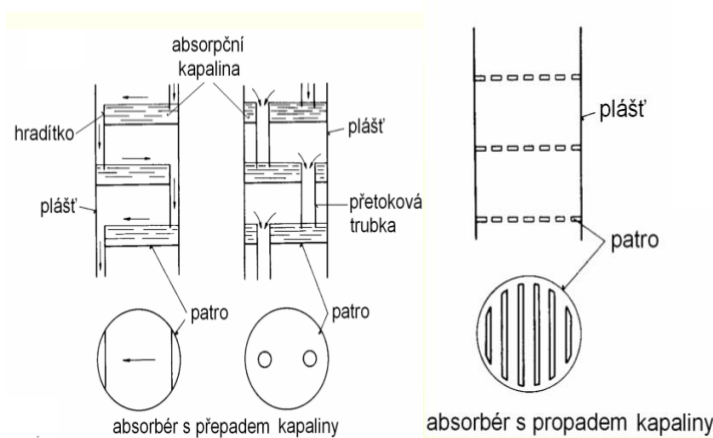
Výplňový absorber (nejběžnější typ):

Pěnový (patrový) absorber:

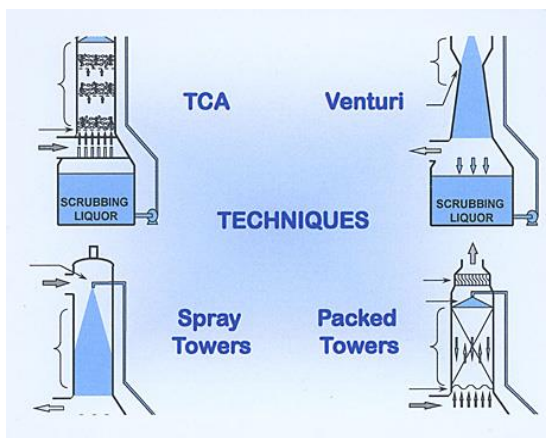
- S propadem kapaliny – síta, pěnový režim nastává při určité rychlosti plynu
- S přepadem kapaliny – přepadová patra, plyn je rozdělován do bublin



Obr. 74 Výplňový absorber (15)



Obr. 75 Pěnový (patrový) absorber- způsoby provedení (15)



Obr. 76 Využívané druhy absorbérů (15)



Obr. 77 Používané typy výplní absorbérů (15)

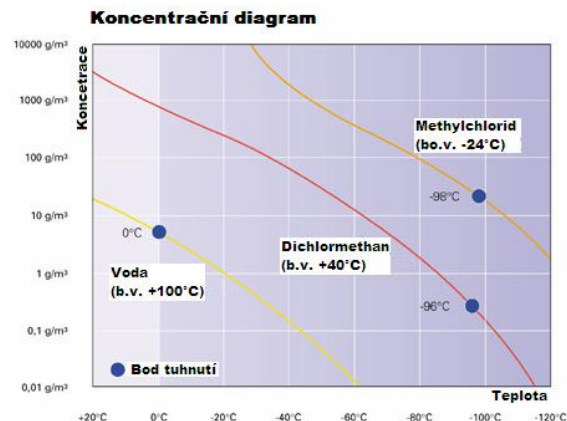


Obr. 78 Způsoby provedení absorbéru (15)

Kondenzace

Metoda kondenzace VOC využívá rozdílné teploty rosného bodu (bodu varu) složek nosného plynu -vzduchu (N_2 -195°C, O_2 -183°C) a VOC (např. benzen C_6H_6 80°C, diethylether $C_4H_{10}O$ 34°C). Proto při ochlazení nosného plynu pod rosný bod dojde k vyloučení VOC v kapalně formě (kondenzace). Takto separované látky lze přímo recyklovat. Účinnost procesu až 99%.

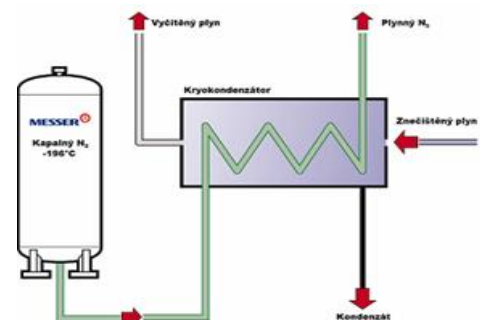
Pracovní teplota se stanovuje na základě množství, druhu přítomných látek a chladicího média se volí podle požadované teploty ochlazení (chladicí voda, kapalný dusík, atd.).



Obr. 79 Diagram pracovních teplot (15)

Jednoduché zařízení – kondenzace (vymrazování)

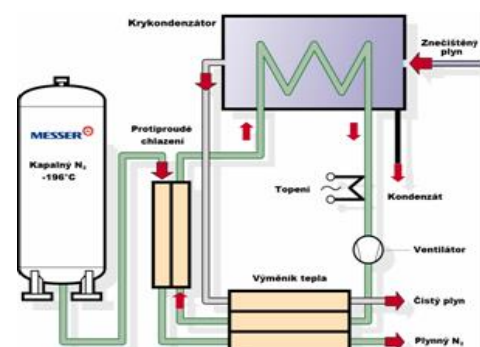
- protiproudné vymražení
- nevhodné pro směsi látek a vyšší obsah vodních par
- krátký cyklus, časté odmražení
- vysoká spotřeba kapalného dusíku



Obr. 80 Schéma jednoduchého Vymrazování (15)

Modernizované zařízení – kondenzace (vymrazování)

- vysoká účinnost využití chladu dusíku a odplynů
- prodloužení pracovního cyklu,
- vhodné i pro směsi
- nižší spotřeba kap. N_2



Obr. 81 Schéma moderního způsobu Vymrazování (15)



Obr. 82 Příklad vymrazujícího zařízení (15)

Parametry:

- průtok: 400 m³/h
- směs cca 100 látek, např. methanol, toluen, hexan
- dvoustupňový provoz
- pracovní teplota: -25°C a -90°C

Termické procesy – oxidace [12]

- jednou z metod sloužících k omezování emisí těkavých látek
- neumožňují zpětné získávání organických látek
- principem je oxidace VOC hlavně na vodu (H₂O) a oxid uhličitý (CO₂)
- spalování je obecně exotermní proces, uvolněné teplo úměrné koncentraci organických látek a jejich výhřevnosti.
- uvolněné teplo lze využít pro předehřátí vstupního plynu nebo jiného média

Proces, při kterém není zapotřebí přidávat dodatečnou energii, např. ve formě přídatného paliva (zemní plyn), se nazývají **autotermní**.

Rozdělení termických procesů:

dle provozní teploty:

- vysokoteplotní - koncepce bez katalyzátoru (nad 800°C)
- nízkoteplotní - koncepce s využitím katalyzátoru (250 – 450°C)

dle využití tepla:

- bez využití tepla (pro vlastní destrukci VOC)
- s rekuperací tepla (výměník tepla cca 50-75%)
- s regenerací tepla (keramické lože až cca 90-95%)

Rotační koncentrátoři

Spojení adsorpce/desorpce a následné termické zneškodnění („zahuštění“ cca 1:10).

Termické procesy - rozdělení

Autotermní provoz:

- $<1 \text{ g/m}^3$ nízkoteplotní oxidace s katalyzátorem a s regenerací tepla
- $1,5\text{-}2 \text{ g/m}^3$ nízkoteplotní oxidace s katalyzátorem a s rekuperací tepla
- $2 - 4 \text{ g/m}^3$ nízkoteplotní oxidace s katalyzátorem bez rekuperace tepla
- $2 - 4 \text{ g/m}^3$ vysokoteplotní oxidace s regenerací tepla
- Nad 4 g/m^3 vysokoteplotní oxidace s rekuperací tepla
- Nad 10 g/m^3 vysokoteplotní oxidace bez využití tepla

Termické postupy odstraňování VOC [12]

Zařízení se skládá ze dvou částí:

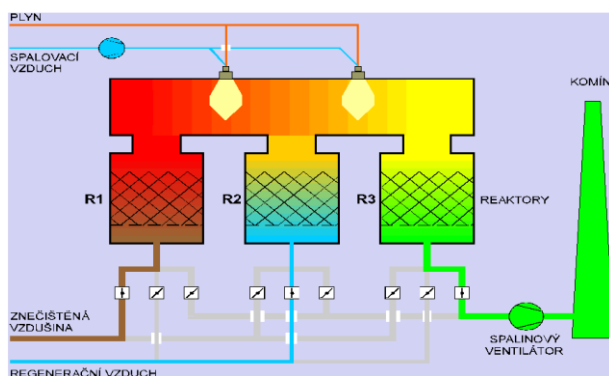
- spalovací komora
- výměník tepla pro ohřev vzdušiny s VOC

Výhody:

- kompaktnost
- využití tepelných ztrát ze spalovací komory pro předehřátí vzdušiny s VOC



Obr. 83 Spalovací zařízení odplynů s rekuperačním výměníkem v kompaktním provedení (17)



Obr. 84 Spalovací zařízení odplynů s regeneračními výměníky (15) (17)

Katalytické postupy odstraňování VOC [12]

Hlavní rozdíly mezi klasickým spalováním a spalováním s použitím katalyzátorů:

- nižší pracovní teplota (250 - 450°C)
- nižší tepelné namáhání (vlastní aparát, výměníky, vyzdívky, atd.)
- autotermí proces lze dosáhnout při výrazně nižších koncentracích VOC
- nižší nebo minimální požadavky na přídavné palivo
- možnost deaktivace katalyzátoru (katalytické jedy)
- většinou nutná předřazená filtrace pro zamezení „maskování aktivních center katalyzátoru“
- ochrana katalyzátoru proti přepálení (obsah 1g/m³ VOC zvýší teplotu o cca 25-30°C)

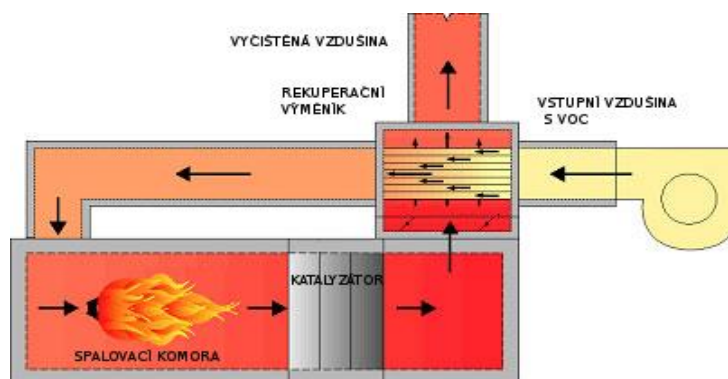
Katalyzátory pro odstranění VOC [12]

- Pro katalytický proces je rozhodující katalyzátor. Existuje řada různých katalyzátorů jak sypných (pelety) tak monolitických.
- Pro moderní katalyzátory jsou katalytickými jedy organokřemičité sloučeniny, organické sloučeniny fosforu a některé těžké kovy.
- Používané katalyzátory jsou z větší části platinové, paládiové, případně rhodiové. Aktivní vrstva je nanášena na keramickém nosiči (např. Al₂O₃). Platina jako univerzální katalyzátor umožňuje pracovat s vysokou účinností při relativně nízkých teplotách. Pro oxidaci VOC obsahujících kyslík (alkoholy, acetáty, ketony apod.) se používají katalyzátory na bázi oxidů kovů. Tyto katalyzátory mají vedle nižší ceny výhodu v tom, že v důsledku své nižší aktivity nepůsobují konverzi dusíku u VOC se zabudovaným dusíkem v molekule na jeho oxidy (NO_x).

Jednotka s průtočným reaktorem a rekuperací tepla

Nejjednodušší technologie, při které prochází čištěný plyn postupně rekuperačním výměníkem tepla, komorou pro nahřátí na potřebnou teplotu (obvykle to bývá komora s elektrickými topnými tělesy nebo plynovým hořákem), katalytickým ložem a opět rekuperačním výměníkem. Průchodem přes katalytické lože dojde k destrukci VOC a uvolnění tepla.

Průtočné reaktory v závislosti od různých variant konstrukčního uspořádání, kvality použitého výměníku a složení oxidované látky pracují autotermně obvykle od úrovně cca 1000 mg VOC/m³.



Obr. 85 Jednotka s průtočným reaktorem, katalyzátorem a rekuperací tepla (15)

Regenerativní katalytická oxidace (RCO)

Tento systém pracuje na principu periodického střídání směru proudění čištěného plynu dvěma nebo více reaktory.

Plyny obsahující VOC procházejí nejprve ohřátou keramickou výplní reaktoru, která zde funguje jako regenerační výměník tepla s účinností výměny tepla cca 95 %.

Vzdušina se zde nahřívá na pracovní teplotu. VOC jsou následně oxidovány na katalytické vrstvě dalšího reaktoru. Reakční teplo uvolněné oxidací je předáno keramické výplni druhého reaktoru. V dalším cyklu je směr průtoku plynu změněn. Předehřáté lože druhého reaktoru se stává zdrojem energie pro vstupující studenou vzdušinu a první reaktor je ohříván reakčním teplem. Směr průtoku plynu se pravidelně střídá a simuluje pseudo stacionární stav.

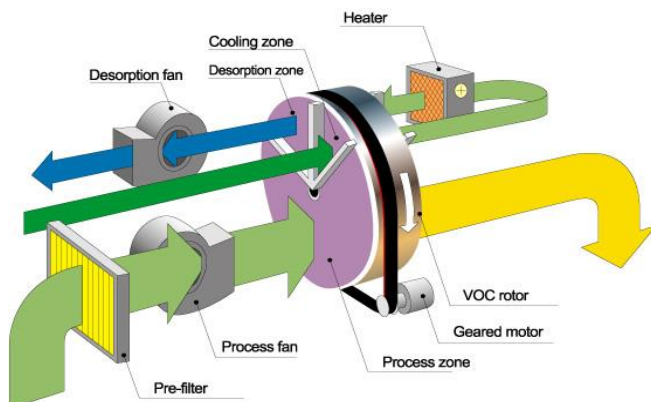
Dosažení autotermního procesu je zde možné dosáhnout při násobně nižších koncentracích VOC, než je tomu u reaktorů s klasickými výměníky tepla. Současný stav techniky umožňuje realizovat systém, který zabezpečuje autotermní provoz již od koncentrace VOC cca $0,6\text{g/m}^3$

Katalytické a smíšené postupy odstraňování VOC

Rotační koncentrátor:

vhodné použití pro – nízké koncentrace, vysoké průtoky

Úroveň zakoncentrování je běžně 1:10, výjimečně 1:50. Tímto způsobem lze po desorpci z koncentrátoru získat vzdušinu obsahující koncentraci VOC, která umožňuje autotermní provoz v některé z termicky oxidačních technologií.



Obr. 86 Princip a reálné provedení rotačního koncentrátoru (15)

Pachy, pachové látky [12]

Pach jsou látky, které vyvolávají pachový vjem (zápach, odór) u člověka. Velmi často se jedná o plynné látky.

Vlastnosti a výskyt pachových látek

- koncentrace – aktuální koncentrace pachových látek ve vzduchu se vyjadřuje v pachových jednotkách OUER/m³
- stanovení – dynamická olfaktometrie
- intenzita – subjektivní vjem různých stupňů vnímaný člověkem (velmi slabý až po nesnesitelný)
- charakter – vyjádření pocitu pozorovatele (je cítit po pomeranči, káva, atd.)
- hedonické zabarvení – pach příjemný, nepříjemný; tento tón se může s intenzitou vnímání měnit od příjemného k nepříjemnému

Meteorologické vlivy

- směr a charakter větru
- sezónní vlivy
- srážky
- oblačnost
- proudění vzduchu
- tlak vzduchu



Obr. 87 Průmyslového znečištění ovzduší (11)

- Zpracování biologicky rozložitelných odpadů, intenzivní chovy, produkce zvířat a další činnosti člověka jsou spojené s tvorbou a uvolňováním nepříjemného zápachu do okolí.
- Typickým nositelem zápachu je amoniak, sirovodík a různé těkavé látky vzniklé anaerobním rozkladem odpadů.
- Legislativa a zejména stížnosti okolních obyvatel na nadměrné obtěžování zápachem vede provozovatele k zavádění technologií na odstraňování zápachu - adsorpce, absorpce, bio filtrace.



Obr. 88 Chov zvířat spojený s uvolňováním zápachu (17)

Metoda stanovení pachů - olfaktometrie

- založena na subjektivním pozorování
- eliminuje maximum vnějších vlivů
- princip olfaktometrie spočívá v naředění vzorku s pachem takovým množstvím čistého vzduchu, aby byla nalezena nejmenší koncentrace pachu, kterou jsou definovaní posuzovatelé (splňující příslušná kritéria) ještě schopni vnímat, tzv. čichový práh
- Čichový práh je roven jedné pachové jednotce
- Koncentrace pachových jednotek vyjadřuje, kolikrát je nutné naředit 1m³ vzorku pachu čistým bezpachovým vzduchem tak, aby bylo dosaženo čichového prahu.



Obr. 89 Olfaktometrie (11)

Metody odstraňování pachů - fyzické:

- rozředění
- zakrytování
- maskování
- adsorpce (aktivní uhlí)

Metody odstraňování pachů - chemické:

- absorpce (mokrý pračka)
- oxidace (ozonizace)
- termické procesy (spalování)

Metody odstraňování pachů - biologické:

- bio filtrace

Metody odstraňování pachů - kombinované:

- bio pračky

Metody odstraňování pachů - ozonizace:

Ionizovaný vzduch je vháněn do prostoru, kde dochází k rychlé a účinné reakci ozónu s nečistotami. Ozón velmi ochotně reaguje se všemi pachy. Jedná se o ekologickou metodu, kde není použita žádná chemikálie.

Bio filtrace

- Bio filtrace je účinná metoda založená na využití mikroorganismů schopných biodegradace nebo biotransformace škodlivých látek. Znečištěný vzduch prochází bio filtrem naplněným porézním materiálem pokrytým vrstvou biomasy.

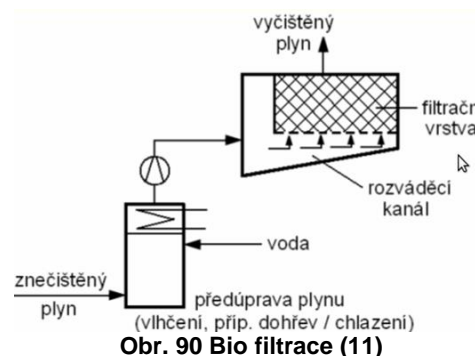
- Při průchodu plynu bio filtrem dochází k zachycení a transportu polutantu do biomasy a k jeho následné biodegradaci na netoxické látky (oxid uhličitý, vodu a v případě anorganických látek na jejich oxidované formy nebo jejich využití při tvorbě nové biomasy).
- Bio filtrace představuje ekologicky šetrnou a hlavně bezodpadovou metodu čištění odpadního vzduchu od organických i některých anorganických látek včetně látek pachových.

Výhody:

- nízké provozní a investiční náklady
- přijatelná účinnost
- bezodpadová technologie

Nevýhody:

- dlouhá doba náběhu
- závislost účinnosti na průtoku plynu
- přívod živin
- nutnost zabránit přívodu toxických látek a změnám pH
- prostorová náročnost
- možnosti regulace
- mikroorganismus na nosiči (substrát)
- znečišťující plyn musí být biologicky odbouratelný a absorbující do vody
- vlhkost plynu nad 95%
- teplota plynu pod 35°C
- odprášení plynu pracovní režim (léto/zima)

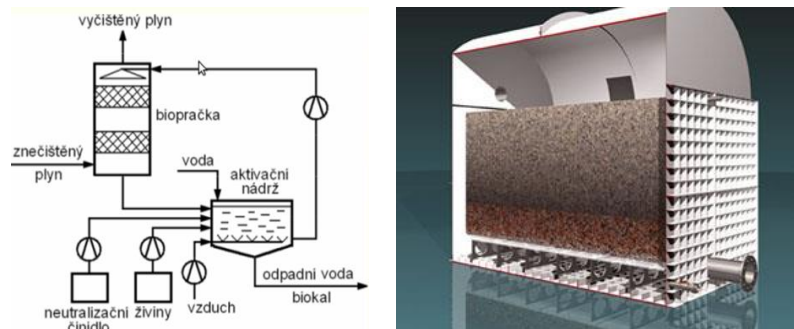


Kombinace absorpce a biologického rozkladu

- znečišťující plyn musí být biologicky odbouratelný a absorbující do vody – NUTNOST
- vyšší účinnost oproti bio filtrům



Obr. 91 Technické provedení bio filtru (11)

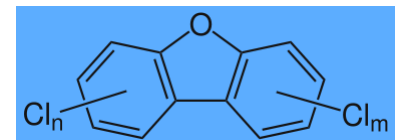


Obr. 92 Kombinace absorpce a biologického rozkladu (11)

Dioxiny a Furany [12]

DIOXINY- PCDD:

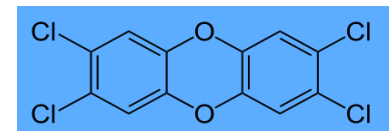
- je obecný název pro skupinu toxických polychlorovaných organických heterocyklických sloučenin
- v přírodě se velmi pomalu rozkládají, schopnost akumulace v tucích, karcinogeny
- vznikají nedokonalým spalováním chlorovaných organických látek



Obr. 93 Chemická vazba PCDD (15)

FURANY- PCDF:

- jsou heterocyklické organické látky na bázi chlóru
- v přírodě velmi stáله
- vysoká toxicita



Obr. 94 Chemická vazba PCDF (15)

Pro stacionární zdroje tepelně zpracovávající odpad platí limit pro PCDD/F $0,1\text{ng/m}_N^3$ (dle vyhlášky č. 415/2012Sb.)

TECHNOLOGIE K ODSTRANĚNÍ DIOXINŮ

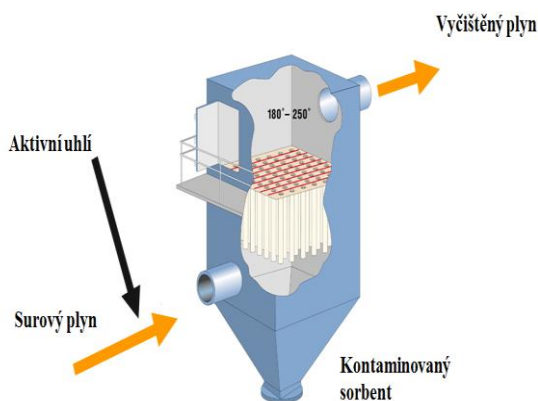
- 1) Adsorpční postupy
- 2) Kombinovaná katalytická redukce NOx a rozklad dioxinů (DeNOx/DeDiox)
- 3) Katalytická filtrace

Další zkoumané metody:

- Vstřikování hydroxidu vápenatého (suevit, zeolit)
- Vstřikování inhibitorů (etanolamíny, amoniak)
- Vstřikování oxidačních činidel (např. H_2O_2)

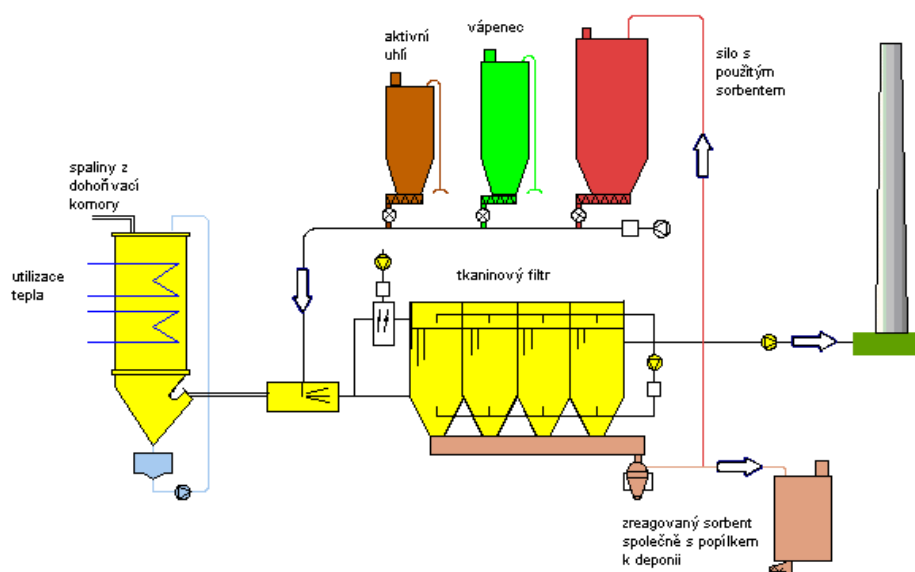
1. ADSORPČNÍ POSTUPY [12]

- **PAC** (práškové aktivní uhlí) může být ve směsi s vápnem (**Sorbalit, Vapecarb**).
⇒ dochází k současnému zachytu i kyselých složek (SO_2 , HCl , HF)
- **Může být použit rovněž hydrogenuhličitan sodný** (BICARB, resp. SBDIT – Sodium Bicarbonate Dry Injection Technology)



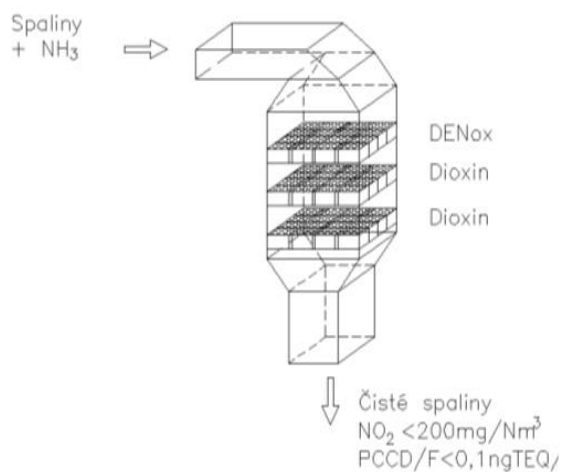
Obr. 95 Schéma katalytické filtrace (15)

- Touto metodou se dioxiny pouze zachytí na sorbentu, nejsou však zlikvidovány.
- Po instalaci injektáže na spalovně TERMIZO a.s. Liberec bylo dosaženo výrazné snížení obsahu dioxinů až na úroveň $0,1 \text{ ng/m}_N^3$, ale emisní měření prokázaly v některých případech překročení této hodnoty (v roce 2003 byla instalována katalytická filtrace).
- Spalovna SAKO po rekonstrukci v letech 2008-2010 dosahuje koncentrace PCDD/F výrazně pod $0,1 \text{ ng/Nm}^3$, používané aktivní uhlí je Norit GL50 v množství cca 5kg/h.

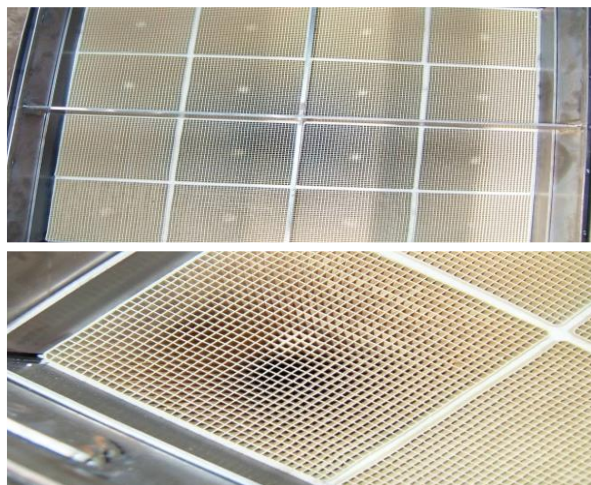


Obr. 96 Adsorpční metody pro odstraňování dioxinů PAC (15)

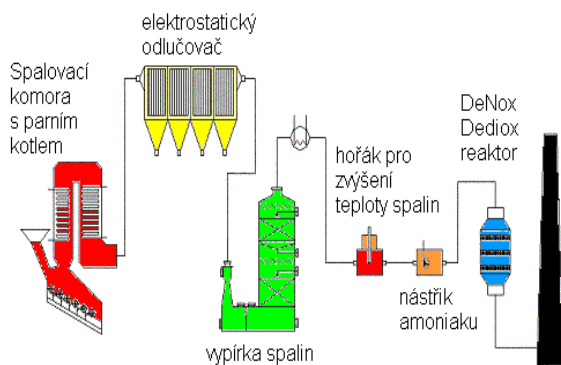
2. KATALYTICKÝ ROZKLAD DIOXINŮ [12]



Obr. 97 Princip katalytické oxidace se současným odstraňováním oxidů dusíku (15)



Obr. 98 Orientovaný katalyzátor (15)



Obr. 99 Schéma systému čištění spalin (15)



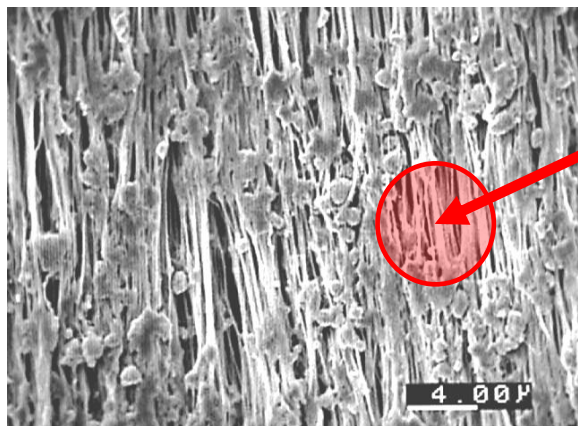
Obr. 100 Katalytický rozklad PCDD/F se současným odstraňováním NOx (Spovo Ostrava) (17)

3. KATALYTICKÁ FILTRACE

Technologie je založena na speciální úpravě filtrační tkaniny, kterou tvoří:



membrány (ePTFe) GORE-TEX® implementované katalytické vrstvičky na bázi V₂O₅ a TiO₂

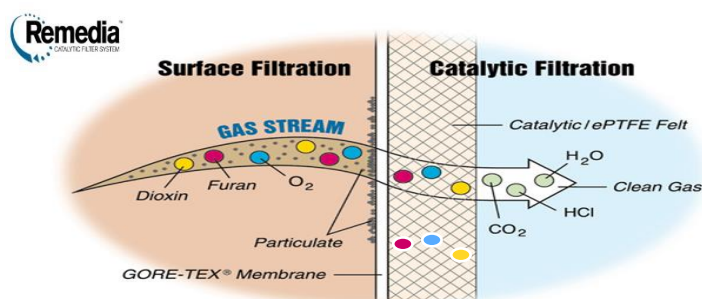


Obr. 101 Detail filtrační membrány (ePTFe) (19)

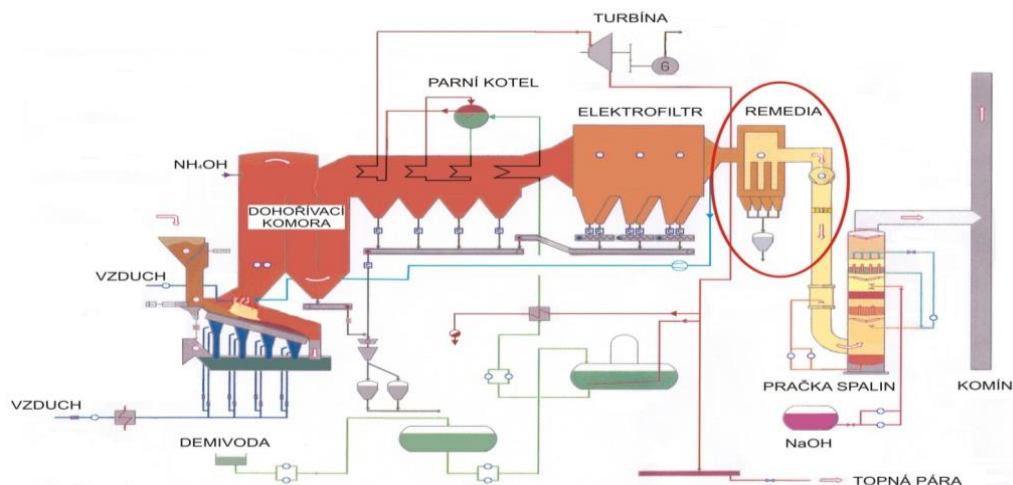


Obr. 102 Filtrační rukávce (19)

Odprášené spaliny dále proudí přes katalytický substrát, který chemicky reaguje s molekulami PCDD/F a rozkládá je na minimální množství CO₂, H₂O a HCl. Průchodem spalin přes filtrační tkaninu nejprve GORE-TEX® membrána na svém povrchu zachytí jemné tuhé částice (popílek s adsorbovanými molekulami dioxinů).



Obr. 103 Princip funkce katalytického rozkladu PCDD/F (19)



Obr. 104 Technologické schéma spalovny Termizo Liberec, a.s. (11)



Obr. 105 Nosná konstrukce skříně
Termizo Liberec, a.s. (17)



Obr. 106 Konstrukční provedení skříně filtrů
Termizo Liberec, a.s. (17)



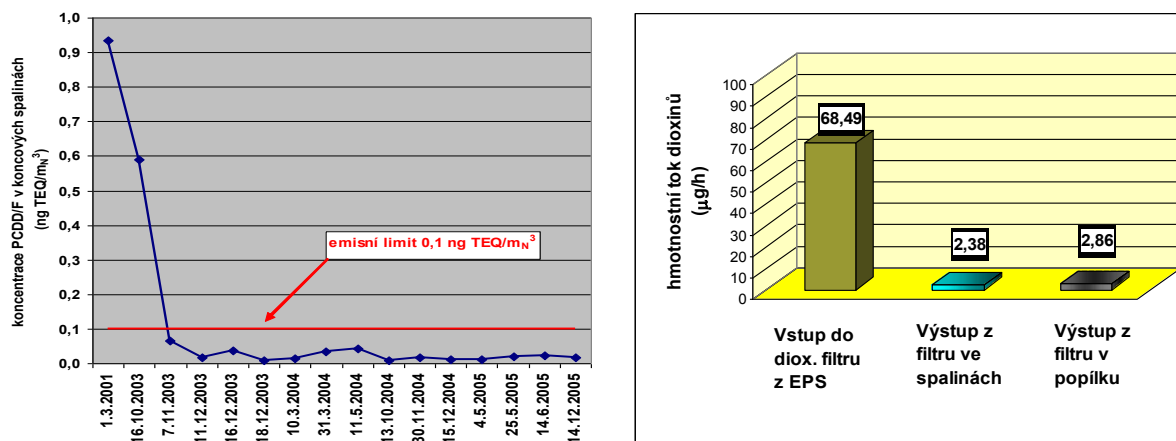
Obr. 107 Pohled na vnější opláštění skříně
filtrů Termizo Liberec, a.s. (17)



Obr. 108 Filtrační rukávce spolu s
horní trubkovnicí (17)

Dosažené výsledky

Dosažené snížení obsahu dioxinů v DF při garančním měření 96,4 %. Stupeň odprášení spalín v DF je 90,3 %. Rozložené množství dioxinů ve filtru: **63,25 mg TEQ/h**, tj. **92,4 %**



Obr. 109 Dosažené výsledky použití Remedie katalytických filtrů (Termizo Liberec a.s.) (17)

Katalytická 4D FILTRACE [12]

4D filtrace je představována technologií Cerafil® TopKat. Tato technologie, označovaná jako tzv. „4D filtrace“, slučuje více jednotkových operací do jednoho aparátu. Jedná se o následující operace:

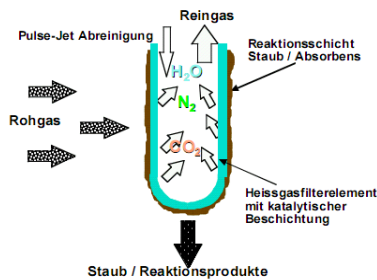
- | | |
|---|-------------|
| • odloučení tuhých znečišťujících látek ze spalín (TZL) | DeDusting |
| • snížení obsahu kyselých složek ve spalínách | DrySorption |
| • snížení obsahu oxidů dusíku | DeNOx |
| • snížení obsahu PCDD/F | DeDiox |

Jádrem technologie Cerafil® TopCat jsou filtrační elementy z mikroporézní keramiky, v jejíž matici je implementován nově vyvinutý katalyzátor společnosti Haldor-Topsoe na bázi V_2O_5/TiO_2 zajišťující možnost rozkladu PCDD/F, těkavých uhlovodíků i redukci oxidů dusíku. Významnou výhodou je také vysoká odolnost keramických elementů vůči teplotám až do 900°C. U běžných tkaninových filtračních materiálů mají tyto teploty zcela destruktivní účinky a jsou naprosto nepřijatelné. Spojení všech výše uvedených jednotkových operací v rámci jednoho aparátu přináší nemalé úspory investičních a provozních nákladů. U klasických technologií jsou výše uvedené operace řešeny souborem několika samostatných zařízení propojených do technologické linky, což zvyšuje nároky na zastavěný prostor, obsluhu, údržbu a opravy.

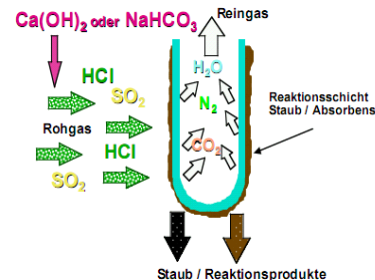
Při průchodu spalín přes filtrační element jsou na jeho povrchu zachyceny tuhé částice (tj. také popílek s navázanými dioxiny) na svém povrchu. Tento popílek se periodicky odstraňuje při regeneraci filtru a shromažďuje ve výsypce filtru. Odprášené spaliny dále proudí přes katalytický substrát, na kterém reagují molekuly PCDD/F v plynné fázi a transformují se na nepatrná množství CO_2 , H_2O a HCl . Podobně je tomu i v případě redukce NOX, které jsou redukovány spolu s čpavkem pocházejícím z metody SNCR na vodu a dusík. Moderní technologie katalytické filtrace navržená v této nabídce se vyznačuje těmito rysy:

- Požadovaný emisní limit ($0,1 \text{ ng/Nm}^3$) PCDD/F je garantován použitým principem (nemusí se provádět náročné provozní zkoušení a hledání „vhodného sorbentu“).
- Nejsou žádné provozní náklady spojené s dopravou, skladováním, manipulací, dávkováním a v konečné fázi i zneškodňováním použitého sorbentu nasyceného dioxiny – nebezpečného odpadu.

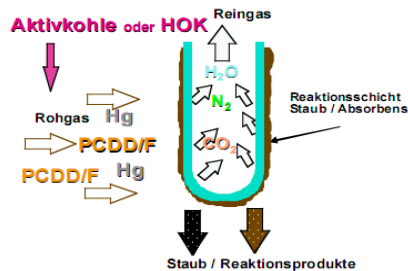
- Množství zachycených odprašků je rovno jen množství prachu obsaženého ve spalínách, což je minimální množství v porovnání s množstvím při použití technologie injektáže práškového sorbentu (např. Sorbalit, Vapecarb, uhlíkatý sorbent apod.).
- Snížení negativního čpavkového skluzu jako důsledku nasazení SNCR jako primární metody na odstranění NO_x. Čpavek je využit nasazením metody SCR v rámci 4D filtrace, kdy čpavek ve směsi s oxidy dusíku a přechodem přes katalyzátor zajišťuje další redukci NO_x a zároveň je sám také rozkládán na dusík a vodu.



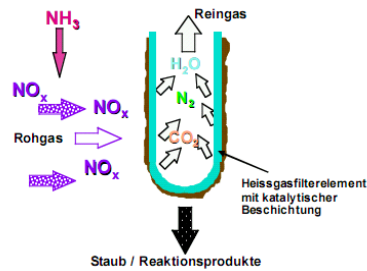
Obr. 110 1D- DeDusting (odprašení)



Obr. 111 2D- DeSOx (odsíření)



Obr. 112 3D-DeDIOX (redukce PCDD/F) (15)



Obr. 113 4D- DeNOx (redukce NO_x) (15)



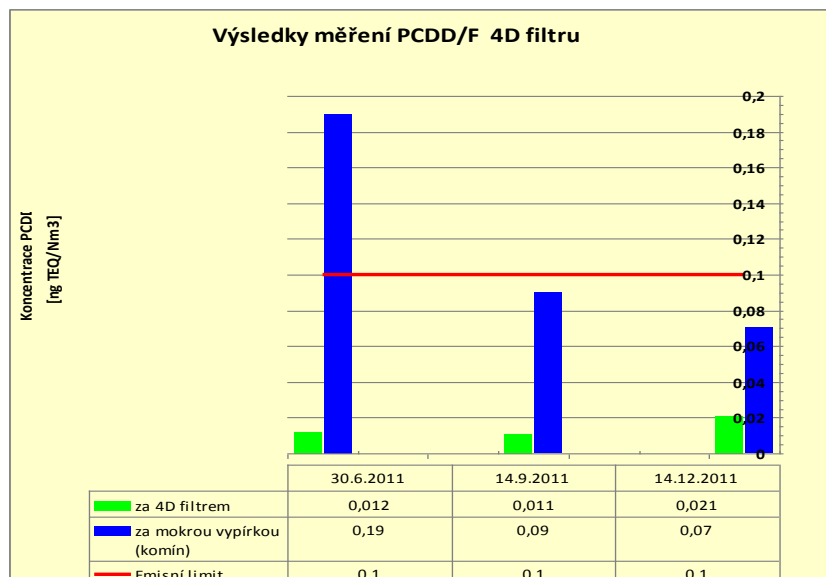
Obr. 114 Keramické filtrační elementy ve filtru (17)



Obr. 115 Montáž keramických filtračních elementů do skříně filtru (Sporten, a.s.) (17)



Obr. 116 Montáž skříně filtru na průmyslové spalovně odpadu (17)



Obr. 117 Výsledky měření ve spalovně nebezpečného odpadu (Sporten, a.s.) (17)

Tuhé zbytky po spalování [11]

Tuhé zbytky jsou tvořeny nespalitelným podílem obsaženým v odpadu. Ze spalovacího procesu odchází jako popeloviny, které mohou mít formu sypkého popela, škváry nebo strusky a velmi jemného podílu - popílku. Popel, škvára nebo struska se odvádí ze spalovací komory kontinuálně nebo diskontinuálně a po vychladnutí se ukládá na skládkách.

Popílek je unášen spaliny a částečně se odlučuje v aparátech zařazených za spalovacím zařízením. Převážná většina popílku se odloučí v odprašovacích zařízeních, které jsou k tomu účelu zařazeny v technologické lince spalovny. Protože jemné částice prachu mají často velmi porézní, jemně strukturovaný povrch, organické škodliviny, dioxiny a anorganické škodliviny se na částice prachu ochotně zachytávají a ulpívají. Z tohoto důvodu je možno charakterizovat popílek ze spalování odpadů jako zvláště nebezpečnou odpadní látku, nasycenou škodlivinami. Proto je také kladen velký důraz na vysokou odlučivost filtrů a odlučovačů.

Tuhé zbytky tvořené převážně popelem, popílkem a kalem jsou nejčastěji ukládány na zabezpečené skládky odpadů. K zamezení úniku škodlivin zejména z popílku a kalu, které patří do skupiny zvlášť nebezpečných odpadů, se používají další velmi účinné metody zvané **solidifikace**. Je to obecný název pro různé způsoby zpevňování nebezpečných zbytků po spalování. Způsob solidifikace se volí na základě důkladného rozboru ekonomicko-ekologických rozborů. Některé z nejpoužívanějších solidifikačních metod jsou stručně popsány v následujících odstavcích.

Cementace je jeden z možných, nejrozšířenějších způsobů fixace popílků obsahujícího těžké kovy. Popílek se smíchá se speciálním cementem a vodou. Jednotlivé částice popílku jsou přitom dokonale obaleny cementem, což způsobí, že po vytvrdnutí cementové směsi se významně sníží vyluhovatelnost škodlivin z takto upraveného popílku. Výsledný produkt (cementová kaše) je transportována na vhodné úložiště, kde se ukládá buďto v tekutém stavu přímo na skládku, nebo se z cementové směsi odlévají do forem bloky, které se po vytvrdnutí ukládají na skládku.

Bitumenace je způsob solidifikace, který byl vyvinut pro zpracování radioaktivních odpadů. Při bitumenaci dochází k zatavení odpadu do bitumenu, látky podobné asfaltu. Výsledný produkt (fixované soli, kal a popílek) plněný do 200 l sudů, je deponován na vhodné skládce. Produkty bitumenace mají nízkou vyluhovatelnost.

Vitrifikace je solidifikační metoda určená pro zpevňování popílků, které mají vysoký obsah ve vodě rozpustných těžkých kovů (třída vyluhovatelnosti III a vyšší), vysoký obsah toxických organických látek (dioxiny, furany, PCB atd.) a vysokou poletavost (malá sypná hmotnost, vysoký podíl částic pod 0,1 mm).

Vysokou teplotou (1400 – 1500 °C) se popílký roztaví a převedou na nerozpustný skelný kmen. Působením vysokých teplot na zpracovávaný popílek po dobu několika vteřin se rovněž rozloží všechny organické látky, i obtížné rozložitelné, takže i toxicita způsobená organickými látkami se odstraní. V případě, že zpracovávaný popílek neobsahuje dostatek sklotvorných látek, přidává se k popílku odpadní skleněná drť. Produkt je prakticky kyselými dešti nevyluhovatelný a lze jej bezpečně ukládat i na běžných skládkách. Z průmyslové praxe jsou známy případy, kdy je z tohoto materiálu snaha vyrábět výrobky jako například izolační rohože (po rozvláknění a natvarování).

Z porovnání uvedených solidifikačních postupů plyne, že z hlediska ekologického (vyluhovatelnosti škodlivin z produktů solidifikace) vychází nejlépe vitrifikace a nejhůř cementace. Ovšem při porovnání investičních a provozních nákladů je pořadí opačné.

Zpracování kapalných zbytků a kalu ze spalování odpadů [11]

Při termickém zpracování odpadů je snahou tento druh odpadních látek zcela eliminovat. Přesto vzniká odpadní voda a kal zejména při některých způsobech čištění (praní) spalin, při provozu energetického zařízení spalovny (kotle) a případně jako odpadní chladicí voda. Odpadní voda obsahuje produkty reakcí, nerozpustné a rozpustné soli a soli těžkých kovů.

Odpadní voda se zpracovává známými postupy na čistírnách odpadních vod. Z procesu čištění jsou odpadní vody vedeny do zásobníku, kde se smísí s roztoky reakčních činidel. V reakčním zásobníku jsou koagulací, flokulací, neutralizací a sedimentací separovány především těžké kovy. Z následující filtrace odchází rýpatelný kal obsahující odloučené pevné podíly a velmi koncentrované škodliviny ve formě vysrážených nerozpustných solí a chemicky vyčištěná odpadní voda obsahující rozpustné soli.

I přesto, že takto vyčištěná odpadní voda obsahuje rozpustné soli, může se částečně vracet do procesu čištění spalin, nebo bez dalšího zpracování vypouštět do odpadních vod. Pokud není možno vypouštět zasolenou vodu do odpadních vod, dále se zpracovává odpařováním.

Odpadní voda s obsahem rozpustných solí se zpracovává nejčastěji odpařením vody a následným odloučením vzniklých krystalů soli. Nejčastěji je zasolená voda rozprašována ve speciálním aparátu (kontaktoru) do proudu spalin. Odpařená voda a vznikající krystalky soli přecházejí do spalin. Krystalky soli se ze spalin odlučují na filtru s popílkem a deponují na vhodné skládce.

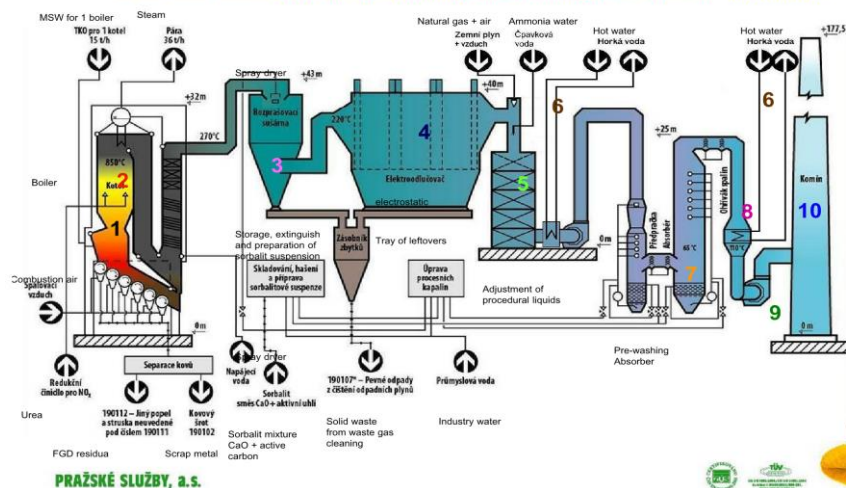
Pro odsolování vody je možno rovněž použít odpařovací stanici. Tento způsob se vzhledem k vysoké investiční a provozní náročnosti používá jen v případě, kdy není možno jiným způsobem tuto vodu čistit. Zdrojem tepla pro odpaření zasolené vody je nejčastěji pára. Po odpaření vody zůstane sůl, která se deponuje na speciální skládku. Brýdové páry z odparky se kondenzují a vzniklý kondenzát se vrací zpět do procesu jako technologická voda.

4.7. Exkurze po spalovnách v příkladech [11] [12]

Pražské služby

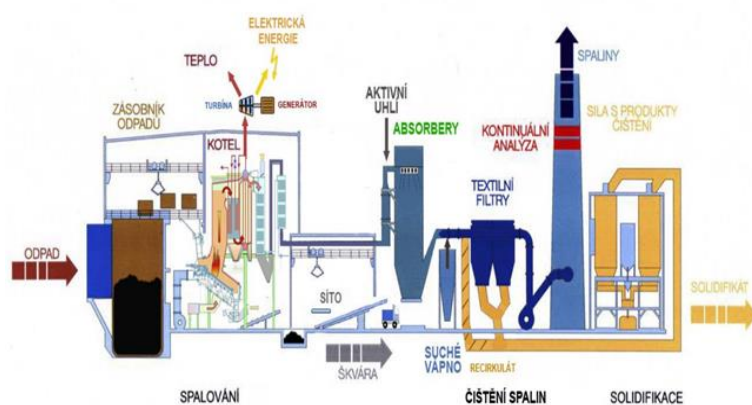
Technological Scheme of ZEVO

1. Incineration 2. SNCR DeNOx 3. Semidry absorption 4. ESP 5. SCR DeDiox/DeNOx
6. Heat recuperation 7. Wet flue gas washing 8. FG reheating 9. Flue gas fan 10. Chimney



Obr. 118 ZEVO Malešice, Pražské služby a.s. (11) (20)

Sako Brno



Obr. 119 Sako Brno a.s. (11) (12)

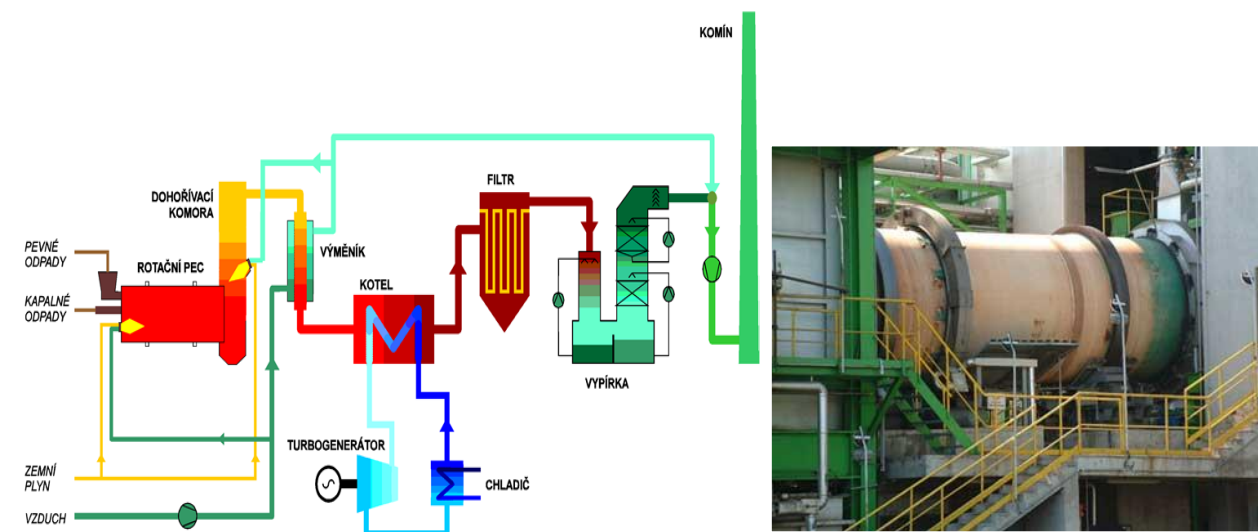
The diagram illustrates the integrated process of waste-to-energy conversion and wastewater treatment. Key components and stages include:

- Waste Input and Preparation:** Waste (ODPAD) is received in a bunker (BUNKR ODPADU) and fed into a shredder (STRUSKA). Air (VZDUCH) is processed through a separation line (SEPARAČNÍ LINKA) and a dust collector (POPELOVÝ ZBÝVNÍK) before entering the combustion chamber.
- Combustion and Energy Generation:** The waste is burned in a combustion chamber (DOHOŘÍVACÍ KOMORA) with a grate (TOPENÍŠTĚ). This heats a boiler (PARNÍ KOTEL), which produces steam to drive a turbine (TURBÍNA) and generator (GENERÁTOR). Exhaust gases pass through an electrofilter (ELEKTROFILTR) and a deduster (DEDOX).
- Water and Steam Management:** Cooling water (CHLADICÍ VODA) is used in a condenser. Steam is used for heating (TOPNÁ PÁRA DO TEPLARNY) and to produce hot water (VÝHŘEVNÁ VODA). A ventillator (VENTILÁTOR) maintains air flow.
- Wastewater Treatment:** Wastewater (ČPAVKOVÁ VODA NIŽNÍ) is treated in a biological tank (BIOLOGICKÁ NÁDOBA). Sludge (NÁSYPKA) is separated and sent to the combustion chamber. The remaining water passes through a flocculation stage (FLOKULANT) and a sedimentation tank (SEDIMENTACE) before being discharged (VÝSTUP TECHNOLOGICKÉ VODY).
- Chemical and Material Handling:** Various chemicals are used for water treatment, including sodium hydroxide (LOUH SODNÝ NaOH), sodium sulfide (Na₂S), hydrochloric acid (HCl), and ferric chloride (FeCl₃). These are used in a neutralization stage (NEUTRALIZACE, BŘAŽENÍ, FLOKULACE) and a sludge dewatering stage (VYPRAVNÝ POPELEK).
- Final Disposal:** The final waste product is incinerated in a waste incinerator (PRÁČKA SPALN) and the resulting ash is stored in a storage tank (VÝHŘEVNÁ VODA).



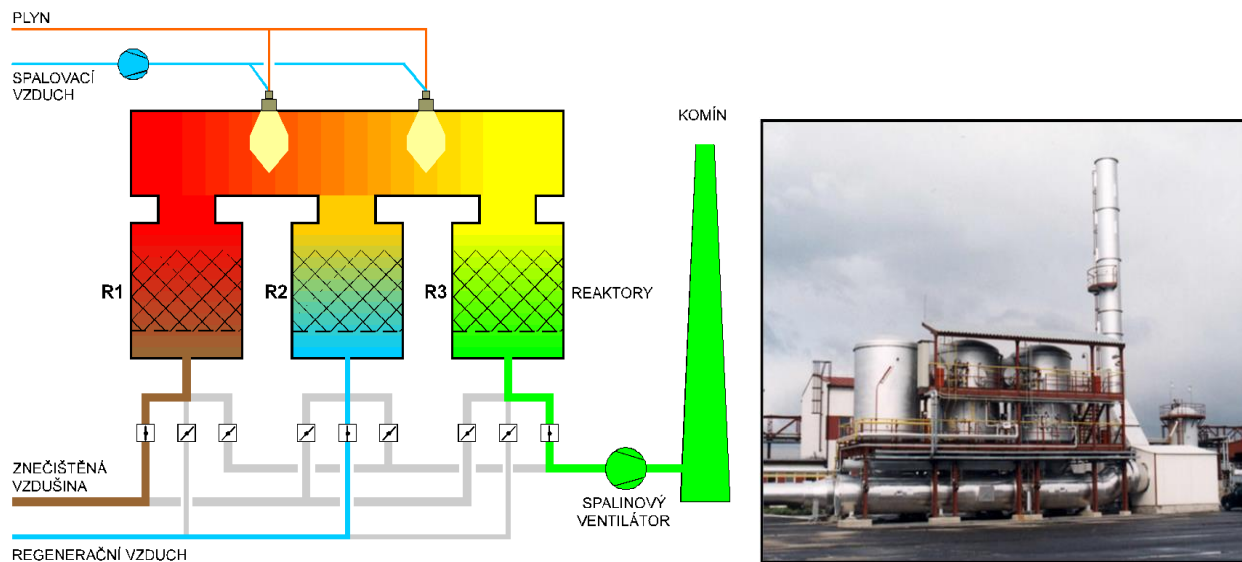
Obr. 120 Termizo Liberec, a.s. (11) (21)

Spalovna průmyslových odpadů Ostrava



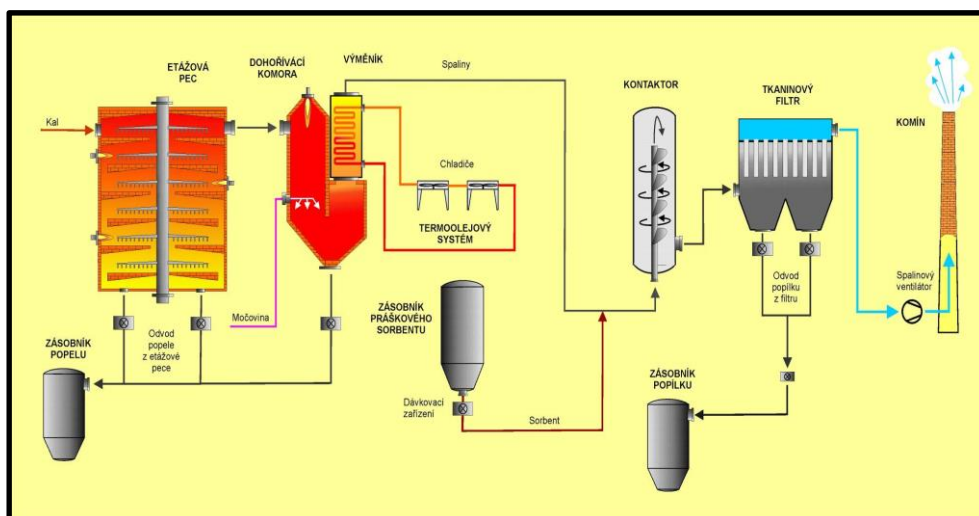
Obr. 121 Spalovna průmyslových odpadů Ostrava (11) (17)

Spalovna odplynů Kralupy



Obr. 122 Spalovna odplynů Kralupy (11) (17)

Spalovna kalů Bratislava



Obr. 123 Spalovna kalů Bratislava (17)

4.8. Malé nebo velké spalovny? [11]

Do nedávné doby u nás převládal obecný názor, že se vyplatí stavět spalovny komunálních odpadů (často nazývaných jako ZEVO, tj. Závod na Energetické Využívání Odpadů) o výkonu nejméně 100kt/r. S blížícím se termínem významného omezení skládkování odpadů (2020) se výše uvedená otázka stále častěji objevuje při diskuzích o odpadech na všech úrovních ve všech regionech. Je to dáno tím, že se konkretizují plány odpadového hospodářství v jednotlivých krajích a regionech z toho pak často vyplývá nutnost výstavby ZEVO někde v daném regionu. Současně s tím je pak nutno opovědět na řadu otázek jako např.:

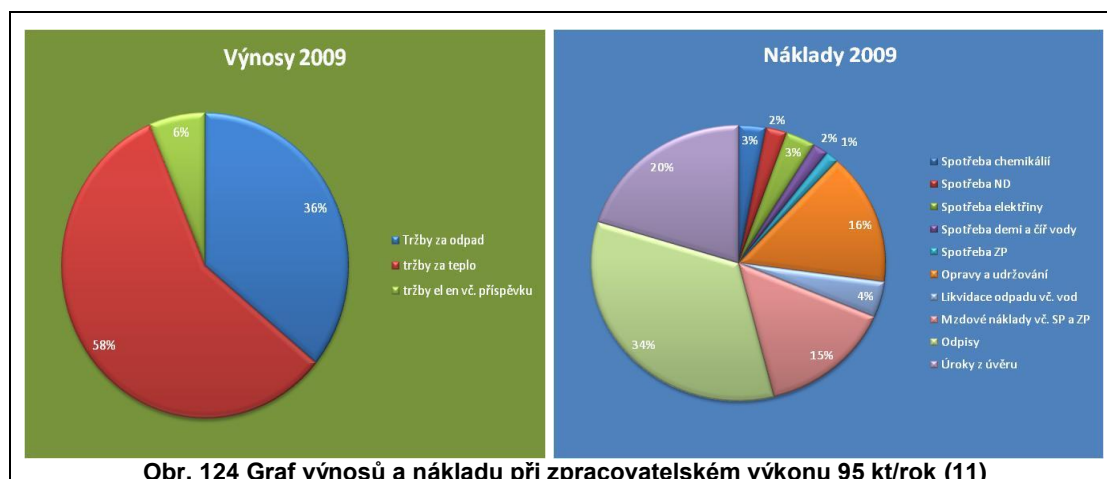
1. Jak velké ZEVO?
2. Kde se postaví?
3. Kdo to postaví?
4. Kolik to bude stát?
5. Kdo to zaplatí.
6. Jaký to bude mít vliv na životní prostředí?
7. Atd.

Odpovědi na uvedené otázky spolu úzce souvisí a vzájemně se ovlivňují. Zde je nutno dodat, že odpovědi se budou lišit v závislosti na tom, komu tyto otázky položíte. Proto je vhodné pro jednotlivé konkrétní případy nechat vypracovat nezávislými odborníky úvodní studii, kde se na jednotlivé dotazy vypracují variantní odpovědi.

Pokusme se nyní odpovědět alespoň na první otázku „Jak velké ZEVO?“. Jediná možná a správná odpověď je poměrně jednoduchá. Lidově řečeno „Tak akorát“, tzn. optimální velikost pro každý jednotlivý konkrétní případ.

Prozatím je velká skupina i mezi odborníky, kteří jsou zastánci pouze velkých spaloven. Důvodů proč zastávají toto stanovisko, je řada. Někdy (zejména u starších odborníků) je to proto, že po celý svůj profesní život navrhovali, realizovali nebo provozovali pouze velká zařízení, se kterými mají zkušenosti. Nejčastěji je to ovšem proto, neboť jsou skrytě nebo oficiálně zainteresováni (často jako lobisté velkých nadnárodních společností) na prosazování velkých ZEVO. Velké ZEVO pro velké tzv. „tradiční“ dodavatele, znamená dodávku „tradiční technologie“, tj. zakázku v miliardách Kč, přičemž malé ZEVO ve stovkách milionů Kč je pro ně prostě nezajímavé. Současně bohužel často platí, že tzv. „tradiční technologie“ znamenají, že morální stáří těchto technologií je třicet a více let. Můžeme si toho všimnout na návrzích technologií velkých ZEVO u nás jako např. Chotíkov, Karviná a Komořany u Mostu. Zastaralá technologie ZEVO v porovnání s moderní technologií znamená zejména velkou složitost technologie a z toho plynoucí velký počet aparátů, velkou zastavěnou plochu, vysoké investiční náklady, vysoké provozní náklady a velké nároky na údržbu a servis. V konečném důsledku vysokou cenu za zpracování odpadu, což nakonec zaplatí obyvatelstvo.

Chceme-li definovaně odpovědět na titulní otázku, nezbývá než se zaměřit na peníze, které jsou nakonec rozhodující. Je nutno si uvědomit, z čeho má ZEVO výnosy, tj. za co dostane peníze a současně jaké má náklady. Dobrou vypovídací schopnost mají následující koláčové grafy (viz Obr. 124) výnosů a nákladů, které jsou pro různé komerční spalovny velmi podobné. Jako příklad uvádíme výnosy a výdaje spalovny o zpracovatelském výkonu 95 kt/rok.



Obr. 124 Graf výnosů a nákladu při zpracovatelském výkonu 95 kt/rok (11)

Z grafu výnosů je patrné, že největší tržby má ZEVO za prodej tepla a za odpad. Ostatní tržby jako např. prodej vyrobené el. energie, příjem za vyříděné železo apod. jsou naprosto nepodstatné.

V praxi to znamená, že z hlediska budoucí ekonomické prosperity má smysl postavit jen tak velké ZEVO, které prodá pokud možno veškeré vyrobené teplo. Výroba el. energie je jen doplňková a ekonomiku ZEVO nezachrání. Další nutná podmínka je, že v bezprostřední blízkosti ZEVO je zajištěno dostatek paliva = odpadu. Dovoz odpadů z větších vzdáleností proces prodražuje, komplikuje a zatěžuje životní prostředí.

Z již uvedených podmínek vyplývá, že u menších měst, aglomerací a regionu s omezenou spotřebou tepla a menší produkcí odpadů je naprostý ekonomický nesmysl postavit velké ZEVO.

Další aspekt pro výstavbu ZEVO na míru je fakt, že obyvatelstvo lokality (většinou průmyslové zóny), kde se uvažuje s výstavbou ZEVO je ochotno max. připustit výstavbu ZEVO jen v takové velikosti, aby se řešil problém s odpady jen přilehlého regionu. Dovoz odpadu ze vzdálenějších míst a regionů je odmítán a brán jako neakceptovatelný.

Častou námitkou proti výstavbě menších ZEVO je to, že menší zařízení ZEVO má horší účinnosti (energetickou, ekologickou) a proto v přepočtu na cenu za tunu zpracovaného odpadu na bráně ZEVO vychází v porovnání s velkým ZEVO nevýhodně.

Je nutno si uvědomit, že procesy a jednotkové operace používané v technologiích ZEVO procházejí vývojem a modernizací a postupně se provozně ověřují. Využití moderních a provozně ověřených technologických uzlů při realizaci malých ZEVO pak znamená významné zjednodušení celé technologie, zmenšení zařízení a stavební části a tím i snížení investičních i provozních nákladů při dodržení přísných ekologických parametrů technologie. Z toho následně plyne, že investice na malé ZEVO je řádově ve stovkách milionu Kč, což znamená, že takovou investici si může dovolit i menší město nebo region, a dokonce jsou zájemci i z řad soukromých investorů. Zatím co velké ZEVO je investičně v řádech miliard a proto je investorem nejčastěji kraj.

Další častou námitkou příznivců jen velkých ZEVO je to, že se všude staví jen velké ZEVO. Pokud se ovšem podíváme podrobně do odstavce SPALOVNY V EVROPE, kde je seznam spaloven, zjistíme, že v západních zemích podobné struktury regionu jako u nás (Švýcarsko, Dánsko, Norko), ale i ve větších zemích jako Itálie, Francie, Švédsko se malá ZEVA pro řešení odpadového hospodářství používají.

4.9. Malé spalovny (formou rámcové nabídky) [firemní materiál]

Hlavním účelem stavby uvedené pod názvem „ZAŘÍZENÍ PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ MALÉ KAPACITY“ (dále jen „ZEVO“) je zajistit ekologické zpracování komunálních odpadů vznikajících v zájmovém území a současně využít tepelnou energii uvolňovanou při tomto procesu na výrobu páry a generování elektrické energie.

Základní charakteristiky

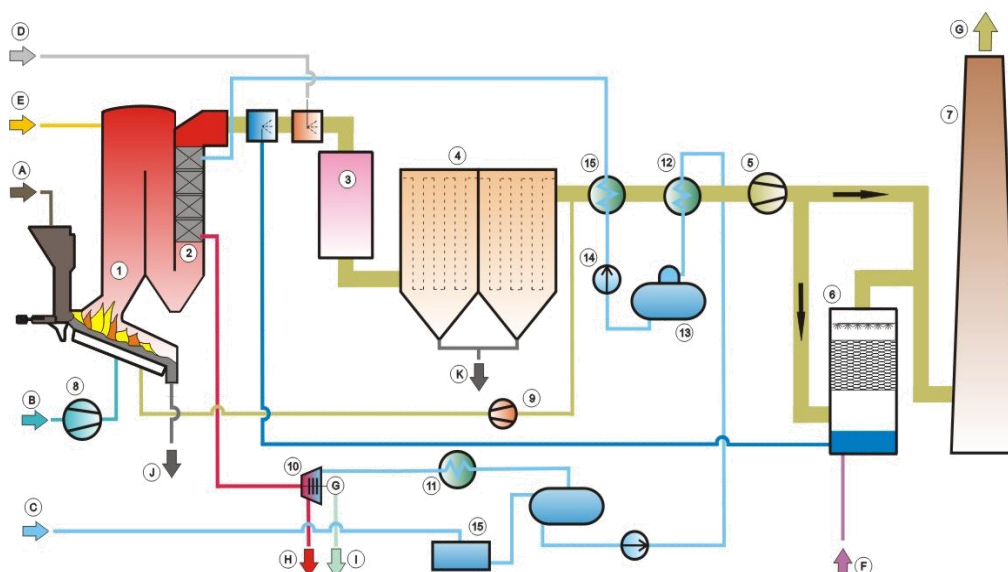
Při návrhu technického řešení termického zpracování odpadu s výrobou páry a následným generováním elektrické energie v zájmovém území je nutné před zpracováním konečného návrhu shromáždit informace o množství a složení komunálních odpadů.

Pro účely této orientační nabídky se uvažují následující zadávací údaje:

- Jako odpad pro spalovnu je uvažován komunální odpad 10.000 t/r. Toto množství je přibližně produkováno na území o počtu 20.000 až 25.000 obyvatel.
- Jako stabilizační a přídavné palivo je uvažován zemní plyn.
- Energie spalin bude využita pro výrobu páry o žádaných parametrech. Vyrobená pára bude sloužit pro generování elektrické energie turbínou, pracující v Rankinově cyklu. Pro výrobu páry bude použita napájecí voda, dodávaná pod potřebným tlakem.
- Předpokládá se, že odpad získaný v dané lokalitě bude zbaven nespalitelných látek, jako je hlína, kameny, suť, velké kusy kovu, popel atd.
- Rovněž se předpokládá, že ve směsi odpadů se nebudou vyskytovat odpady svým charakterem patřící do kategorie zvláště nebezpečných odpadů, tzn. mj. patologické nemocniční odpady, odpady z kafilérií, léky, radioaktivní odpady, látky s vysokým obsahem chlóru, fluóru, síry, PCB a případně další nebezpečné látky.
- Předpokládaná průměrná výhřevnost komunálního odpadu je cca 8 až 10 MJ/kg.
- Fond pracovní doby zařízení bude cca 8 000 h/r.

Technické řešení

Nabídka je vypracována na dodávku jednotky s roční zpracovatelskou kapacitou 10 kt odpadů v jedné lince. Základem této jednotky je spalovací komora s roštem, který je dostatečně robustní a umožňuje spalování běžného komunálního odpadu v širokém spektru složení. Zjednodušené technologické schéma je uvedeno na Obr. 125.



Obr. 125 Technologické schéma spalovny malé kapacity (17)

ZAŘÍZENÍ:

1. spalovací zařízení - rošt
2. parní kotel
3. reaktor suché sorpce
4. 4D filtr
5. spalínový ventilátor
6. mokrá pračka (není vždy nutná)
7. komín
8. ventilátor spalovacího vzduchu
9. ventilátor recirkulace spalín
10. parní turbína s generátorem
11. kondenzátor
12. předehřev napájecí vody
13. napájecí nádrž s odplynovákem
14. napájecí čerpadlo
15. ekonomizér
16. chemická úprava vody z nádrží vody

VSTUPY:

- A. odpad
- B. spalovací vzduch
- C. surová voda
- D. soda
- E. močovina
- F. hydroxid sodný

VÝSTUPY:

- G. Vyčištěné spaliny
- H. pára
- I. elektrická energie
- J. škvára a hrubý popílek
- K. popílek

Dokonalé spálení odpadu je zajištěno vícestupňovým přívodem spalovacího vzduchu a změnou rychlosti posuvu odpadu na roštu. Primární spalovací vzduch se přivádí řízeně pod rošt. Sekundární vzduch je dopravován do spalovací komory tak, aby podporoval dokonalé spálení odpadu a podpořil žádoucí turbulenci spalín ve spalovací komoře. Legislativou požadovaná teplota spalín 850°C na konci spalovací komory je udržována v případě nestandardních podmínek stabilizačním výkonovým hořákem na zemní plyn. Velikost a tvar spalovací komory za posledním přívod-

dem vzduchu je volen tak, aby byla zaručena zdržná doba spalin 2 s při 850°C. Provedení spalovací komory je dvoutahové.

Spaliny poté vstupují do žárotrubného parního kotle, kde je generována pára o příslušných parametrech.

Pro čištění spalin je použita primárně tzv. suchá technologie čištění spalin, sekundárně mokrá louhová vypírka. Mokrá vypírka však nemusí být v některých případech použita.

Energetické centrum je koncipováno jako samostatný provozní soubor spalovny. Jeho účelem je využití páry vyrobené v kotli spalovenské linky ke generování elektrické energie. Elektrická energie je generována pomocí náporové turbíny.

Součástí Energocentra je parní turbína s příslušenstvím, dále aparáty pro úpravu surové vody, úpravu kondenzátu, napájecí a kondenzátní nádrž, napájecí a kondenzátní čerpadla, kondenzátor, ohříváky napájecí vody, vzduchový kondenzátor a trafostanice.

Technologická část

Provozní soubory

Technologické zařízení spalovny je rozděleno na PROVOZNÍ SOUBORY (PS) a DÍLČÍ PROVOZNÍ SOUBORY (DPS). Popis některých nejdůležitějších z nich následuje.

PS 01 Příjem a skladování tuhých komunálních odpadů

Tuhé komunální odpady (TKO) jsou přiváženy do areálu spalovny pomocí nákladních automobilů. Příjem TKO a výjezd vozidel z areálu je prováděn přes vrátnici. Vedle vrátnice je umístěna silniční váha. Poté co je TKO zaregistrován, je uložen do provozního zásobníku odpadu.

PS 03 Technologie spalování TKO

Spalování komunálního odpadu probíhá ve spalovací komoře moderní konstrukce s pohyblivým vratisuvným roštem. Tato osvědčená konstrukce spalovací komory umožňuje spalování běžného komunálního odpadu v širokém spektru složení. Dokonalé spálení odpadu je zajištěno vícestupňovým přívodem spalovacího vzduchu a změnou rychlosti posuvu odpadu na roštu.

Spalovací rošt je vratisuvný (reverzní) vyvinutý speciálně pro spalování tuhých komunálních odpadů. Je navržen tak, aby byla zajištěna doba zdržení dostatečně dlouhá pro vyhoření spalitelných složek odpadů při současně nízkých emisích CO a NOx.

Rošt je skloněn vůči horizontální rovině a je tvořen střídavě pevnými a pohyblivými roštnicemi. Díky zpětnému pohybu pohyblivých roštnic, jenž jdou proti přirozenému toku vrstvy odpadu, je spalovaný odpad promícháván. Rošt je ovládán hydraulicky.

Škvára vzniklá spalováním odpadů je odstraňována pomocí extraktoru škváry.

PS 04 Využití získaného tepla

Využití tepelné energie spalin probíhá v utilizačním kotli, který navazuje na spalovací komoru. Kotel je žárotrubný se třemi chody. Průběžné čištění teplosměnných ploch je zajištěno parními ofukovači. Součástí kotle je také oddělený ekonomizér, který je zařazen až za systémem čištění spalin.

Parní výkon kotle je určen složením a množstvím paliva (odpadu vstupujícího do spalovacích zařízení).

Teplo vzniklé při tepelném zpracování odpadů je využito k výrobě přehřáté páry. Parametry vyráběné páry jsou následující:

- Teplota: cca 220°C

- Tlak: cca 14 bar (abs.)

Vyrobená pára je parovodem přivedena k parní turbíně. Parní kotel je napájen chemicky a termicky upravenou vodou.

PS 05 Čištění spalin

Jednou z nejdůležitějších částí ZEVO je zařízení na čištění spalin, které především určuje výsledný efekt zneškodňování odpadů spalováním. Spaliny jsou kontaminovány TZL (prachové částice), kyselými plyny (SO_2 , HCl, HF), oxidy dusíku NO_x , těžkými kovy a organickými látkami (PCB, PCDD/F). Jednotka je vybavena filtrem s keramickými filtračními elementy pracujícími na principu katalytické filtrace a suchým čištěním spalin za použití hydrogenuhličitanu sodného (sody). Problematika snižování NO_x je řešena primárně technologií selektivní nekatalytické redukce - SNCR.

Nabízená koncepce čištění spalin představuje uspořádání vyhovující nejpřísnějším požadavkům a zahrnuje progresivní katalytický rozklad látek typu NO_x a PCDD/F. Použité technologie splňují poslední požadavky BAT / BREF dokumentů a jsou vyžadovány pro nové ZEVO čerpající dotace z fondů EU.

DPS Suchá sorpce

Pro čištění spalin je použita technologie suché sorpce za použití hydrogenuhličitanu sodného (NaHCO_3), kdy se do spalinovodu dávkuje tento jemně mletý sorbent, který neutralizuje kyselé složky spalin (HF, HCl a SO_2). Míru vyčištění spalin od kyselých složek lze regulovat množstvím dávkovaného sorbentu.

Dávkovaný sorbent NaHCO_3 se skladuje v big-bagu, sorbent je z big-bagu přes dávkovací šnek pneumaticky dopravován do reaktoru suché sorpce.

Reakcemi sorbentu s kyselými polutanty vznikají tuhé sodné soli, které se odlučují ze spalin společně s popílkem v odprašovací zařízení – ve filtru. Vhodné podmínky pro průběh výše zmíněných sorpčních procesů, (dosažení požadované reakční doby a promísení škodlivých molekul ve spalinách s částicemi sorbentu), jsou zajišťovány kontaktořem.

Výstupní zaprášené spaliny z kontaktořu obsahující popílek, sorbent a soli vzniklé neutralizací kyselých složek jsou zavedeny do filtru.

DPS 4D filtrace

Spaliny vystupující z kontaktořu jsou přiváděny spalinovým potrubím do vstupního kolektoru filtru a odtud jsou rozváděny do jednotlivých komor filtru, ve kterých dochází na filtračních elementech k dokonalému odprášení a ke snížení emisí dioxinů, oxidů dusíku a těkavých uhlovodíků. Specifický popis technologie viz kap. 4.6 (Dioxiny a Furany).

DPS SNCR technologie

Technologie SNCR slouží ke snížení emisí NO_x na legislativou požadovanou úroveň. Jedná se o nekatalytickou selektivní metodu spočívající v rozprašování redukčního roztoku (močovina se speciálními aditivy) do spalovací komory kotle v pásmu teplot $880 - 1050^\circ\text{C}$. Redukční roztok je tvořen 40% roztokem technické močoviny se surovou, filtrovanou vodou, obohacenou speciálním koncentrátem. Čpavkový skluz, který je nedílnou součástí metody SNCR v případě, kdy jsou požadovány vyšší účinnosti, je pozitivně zužitkován a snižován pomocí nasazení katalytické selektivní redukce NO_x v rámci 4D filtrace.

DPS Mokrý vypírka

Tento uzel není nutno pro běžný komunální odpad realizovat, protože čištěním spalin výše popsaným způsobem se dosáhne splnění platných emisních limitů. Pokud by se komunální odpad nějak vymykal normálu (např. by trvale obsahoval zvýšené množství znečišťujících látek jako např. chloru, těžkých kovů a pod.), pak by bylo vhodné doplnit i tento uzel.

Primárním úkolem mokré vypírky je odstranění těžkých kovů a poskytnutí pufrací kapacity v případě koncentračních špiček kyselých polutantů. Díky tomu, že mokrá vypírka není nasazena jako primární technologie na odstranění kyselých polutantů, je uvažována pouze jako 1. stupňová jednoduchá protiproudě skrápěná výplňová kolona, ve které jsou spaliny prudce ochlazeny vstříkovaním prací vody na teplotu okolo 70°C. Spaliny jsou nasycovány vodou, dochází ke kondenzaci plyných oxidů těžkých kovů a jsou absorbovány případné zbývající kyselé složky obsažené ve spalinách (SO₂, HCl a HF). Volně ložená výplň ve válcové části pračky zajišťuje intenzivní styk spalin a pracího roztoku, do kterého je regulovaně dávkován hydroxid sodný (NaOH). Spaliny směřují zdola nahoru a prochází výplní protiproudě zkrápěnou pracím roztokem. Na výstupu z pračky je instalován odlučovač kapek. Prací roztok je udržován na hodnotě pH 7. Teplota spalin na výstupu z pračky odpovídá saturační teplotě vodní páry a pohybuje se v rozmezí od 50 do 60°C dle absolutního tlaku v pračce.

Doplňování chemických činidel (NaOH, popř. Na₂SO₃ nebo Na₂S) a procesní vody se provádí automaticky dle kontinuálně měřeného pH. Prací roztok z druhého stupně je shromažďován v zásobní nádrži na spodku pračky, odkud je čerpadlem recirkulován. Část pracího roztoku je svedena do zásobní nádrže.

Do provozního souboru pračky patří provozní a skladové zásobníky louhu, zásobní nádrž, příslušná dávkovací a cirkulační čerpadla jednotlivých okruhů. Zasolený prací roztok je zneškodňován nástřikem do proudu spalin za kotlem. Pro případný havarijní nouzový stav, kdy by nebylo možné teplotu spalin před vstupem do pračky snížit zástřikem prací vodou, je celý druhý stupeň čištění spalin vybaven by-passem.

PS 10 Elektro, MaR, řídicí a informační systém

Součástí orientační nabídky jsou veškeré potřebné pohony ventilátorů, čerpadel, ventilů a klapek, elektroinstalace, kabeláže, a veškeré snímače a měření pro bezpečný provoz jednotky. Provoz technologie bude řízen řídicím systémem. Součástí dodávky je též zbudování místního osvětlení technologie a provedení uzemnění ocelových konstrukcí.

Provozní soubor ELEKTRO - SILNOPROUD zahrnuje všechna zařízení potřebná pro napájení a jištění jednotlivých elektrických spotřebičů celé technologie, spouštění a řízení pohonů (čerpadla, ventilátory atd.), včetně silnoproudé kabeláže a rozvaděčů. Patří sem rovněž silnoproudá zařízení související s napájením přístrojů MaR.

Provozní soubor Elektro obsahuje:

- elektropohony (pro ovládání klapky), solenoidových a regulačních ventilů, dodávku frekvenčních měničů, dodávku jistících a spínacích prvků, dodávku kabeláže, kabelových tras, sdrůžovacích a napájecích skříněk a rozvaděčů Elektro
- kompletní elektro montáž dodaného zařízení
- kompletní projektovou a provozní dokumentaci a inženýrskou činnost, včetně uvedení do provozu a garančních zkoušek.

Soubor MaR zahrnuje veškerou potřebnou "polní instrumentaci" technologie. Jsou to všechna potřebná čidla teplot, tlaku, průtoku, hladiny a dalších fyzikálních veličin a analyzátor koncentrace O₂ a složení. Do procesní polní instrumentace patří i některé akční členy, měřicí a regulační okruhy, potřebná kabeláž, rozvodné skřínky a rozvaděče.

Provozní soubor MaR obsahuje:

- potřebné přístroje MaR (čidla teploty, tlaku, průtoku, hladiny, měření pH) včetně odběrových ventilů a ventilových souprav, návarků a montážního materiálu
- dodávku kabeláže, kabelových tras, sdrůžovacích a napájecích skříněk a rozvaděčů pro přístroje MaR

- kompletní elektro montáž dodaného zařízení
- kompletní projektovou a provozní dokumentaci a inženýrskou činnost, včetně uvedení do provozu a garančních zkoušek.

Systém řízení je na základní úrovni rozdělen na funkční subsystémy (jako např. vstupy médií a surovin, spalovací zařízení, utilizace tepla spalin, atd.). Subsystémy jsou řízeny podružnými řídicími stanicemi, které zpracovávají a vyhodnocují signály přicházející z technologického procesu na jeho vstupy (vstupní signály) a na základě naprogramovaných algoritmů vydávají na své výstupy povely (výstupní signály), kterými se ovládají jednotlivé akční členy (klapky, ventily, topná tělesa apod.).

Podružné řídicí stanice jsou řízeny centrální stanicí. Pro centrální ovládací a vizualizační stanici a taktéž pro podružné řídicí stanice je uvažováno se systémem Siemens včetně PC + monitor, na kterém bude realizována vizualizace a řízení technologického procesu.

Monitorovací systém zabezpečuje komfortní styk operátora s vlastním technologickým procesem. Plní funkce vizualizační, ovládací a dozorovací. Vizualizační funkce spočívá v zobrazení přehledové obrazovky s hrubým přehledem o celé technologii s možností několikasupňového “zamoření”, až k zobrazení jednotlivých aparátů a strojů s detailními informacemi o teplotách, tlacích, hladinách, průtocích a dalších údajích.

Ovládací funkce monitorovacího systému umožňuje operátorovi provádět ruční řízení vybraných okruhů, přestavování požadovaných hodnot regulačních smyček a mezí pro akční zásahy, signalizaci a alarmy. Úroveň povolených zásahů jednotlivých pracovníků do systému je dána definovaným stupněm přístupových práv.

Dozorovací funkce zajišťuje zobrazení okamžitých hodnot technologických veličin na schématu na displeji, archivaci technologických veličin s možností tisku číselných a grafických průběhů. V rámci dozorovací funkce disponuje řídicí systém několika úrovněmi alarmů a hlášením poruchových stavů i s výstupem na tiskárnu, signalizačními prvky pro zobrazení polohy hlavních armatur a stavu elektropohonů atd.

Orientační technologické parametry

Základní parametry	
Typ zařízení:	Zařízení na termické zpracování komunálních odpadů s výrobou páry a generováním elektrické a tepelné energie
Celková kapacita zařízení	10 kt/rok směsného komunálního odpadu a dalších odpadů typu „O“
Výkon náporové turbíny:	cca 120 kWel
Výkon v topné vodě	cca 2 400 kWt
Celkový fond pracovní doby:	max. 8.000 h / r
Typ spalovacího zařízení:	<ul style="list-style-type: none"> • spalovací komora s vratisuvným roštem • žárotrubný parní kotel • teplota ve spalovacím prostoru nad 850°C • min. zdržná doba 2 s, • produkovaná pára 220°C/14 bar(abs)
Výkonnost zařízení:	1 t/h komunálního odpadu (při max. 8000 h/r a výhřevnosti 11 MJ/kg)
Stabilizační a přídavné palivo:	zemní plyn, výhřevnost 35 MJ/m ³
Využití tepla:	výroba přehřáté páry ke generování elektrické energie a využití zbytkového tepla pro účely vytápění
Čištění spalin:	<p>SO₂, HCl, HF: suchá technologie čištění spalin s injektáží hydrogenuhličitanu sodného se separací vzniklých solí povrchovou filtrací</p> <p>NO_x: Selektivní nekatalytická redukce nástřikem roztoku močoviny do spalovacího prostoru</p> <p>Selektivní katalytická redukce na katalyzátoru implementovaném v keramických filtračních elementech</p> <p>PCDD/F: Selektivní katalytická redukce na katalyzátoru implementovaném v keramických filtračních elementech</p> <p>Těžké kovy: Injektáž aktivního uhlí a následné odloučení povrchovou filtrací na filtračních elementech</p> <p>TZL: Povrchová filtrace na keramických elementech</p>

Tab. 9 Základní parametry technologie (17)

Orientační údaje o výstupních produktech	
Parametry produkované páry:	<ul style="list-style-type: none"> • pára je vyráběná pro pohon turbíny • teplota 220 °C, tlak 14 bar (abs.) • celkové množství cca 4,5 t/h
Produkce spalin:	<ul style="list-style-type: none"> • množství cca 8 000 m³/h • teplota na vstupu do komína cca 70 °C
Produkce kapalných odpadů	<ul style="list-style-type: none"> • množství odpadní vody cca 0,3 m³/h
Produkce pevných odpadů	<ul style="list-style-type: none"> • množství škváry cca 240 kg/h • množství popílku cca 45 kg/h
Pozn.: Bilanční data platí pro výhřevnost odpadu 11MJ/kg	

Tab. 10 Orientační údaje o výstupních produktech (17)

Garantované parametry kontaminantů ve výstupním vyčištěném plynu (denní limity)		
Kontaminant	Koncentrace	Jednotka
Prach	10	mg/m ³
SO ₂	50	mg/m ³
NO _x	200	mg/m ³
CO	100	mg/m ³
Σ C	10	mg/m ³
HCl	10	mg/m ³
HF	2	mg/m ³
Cd +Th	0,05	mg/m ³
Hg	0,05	mg/m ³
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	0,5	mg/m ³
PCDD/F	0,1	ng TEQ/m ³
<i>Pozn.: Koncentrace jsou vztaženy na suché spaliny při normálních podmínkách a referenčním obsahu kyslíku 11 %.</i>		

Tab. 11 Garantované denní limity ve výstupním vyčištěném plynu (17)

Orientační údaje o spotřebě	
<i>Spotřeba zemního plynu</i>	▪ průměrně cca 25 kWh/t odpadu
<i>Spotřeba elektrické energie</i>	▪ vlastní spotřeba cca 100 kWel
<i>Spotřeba vody</i>	▪ cca 0,8 m ³ /h
<i>Spotřeba aditiv</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ množství NaHCO₃ cca 20 kg/h ▪ množství HCl, NaOH, Na₃PO₄, hydrazin, aminy, metalsorb cca 2,5 kg/h ▪ redukční činidlo pro SNCR cca 15 kg/h

Tab. 12 Orientační údaje o spotřebě (17)

5. Projekt s názvem „Mikroregiony“ [11] [12]

5.1. Základní principy projektu

Evropský parlament schválil před nedávným časem rámcovou směrnici o odpadech. Jedná se o zásadní předpis, který upravuje požadavky na nakládání s odpady v celé evropské sedmadvacíctce. Tato rámcová směrnice na evropské úrovni v závazném právním předpisu jasně definuje hierarchii nakládání s odpady, kdy na prvním místě je prevence vzniku odpadů, poté jeho opětovné používání, dále recyklace následovaná energetickým využitím. Teprve odpady, které není možné již nijak využít, by měly být odstraňovány – spalováním či skládkováním. Tato pravidla se postupně promítají do legislativy jednotlivých států EU a tedy i ČR.

Maximální možné využití obnovitelných zdrojů v jednotlivých regionech a současně minimalizace množství odpadu s důrazem na co největší míru jejich recyklace jsou bezesporu správným trendem. V době celosvětové hospodářské krize však vystupují na povrch souvislosti, které jsme si dříve neuvědomovali a tak se například pro velkou většinu vytríděného odpadu v podobě PET lahví a papíru obtížně shánějí odbytiště a třídění spolu s recyklací tím do jisté míry ztrácí bohužel smysl. Pod tímto dojmem vyvstává otázka, zda nyní používané postupy a technologie jsou těmi nejlepšími.

Často zmiňovaným problémem třídění a recyklace jsou emise a odpady spojené s přepravou a zpracováním původního odpadu. Nejvíce zřejmým příkladem je přeprava recyklovaného odpadu ke zpracování do Číny, kdy náklady, emise a environmentální dopady, zcela popírají samotnou pohnutku k recyklaci a dalšímu zpracovávání odpadu (nyní již druhotné suroviny).

Námi navrhované komplexní řešení klade důraz na minimalizaci dopravních vzdáleností, to znamená zpracování odpadních produktů a odpadů, jeho využití v místě co nejbližšímu místu jejich vzniku, to je přímo v mikroregionu. Koncepce počítá s recyklací těch odpadů, o které je u zpracovatelů zájem.

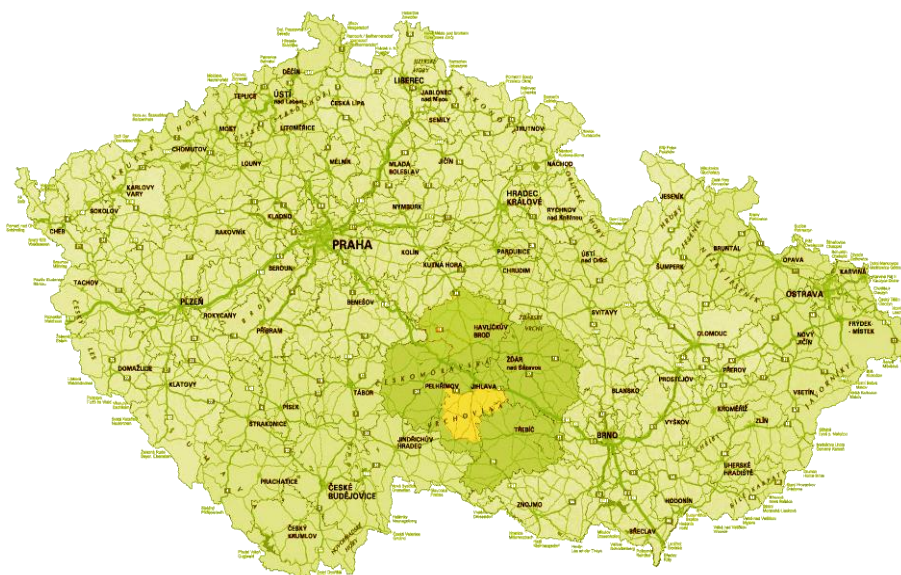
Cílem je minimalizace zatížení životního prostředí od všech typů odpadních produktů (pevných, kapalných, plyných) v celém mikroregionu, při současném maximálním využití odpadních produktů jako zdroje druhotných surovin a energie. To povede ke snížení energetické závislosti mikroregionu, omezení spotřeby fosilních paliv a poklesu produkce emisí včetně skleníkových plynů.

5.2. Předpoklady

Pohledem na mapu České republiky zjistíme, že jednotlivé mikroregiony se od sebe v mnohém liší (velikostí a tvarem, polohou, počtem obcí, počtem obyvatel, atd.) a v některých ohledech jsou si podobné.

Vyjděme z těchto podobností a pro lepší názornost uvažujme o typickém mikroregionu s převažujícím zemědělským charakterem a částečným pokrytím lesními porosty. Dalším společným znakem mikroregionů může být i kanalizační soustava jednotlivých obcí, vyústěná do vodoteče procházející mikroregionem.

Proto předpokládáme, že základními obnovitelnými zdroji pro výrobu energie bude biomasa vznikající jako odpadní produkt zemědělské výroby (sláma z kukuřice, ze slunečnic, z řepky olejky, z obilovin, atd.), dále odpadní produkty z chovu zvířat (hnůj, kejda, trus, atd.) a odpadní produkty z lesní výroby, dřevozpracujícího průmyslu, pěstování sadů, vinic, parků (štěpka zelená a hnědá, kůra, piliny, odřezky, atd.).



Obr. 126 Specifický popis

Dále předpokládáme, že každý typický mikroregion produkuje komunální odpad, který po zpracování a vytrídění může být využit jako druhotná surovina, alternativní palivo nebo rovněž částečně použit jako biomasa (kuchyňský odpad, odpad z potravin, atd.). Specifickým komunálním odpadem mikroregionu jsou odpadní vody, které lze za určitých podmínek rovněž považovat za zdroj energie.

Velmi důležitým předpokladem je zájem vyrábět a prodávat elektrickou energii, spolu s využitím přebytečného odpadního tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody v mikroregionu.

5.3. Koncepce řešení systému MIKROREGION

Za výše uvedených předpokladů se nabízí několik variant technického řešení. Na základě bohatých praktických zkušeností s řešením podobných projektů a optimalizačních výpočtů se jeví jako vhodné využití čtyř základních principů realizovaných ve čtyřech samostatných provozních souborech, která tak tvoří základ systému. Tyto čtyři základní principy potom tvoří základ otevřeného systému a je možné je libovolně kombinovat a doplňovat dalšími technologickými celky tak, aby byl vytvořen systém „šitý na míru“ jakémukoli zadání.

- **Anaerobní fermentace biologicky rozložitelných materiálů spojená s výrobou bioplynu** a následnou výrobou elektrické energie, s využitím nízkopotenciálního odpadního tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody.

To znamená cílený a organizovaný sběr bio materiálů z pěstování zemědělských plodin v mikroregionu. Tyto materiály se upraví podle druhu a dle jejich vlastností, buďto drcením s následným uložením do zásobníků (silážování) nebo balíkováním a uložením do stohů nebo do kolny. Tím se vytvoří zásoba těchto materiálů na celý rok (od sklizně po sklizeň).

Dalším substrátem pro výrobu bioplynu jsou odpadní produkty z chovu dobytka v mikroregionu (keřda, hnůj atd.). Tento materiál se zpracovává průběžně po celý rok, společně s bio materiálem.

Kal zbylý po fermentaci je využitelný jako kvalitní hnojivo v zemědělské výrobě.

- **Čištění odpadních vod vznikajících v mikroregionu s aplikací anaerobní fermentace za-huštěných surových kalů spojené s výrobou bioplynu a následnou výrobou elektrické energie, s využitím nízkopotenciálního odpadního tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody.**

V případech, kdy kal zbylý po fermentaci není možno použít v zemědělské výrobě, např. z důvodu vysokého obsahu těžkých kovů, je stabilizovaný kal po jeho vysušení odpadním teplem použitelný jako alternativní palivo (viz níže).



Obr. 127 Výroba bioplynu za pomoci anaerobní fermentace

- **Sběr odpadů, jejich separace, úprava a zpracování s následným využitím jako druhotných surovin a alternativních paliv.**

Cílený a organizovaný sběr odpadů z mikroregionu, jejich separace na skupiny dle vlastností. Úprava a zpracování (drcení, paktování, lisování, odvodnění, atd.), prodej druhotných surovin, výroba a prodej alternativních paliv a zpracování ostatních vytříděných materiálů termickými procesy (pyrolýza, zplyňování, spalování). Odseparovaný bioodpad (cca 30% komunálního odpadu) se zpracuje výše uvedenou anaerobní fermentací.



Obr. 128 Separační linka odpadu

- **Energetické využití alternativních paliv, kontaminované biomasy a případně kalů za účelem využití tepla na výrobu páry a následnou výrobu elektrické energie s využitím nízkopotenciálního odpadního tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody v mikroregionu.**

Hlavním účelem této části je energetické využití alternativních paliv jako jednoho z výstupů separace odpadů. Tyto materiály mají často dostatečnou výhřevnost pro termické využití nebo jsou spalitelné po vysušení nebo jiné úpravě.

Dále také toto zařízení umožňuje energetické využití biomasy, jejichž zpracování v rámci bioplynové stanice je nepřipustné nebo neefektivní (např. kontaminovaná biomasa) nebo jsou obtížně rozložitelné anaerobní fermentací a přitom mají dostatečnou výhřevnost pro přímé termické využití. Zařízení je rovněž možno upravit na spalování kalu z ČOV, pokud jej nelze zapravit do pudy z důvodu vysokého obsahu těžkých kovů.

Nespalitelný zbytek po termickém zpracování (popel, struska) je z velké části využitelný jako inertní stavební materiál.



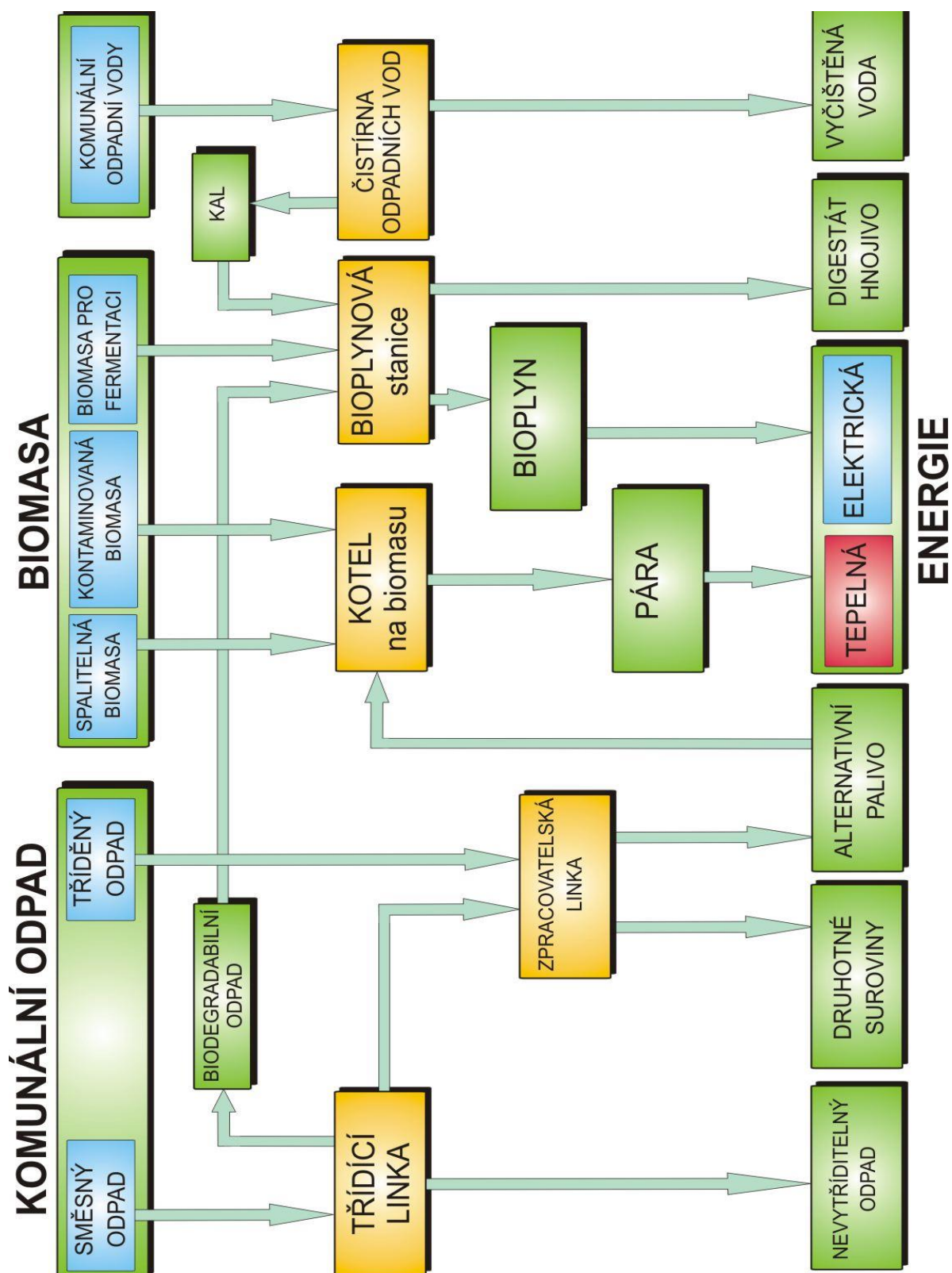
Obr. 129 Zařízení na termické využití biomasy

Každý provozní soubor má svůj autonomní malý řídicí systém, který umožní danému provoznímu souboru naprosto samostatný nezávislý chod. Použití vyspělých řídicích systémů pro měření a řízení technologických procesů a přenosu provozních dat umožňuje umístění jednotlivých provozních zařízení v libovolném vhodném místě mikroregionu. Jejich dispozice jsou pak určeny zejména blízkostí zdrojů surovin s ohledem na minimalizaci dopravních vzdáleností a případně vzdáleností spotřeby tepla.

Specifickým znakem systému MIKROREGION, je použití nadřazeného řídicího systému umístěného v objektu dispečinku systému MIKROREGION. Objekt dispečinku je prostorově nenáročný a může ho tvořit jediná místnost umístěná ve vhodném místě mikroregionu, například kancelář na obecním úřadu. Zde je možno, prostřednictvím jediného PC napojeného na internet, monitorovat a v případě nutnosti i ovlivňovat chod všech výše popsaných provozních souborů tvořících systém MIKROREGION. Je zde prováděn sběr a archivace všech důležitých dat o provozu zařízení v mikroregionu, o výrobě energií, o zásobách a spotřebě biomasy a alternativních paliv a o stavu odpadového hospodářství v mikroregionu. Z tohoto dispečinku se může řídit logistika přesunu hmot v mikroregionu (biomasy, odpadů, druhotných surovin, alternativních paliv, atd.), optimalizovat distribuci energií apod.

Otevřený systém umožňuje začlenění již existujících provozních zařízení a rovněž rozšiřování o nové provozní soubory dle momentálních potřeb a finančních možností mikroregionu.

V odůvodněných případech je výhodné seskupit některá provozní zařízení a využít synergické efekty mezi technologiemi. Tím lze dosáhnout vyšší energetické a ekologické účinnosti při současné minimalizaci investičních a provozních nákladů.



Obr. 130 Schématické znázornění projektu Mikroregion

5.4. Možnosti rozšíření a doplnění systému MIKROREGION

Vzhledem otevřenosti a koncepci systému MIKROREGION je možné bezproblémové doplňování a rozšiřování systému o další provozní soubory a uzly v závislosti na specifických vlastnostech a potřebách konkrétního mikroregionu, či případně provést jejich modernizaci s využitím posledních poznatků z příslušného oboru. Mezi doplňkové a rozšiřující provozní soubory systému tak může být zařazena např.:

- výroba tepla pomocí slunečních kolektorů,
- výroba tepla pomocí tepelných čerpadel,
- výroba elektrické energie pomocí slunečních fotovoltaických kolektorů
- výroba elektrické energie pomocí větrných elektráren,
- výroba elektrické energie pomocí malých vodních elektráren,
- různé další specializované technologie a příslušenství, vhodné pro začlenění do systému MIKROREGION –(viz následující příklad).

Jedním z příkladů specializované technologie může být **zařízení na získávání (odstraňování) CO₂** (jako skleníkového plynu) z plyných proudů bohatých na CO₂. Těmito proudy mohou být spaliny ze spalování biomasy, ze spalování alternativních a fosilních paliv, ale také spaliny z bioplynu.

Zajímavým může být i odstraňování CO₂ přímo z bioplynu, který obsahuje mimo jiné 30 až 50 % CO₂ a snižuje tak celkovou výhřevnost bioplynu. Znamená to, že odstraněním CO₂ z bioplynu se zabrání jeho úniku do atmosféry (ekologické důvody) a současně se zvýší výhřevnost vyčištěného plynu (energetický důvod).

Dalším příkladem specializované technologie je **jednotka na pyrolýzu tříděných odpadů**. Pyrolýza je termický proces, který probíhá bez přístupu vzduchu (kyslíku), při kterém nedochází k hoření produktů, nejedná se tedy o klasické spalování.

Tato perspektivní technologie je určena k energetickému zhodnocení tříděných organických odpadů. Dokáže vstupní materiál, působením vysoké teploty, rozložit na plyné, kapalné a pevné složky, které lze dále využít nejen jako vstupní surovinu pro další průmyslové obory, ale především je lze energeticky využít. Vstupní suroviny, tj. tříděný odpad jako např. pneumatiky, termoplasty, termosety, elastomery, kaučuky, pryže, biomasa, seno, sláma, štěpka, nemocniční odpad, koks, uhlí, nízkenergetické uhlí, brusné kaly, kaly z ČOV, kontaminovaná půda, barvy, rozpouštědla, nebezpečné odpady, kůže, pryskyřice, ropné zbytky, směsi vybraných druhů odpadů a jiné tříděné organické materiály. Vstupní surovina je drcená, nařezaná, nastříhaná, granulovaná, mletá, sypká nebo tekutá forma. Nedoporučuje se prachová forma.

Výstupem pyrolyzní jednotky je tepelná energie a další tři hmotné proudy: plyná frakce, kapalná frakce a pevný zbytek. Jejich složení, množství, výhřevnost a další vlastnosti závisí do značné míry na vstupních materiálech. Všechny tyto frakce lze 100% využít.

Pyrolyzní plyn (syntézní plyny, energoplyn), je směs metanu, etanu, etenu, propanu, propenu, butanu, butenu, vodíku a dalších par a plynů. Pyrolyzní plyn lze použít v kogenerační jednotce k výrobě elektrické a tepelné energie.

Pyrolyzní kondenzát obsahuje směs kapalných uhlovodíků, biooleje, dehty, a další látky jako aromatické chemikálie, pyronaftu, rozpouštědla, maziva, změkčovadla atd...

Pevný zbytek, neboli pyrolyzní koks obsahuje čistý uhlík, aktivní uhlík, saze, dřevěné uhlí a další pevné zbytky obsažené ve vstupním materiálu.

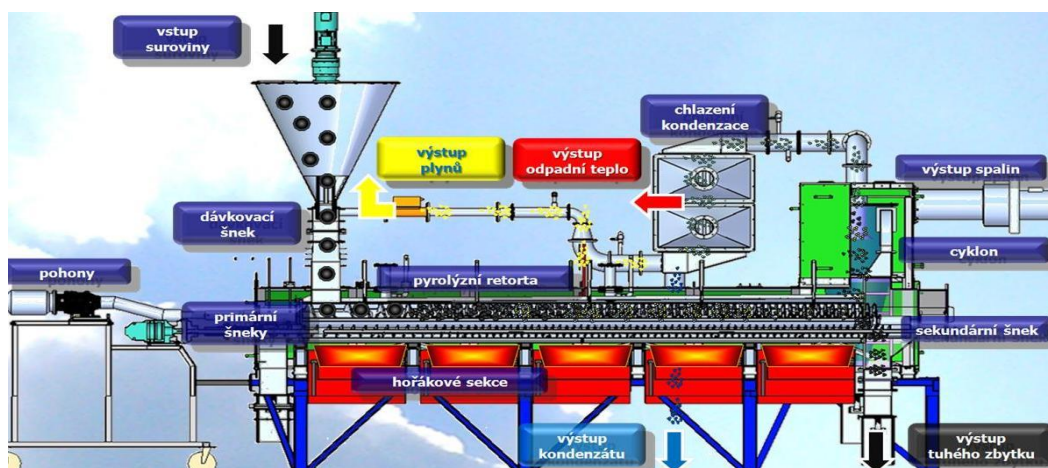
Energetický potenciál: 1 tuna tříděného organického odpadu = 0,8-1,4 MW energie.

Příklady vstupů a výstupů: při zpracování 1t drceného odpadu jsou tyto výsledky

Vstup	Pyrolyzní koks	Pyrolyzní kondenzát	Pyrolyzní plyn	Výhřevnost plynu	Teplo	El.energie
Pneumatiky	350-400kg	170-250l	180-200m ³	38MJ/kg	900kWt	640kWe
Plasty	250-300kg	140-170l	140-160m ³	25MJ/kg	530kWt	370kWe
Biomasa	200-300kg	190-290l	120-140m ³	14MJ/kg	260kWt	180kWe

Tab. 13 Příklady vstupů a výstupů při zpracování 1t odpadu

Popis jednotky: Hlavním prvkem pyrolyzní jednotky je kovová retorta, která má plovoucí uložení. Ohřev retorty zajišťuje 5 hořákových sekcí (samostatně regulovatelných) s potřebným tepelným výkonem. Pro nastartování jednotky se používá propan. Jednotka však umožňuje zajištění ohřevu retorty spalováním části vyrobeného pyrolyzního plynu. Potřebný vstupní plyn pro zajištění ohřevu 7-9 MJ, objem výstupního pyrolyzního plynu 20-40 MJ dle vstupních surovin nebo odpadů. Pohyb zpracovávaného materiálu je zajišťován pomocí systému šneků. Vývoj tepla z jednotky je pomocí výměníků. Jednotka je řízena vlastním řídicím procesorem.



Obr. 131 Technologické schéma pyrolyzní jednotky

Provozní podmínky: Řízený proces s měřením a regulací procesních podmínek (objem vstupní suroviny, otáčky šneků, teplota, tlak, atmosféra). Průměrná pracovní teplota retorty 500-700°C. Maximální provozní teplota 800°C. Proces je plně automatizován s přednastaveným algoritmem zpracování základních organických materiálů a s ostatními technologickými parametry (čištění, kontrola, havarijní stavy).

Vlivy na ŽP: V průběhu procesu nevznikají toxické plyny. Pyrolyzní jednotka je uzavřená a pracuje bez přístupu kyslíku a s inertním plynem (nevzniká zápach). Proces termického rozkladu je bez vzniku emisí. Pyrolýza je bezodpadový proces, při kterém nevzniká hoření, nejedná se o spalovnu.

5.5. Hlavní přednosti systému MIKROREGION

Mezi hlavní přednosti a zásady řešení koncepce systému získávání energie z biomasy a odpadů patří:

- minimalizace zatížení životního prostředí od všech typů odpadních produktů (pevných, kapalných, plyných) v celém mikroregionu,
- maximální využití obnovitelných zdrojů energie produkovaných v mikroregionu,
- maximální reálné využití komunálního odpadu jako druhotné suroviny a pro výrobu energie v mikroregionu,
- minimalizace spotřeby fosilních paliv pro výrobu energií v mikroregionu,
- snížení závislosti mikroregionu na dodávkách energií z vnějšího okolí a to i v období energetických krizí,
- záruka bezproblémového plnění všech ekologických parametrů plynoucích z legislativy, vzhledem k tomu, že jednotlivá použitá technologická zařízení vychází z provozně dobře osvědčených prvků,
- minimalizace tvorby emisí a minimalizace dodatečných nákladů, souvisejících s dálkovou přepravou odpadů, respektive biomasy a fytomasy na místo využití mimo vlastní mikroregion,
- snížení tvorby CO₂ (jako skleníkového plynu), NO_x a dalších emisí ze spalování ušetřených fosilních paliv a pohonných hmot,
- eliminace úniku metanu a dalších uhlovodíkových plynů (jako skleníkových plynů), vznikajících při neřízených hnilobných procesech a skládkování odpadů,
- omezení záboru půdy na skládky odpadů a snížení rizika kontaminace půdy a spodních vod nebezpečnými látkami ze skládkování,
- možnost doplňování a rozšiřování systému o další provozní soubory a uzly v závislosti na specifických vlastnostech a potřebách konkrétního mikroregionu.

5.6. Stručný popis technického řešení základních uzlů systému

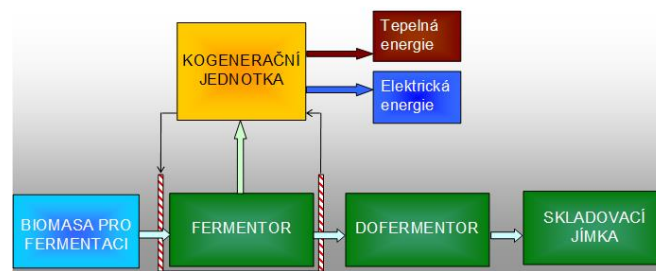
Anaerobní fermentace spojená s výrobou bioplynu

V bioplynové stanici lze zpracovávat téměř vše organického původu, tzn. vše, co vyrostlo a je rostlinného nebo živočišného původu. Překážky pro zpracování některých materiálů klade legislativa (např. rizikové kadavery), ale i ekonomika (prostě se to nevyplatí) a lidský pohled (např. potraviny).

Reprezentativní vzorek běžně zpracovávaných materiálů vypadá např.: exkrementy hospodářských zvířat, tráva, siláž, senáž, znehodnocené zemědělské produkty, zbytky z potravinářské výroby. Další velkou skupinou jsou odpady a to z tržišť, z masokombinátů, ze zpracování ovoce a zeleniny, ale i zmíněné biologické odpady vytříděné v třídící lince z komunálních odpadů a rovněž zahuštěný kal z čištění odpadní vody v komunální ČOV.

Jako vstupy nám budou například sloužit materiály běžné na zemědělské farmě s chovem krav a prasat a zbytková siláž, seno, sláma, ztuchlé obilí a podobně. Je nutné podotknout, že materiály jsou v rámci farmy za nulovou hodnotu, protože hnojivý přínos uvedených statkových hnojiv se po zpracování v bioplynové stanici nezmění.

Před vstupem do fermentoru jsou uvedené vstupy smíchány v homogenizační jímce opatřené míchadlem a dávkovacím čerpadlem. Čerpadlo dávkuje připravený substrát do reaktoru, jehož velikost závisí na době zdržení vsádky v reaktoru. Pokud nejsou vstupy z pohledu rozložitelnosti nikterak náročné, postačí zdržení asi 22 dnů, ale někdy je zdržení až 60 dnů. Samotný fermentor je opatřen izolací, vyhříváním, mícháním a odvodem plynu. Fermentor je často vybaven i integrovaným plynovým



Obr. 132 Technologické schéma anaerobní fermentace

Denní výstupní množství substrátu bude zhruba odpovídat dennímu vstupnímu množství substrátu, sníženému o vzniklý bioplyn a vodní páru, která s plynem odchází. U výstupního substrátu přitom dochází k jeho stabilizaci a k rozkladu v něm obsažených složitých látek na jednoduché. Tyto jsou potom lépe přijímány rostlinami při použití výchozího substrátu jako hnojiva. Rovněž dojde ke snížení zápachu a zničení části choroboplodných zárodků a semen plevelů.

Hlavním výstupním proudem je bioplyn, který bude spalovat kogenerační jednotka, která jej přemění na elektrickou a tepelnou energii. Část tepelné energie (cca 30-40%) spotřebuje fermentor na udržení reakční teploty, další část je možné využít jiným způsobem. Elektrická energie bude dodávána do distribuční sítě.

Sběr odpadů, jejich třídění a separace

Hlavním účelem této části stavby, je zajistit ekologické zpracování zejména obyvatelstvem přetříděných komunálních odpadů vznikajících v zájmovém území a současně umožnit jejich další využití jako druhotné suroviny, nebo jako suroviny k výrobě alternativního paliva pro energeticky náročné provozy (např. cementárenské pece, hutní provozy, energetiku apod.), či pro výrobu energie ať už elektrické nebo tepelné.

Pod pojmem odpady se zde rozumí zejména tuhé komunální odpady (TKO). Tento odpad je buďto přetříděný nebo směsný a v zásadě jej lze rozdělit na několik nejvíce se vyskytujících složek:

- plasty – PET láhve, obaly kosmetických a hygienických výrobků, plastové obaly potravin atd.,
- papír – lepenka, karton, kancelářský papír, papírové obaly potravin, noviny, reklamní letáky, časopisy atd.,
- kov – plechovky, hliníkové obalové folie, drobné kovové předměty atd.,
- sklo – lahvový obalový materiál,
- guma - zejména opotřebované pneumatiky,
- dřevo – odpadní mořené, lepené, laminované,
- textil – znečištěné hadry z přírodních a umělých vláken,
- biologicky rozložitelný (kuchyňský) odpad
- další odpad – drobný netříditelný odpad, popeloviny, elektrospotřebiče, atd.

Základní koncepce třídící linky

Blokové schéma obecně koncipované třídící a zpracovatelské linky pro střední stupeň přetříděného odpadu s nízkým stupněm automatizace je uvedeno na Obr. 133. Většina třídících a zpracovatelských linek odpadu obsahuje následující zařízení a provozní soubory:

- Zařízení pro příjem odpadů a expedici produktů (váha, analýza složení, administrativní zázemí).
- Skladovací kapacity na přijímaný a zpracovaný odpad (velkoobjemové haly, skladovací boxy, bunkry, kontejnery, atd.).
- Třídící linky.
- Zpracovatelské linky (lisy, drtiče, peletizační, paketovací a balicí zařízení, homogenizéry, atd.).

- Manipulační a transportní technika (nákladní automobily, svozové vozy, vysokozdvizné vozy, nakladače, atd.).

Popis technologie

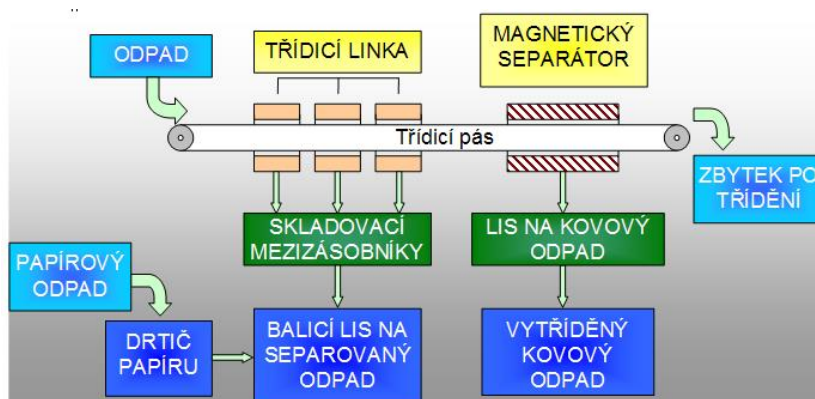
Tuhé komunální odpady (TKO) částečně přetříděné obyvatelstvem jsou přiváženy pomocí svozových vozů. Příjezd a výjezd vozidel je prováděn přes vrátnici vybavenou váhou a prostorem pro stání nákladních automobilů. Po zaregistrování je TKO uložen do příslušného zásobníku odpadu. Ze zásobníků je TKO přiváděn na třídící a zpracovatelskou linku k separaci a dalšímu zpracování. Určitý podíl odpadů není možné zařadit do žádné z tříděných kategorií. V případě, že obsahuje většinu spalitelných částic (bez PVC a chlorovaných látek), může být použit pro výrobu alternativního paliva pro cementárny. Zbýlý nespalitelný odpad je skládkován.

Třídící a zpracovatelská linka je umístěná v hale. Skládá se z několika dopravníků, třídících automatů, samotné linky s obsluhou, lisů na výrobu balíků, nebo drtičů na výrobu drti, případně kontejnerů na vytríděný materiál.

Podle zvoleného stupně automatizace tohoto provozu je zde nutný menší nebo větší podíl lidské práce, což ovšem může být výhodou z pohledu vytvoření nových pracovních míst a možného pracovního uplatnění osob s nízkou kvalifikací.

V případě vyššího podílu odpadů s vysokým obsahem vody (např. kuchyňský odpad), je nutno do zpracovatelské linky zahrnout i zařízení na odvodňování (např. kalolis). Tyto odpady jsou dále zpracovány v bioplynové stanici.

Výstupem zpracovatelských linek jsou produkty jako druhotné suroviny ve formě lisovaných balíků (plasty, papír, kovy) nebo drtě (plasty, papír, guma, sklo, kovy).



Obr. 133 Technologický postup třídění odpadu

Energetické využití biomasy, kontaminované biomasy a alternativních paliv

Hlavním účelem tohoto provozního souboru je energetické využití biomasy (dendromasy a fytomasy), jejíž zpracování v rámci bioplynové stanice je nepřípustné (např. kontaminovaná biomasa) nebo neúčelné (biomasa mající charakter paliva). Dále také umožňuje energetické využití alternativních paliv, což je jeden z výstupů třídící a zpracovatelské linky odpadů.

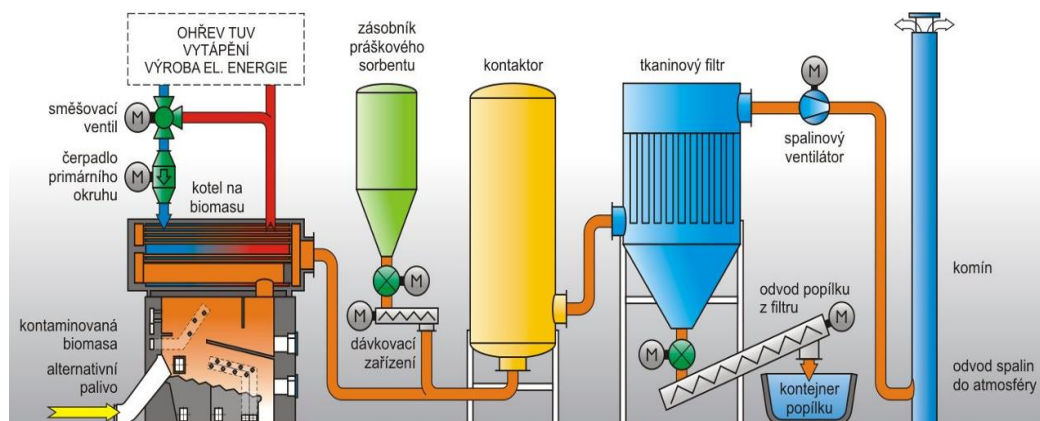
Přitom je kladen maximální důraz na ochranu životního prostředí a využití tepelné energie uvolňované při tomto procesu na výrobu páry a následnou výrobu elektrické energie s využitím odpadního tepla pro vytápění.

Ve většině případů se využívá „čistá“, tzv. ekologická biomasa, kdy pro splnění příslušných předpisů není zapotřebí mít technologii kotelnou vybavenou speciálními aparáty pro čištění spalin.

Nicméně nezanedbatelnou část biomasy není možné považovat za čistou biomasu bez příměsí, protože je nějakým způsobem kontaminována. Obdobně to platí i pro alternativní paliva. Během spalování tohoto paliva se mohou uvolňovat do spalin v nadlimitním množství škodlivé látky. V tomto případě pak musí být technologie kotelny uzpůsobena a to zejména v části čištění spalin.

Kotelna

Schéma nové perspektivní technologické jednotky, která může využívat biomasu, kontaminovanou biomasu a alternativní palivo k vytápění a ohřevu TUV nebo ke kombinované výrobě elektrické energie je na Obr. 134.



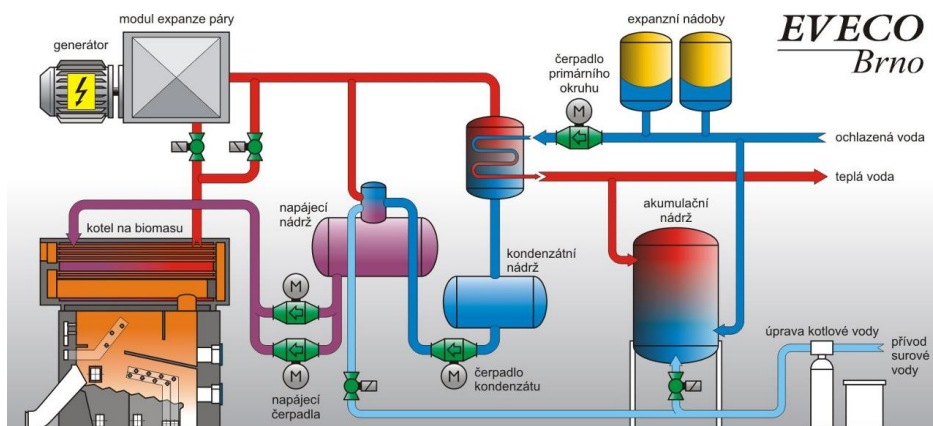
Obr. 134 Technologické schéma kotelny na biomasu (17)

Na rozdíl od klasických kotelen, které používají nekontaminovanou biomasu, je zde upravena část spalovací, ale zejména je jinak řešena část čištění spalin. Je používána moderní technologie, která je s úspěchem aplikována i na náročnějších průmyslových aplikacích čištění spalin.

Základem linky je moderní spalovenský roštový parní kotel osvědčené konstrukce, který integruje spalovací komoru a utilizační parní kotel v jeden aparátový celek. Pára vyráběná v kotli je parovodem vedena do energetického centra, které je koncipováno jako samostatný provozní soubor kotelny. Součástí Energocentra je parní kondenzační turbína s odběrem nebo parní motor, příslušenství turbíny a provozy pro úpravu surové vody a úpravu kondenzátu.

Výroba elektřiny a tepla

Typické schéma dodávaných technologií s kogenerací výroby tepla a elektrické energie je na Obr. 135. Ve středotlakém parním generátoru, který navazuje na spalovací komoru, se vyrábí pára o požadovaných parametrech. Pára expandující na malé turbíně nebo v parním motoru pohání připojený elektrický generátor. Výstupní pára ze sekce výroby elektřiny následně předává své teplo topné vodě ve výměňkové stanici. Pára poté kondenzuje a je vedena zpět do kotle.



Obr. 135 Technologické schéma kogenerace tepelné a elektrické energie (17)

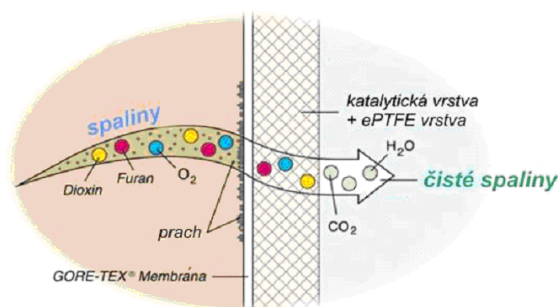
Čištění spalin – stručný popis hlavních technologií

K nejsložitějším částem kotleny patří zařízení na čištění spalin. Spaliny v případě spalování kontaminované biomasy a některých alternativních paliv mohou být kontaminovány prachem, kyslíky, těžkými kovy a organickými látkami typu dioxinů a furanů. Zařízení zajišťuje vyčištění spalin na úroveň pod stanovené emisní limity pro všechny výše uvedené látky.

Pro čištění spalin je možné použít suchou, polosuchou nebo mokrou technologii čištění spalin (více o těchto technologiích viz kap. 4.6). Použitá metoda je dána koncentrací znečišťujících látek v palivu a tím i ve spalinách.

Ochlazené spaliný za kotlem prochází jednoduchým mechanickým odlučovačem, kde dochází jednak k odloučení hrubého podílu prachu a horkých nebo žhavých částic a současně i k homogenizaci spalin před jejich vstupem do další části čištění spalin.

Prozatím je uvažováno s využitím suché metody čištění spalin s použitím hydrogenuhličitanu sodného (jedlé sody) jako práškového sorbentu, který je dávkován do spalin. Vytvoření optimálních podmínek pro průběh procesů, při kterých dochází k vlastnímu čištění spalin, má za úkol kontaktor.



Obr. 136 Schéma funkce katalytického filtru (19)

Pro odprášení spalin a současné snížení koncentrace dioxinů a furanů je navržena špičková technologie REMEDIA® Catalytic Filter, založená na principu katalytické filtrace spalin tj. katalytického rozkladu dioxinů a furanů obsažených ve spalinách. Řešení spočívá v použití speciální filtrační katalytické tkaniny. Tato nová technologie odstraňuje ze spalin nejenom velmi jemné prachové částice, ale zneškodňuje také dioxiny v plynné fázi (rozklad v katalytické vrstvě). Princip funkce filtrační tkaniny viz Obr. 136.

Některé výhody katalytické filtrace

Moderní technologie katalytické filtrace se vyznačuje těmito rysy:

- Dosažení požadovaného emisního limitu dioxinů a furanů je garantováno použitým principem katalytické filtrace. Odpadají náročné provozní zkoušky a hledání „vhodného sorbentu“.
- Spojení dvou jednotkových operací v jednom aparátu - filtrace spalin od prachových částic a katalytický rozklad dioxinů zjednoduší zařízení (u klasických technologií je toto řešeno souborem několika zařízení, náročných na zastavěný prostor, obsluhu, údržbu a opravy).
- Další velkou výhodou oproti klasickým starším metodám je odstraňování dioxinů pomocí katalytického (totálního) rozkladu. Není zde proto zapotřebí trvalé dávkování žádné cenově náročné přídavné látky (jako např. uhlíkatý sorbent), která pak obsahuje zachycené a zakoncentrované dioxiny a stává se tak velmi nebezpečným odpadem se všemi důsledky.
- Nevznikají žádné provozní náklady spojené s dopravou, skladováním, manipulací, dávkováním a zneškodňováním použitého sorbentu nasyceného dioxiny (nebezpečného odpadu).
- Množství zachycených odprašků je totožné s množstvím prachu obsaženého ve spalinách, což je minimální množství v porovnání s množstvím při použití technologie injektáže práškového sorbentu (uhlíkatý sorbent apod.).

6. Odpady ve Zlínském kraji

Produkce odpadů ve Zlínském kraji

Pro zjednodušení meziročního srovnání byl zvolen kód „produkce odpadů“, tedy A00. Změnou legislativy došlo ke zvýšení limitu pro povinné ohlašování produkce odpadů a to z 50 kg odpadů kategorie N a 50 t odpadů kategorie O na 100 kg odpadů kategorie N a 100 t odpadů kategorie O. Tímto způsobem došlo k jisté eliminaci některých drobných ohlašovatelů. K této úpravě bylo přistoupeno od roku 2007. Dá se však říci, že důslednou prací orgánů působících v oblasti státní správy na úseku odpadového hospodářství došlo ke zpřesnění evidence a výraznému nárůstu počtu ohlašovatelů oproti období do roku 2004. Evidovaná produkce odpadů pod kódem A00 od roku 2004 ve Zlínském kraji kolísala v rozmezí cca 0,80 do 1,06 mil. t/rok, což v celorepublikovém srovnání představuje okolo 3 % z celkové produkce ČR. Z tohoto pohledu je Zlínský kraj s ohledem na podíl obyvatel (5,6 % podíl ČR) v produkci odpadů podprůměrným. Obdobné hodnocení lze vyslovit i o významnosti Zlínského kraje z hlediska produkce nebezpečných odpadů ve srovnání s ČR.

Komunální odpad je významnou skupinou odpadů a to jak z hlediska množství tak zároveň z hlediska problematického nakládání s ním. V období od roku 2004 lze u komunálních odpadů (skupiny 20), dá hovořit o pozvolném mírném nárůstu produkce. Roční produkce komunálních odpadů se pohybuje v rozmezí od cca 190 do 220 tis. tun.

Jako nejproblémovější se v současnosti jeví nakládání s odpadem 20 03 01 – směsný komunální odpad, který prakticky ze 100 % končí na skládkách. V podstatě v sobě skrývá slušný energetický potenciál. V následující tabulce je uvedeno množství tohoto druhu odpadu předané na území jednotlivých ORP původci oprávněným osobám (tzn. kód B00).

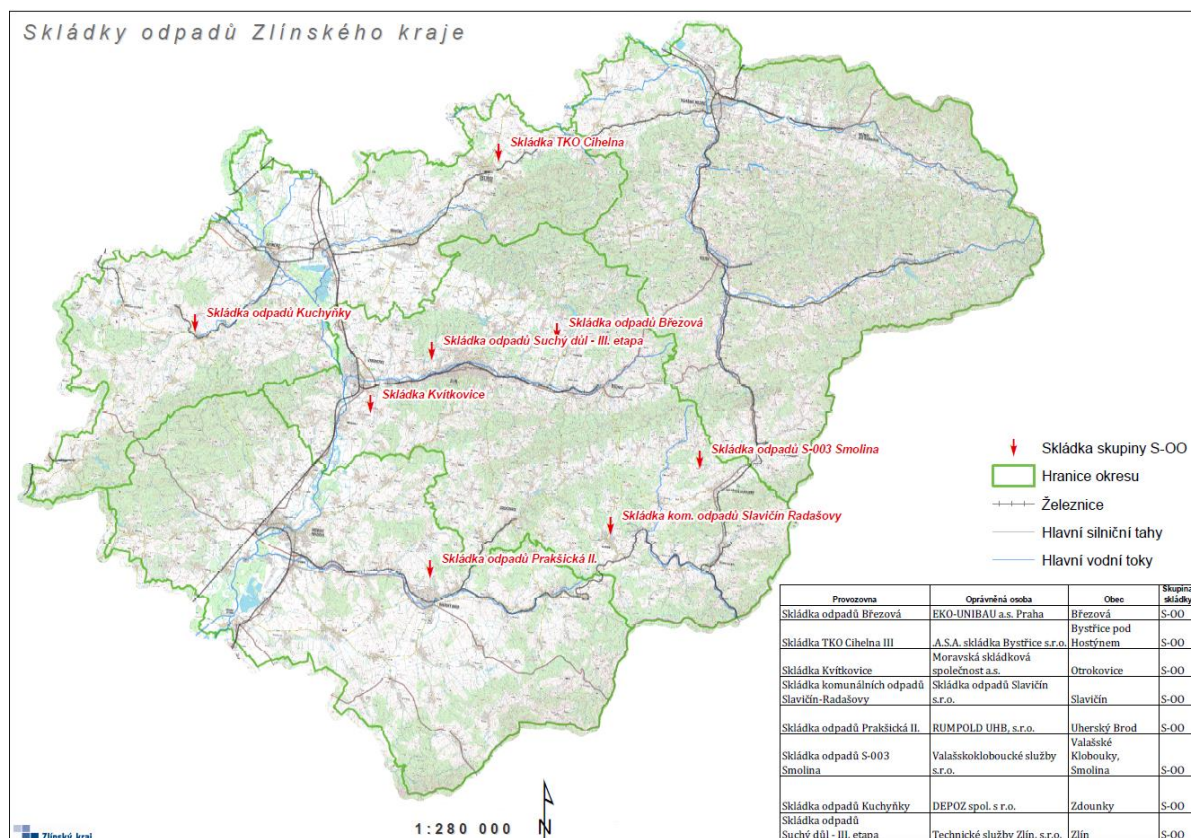
Množství odpadu 20 03 01 - směsný komunální odpad za ORP a období 2006 - 2011 převzaté oprávněnými osobami možno považovat za produkci za jednotlivá ORP.

Název ORP	2 006	2 007	2 008	2 009	2 010	2 011
Bystřice pod Hostýnem	10 964	12 947	13 819	13 530	12 378	9 963
Holešov	5 043	5 124	5 309	5 420	5 278	5 368
Kroměříž	25 988	27 792	27 052	26 446	24 615	24 741
Luhačovice	9 076	6 056	9 390	10 518	11 515	11 298

Otrokovice	44 285	44 207	42 350	38 378	37 798	36 971
Rožnov pod Radhoštěm	977	1 214	666	1 420	1 476	1 552
Uherské Hradiště	20 977	19 673	19 102	18 625	18 318	18 033
Uherský Brod	102	18 321	18 405	18 809	18 729	19 633
Valašské Klobouky	13 469	13 021	12 507	6 205	4 632	4 664
Valašské Meziříčí	12 189	13 783	14 403	15 101	15 105	14 807
Vizovice	8 684	8 630	8 881	5 610	6 028	6 585
Vsetín	12 916	11 109	11 623	12 252	11 168	10 840
Zlín	29 688	25 498	27 194	30 742	25 800	25 826
Zlínský kraj	194 357	207 375	210 701	203 057	192 839	190 281

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že použitelného odpadu pro energetické využití je v kraji cca 200 000 tun s tím, že prakticky 100 % odpadů končí na skládkách.

Přehled skládek Zlínského kraje:



Alternativy pro Zlínský kraj:

Využívání komunálních odpadů by se mělo řídit jako u jiných druhů odpadů, těmito preferencemi v sestupném pořadí: minimalizace, materiálová recyklace s produkcí energie, materiálová recyklace bez produkce energie, energetické využívání (ať spalování či alternativní řešení) a zbytkové skládání.

Všechny tyto technologie se musí primárně zaměřovat na „u zdroje tříděný“ komunální odpad.

Minimalizace

Minimalizací chápeme u biodegradabilních části komunálního odpadu podporu domovního kompostování, šetrné využívání papíru nebo např. i recyklace oděvů a další.

Do této kategorie můžeme také zahrnout rovněž zkrmování a výrobu krmných směsí z hygienicky bezproblémových odpadů kuchyní (jidelny, restaurace).

b) Materiálová recyklace s produkcí energie

Zde se jedná zejména o výrobu bioplynu při anaerobní digestaci, v jejímž průběhu je produkován bioplyn, který může být spalován v kogeneračních jednotkách za produkce tepla a elektřiny.

Bioplynové stanice jsou sice oproti kompostárnám investičně náročnější, některé studie však ukázaly, že i se započtením vstupů do budování zařízení vycházejí s ohledem na produkci skleníkových plynů úsporněji. Jejich podpora by mohla přinést snížení emisí skleníkových plynů. Přesné zhodnocení tohoto potenciálu a potřebných nákladů by však vyžadovalo podrobný průzkum. Toto řešení by se dalo aplikovat lokálně, ale nepřineslo by výraznou změnu v množství skládkovaného komunálního odpadu.

c) Materiálová recyklace bez produkce energie

O téměř čisté recyklaci u komunálního odpadu můžeme hovořit pouze u papíru, skla, plastů a kovů. S určitým zjednodušením můžeme do této kategorie zahrnout rovněž kompostování a výrobu rekultivačních substrátů.

Rozvoj kompostování v oblasti komunálních biodegradabilních odpadů by vyžadoval podporu při nákupu technologií pro kompostářenské linky schopných zajišťovat provoz několika kompostáren. Malé kompostárny odpadů nemají dostatek financí na nákup potřebného strojního vybavení. V případě, že by k této koupi došlo, nebyly by zdaleka schopny využít kapacity těchto strojů. V mnoha případech dochází k problémům právě s odpady z údržby městské zeleně, které se nekompostují, ale dlouhodobě skladují. Toto skladování vede k anaerobnímu procesu a k tvorbě metanu a šíření zápachu v okolí.

d) Energetické využívání (spalování)

V současné době je optimální doba k využívání dřevních odpadů a k recyklaci nevhodného starého papíru pro vytápění v kotelnách na biomasu či k výrobě fytopaliv (peletek, briket, ale i etanolu ze slámy či methylesteru řepkového oleje z odpadních rostlinných olejů a tuků).

Spalování směsného komunálního odpadu v komunálních spalovnách vyžaduje specifické technologie pro příjem, spalování odpadu, čištění spalin a nakládání se zbytky po spalování. Tyto technologie jsou velmi nákladné a k zabezpečení návratnosti vložených investic potřebují velké množství odpadu. V opačném případě se neúměrně zvyšují náklady na zpracování jednotky odpadu.

e) Mechanicko-biologické zpracování

Tato metoda spočívá v mechanické úpravě (drcení, třídění), vytřídění kovů, skla a dalších těžkých frakcí, získání spalitelné frakce. „Přínosem technologie je využití části odpadu, snížení váhy (až o 50%) a objemu a stabilizace odpadu.“

(22)

7. Vzkaz našim potomkům

Dělejte to, prosím, líp než my. S velkou péčí všemožně, ale bez extrémů a přehánění, ochraňujte přírodu, neboť tím ochraňujete sebe a budoucí. Začíná to u jednotlivce, v rodině, ve škole, v obci s dopadem na celou lidskou společnost.

- o - O - o -

Seznam použitých zdrojů

- [1. *Zákon č. 169/2013 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů*. Praha : Parlament ČR, 2013.
2. *Komunální odpad*. [Online] Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí. [Citace: 15. 2 2014.] <http://www.komunalniodpad.eu/?str=pojmy>.
3. *Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů*. Praha : Parlament ČR, 2005.
4. *Vyhláška č. 357/2002 Sb., kterou se stanoví požadavky na kvalitu paliv z hlediska ochrany ovzduší*. Praha : autor neznámý, 2002.
5. *Zákon č. 477/2001 Sb. o obalech a o změně některých zákonů*. Praha : Parlament ČR, 2001.
6. *Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů*. Praha : Parlament ČR, 2001.
7. *Vyhláška č. 237/2002 Sb., o podrobnostech způsobu provedení zpětného odběru některých výrobků, ve znění pozdějších předpisů*. Praha : Parlament ČR, 2002.
8. *Zákon č. 169/2013 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů*. Praha : Parlament ČR, 2013.
9. Český statistický úřad. [czso.cz](http://www.czso.cz). [Online] 2013. 9 30. [Citace: 15. 2 2014.] <http://www.czso.cz/csu/2013edicniplan.nsf/p/2001-13>.
10. <http://www.waste-management-world.com/articles/2012/03/eu27-waste-to-energy-facilities-treated-108-kg-of-waste-per-capita-in-2010.html>, zdroj dat www.cewep.eu
11. Oral, J. *Termické zpracování odpadů*. [Přednášky pro posluchače MZLU] Brno : autor neznámý, 2013.
12. Sako Brno a.s. [Online] 2013. [Citace: 15. 4 2014.] <http://www.sako.cz/stranka/cz/91/ekologicke-limity/>.
13. Waste statistics. *Eurostat*. [Online] 2012. [Citace: 20. 6 2014.] http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/data/main_tables
14. Bartáčková, L. *Atlas zařízení pro nakládání s odpady*. [PDF] Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2010. ISBN 978-80-85900-89-7 (2009), díl 1., str. 7
15. Oral, J., Puchýř, R. *Technologie ke snižování emisí*. [přednášky v rámci akce "Odborné vzdělávání úředníků pro výkon státní správy a ochrany ovzduší v České republice"] Praha : autor neznámý, 2013.
16. J.C. Chow, J.G. Watson. *WIT Transaction on Ecology and the Environment*. Vol. 99. 2006. stránky 619-632.
17. Oral, J. a kolektiv. *Firemní dokumentace EVECO Brno*. [JPG] Brno : Eveco Brno, s.r.o., 2012.
18. Hosokawa Jet mill. *Hosokawa Alpine*. [Online] [Citace: 16. 4 2012.] <https://www.hosokawa-alpine.com/powder-particle-processing/>

19. W.L. Gore & Associates. [Online] 2012. [Citace: 15. 4 2014.] http://www.gore.com/en_xx/products/filtration/catalytic/dioxin-furan-incineration-technical-library.html?isAjax=true.

20. Zevo Malešice . *Pražské služby a.s.* [Online] 2014. [Citace: 21. 6 2014.] <http://www.psas.cz/psas/assets/File/NEW%20SCHEMA%20KOGENERACE.pdf>.

21. Termizo a.s. [Online] 2013. [Citace: 15. 6 2014.] <http://www.mvv.cz/termizo-a.s..html>

22. Studie pro energetické využití odpadů ve Zlínském Kraji, Enving s.r.o., 2013, str. 14,21-

23

Seznam použitých zkratek

BaP	Benzo(a)pyren
BAT	Nejlepší dostupné technologie (Best Available Techniques)
BREF	Referenční dokument BAT (BAT Reference Document)
CEWEP	Mezinárodní konfederace spaloven
ČOV	Čistírna odpadních vod
DPS	Dílčí provozní soubory
ESP	Elektrostatický odlučovač
MaR	Měření a regulace
MBÚ	Mechanicko- biologická úprava
MŽP	Ministerstvo Životního Prostředí
NOx	Oxidy dusíku
OHB	Odpadové hospodářství Brno
PAU	Polyaromatické uhlovodíky
PCB	Polychlorované bifenyly
PCDD	Polychlorované dibenzodioxiny
PCDF	Polychlorované dibenzofurany
PS	Provozní soubory
PVC	Polyvinylchlorid
RDF	Refuse Derived Fuel
SCR	Selektivní katalytická redukce
SNCR	Selektivní nekatalytická redukce
TKO	Tuhý komunální odpad
TUV	Teplá užitková voda
TZL	Tuhé znečišťující látky
VOC	Těkavé organické látky
WTE	Waste to Energy
ZEVO	Závod na Energetické Využití Odpadu

Seznam tabulek

Tab. 1 Produkce kalů v ČOV a způsob jejich zneškodnění	15
Tab. 2 Rozbor odpadu (Zdroj: SAKO Brno, a.s.).....	17
Tab. 3 Spalovny v Evropě k roku 2009	21
Tab. 4 Typické doby nezbytné pro odstranění odpadu	28
Tab. 5 Morfologické složení tuhých domovních odpadů (TDO).....	31
Tab. 6 Srovnání parametrů spalování a pyrolýzy	36
Tab. 7 Parametry suchých sorbentů	45
Tab. 8 Základní vlastnosti adsorbentů	62
Tab. 9 Základní parametry technologie	96
Tab. 10 Orientační údaje o výstupních produktech	96
Tab. 11 Garantované denní limity ve výstupním vyčištěném plynu	97
Tab. 12 Orientační údaje o spotřebě	97
Tab. 13 Příklady vstupů a výstupů při zpracování 1t odpadu	104

Seznam obrázků

Obr. 1 Vývoj produkce komunálních odpadů (9)	13
Obr. 2 Nakládání s kalem z ČOV (10)	15
Obr. 3 Vývoj produkce odpadů v ČR (9)	16
Obr. 4 Spalovna odpadu Brno (11)	16
Obr. 5 Parsonova turbína s turbogenerátorem na střídavý proud (11)	18
Obr. 6 Brněnská spalovna z počátku 20. Století (11)	18
Obr. 7 Brněnská spalovna zničená za války (11)	18
Obr. 8 Schéma spalovny s válcovými rošty na spalování komunálního odpadu (11)	19
Obr. 9 Situace odpadového hospodářství v EU (13)	20
Obr. 10 Schéma linky suchého způsobu výroby cementu (11)	22
Obr. 11 Přehled cementáren a vápenek využívajících alternativní paliva (11)	24
Obr. 12 Rozmístění spaloven komunálních a nebezpečných odpadů na území ČR (14)	26
Obr. 13 Rozmístění skládek nebezpečných odpadů na území ČR (14)	27
Obr. 14 Rozmístění skládek ostatních odpadů na území ČR (14)	27
Obr. 15 Spalovací trojúhelník odpadů (11)	30
Obr. 16 Částice prachu pod elektronovým mikroskopem (15)	39
Obr. 17 Vliv obsahu prachových částic na lidské zdraví (15)	39
Obr. 18 Usazovací komora (15)	40
Obr. 19 Cyklón (15)	40
Obr. 20 Multicyklón (15)	40
Obr. 21 Mokrá vírňkový odlučovač (15)	41
Obr. 22 Mokrá proudový odlučovač (15)	41
Obr. 23 Elektrostatický odlučovač (ESP) (15)	41
Obr. 24 Schéma látkového filtru (15)	42
Obr. 25 Řez rukávcovým filtrem (15)	42
Obr. 26 Keramické filtrační hadice (17)	43
Obr. 27 Vápenný hydrát a Sorbacal SP (15)	45
Obr. 28 Účinnost zachycení HCl (15)	45
Obr. 29 Graf závislosti spotřeby sorbentu na množství neutralizovaného HCl (15)	45
Obr. 30 Graf závislosti spotřeby sorbentu na množství neutralizovaného SO ₂ (15)	45
Obr. 31 Schéma metody suchého čištění spalin (15)	46
Obr. 32 Účinnost procesu v závislosti na teplotě (15)	46
Obr. 33 Solvay proces (výroba NaHCO ₃) (15)	46
Obr. 34 Nahcolit (NaHCO ₃) (15)	47
Obr. 35 Trona (NaCO ₃ ·NaHCO ₃ ·2H ₂ O) (15)	47

Obr. 36 Popcorn effect	47
Obr. 37 Krystal kalcinované sody (15)	48
Obr. 38 Původní krystal sody (15)	48
Obr. 39 Závislost redukce SO ₂ na velikosti částic a typu	48
Obr. 40 Třídící mlýn (18)	49
Obr. 41 Technologické schéma funkce.....	49
Obr. 42 Spalinový ventilátor (18)	49
Obr. 43 Zásobník sorbentu (17).....	49
Obr. 44 Dávkovací trysky (17)	49
Obr. 45 Typy rozprašovacích trysek (15).....	51
Obr. 46 Technologické řazení aparátů polosuchého čištění (15)	51
Obr. 47 Zapojení hydrátoru do technologie (15)	51
Obr. 48 Hydrátor na výrobu vápenného.....	51
Obr. 49 Pračka spalin (15).....	53
Obr. 50 Schéma technologie mokrého čištění spalin (15).....	53
Obr. 51 Náplňová kolona (15).....	54
Obr. 52 Sypané náplně do kolon – různé tvarové provedení tělísek	55
Obr. 53 Uspořádané náplně do kolon – různé typy náplní (15)	55
Obr. 54 Vznik NO _x v závislosti na teplotě plamene (15)	56
Obr. 55 Nastavení hořáků (15)	56
Obr. 56 Detail hořáku (15)	56
Obr. 57 Schéma technologie SCR (15)	57
Obr. 58 Technologie využívající SCR (15).....	57
Obr. 59 Vliv teplotního okna na průběh reakce (19).....	58
Obr. 60 Vliv typu reagentu (19).....	58
Obr. 61 Schéma uspořádání technologie SNCR (15)	59
Obr. 62 Rozprašovací tryska (17).....	59
Obr. 63 Míchací a dávkovací zařízení (17)	59
Obr. 64 Zásobník redukčního činidla (15).....	59
Obr. 65 Schéma průběhu adsorpce (15).....	61
Obr. 66 Schéma ulpívání částic v pórech adsorbentu (15)	61
Obr. 67 Uhlíkatý sorbent.....	61
Obr. 68 Provoz adsorbéru (15).....	62
Obr. 69 Adsorpční křivka (15).....	62
Obr. 70 Kombinovaný adsorbér (15).....	63
Obr. 71 Příklad dvojice adsorbérů s regenerací TSA (15).....	63

Obr. 72 Regenerace TSA (15).....	63
Obr. 73 Princip funkce absorbéru (15).....	64
Obr. 74 Výplňový absorbér (15).....	64
Obr. 75 Pěnový (patrový) absorbér- způsoby provedení (15)	64
Obr. 76 Využívané druhy absorbérů (15).....	65
Obr. 77 Používané typy výplní absorbérů (15).....	65
Obr. 78 Způsoby provedení absorbéru (15).....	65
Obr. 79 Diagram pracovních teplot (15).....	66
Obr. 80 Schéma jednoduchého	66
Obr. 81 Schéma moderního způsobu	66
Obr. 82 Příklad vymrazujícího zařízení (15).....	67
Obr. 83 Spalovací zařízení odplynů s rekuperačním výměníkem v kompaktním provedení (17).....	68
Obr. 84 Spalovací zařízení odplynů s regeneračními výměníky (15) (17)	68
Obr. 85 Jednotka s průtočným reaktorem,.....	69
Obr. 86 Princip a reálné provedení rotačního koncentrátoru (15)	70
Obr. 87 Průmyslového znečištění ovzduší (11).....	71
Obr. 88 Chov zvířat spojený s uvolňováním zápachu (17).....	71
Obr. 89 Olfaktometrie (11).....	72
Obr. 90 Bio filtrace (11)	73
Obr. 91 Technické provedení bio filtru (11).....	73
Obr. 92 Kombinace absorpce a biologického rozkladu (11).....	74
Obr. 93 Chemická vazba PCDD (15).....	74
Obr. 94 Chemická vazba PCDF (15)	74
Obr. 95 Schéma katalytické filtrace (15)	75
Obr. 96 Adsorpční metody pro odstraňování dioxinů PAC (15).....	75
Obr. 97 Princip katalytické oxidace se současným odstraňováním oxidů dusíku (15)	76
Obr. 98 Orientovaný katalyzátor (15).....	76
Obr. 99 Schéma systému čištění spalin (15)	76
Obr. 100 Katalytický rozklad PCDD/F se současným odstraňováním NOx (Spovo Ostrava) (17).....	76
Obr. 101 Detail filtrační membrány (ePTFe) (19)	77
Obr. 102 Filtrační rukávce (19).....	77
Obr. 103 Princip funkce katalytického rozkladu PCDD/F (19).....	77
Obr. 104 Technologické schéma spalovny Termizo Liberec, a.s. (11)	78
Obr. 105 Nosná konstrukce skříní	78
Obr. 106 Konstrukční provedení skříně filtrů.....	78
Obr. 107 Pohled na vnější opláštění skříně	78

Obr. 108 Filtrační rukávce spolu s	78
Obr. 109 Dosažené výsledky použití Remedia katalytických filtrů (Termizo Liberec a.s.) (17)	79
Obr. 110 1D- DeDusting (odprášení)	80
Obr. 111 2D- DeSOx (odsíření)	80
Obr. 112 3D-DeDIOX (redukce PCDD/F) (15)	80
Obr. 113 4D- DeNOx (redukce NOx) (15)	80
Obr. 114 Keramické filtrační elementy	80
Obr. 115 Montáž keramických filtračních	80
Obr. 116 Montáž skříně filtru na průmyslové spalovně odpadu (17)	81
Obr. 117 Výsledky měření ve spalovně nebezpečného	81
Obr. 118 ZEVO Malešice, Pražské služby a.s. (11) (20)	84
Obr. 119 Sako Brno a.s. (11) (12)	84
Obr. 120 Termizo Liberec, a.s. (11) (21)	85
Obr. 121 Spalovna průmyslových odpadů Ostrava (11) (17)	86
Obr. 122 Spalovna odplynů Kralupy (11) (17)	86
Obr. 123 Spalovna kalů Bratislava (17)	87
Obr. 124 Graf výnosů a nákladu při zpracovatelském výkonu 95 kt/rok (11)	89
Obr. 125 Technologické schéma spalovny malé kapacity (17)	91
Obr. 126 Specifický popis	99
Obr. 127 Výroba bioplynu za pomoci anaerobní fermentace	100
Obr. 128 Separační linka odpadu	100
Obr. 129 Zařízení na termické využití biomasy	101
Obr. 130 Schématické znázornění projektu Mikroregion	102
Obr. 131 Technologické schéma pyrolyzní jednotky	104
Obr. 132 Technologické schéma anaerobní fermentace	106
Obr. 133 Technologický postup třídění odpadu	107
Obr. 134 Technologické schéma kotelny na biomasu (17)	108
Obr. 135 Technologické schéma kogenerace tepelné a elektrické energie (17)	109
Obr. 136 Schéma funkce katalytického filtru (19)	109

Veškeré informace o projektu a vzdělávacím programu naleznete zde: <http://opvk.eazk.cz/>