

Hospodaření s odpady

V rámci projektu:
„Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji“

ÚVOD

Ing. Jaroslav Oral

2014

Definice odpadů dle platných zákonů

Legislativa

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.

Pojem odpad

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.

Definice základních pojmů

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**“.

Definice základních pojmů

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.

Definice základních pojmů

Živnostenský odpad

Živnostenským odpadem se rozumí odpad podobný domovnímu odpadu, vznikající při nevýrobní 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. 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.

Hierarchie nakládání s odpady

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.

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.

Využívání odpadu

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 opětného 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.

Využívání odpadu

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.

Spalování odpadů se považuje za energetické využití pouze tehdy, jestliže použitý odpad nepotřebuje po vlastním zapálení ke spalování podpůrné 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.

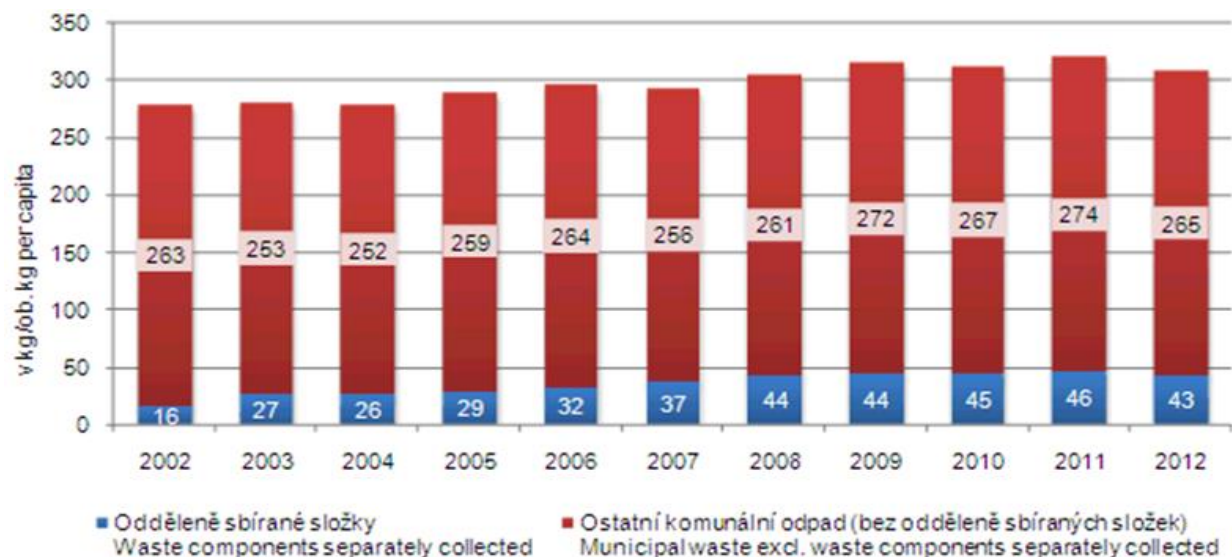
Využívání odpadu

Odstraňování odpadů

Odstraňováním odpadů se rozumí činnosti uvedené v příloze č. 4 k zákonu o odpadech. Jedná se o ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu (např. **skládování**); **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.

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.



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 produkováných 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.

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)

Způsob nakládání s čistírenským kalem

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

Využití v zemědělství - 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.

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.

Způsob nakládání s čistírenským kalem

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 hydrolýzy
- **mokrý spalování** - nová metoda velmi výhodná z ekologického hlediska pro likvidaci organických materiálů hlavně kalů

Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

Způsob nakládání s čistírenským kalem v ČR

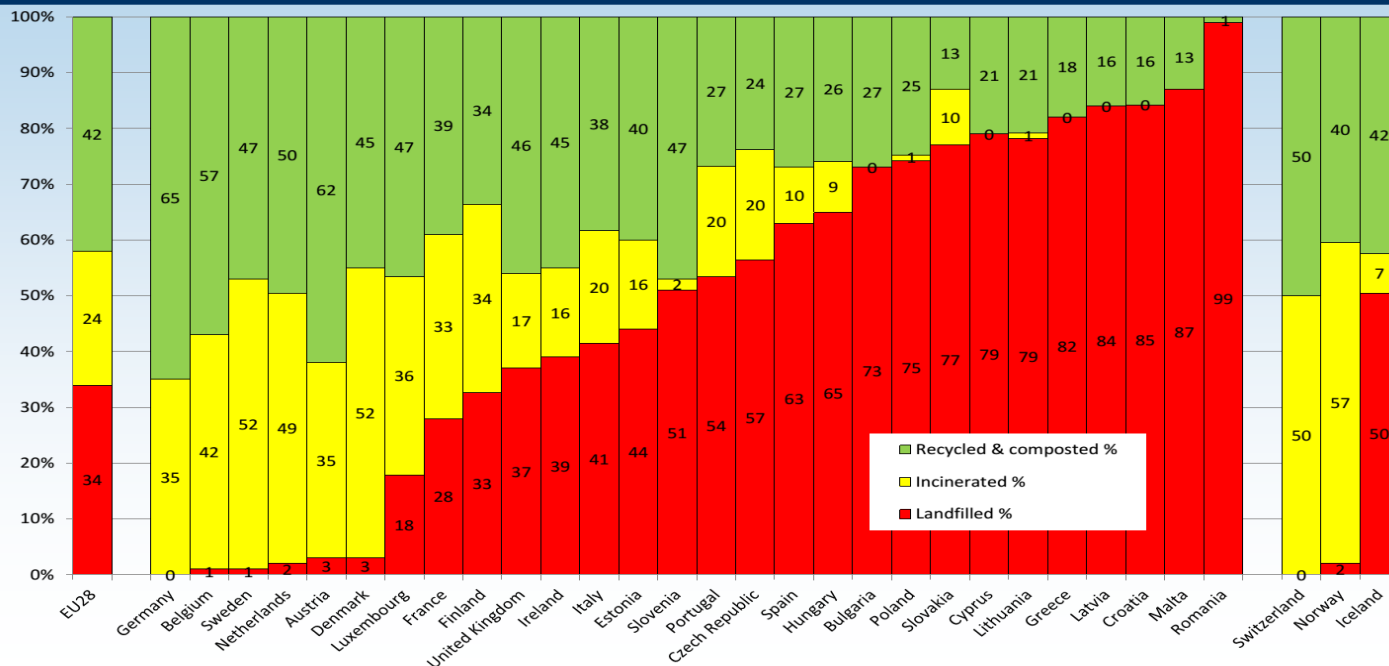
Rok	Produkce kalů celkem [t/r]	Způsob zneškodnění kalů				
		Přímá aplikace a rekultivace [t/r]	Kompostování [t/r]	Skládkování [t/r]	Spalování [t/r]	Ostatní [t/r]
2003	180 098	31 298	88 678	23 305	390	36 427
2004	178 749	29 119	87 469	25 447	39	36 675
2005	171 888	34 467	88 820	12 027	20	36 554
2006	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

Vzdělanost k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

Způsoby využití kalu v zemích EU

Municipal waste treatment in 2012 EU 28 + Switzerland, Norway and Iceland

Graph by CEWEP, Source: EUROSTAT 2012



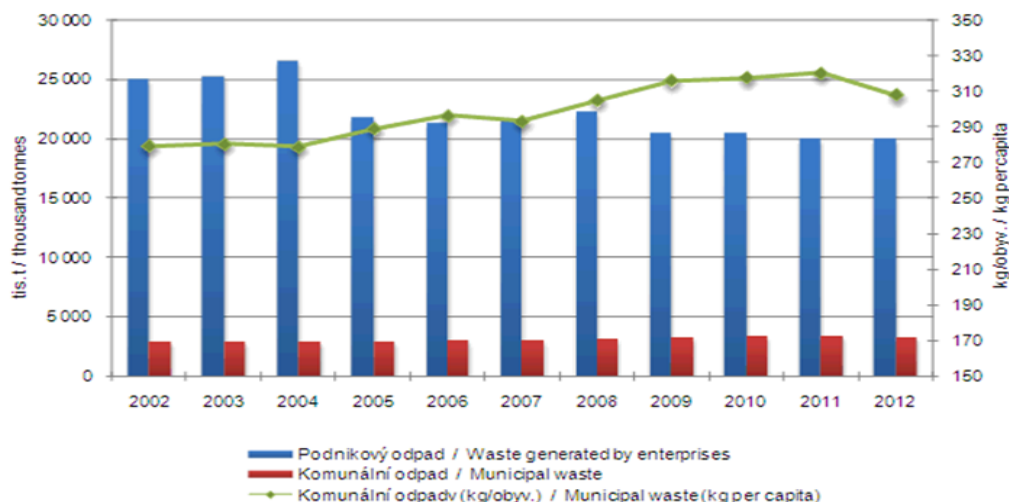
Specifické „komunální“ odpady

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.

Podnikové odpady

Podnikový odpad je odpad, který vznikl ve vykazující jednotce ve sledovaném období. Pojem „podnikový 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.



Hospodaření s odpady

V rámci projektu:
„Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji“

2. část POUČME SE Z HISTORIE A U SOUSEDŮ

Zpracoval:
Tým autorů
EVECO Brno, s.r.o.

Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

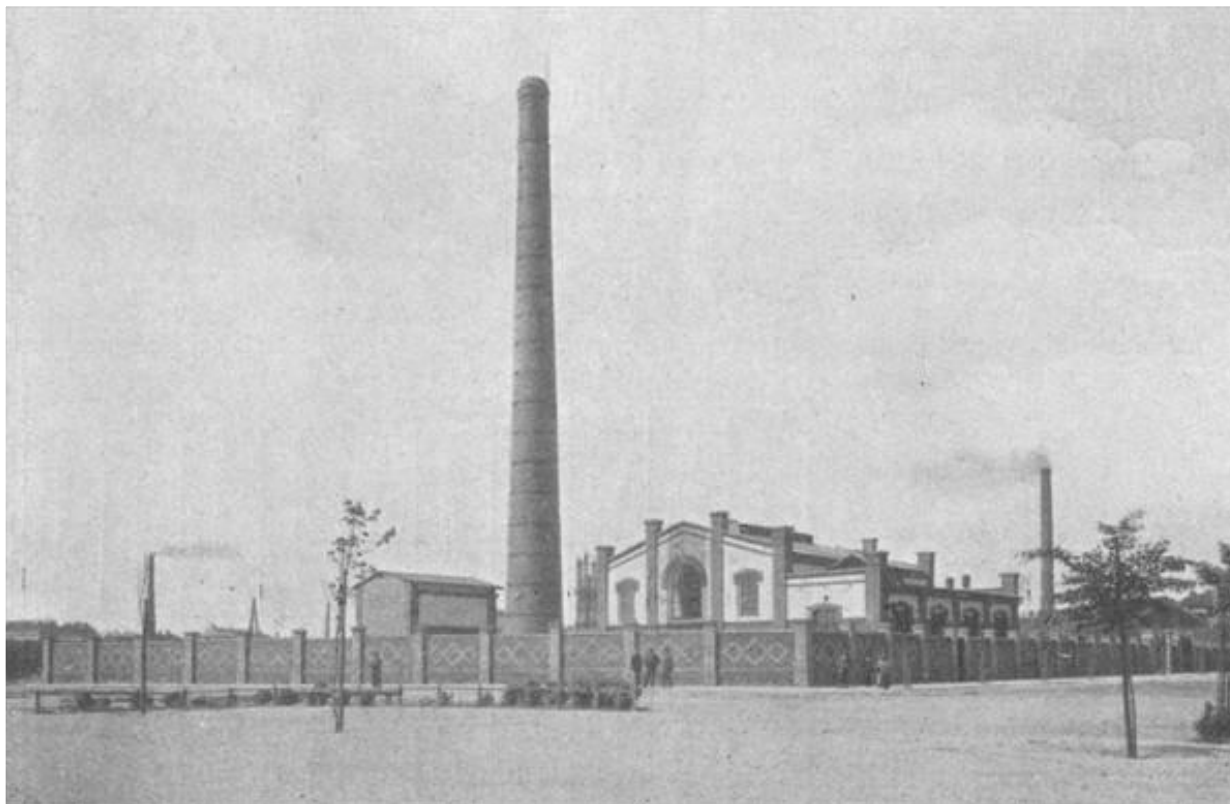
TRADICE SPALOVÁNÍ ODPADŮ U NÁS

Okolo roku 1900 mělo město Brno cca 115 000 obyvatel. Podobně jako většina velkých měst Evropy se i Brno potýkalo s problémem odpadů z domácností, tržišť a ulic. Na předměstí končily některé ulice takřka ve středu skládek. Ty byly ohniskem všech možných nákaz (úplavice, tyfus).

Proto radní města na počátku 20. století rozhodli, že jediným schůdným řešením problému je svoz a spalování odpadů.

První spalovna na území Rakousko-Uherské monarchie a tedy i u nás byla uvedena do provozu v Brně roku 1905. Již v té době využívala spalovna teplo ze spalování odpadu k výrobě elektrické energie. Na svoji dobu byla technologie velmi pokročilá

Spalovně se v Brně říkalo smetárna.



Spalovna zemského hlavního města Brna

TRADICE SPALOVÁNÍ ODPADŮ

Největším problémem byl dovoz smetí. Původně byly v každém domě plechové hranaté kbelíky, které zřizenci vysypávali do plechových vozů opatřených zvláštním vyklápěcím zařízením. Městem také projížděly otevřené vozy, ke kterým hospodyně na zazvonění popeláře přinášely smetí v nádobách.

Odpady se svážely vozy s koňským potahem. V roce 1929 byly zakoupeny čtyři parní vozy ŠKODA-SENTINEL, kterými se přiváželo smetí ve výměnných kovových kbelících.

Už na počátku minulého století byly problémy s tříděním odpadů.

Ve zprávě podniku – Městská plynárna, elektrárna, smetárna z roku 1936 se uvádí:

„Jest podivuhodné, jak nesvědomití jsou někteří obyvatelé města, kteří odkládají do smetí nevybuchlé náboje, čímž ohrožují dělníky smetárny na životech, zařízení smetárny pak ohrožují demolicí výbuchem. Dosud, bohudík, byly opatrností dělníků tyto výbušniny vždycky včas ze smetí odstraněny a vojenskými orgány zneškodněny.“

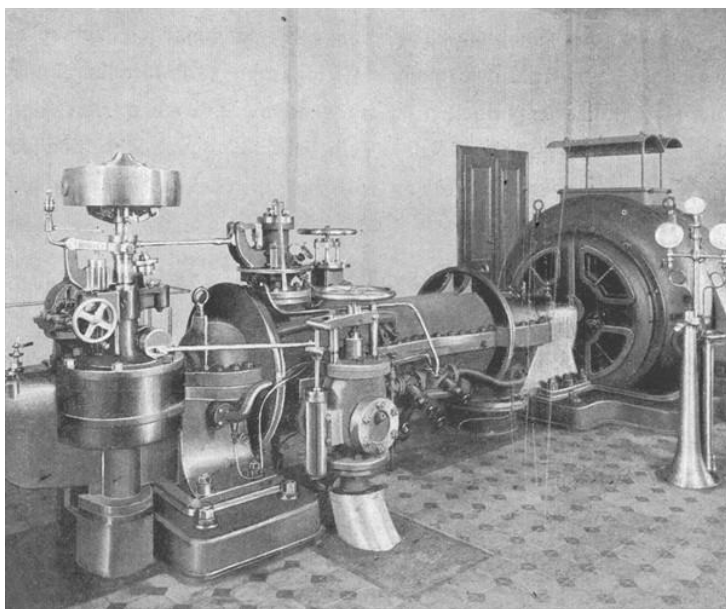
TRADICE SPALOVÁNÍ ODPADŮ

Odpad nejdříve procházel dvěma rotujícími válci, které ho 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.

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, pak se drtila a prosívala přes síta. Získaný štěrk se prodával stavitelům a betonářům. Celá soustava byla schopna zpracovat 2000 kg škváry/hod.

Spalovací pec měla sedm spalovacích komor ve spojení s BABCOCK-WILCOXOVÝM parním kotlem, za ním byla zařazena PARSONOVA turbína s turbogenerátorem na střídavý proud.



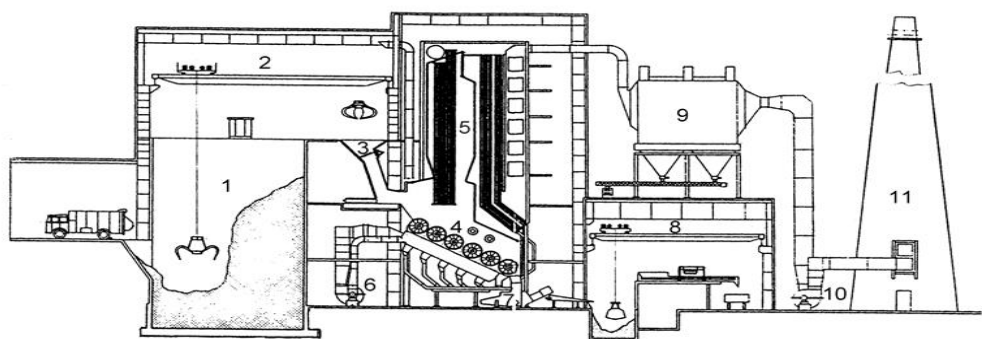
V Brně byl použit systém firmy ALFONS CUSTODIS z Vídně, zavedený také ve Frankfurtu nad Mohanem, Dortmundu a Hanoveru.

TRADICE SPALOVÁNÍ ODPADŮ

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, většina speciálních vozů na odvoz odpadků zničena nebo těžce poškozena. Již tehdy se ale v Brně uvažovalo o vybudování spalovny nové.



Písemný doklad o investičním záměru stavby spalovny v Brně je z roku 1977, stavební povolení bylo vydáno v roce 1984. V témže 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.



1 - zásobník odpadu
2 - klešťový jeřáb
3 - násypka odpadů
4 - válcový rošt

5 - parní kotel
6 - přívod spalovacího vzduchu
7 - odvod zbytků po spalování
8 - klešťový jeřáb na zbytky po spalování

9 - elektrostatický separátor
10 - spalinový ventilátor
11 - komín

Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji Hospodaření s odpady **TRADICE SPALOVÁNÍ ODPADŮ**

Spalovna komunálních odpadů z 90. let 20. století

TERMIZO LIBEREC

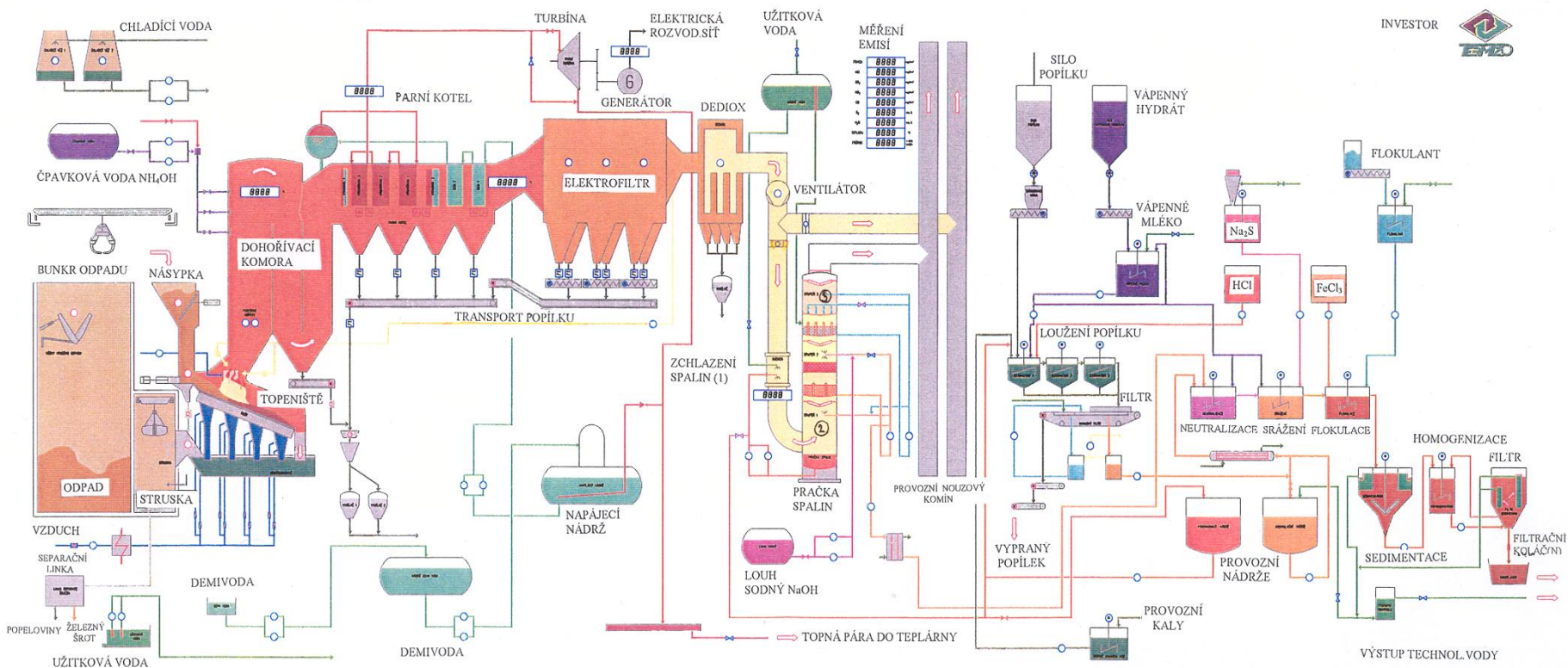
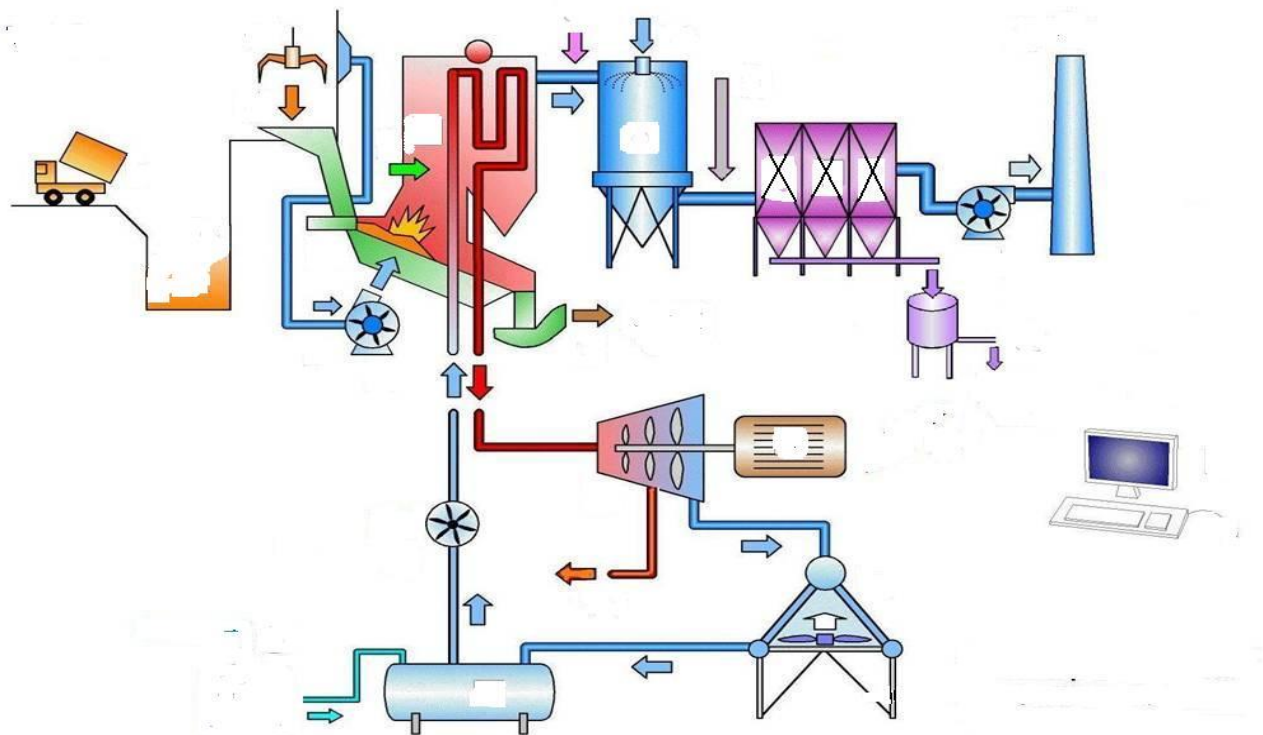


Schéma spalovny komunálních odpadů Brno po rekonstrukci

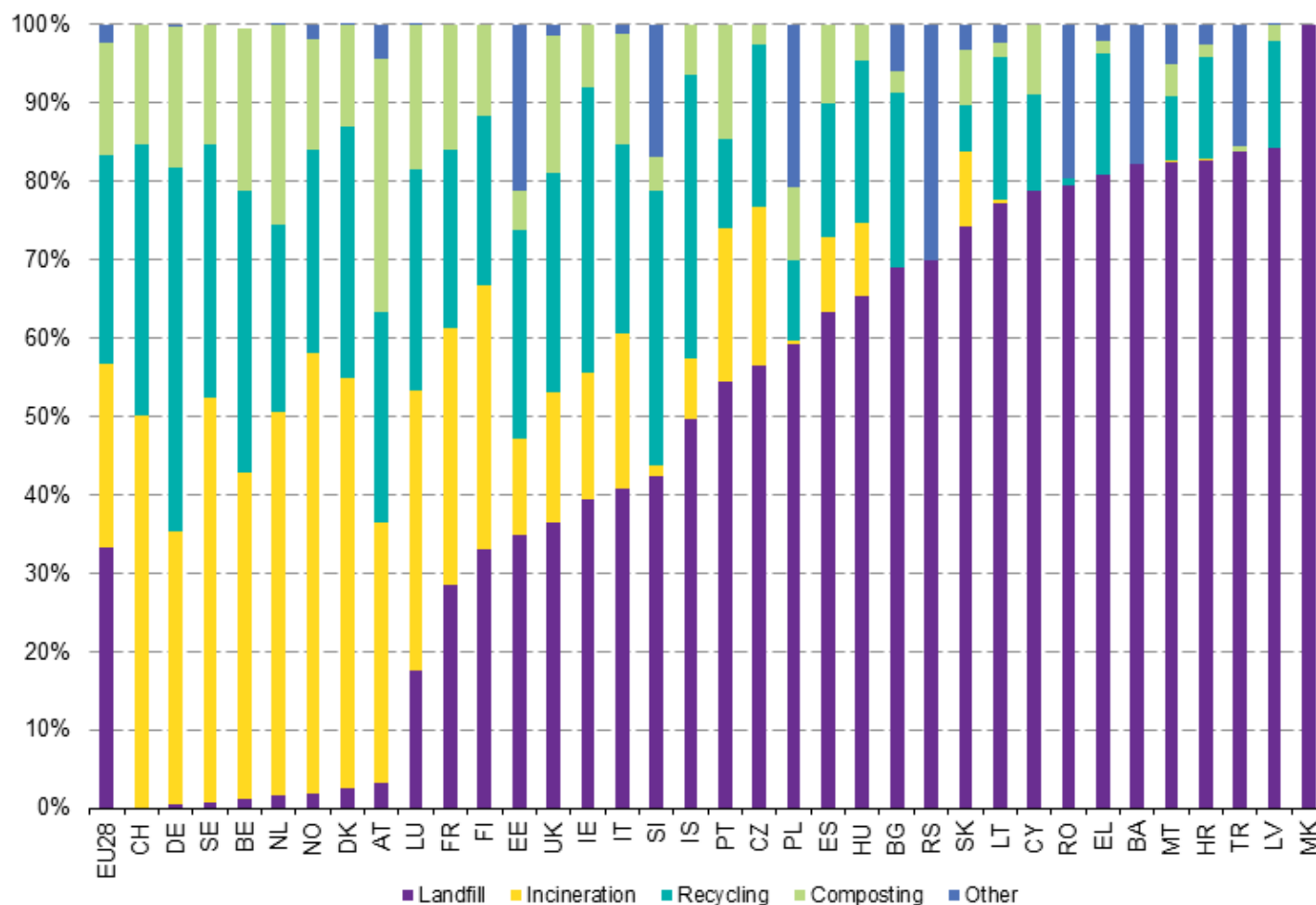


Současný stav Brně

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. Instalací dotřídňovací linky je umožněno materiálové dotřídění separovaných složek komunálního odpadu.

Vzdělanost k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

Jak se řeší problém s odpady u sousedů ?



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 produkuje 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.

Jak se řeší problém s odpady u sousedů ?

	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	

Bezodpadová technologie

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 výhřevných 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.

Technologie výroby cementu

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. Hlavní rozdíl mezi jednotlivými způsoby výroby cementářského slinku je v přípravě surovinové směsi, tj. mletí suroviny, buď za sucha nebo za mokra. Mokrý způsob výroby 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.

Technologie výroby cementu

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 mokrým způsobem. Složky přítomné ve vstupní surovině, palivu nebo odpadu, které jsou zavedeny do pece, se stávají částí slinku (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 slinku 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, drčené pryskyřice a plasty. Odpadní pneumatiky jsou podávány spolu se surovinami do patního kusu rotační pece buď v drčené 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 (slinku) z rotační pece.

Výsledky cementářských pecí

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

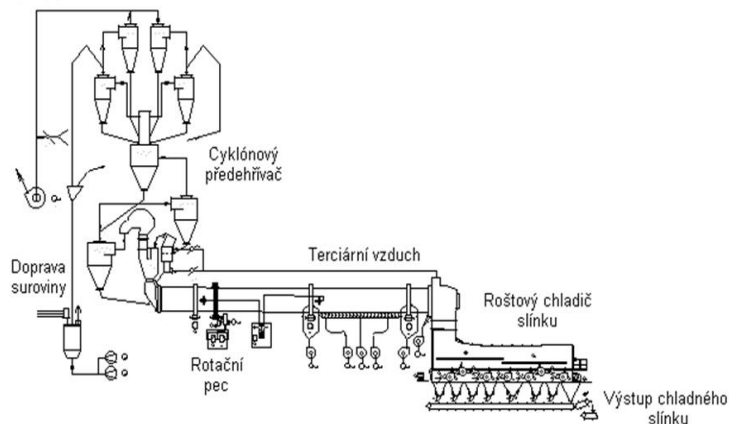
- Měření a vyhodnocení prováděná v cementárnách a vápenkách prokázala účinnost rozkladu chlorovaných látek nad 99,99 %. Dobrý je rozklad PCB, kde koncentrace škodlivin v emisích nepřekročily hodnoty naměřené při provozu bez spalování odpadů. Bylo doloženo, že většina kovů (Pb, Zn atd.) přechází do slínku 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 předehřívacím 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 předehříváče a na 0,04 mg/ m³_N při provozu přes drtič. Hodnoty Pb a Zn byly nevýznamné.

Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

Výsledky cementářských pecí

- 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.

Odtah kouřových plynů



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

Třídění odpadů, technologie MBÚ

V České republice prozatím většina směsného odpadu končí na skládkách a není dále využívána. Ve snaze vytěžit ze směsného zbytkového komunálního odpadu co možná nejvíce využitelných látek, byla postupem času vyvinuta technologie nazývaná jako Mechanicko-Biologická Úprava (MBÚ) odpadů. 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.

Třídění odpadů, technologie MBÚ

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 "vyhánění", 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

- Kompostování je obtížné, neboť z odpadu v ní zůstávají baterie, rozbité žárovky a lékovky. U kompostu (produkt kompostárny) se povinně testuje tzv. vyluhovatelnost
- Surová podsítná frakce uvolňuje do vodného prostředí poměrně vysoké koncentrace z pohledu současné legislativy nežádoucích látek, např. 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 skládkovalo! 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.

Problémy lehké frakce

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 zdroje.

Třídění odpadů, technologie MBÚ - 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 spoluspalování.
- V případě spoluspalování v klasických elektrárenských kotlích je třeba počítat s podobnými emisemi jak při spalování odpadu bez čištění spalin. Tedy spoluspalující elektrárenská 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.

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 zátěží 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.

Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

Energetické využití odpadů

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

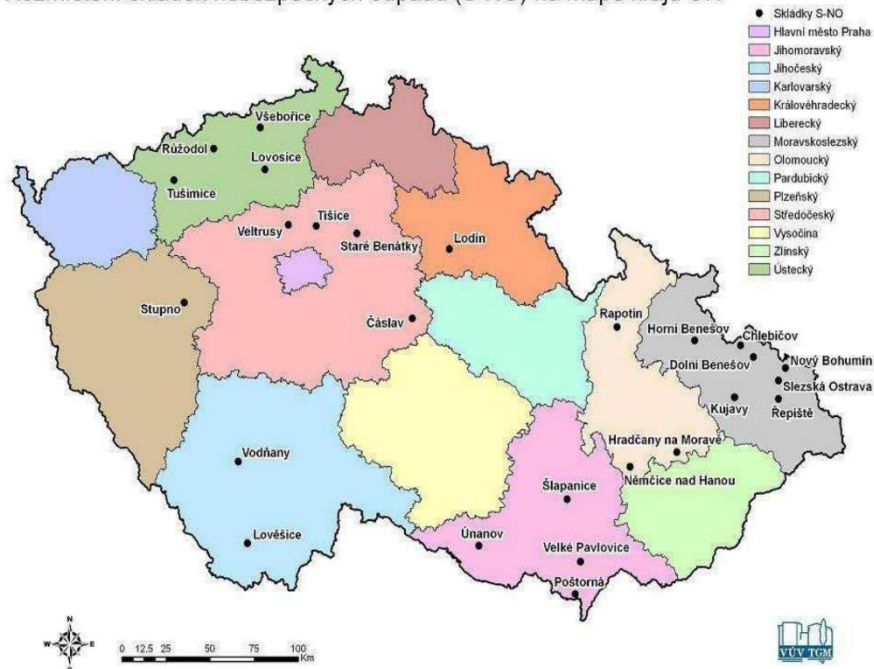
Rozmístění spaloven komunálních a nebezpečných odpadů na mapě krajů ČR



Skládkování odpadů

Na následujících dvou mapkách je uvedeno rozmístění skládek na území ČR

Rozmístění skládek nebezpečných odpadů (S-NO) na mapě krajů ČR



Rozmístění skládek ostatních odpadů (S-OO) na mapě krajů ČR



Hospodaření s odpady

V rámci projektu:

„Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji“

4. část

STRAŠÁK ZVANÝ SPALOVNY

Proč termicky zpracovávat odpad ?

Spalování odpadů patří k tradičním, dlouho používaným a dobře vyzkoušeným metodám zpracování odpadů s velmi dlouhou tradicí. Řízené spalování odpadů má v komunální oblasti významnou funkci hygienickou, zamezující šíření přenosných nemocí v odpadech. Některá průmyslová odvětví by se bez spalování odpadních produktů neobešla vůbec (těžba a zpracování ropy, těžba plynu apod.).

Hlavní výhody:

- ◆ Značná redukce původního objemu odpadů.
- ◆ Lze spalovat široké spektrum odpadu všech konzistencí a různého původu.
- ◆ Možnost využití tepla, uvolněného při spalování odpadu.
- ◆ Pro některé odpady, je to v podstatě jediný způsob jejich možného zneškodnění.

Proč termicky zpracovávat odpad ?

- ◆ Inertní zbytek (popel) je možné bezpečně deponovat na skládkách.
- ◆ 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.
- ◆ Těžké kovy se zkoncentrují v zachyceném popílku (nebo kalu) a popílek lze bezpečně ukládat na skládkách po tzv. solidifikaci.
- ◆ Tepelná přeměna probíhá v krátké době v porovnání s kompostováním nebo skládkováním.

Termické zpracování odpadů

- ♦ Jsou to postupy, při nichž dochází k chemickému rozkladu odpadní látky, spolupůsobením teploty a kyslíku. Pod tento pojem lze zahrnout *spalování, zplyňování, pyrolýzu, plasmové metody, případně jiné termické postupy*.
- ♦ Nebezpečné látky obsažené odpadech jsou přeměněny na poměrně neškodné produkty (spaliny s obsahem škodlivých plynů i pevných částic, popeloviny).
- ♦ Teploty se pohybují v rozmezí 300 °C až 1500 °C, výjimečně i vyšší .
- ♦ Kritériem pro hodnocení kvality procesu je energetická (stupeň využití energie) a ekologická účinnost (stupeň rozkladu stabilních odpadních látek).

Termické zpracování odpadů

Podle podmínek za jakých proces probíhá se rozlišují:

- ◆ *Procesy oxidační* jsou ty, při nichž je obsah kyslíku v reakčním prostoru stechiometrický nebo vyšší. V tomto případě jde o spalování odpadů.
 - * nízkoteplotní s teplotou reakčního prostoru do 1000 °C;
 - * vysokoteplotní s teplotou reakčního prostoru nad 1000 °C.
- ◆ *Procesy redukční* jsou ty, při nichž je obsah kyslíku v reakčním prostoru podstechiometrický. Mezi tyto procesy řadíme zejména pyrolýzu a zplyňování.

Termické zpracování odpadů

Pyrolýza odpadů

Pyrolýza je termický rozklad organických materiálů za nepřístupu okysličovadla (vzduch, oxid uhličitý, vodní pára). Vysokomolekulární látky se při vyšších teplotách rozkládají na nízkomolekulární. To vede k jejich rozpadu na těkavé produkty (plyny kapaliny, dehty) a koks. Podle použitých teplot se obvykle rozlišuje:

- nízkoteplotní pyrolýza (reakční teploty od cca 150°C do 500 °C);
- středněteplotní pyrolýza (reakční teploty v rozmezí 500°C až 800 °C);
- vysokoteplotní pyrolýza (reakční teploty nad 800 °C, až 1000°C).

Termické zpracování odpadů

Pyrolýza je možná v externě ohřívané retortě, koksové komoře, nebo rotační peci. Pyrolýzní způsob termického zpracování je použitelný pro odpady s konstantním složením. Není vhodný pro směsné odpady průmyslové či komunální.

Výhody klasické pyrolýzy:

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

Termické zpracování odpadů

Speciální případ pyrolýzy

Pyrolýza plazmovým hořákem označovaná jako pyroplazmatický postup. V tomto případě, se dosahuje teplot v rozmezí 5000 °C – 10 000 °C. Uvolněné pyrolýzní plyny (H_2 , CO a nízkomolekulární uhlovodíky) lze využít k získání energie. Problémy činí atomy halogenů, které je nutno zachycovat ve zvláštním absorbéru. Nevýhodou tohoto postupu, který je zatím ve stadiu vývoje, jsou značné investiční náklady.

Termické zpracování odpadů

Zplyňování odpadů

Podstatou zplyňování je přeměna uhlíkatých materiálů za vyšších teplot (nad 800 °C) na hořlavé plynné látky, a to za přívodu podstechiometrického, přesně řízeného množství vzduchu či jiného oxidovadla. Tím dochází k další přeměně vzniklého koksového zbytku na plynné produkty. Uvedený proces je silně endotermický (spotřebovává teplo) a vlastního procesu zplyňování se zúčastní i vlhkost obsažená v odpadu.

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.

ODPAD JAKO PALIVO

Z hlediska spalovacích procesů je možné odpady považovat za specifické palivo, vyznačující se často značnou nehomogenitou. Každé palivo je charakterizováno obsahem hořlaviny (spalitelné látky), obsahem balastních látek (popel) a vlhkostí.

Definice:

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.

Termické procesy

Základy technologie spalování

- ♦ *Spalování* je složitý proces, při kterém probíhá oxidační exotermní reakce. Spalování odpadů je podmíněno řadou souvisejících procesů, jako je vysušení a ohřev na zápalnou teplotu. Vysušování paliva probíhá za teplot cca 40 °C až 150 °C. Za vyšších teplot pak dochází, k uvolňování těkavých hořlavých látek, jejich vznícení a hoření. Zbývající 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. Teoretická spalovací teplota je teplota, které by se dosáhlo 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

Termické procesy

Účinnost spalování

Je obvykle posuzována z pohledu účinnosti spalování organických látek v palivu a z pohledu účinnosti odbourávání jedné nebo více sledovaných látek (škodlivin) obsažených v původním palivu.

Účinnost spalovacího procesu závisí zejména na :

- ♦ *Dostatečně vysoké teplotě hoření* (spalovací teplota) v reakčním prostoru spalovací komory.
- ♦ *Dostatečně dlouhém čase setrvání* spalin v reakčním prostoru spalovací komory při požadované teplotě.
- ♦ *Intenzitě a způsobu proudění* vzdušiny v reakčním prostoru spalovací komory.
- ♦ *Dostatečné koncentraci kyslíku* (vzduchu) v reakčním prostoru spalovací komory (dáno přebytkem vzduchu α).

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ

- Při spalování všech odpadů (kusových, pastovitých, sypkých, kapalných, plynných) vznikají spaliny.
- Z tuhých a někdy i kapalných odpadů vznikají mimo to i tuhé zbytky tj. popel (škvára, struska) a popílek. Tyto produkty spalování je nutno dále zpracovávat.
- Z procesu zpracování spalin a popelovin může vznikat i kapalný odpad a kal.

Termické procesy - spaliny

Při spalování paliva – zde odpadu - vzniká plyný proud zvaný spaliny. Patří nejdiskutovanějším odpadním proudům a z hlediska složení nejkompexnějším plyným odpadním proudům vypouštěným do atmosféry.

Spaliny jsou mnohosložkovou směsí plynů, par a pevných částic, které jsou více či méně škodlivé životnímu prostředí.

Základ spalin tvoří plyny jako dusík, kyslík, oxid uhličitý a vodní pára.

Spaliny obsahují rovněž životního prostředí škodlivé složky jako jsou oxidy dusíku, oxid uhelnatý, organické sloučeniny a sloučeniny fosforu, prachové částice atd.

Z paliva do plyné fáze (spalin) rovněž přecházejí škodliviny kyselého charakteru, z nichž dominantní je oxid siřičitý a sírový. Další významnou škodlivinou je chlorovodík (HCl) z termického rozkladu chlorovaných látek a fluorovodík (HF). a přítomny jsou i páry a oxidy těžkých kovů (Cd, Hg, Cr, Cu, Zn, Pb) a jejich sloučenin.

Termické procesy - spaliny

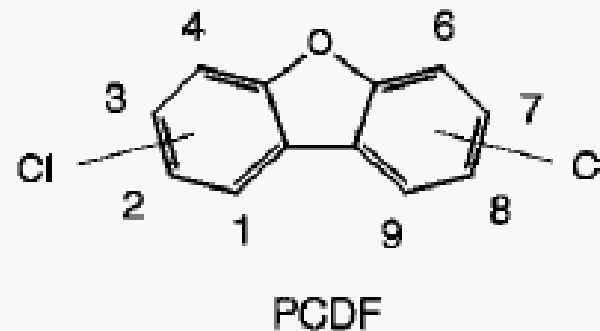
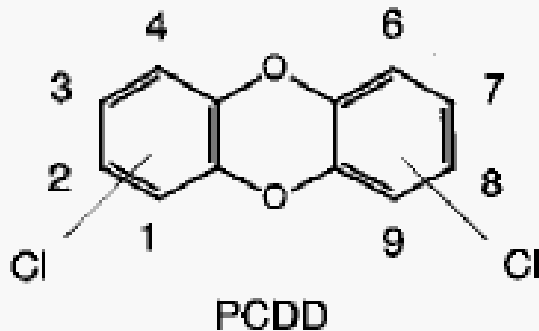
Mezi látkami, které mají velmi negativní vliv na lidský organismus, jsou chlorované uhlovodíky. Tvoří řadu lineárních nebo cyklických sloučenin, které se hromadí v tukových tkáních a vnitřních orgánech živých organismů. Podle počtu atomů v molekule, počtu atomů chloru, jejich polohy a uspořádání pak vzrůstá i jejich biologická a chemická odolnost a tím i obtížnost jejich rozkladu.

V emisích spalovacích zařízení je možné prokázat produkty nedokonalého spalování, zejména polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), polychlorované dibenzodioxiny (PCDD), polychlorované dibenzofurany (PCDF), polychlorované bifenyly (PCB).

Vzdělanost k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ

Dioxiny =
souhrnný název pro skupinu
polychlorovaných difenyl-p-dioxinů
resp.
polychlorovaných difenyl-furanů



Vzdělanost k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ

Příčiny vzniku dioxinů (PCDD) a furanů (PCDF)

- * 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 **74 izomerů PCDD a 135 izomerů PCDF**. Jejich přítomnost ve stopových koncentracích byla prokázána takřka všude – v cigaretovém kouři, v tkaninách, v ovzduší velkoměst s provozem automobilů, při požárech lesních porostů, při grilování, při chemických výroбах, při výrobě spavebních hmot, v energetice atd. **Toxicita byla prokázána u 17 kongenerů**

Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ

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 spalinách a tvorba oxidů dusíku (NOx). Je závislá zejména na teplotě planeme a koncentraci chemicky vázaného dusíku v palivu a obsahu kyslíku ve spalovací komoře,

Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ - ČIŠTĚNÍ

ČIŠTĚNÍ SPALIN

Aby se snížil negativní dopad na životní prostředí, jsou spaliny před vypuštěním do atmosféry podrobeny procesu čištění. Účelem je snížení koncentrací škodlivin pod přípustnou mez, vyjádřenou emisními limity stanovenými pro jednotlivé typy zařízení. Nejprísnejší limity platí pro spalování odpadů. Postupy používané pro čištění spalin jsou budou detailně popsány v další části přednášek.

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ - ČIŠTĚNÍ

Odvod spalin do atmosféry, komín

Vzhledem k tomu, že spalovny pracují obvykle s umělým tahem, je v technologii spalovny jeden nebo více spalinových ventilátorů.

Vyčištěné spaliny jsou pak přes komín odváděny do atmosféry. Výška komína je v tomto případě určena převážně hledisky hygienickými, případně urbanistickými. Provedení komínů bývá zděné, železobetonové, nejčastěji ocelové; ocelové komíny bývají buď s vyzdívkou, nebo bez, což závisí na teplotách a složení odváděných spalin. Komíny se stavějí jako kotvené nebo samonosné.

EMISE - IMISE

Emise

jsou látky, které jsou vypouštěny do životního prostředí. V naší literatuře se tento pojem nejčastěji používá pro látky vypouštěné do ovzduší. Množství emisí se udává v hmotnostních nebo objemových jednotkách vypouštěné škodlivé látky za určitou dobu, většinou za rok.

Imise

Emise je třeba rozlišovat od imisí, což jsou látky, na které se emise přemění po svém vypuštění do ovzduší v důsledku reakce s dalšími v ovzduší přítomnými látkami. Často mohou vzniknout látky ještě škodlivější. Množství imisí se udává v koncentračních jednotkách, např. v mikronech na kubický metr vzduchu. Jako **imisní limit** se označuje nejvýše přípustná hmotnostní koncentrace znečišťující látky obsažená v ovzduší.

EMISNÍ LIMITY

Emisní limity pro stacionární zdroje se člení na **obecné emisní limity** (jsou stanovené pro jednotlivé znečišťující látky nebo jejich skupiny) a **specifické emisní limity** (stanoveny u jmenovitě uvedených stacionárních zdrojů). Pokud pro danou látku není stanoven u stacionárního zdroje specifický emisní limit, je provozovatel povinen plnit obecný emisní limit.

Emisní limit je nejvyšší přípustné množství znečišťující látky vypouštěné do ovzduší ze zdroje znečišťování, vyjádřené jako koncentrace znečišťující látky v odpadních plynech, hmotnostní tok této látky, hmotnostní množství této látky vztažené na jednotku produkce nebo stupeň znečišťování ovzduší tímto zdrojem způsobovaný (tmavost kouře).

Emisní limity vybraných zařízení

Specifické emisní limity pro vybrané spalovací zdroje dle vyhlášky č. 415/2012Sb.

	Specifické EL pro spalovací stacionární zdroje 50-100MW		Specifické EL pro spalovny odpadu [mg/m ³]		
	Pevné palivo obecně [mg/m ³]	Biomasa [mg/m ³]	Denní průměr	1/2h průměr 97%	1/2h průměr 100%
TZL	30	30	10	10	30
NO_x	300	300	200	200	400
SO₂	400	200	50	50	200
TOC			10	10	20
HCl			10	10	60
HF			1	2	4
CO	250	250	50		100 (150) ²⁾
Cd + Tl			0,05 ¹⁾		
Hg			0,05 ¹⁾		
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+N i+V			0,5 ¹⁾		
PCDD/F			0,000 000 1 ¹⁾		

Pozn.: 1) EL pro jednorázové měření

2) 10-minutový průměr pro 95% platných hodnot

Vzdělanost k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ

Tabulka: Porovnání emisních limitů vybraných zařízení (v miligramech na m3)

	Spalovny odpadů	Uhelné kotle	Kotle na dřevo	Kotle na mazut	Plynové kotle	Fluidní kotle
Tuhé emise	10	100	250	55	28	67
Organický uhlík	10		50			
Oxidy síry (jako SO ₂)	50	1667	2500	945	19	533
Oxidy dusíku (jako NO ₂)	200	435	650	250	111	267
Amoniak						
Oxid dusný						
Oxid uhelnatý	50	267	650	97	55	167
Chlorovodík	10					
Fluorovodík	1					
PCDD/PCDF(ng TE/Nm3)	0,1					
Rtuť	0,05					
Kadmium	0,05					
Ostatní těžké kovy	0,5					

Pozn. Použity limity podle Směrnice EU 76/2000 , o spalování odpadů, a Nařízení vlády č. 352/2002 (střední a malé zdroje znečišťování – do 50 MW). Hodnoty jsou přepočteny na 11% O₂ , uvedeny v mg/m3 (kromě PCDD/PCDF) a vztaženy na suchý plyn při normálních stavových podmínkách (273 K, 1013 mbar).

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Třídění spaloven podle použitého spalovacího zařízení

- * Spalovny s pecí s pevným roštem (rovné, šikmé)
- * Spalovny s pecí s pohyblivým roštem (natřásací, pásové, posuvné, otočné, válcové)
- * Spalovny s rotační pecí
- * Spalovny s šachtovou pecí (kuplovna, šikmá)
- * Spalovny s etážovou pecí
- * Spalovny s muflovou pecí
- * Spalovny s fluidní pecí
- * Spalovny s komorovou pecí

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s pevným roštem

Tyto pece jsou určeny pro malé výkony. Existují ve značném množství variant, lišících se konstrukčním uspořádáním roštu, vhozů a systému dohořívání. Pece pracují periodicky a obvykle sestávají z reakční (spalovací) komory, na niž navazuje dohořívací komora spalování. Tuhý odpad je dávkován do reakční komory nejčastěji pomocí vhozové šachty umístěné ve stropě nebo v horní části reakční komory a uzavřené pecními dvířky. Odpady padají na rošt, kde probíhá jejich spalování. Obsluha těchto pecí je obvykle ruční, do pece se vhazují buď lopatou nebo v papírových či plastových pytlích, případně vysypávají z popelnic či jiných nádob. Spalovací vzduch je přiváděn (pomocí ventilátoru nebo podtlakem ve spalinovém tahu) pod rošt (nejčastěji rovný, šikmý nebo stupňový), případně je přiváděn i sekundární vzduch nad rošt pomocí speciálních trysek. Reakční komora je vybavena rovněž jedním, případně několika stabilizačními hořáky, nejčastěji na plynné palivo, jež jsou určeny pro dosažení potřebné zápalné teploty v reakční komoře při zahájení procesu a ke stabilizaci dalšího hoření odpadu.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s pevným roštem

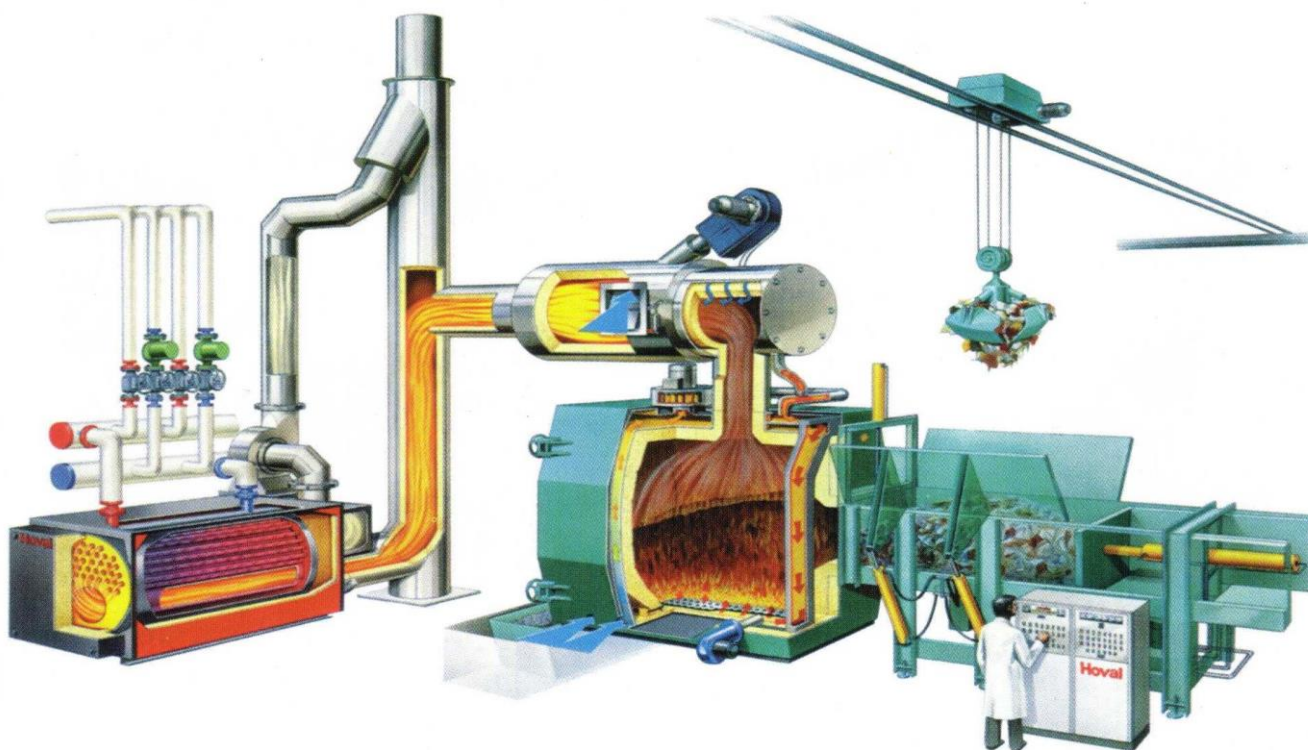
Z reakční komory jsou spaliny vedeny do dohořívací komory, vybavené pomocným hořákem případně i tryskami pro přívod terciálního vzduchu. Tak je zajištěno vyhoření dosud nespálených plynných podílů i nespálených částic organického původu přicházejících z reakční komory a současně i přehřátí plynných produktů na technologicky určenou teplotu.

Za pece se zařazují aparáty na chlazení spalin (kotle na odpadní teplo nebo přímé chladiče a kontaktní chladiče), aparáty na čištění spalin a ventilátor s výstupem do komína.

Pece s pevnými rošty se stavějí na výkony cca do 300 kg/h odpadů. Pro větší výkony je jejich použití málo vhodné, neboť vznikají potíže s jejich obsluhou, zejména s převážně ručním odstraňováním popelovin z roštu. Použití těchto pecí je velmi široké, je však omezeno na spalování odpadů tuhých (nikoliv pastovitých či kapalných).

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s pevným roštem



SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s pohyblivým roštem

U roštových pecí s výkonem nad 200 kg/h je s ohledem na zabezpečení kvalitního procesu vhodné použití pohyblivých roštů, jež mají za úkol zajistit nejen spolehlivý a rovnoměrný průchod tuhých odpadů spalovacím (reakčním) prostorem pece, ale rovněž plynulé odstraňování popelovin. Odpad je pomocí násypky a podavače přiváděn do vstupní části roštového ohniště, spalovací vzduch je přiváděn pod rošt pod tlakem a obvykle rozdělen mezi jednotlivé teplotní zóny. Provoz těchto pecí je obvykle kontinuální, spalovací komora je vybavena stabilizačním hořákem, spalujícím plynné nebo kapalné palivo; vzniklé plynné produkty jsou vedeny do dohořívací komory s instalovaným hořákem pro spalování přídatného paliva, zajišťujícím vyhoření nespálených podílů i přehřátí spalin na požadovanou teplotu.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s pohyblivým roštem

Jak již je z názvu zřejmé, je základním článkem tohoto typu spalovny rošt, sestávající ze soustavy roštnic různého tvaru, který je přizpůsoben vlastnostem spalovaného paliva - odpadu (zejména jeho zrnění) a podmínkám spalovacího procesu. Složením jednotlivých roštnic k sobě vzniká souvislá roštová plocha, na níž během spalování spočívá vrstva odpadu. Mezery, které v roštu vznikají při skládání jednotlivých roštnic k sobě, současně umožňují přívod spalovacího vzduch k vrstvě odpadu. Uvedené konstrukční uspořádání roštu rovněž umožňuje odstraňování škváry, která na něm zbyla po spálení paliva. Na správné funkci roštu závisí kvalita spalovacího procesu i hospodárnost provozu.

Podle konstrukce vlastního roštu, jež současně určuje i způsob přemísťování odpadu v roštovém ohništi, se obvykle rozlišují následující provedení pohyblivých roštů: pásové rošty, posuvné rošty, válcové rošty, natřásací rošty, otočné rošty. Jednotlivé uvedené typy se pak dále vzájemně odlišují dílčími firemními úpravami.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s pohyblivým pásovým roštem

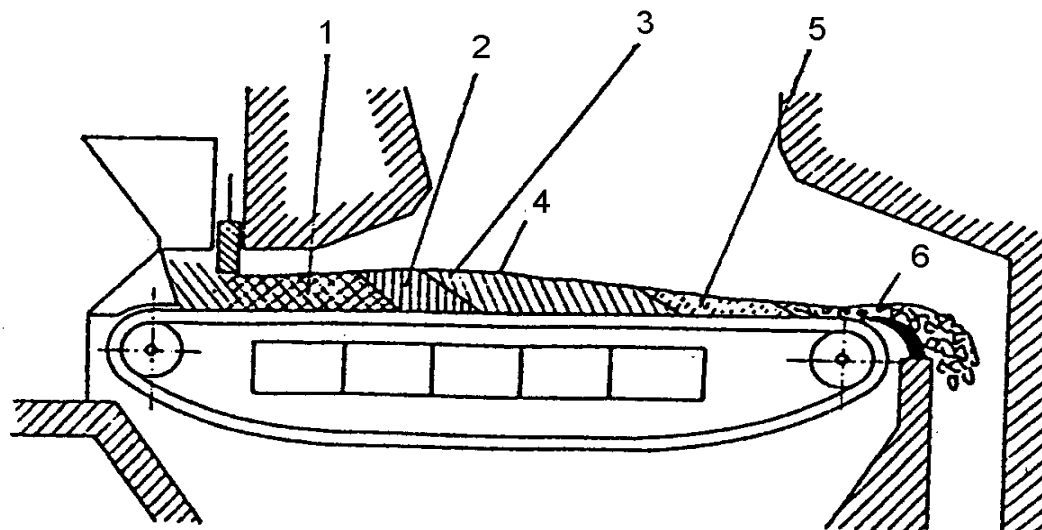
Na příčných tyčích unášených dvěma postraními tažnými řetězy jsou upevněny jednotlivé roštnice, čímž vzniká nekonečný pás, jehož horní plocha, na níž spočívá vrstva odpadu, tvoří vlastní plochu roštu. Při provozu je rošt tepelně namáhán pouze v horní části, zatímco spodní část je chlazena přiváděným primárním spalovacím vzduchem. Spalovací vzduch je přiváděn do prostoru mezi horní a spodní částí roštového pásu a rozdělen do dílčích pásem; přívod vzduchu je regulován klapkami.

Nevýhodou této konstrukce roštu je nehybná vrstva odpadu na roštu; odpad se nepromíchává po výšce vrstvy odpadu a jeho zapalování a prohořívání nastává od povrchu směrem dolů do vrstvy. Rošty tohoto typu jsou proto vhodné jen pro spalování kvalitnějších druhů tříděných paliv a pro spalování odpadů jsou méně vhodné.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s pohyblivým pásovým roštem

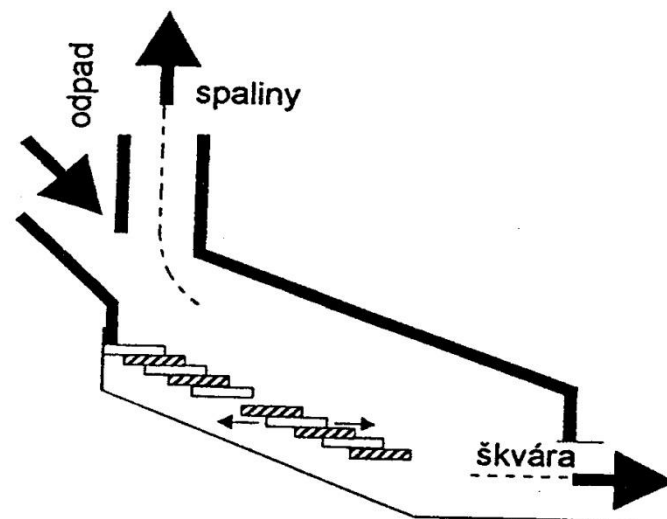
- 1 – zóna sušení
- 2 – odplynění a vzněcování
- 3 – hoření tuhé hořlaviny
- 4 – vrstva paliva
- 5 – dohořívání škváry
- 6 - škvára



SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s pohyblivým roštem

Posuvné rošty (vratisuvné rošty) jsou šikmo sestupující pohyblivé rošty, které pomalu posunují odpady dopředu ve směru spalování. Pro jednotlivé technologické zóny pro sušení, spalování a vyhořívání jsou na roštu vyčleněny části roštu. Výška roštnic je cca 150 až 200 mm. Přesouvání roštnic způsobuje, že z nich odpady přepadávají. Tím dochází k přehrnování a načechrávání odpadu. Rychlost posuvného roštu je obvykle hydraulicky regulovatelná, spalovací vzduch je přiváděn předeheřt na teplotu cca 250 °C. Tento typ roštu je používán u moderních zařízení na spalování komunálních odpadů.



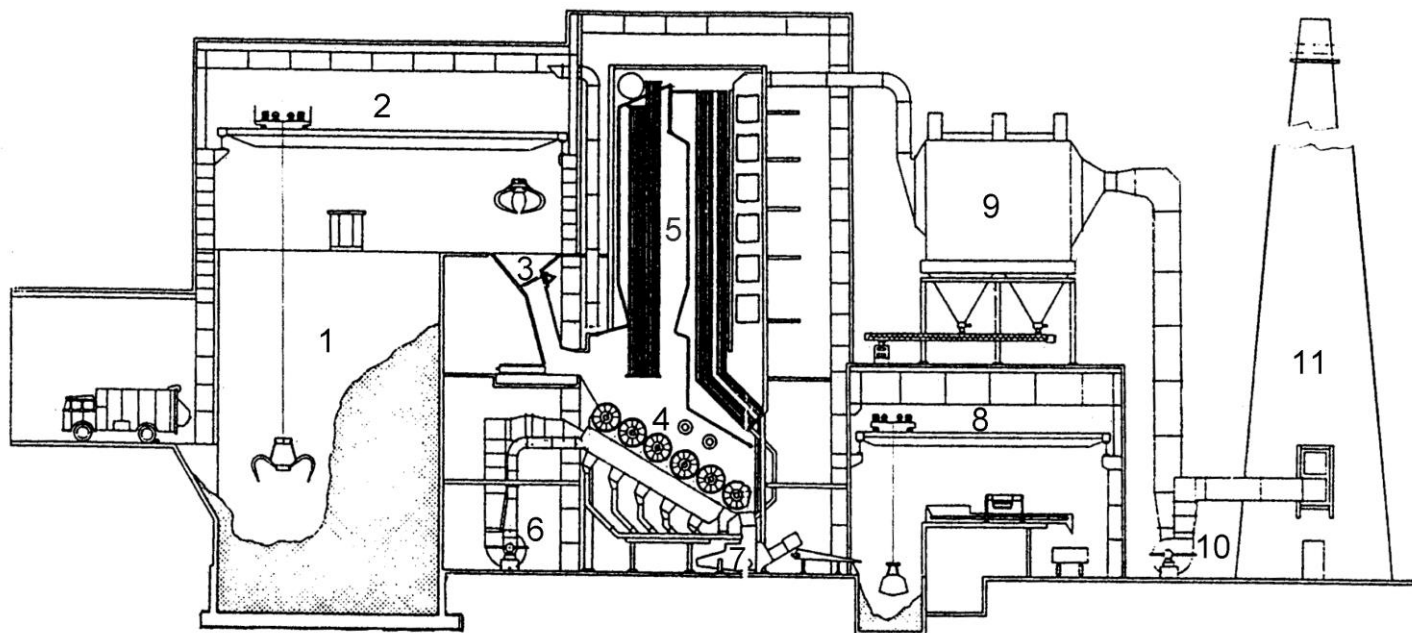
SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s pohyblivým válcovým roštem

Rošt je tvořen několika (zpravidla šesti) válci, jež jsou uspořádány stupňovitě za sebou a vytvářejí tak dno spalovací komory se sklonem asi 30°; válce mají průměr cca 1,5 m a délku určenou požadovanou spalovací kapacitu pece a jsou opatřeny litinovými roštnicemi. Každý válec má zpravidla svůj vlastní pohon s měnitelnou rychlostí otáčení (0,5 až 12 otáček za minutu) a samostatný regulovatelný přívod spalovacího vzduchu. Odpady jsou zaváženy na nejvýše položený válec a postupně přesouvány na další válce na nichž postupně probíhají jednotlivé fáze spalovacího procesu. Tento typ roštu je použit u spalovacích zařízení brněnské spalovny komunálních odpadů a u spalovacích zařízení pražské spalovny komunálních. Odvod tuhých zbytků je z posledního válce, z kterého vypadávají do odstruskovače a z něho jsou odváděny pásovým dopravníkem. Odvod spalin ze spalovací komory je u protiproudých spaloven nad prvním válcem, odkud jsou spaliny převáděny do dohořivacího prostoru, který přechází ve výparník parního kotle; za výparníkem jsou zařazeny další výhřevné plochy kotle.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s pohyblivým válcovým roštem



1 - zásobník odpadu
2 - klešťový jeřáb
3 - násypka odpadů
4 - válcový rošt

5 - parní kotel
6 - přívod spalovacího vzduchu
7 - odvod zbytků po spalování
8 - klešťový jeřáb na zbytky po spalování

9 - elektrostatický separátor
10 - spalínový ventilátor
11 - komín

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s rotační pecí

Spalovny s rotační pecí jsou nejpoužívanějším typem zařízení pro termické zneškodňování odpadů a mají v porovnání s jinými typy univerzální využití. V těchto pecích lze spalovat odpady různé konzistence, prakticky všechny druhy průmyslových odpadů, ale i odpady komunální, pevné kusové, pastovité a stejně tak i kapalné odpady.

Rotační pec spojuje důležité aspekty nezbytné pro termického zpracování odpadů do jednoho zařízení. V rotačních pecích je dobré přehrnování a mísení odpadů, dobrý přístup spalovacího vzduchu v důsledku otáčení pece, intenzivní přenos tepla jak sáláním a konvekcí. Regulace a řízení procesu spalování, a tím i přizpůsobení pece různým druhům odpadu a různým spalovacím režimům, je velmi jednoduchá. Doba zdržení tuhého odpadu v peci je obvykle 0,5 až 1,5 hodiny a dá se jednoduše řídit rychlostí otáčení pece (obvykle 0,5 - 3,0 otáčky za minutu), nebo výjimečně změnou náklonu rotační pece.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s rotační pecí

Základem rotačních pecí je ocelový válec (o průměru 1000 až 5000 mm a délce až 20 000 mm), vyzděný žáruvzdorným materiálem. Válec je otočný kolem podélné osy a je mírně skloněn vůči horizontální rovině (2° až 7°). Přední čelo pece je opatřeno zapalovacím a stabilizačním hořákem, násypkou pro přívod odpadu nebo jiným typem zařízení na dávkování odpadů (hydraulické podavače, dávkovací šneky, dávkovací trysky). Přes čelo se rovněž přivádí spalovací vzduch potřebný pro spalování odpadů. Teplota v reakčním prostoru se u běžných typů rotačních pecí pohybuje v rozmezí od 700 °C do 1200 °C. U speciálních konstrukcí rotační pecí např. s vodou chlazeným pláštěm jsou teploty až 1400 °C. V rotační peci probíhá pouze tzv. první stupeň spalování, kdy se odpad nejprve vysuší, uvolní se prchavá hořlavina a teprve po zahřátí odpadu na zápalnou teplotu odpad hoří. Nespalitelné zbytky odcházejí z pece jako popel nebo struska. Teplo vznikající spalováním odpadů odvádí z reakčního prostoru vznikající spaliny.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

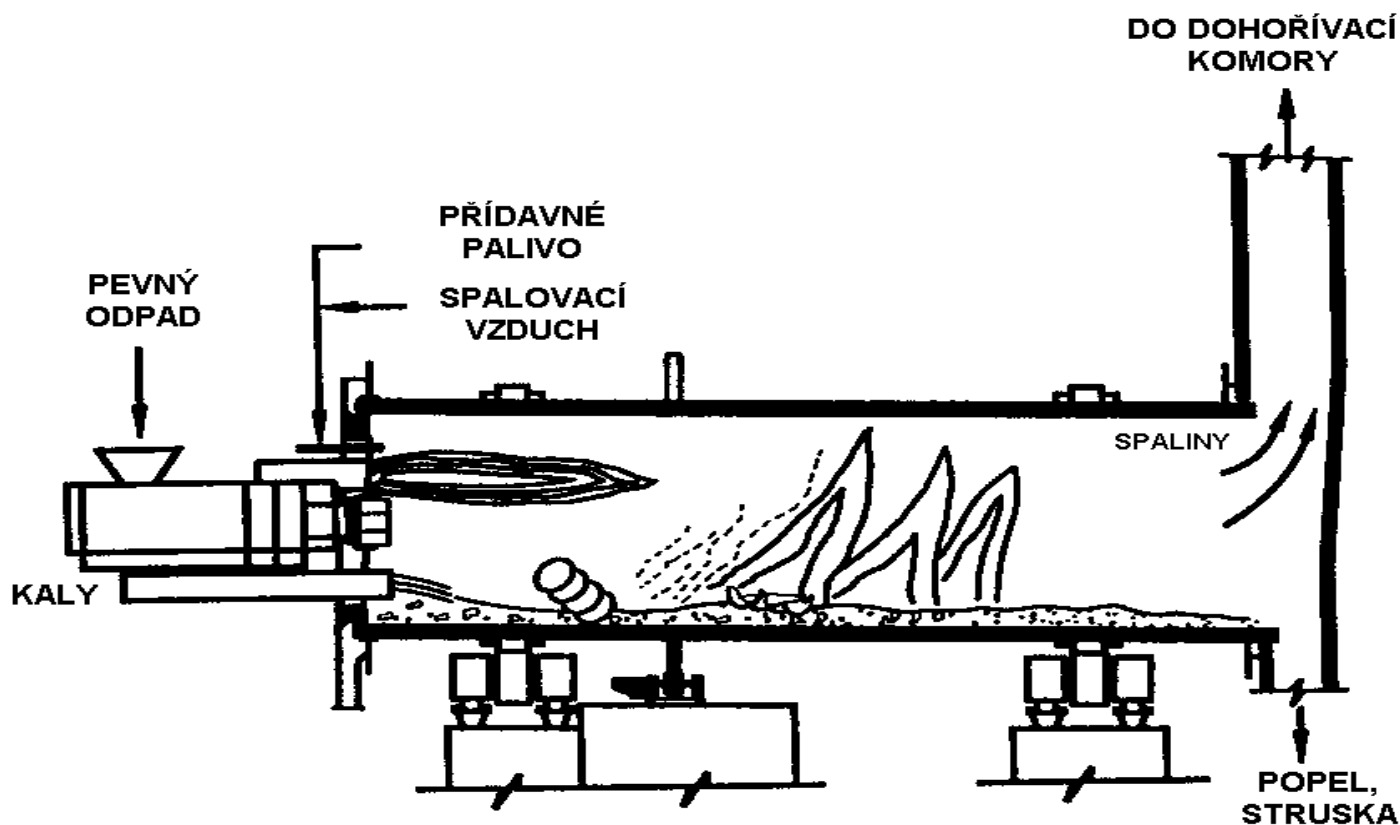
Spalovací zařízení s rotační pecí

Protilehlá část pece je zasunuta do výpadové komory, která slouží k odvodu tuhých zbytků po spálení odpadů. Dolní část této komory je opatřena suchým nebo mokrým uzávěrem, který zabraňuje přísávání vzduchu do systému a současně umožňuje periodický nebo kontinuální odvod popelovin mimo spalovací zařízení.

Horké spaliny spolu s nespálenou prchavou hořlavinou jsou z rotačních pecí, obvykle v souproutně, odváděny přes horní část komory pro výpad popele, do druhého stupně spalování, tzv. dohořívací komory, kde se spalování dokončí.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Schéma spalovacího zařízení s rotační pecí



SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovacího zařízení s rotační pecí



SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s šachtovou pecí

Kuplovna pro spalování odpadů je tvořena šachtou vyzděnou šamotovými tvarovkami, v jejíž spodní části je výsuvný rošt a pod ním uzavěr, jejichž střídavým otevíráním a zavíráním je odstraňován popel. Odpad je zavážen shora a postupně prochází jednotlivými teplotními pásmy, v nichž nejprve probíhá sušení, odplynění a posléze jeho spalování. Spalovací vzduch je přiváděn výfučnami ve spodní části šachty a je předehtříván průchodem přes vrstvu žhavého popela, který současně chladí. Spaliny pak proudí vzhůru proti klesajícím odpadům, jimž předávají část svého citelného tepla a předehtřívají je; odtah spalin je v horní části pece.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Šikmá pec pro spalování odpadů je tvořena vyzdřeným pevným, šikmo uloženým válcem, který je v dolní části ukončený vynášecím roštem. Přívod odpadu je v horní části pece, odpad postupně vlastní váhou klesá dolů, kde shoří na šikmém roštu, zatímco popel je vynášen křížovými otočnými rošty. Pec je vybavena tzv. horkovzdušnou komorou se stabilizačním hořákem, v níž se připravují horké spaliny, přiváděné pod šikmý rošt a dále vzhůru kolem sesouvajících se odpadků, které postupně vysušují a ohřívají na zápalnou teplotu. V horní části šachtové pece jsou spaliny převáděny do dohořívací komory a po vyčištění do komína.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s etážovou pecí

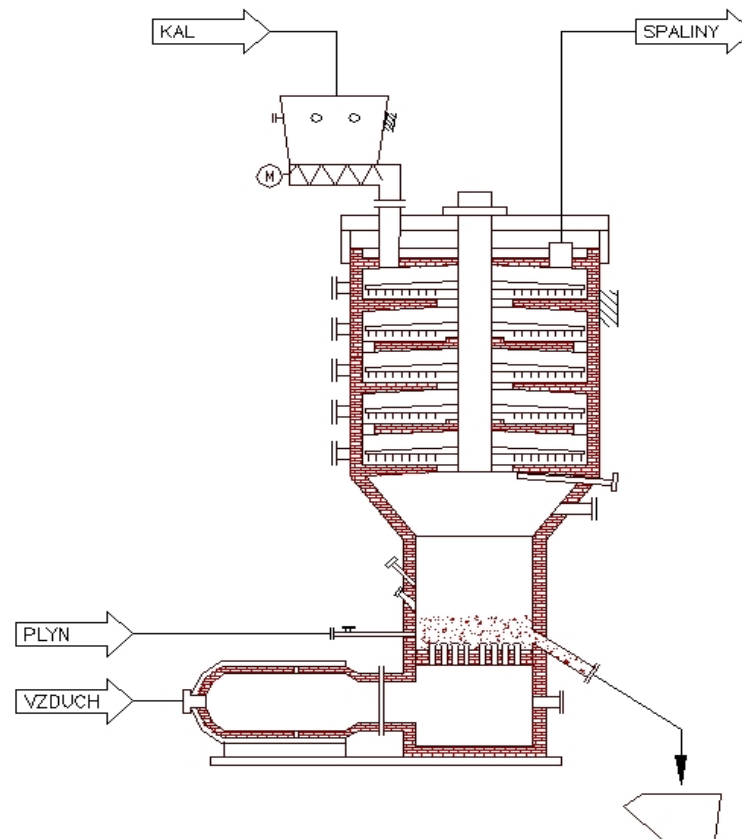
Etážové pece mají tvar stojatého válce, rozděleného po výšce žáruvzdorným vyzdívkovým materiálem na etáže. Osou pece probíhá masivní, chlazená hřídel, opatřená dvěma až čtyřmi rameny zasahujícími do jednotlivých etáží. Na ramena se nasazují přehrnovací lopatky ze žáruvzdorné litiny, nasměrované tak, aby při otáčení hřídele byl odpad, přiváděný do pece na horní etáž, shrnován do otvorů uspořádaných v jednotlivých etážích střídavě na obvodu válce a v jeho středu. Odpad tak postupuje v etážích od obvodu ke středu, kde propadne na níže ležící etáž, na níž je opět hrnut od středu k obvodu. Proti toku odpadů proudí spaliny ze spalovací části pece.

V důsledku tohoto postupu odpadu pecí je zajištěna dlouhá doba průchodu odpadu, což umožňuje zpracování odpadů s vysokou vlhkostí, zejména kalů. Vrchní etáže jsou určeny k sušení odpadu, střední ke spalování a dolní ke chlazení zbytků (popela). Etážová pec je často kombinována s fluidním spalovacím zařízením. V tomto případě slouží horní etáže pro sušení a ohřev odpadů. Dolní část pece je tvořena spalovací komorou s fluidní vrstvou, do které padají odpady z etáží.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s etážovou pecí

Spalovací vzduch je přiváděn zespodu, tedy v protiproudu vůči směru postupu odpadu, spaliny jsou odváděny v horní části etážové pece. Teploty v reakčním prostoru jsou 800 °C až 900 °C. Hřídél musí být chlazena vzduchem nebo vodou stejně je nutno chladit i přehrnovací ramena.



SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s fluidní pecí

Fluidního principu lze pro termické zneškodnění odpadů využít jak pro kapalně tak i pevné odpady. U těchto nutno zajistit stejnou zrnitost. Podstata procesu je založena na vhánění spalovacího vzduchu zespodu velkou rychlostí do vrstvy zrnitého odpadu, čímž dojde k nadnášení a zviření jednotlivých zrn (vytvoření fluidní vrstvy), zvětšení reakčního povrchu a velmi intenzivního průběhu spalovacího procesu v celé vrstvě za teplot 800 °C až 1000 °C. Pro spalování odpadů nutno zajistit nosné lože, nejčastěji keramické (např. písek).

Fluidní spalování je vhodná zejména pro spalování hořlavých látek s vyšším obsahem síry, neboť produkty jejího spalování mohou takto být s výhodou zachycovány prostřednictvím současného přidavku mletého vápna nebo vápence přímo do spalovaného odpadu. Předností fluidního ohniště je jeho konstrukční jednoduchost, vyplývající ze skutečnosti, že nemá žádné pohyblivé díly.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s muflovou pecí

Muflové pece jsou pece bezroštové, v nichž je odpad ukládán na nístěj tvaru vany nebo na keramickou desku s vaničkovým provedením a to buď skrze boční vhazovací šachtu nebo vrchním vhozem. Do spalovacího prostoru tvaru kvádru je zaústěn hlavní hořák, který současně slouží pro spalování kapalných odpadů. Spaliny vzniklé spalováním odpadních látek jsou dále vedeny do dohořivací komory, kde pomocí dalšího hořáku nespálené částičky dohoří se sekundárním spalovacím vzduchem. Pec pracuje periodicky; odpad je zavážen do zchlazené prázdné pece, po uzavření sázecího otvoru je pec vyhřátá na potřebnou teplotu stabilizačním hořákem. Po ukončení spalování, zchlazení pece a vyhrabávání škváry (popela) je pec připravena pro nasazení další vsázky odpadu. Tento typ pece byl vyvinut pro spalování různých druhů olejových kalů, vrtacích emulsí, rozpouštědel, zbytků z výroby barev a laků apod.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení s vozokomorovou pecí

Pece komorové se vyznačují pracovním prostorem tvaru komory s umístěním podpůrných hořáků nejčastěji v bočních stěnách, odtahem spalin v zadní stěně a manipulačním otvorem (pecními dveřmi) v přední stěně pece. Z hlediska způsobu práce je tepelný režim těchto pecí periodický. Tuhý odpad, nejčastěji velkorozměrný, který není možno bez úpravy sázet do běžných typů spalovacích pecí, je nasazen na pevnou či výjezdnou nístěj (komorová pec vozová), a po ohřátí na zápalnou teplotu podpůrnými hořáky probíhá vlastní režim termického zneškodnění odpadu za teplot 800 °C až 1000 °C. Vzniklé plynné zplodiny jsou vedeny do dohořívací komory, vytápěné hořákem, v níž jsou nespálené částičky spáleny v přebytku kyslíku. Po ukončení procesu, zchlazení a vyhrabání (odsátí) tuhých zbytků (škvára, popel), je pec připravena pro nasazení dalšího odpadu. Tyto pece se staví jakožto pomocné spalovací zařízení vedle hlavní spalovací pece, s níž pak mají obvykle společnou dohořívací komoru.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

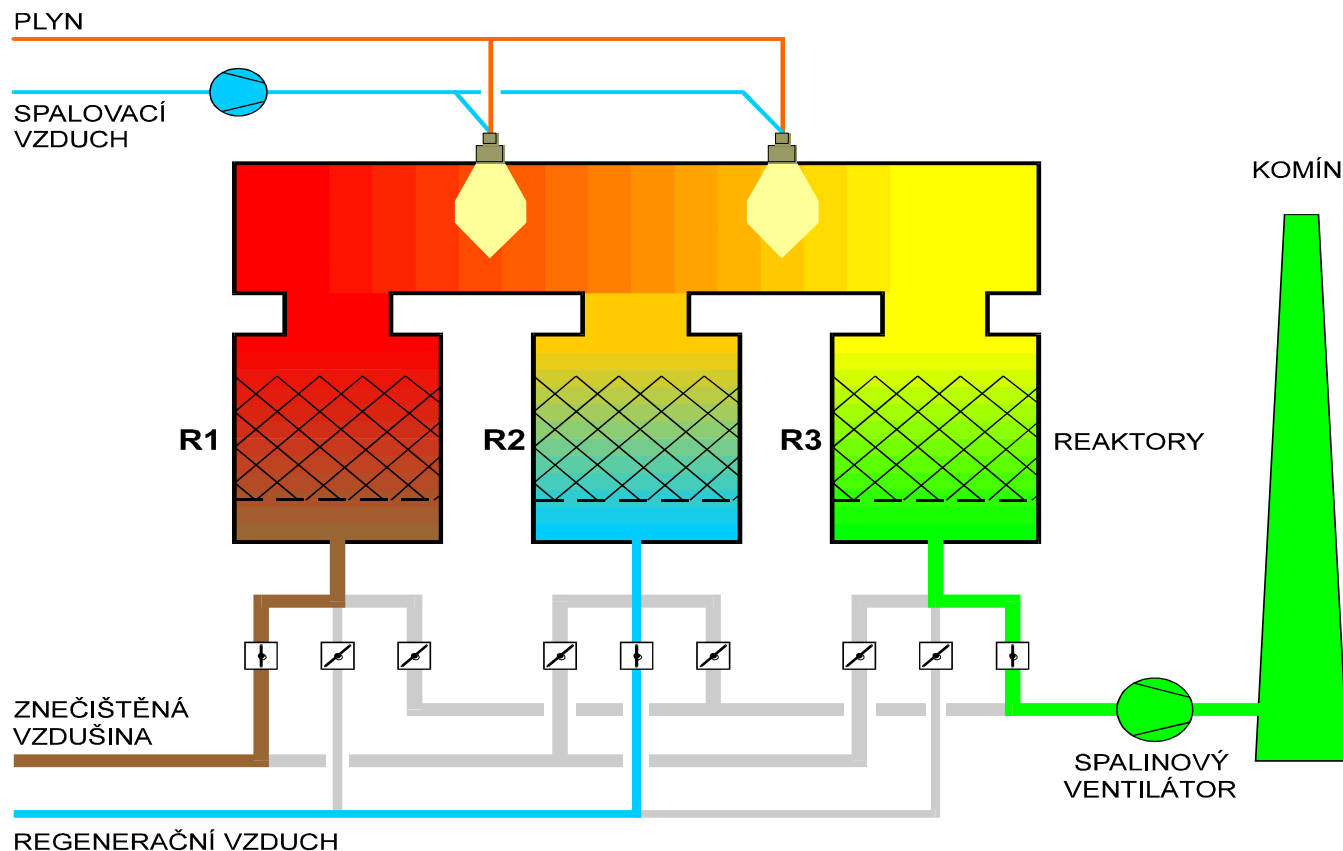
Dohořivací komory- druhý stupeň spalování

Horké spaliny spolu s nespálenou prchavou hořlavinou proudí z prvního stupně do tzv. dohořivací komory. Zde jsou za přebytku kyslíku, v plameni hořáku dohořivací komory, spalovány plynné nebo pevné nespálené částice obsažené ve spalinách z prvního stupně.

Dohořivací komora je obvykle ocelová skříň válcového nebo hranatého tvaru, která je uvnitř vyzděná žáruvzdornou vyzdívkou. Pro usměrnění proudění spalin může mít vnitřní prostor dohořivací komory vestavbu. Vzhledem k možné zaprášenosti spalin z prvního stupně spalování je často nutné vybavit komoru výsypkami a vzduchotěsnými uzávěry pro odvod popílku, odloučeného ze spalin uvnitř dohořivací komory. Svým tvarem často navazuje dohořivací komora přímo na zařízení prvního stupně spalování. Stejně tak i zařízení na chlazení spalin je často tvarově pokračováním dohořivací komory. V těchto případech tvoří navenek oba stupně spalování a utilizační kotel jeden kompaktní aparát.

SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení odplynů s regeneračními výměníky

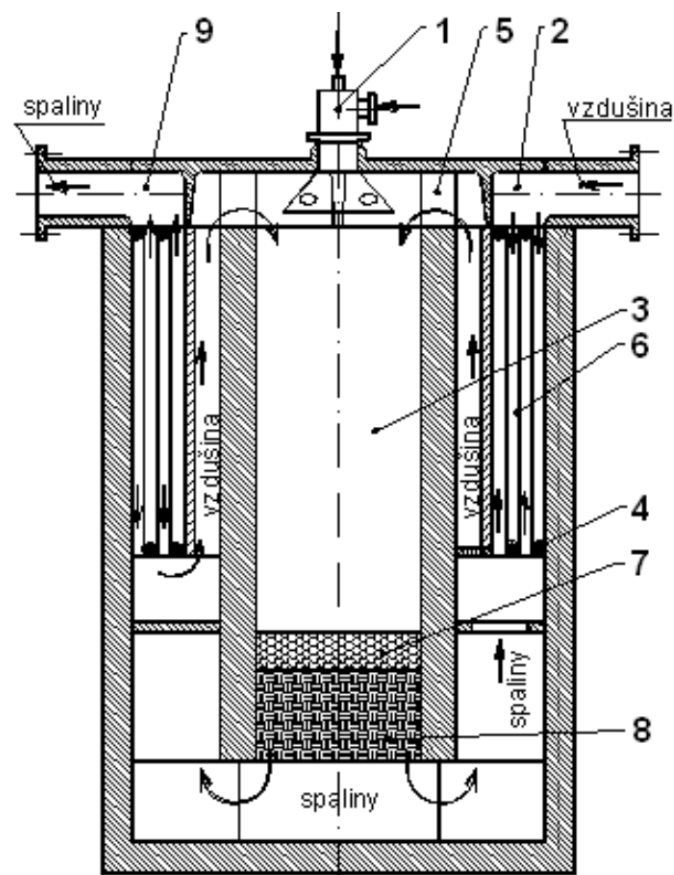


SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Spalovací zařízení odplynů s regeneračními výměníky



SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ



SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ



PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ

SPALINY - chlazení

Spalování odpadů je svázáno s produkcí tepla ve formě horkých spalin. Teplota spalin opouštějících spalovací komoru, respektive dohořívací komoru je příliš vysoká pro přímý vstup do zařízení na čištění 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 spalinách. Z tohoto důvodu je vhodné volit rychlý způsob ochlazení spalin, aby se tak zkrátil reakční čas v těch 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 chladící medium. 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.

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY - chlazení

Chlazení spalin bez využití tepla

Teplo spalin se nevyužívá případech, kdy jde o malá zařízení s přerušovaným provozem nebo opatření nutná k využití tepla jsou nereálná a neekonomická. V tomto případě je použito kontaktní chlazení spalin vodními sprchami nebo chlazení vzduchem.

Chlazení vzduchem je nejjednodušší, neboť spočívá v přisávání studeného vzduchu do proudu žhavých spalin. Nevýhodou je výrazné zvýšení celkového objemu spalin o 250 až 350 %), což má za následek zvětšení potřebných rozměrů kouřovodů, zařízení pro čištění spalin i komína.

Pokud není realizováno využití tepla spalin, pak nejúčinnějším způsobem je chlazení plyných spalin vodními sprchami v odpařovacích věžích. Odcházející spaliny jsou směřovány s jemně rozptýlenými kapičkami vody, přičemž dochází k odpaření veškeré vody. Využití výparného tepla vody podstatně snižuje potřebný objem vody pro chlazení. Zvýšení celkového objemu spalin činí v tomto případě jen 30 až 50 %. Nevýhodou tohoto způsobu chlazení je však ztráta možnosti využití tepla horkých spalin. Další nevýhodou je i zde nárůst objemu spalin o chladící medium. Pokud je spaliny v následujícím kroku nutno čistit, rostou nároky na tuto operaci.

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY - chlazení

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, pro výrobu teplé užitkové vody nebo tepla pro dálkové vytápění. Pára může být 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 integrální, kdy trubkovnice kotle vytvářejí stěny spalovací komory.

Vzdělanost k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY - chlazení

Aparáty na chlazení spalin

- Výměníky tepla

Výměníky jsou aparáty sloužící k přenosu tepelné energie mezi dvěma nebo více proudy pracovních látek.

Účelem výměníků tepla je ochlazení horkého proudu spalin, případně využití odpadního tepla spalin při jejich chlazení, ohřev pracovní látky, především ohřev vzduchu, ohřev vody nebo jiného teplonosiče. Základními požadavky, kladenými na výměníky tepla jsou spolehlivost provozu, co nejmenší rozměry, hmotnost a cena a minimální čerpací práce a co nejmenší ztráty energie pracovních látek.

- Parní a horkovodní kotle

Kotle jsou aparáty sloužící k využití tepla spalin pro výrobu páry nebo ohřevu vody. Přitom dochází k potřebnému ochlazení spalin na požadovanou teplotu.

Základními požadavky, kladenými na kotle jsou podobné jako pro výměníky tepla. Je to spolehlivost provozu, co nejmenší rozměry, hmotnost a cena a minimální čerpací práce a co nejmenší ztráty energie pracovních látek.

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY - chlazení

Rozdělení výměníků tepla

- **Z hlediska provedení teplosměnných ploch**
 - * výměníky trubkové (hladké nebo žebrované trubky)
 - * bubnové (kotlové),
 - * skříňové,
 - * deskové,
 - * trubkové,
 - * svazkové,
 - * šroubové,
 - * hadové,
 - * vlásenkové
 - * výměníky bez teplosměnných ploch (směšovací výměníky, kontaktory).
- **Podle uspořádání proudů pracovních látek ve výměníku**
 - * souproudé
 - * protiproudé
 - * křížové
 - * křížové kombinovatelné
 - * vícenásobně souproudé, protiproudé a křížové

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY - chlazení

- Podle pracovního pochodu
 - * rekuperační
 - * regenerační
 - * kontaktní
 - * směšovací
- Podle způsobu přenosu tepla
 - * konvekční výměník
 - * sálavý (radiační) výměník
 - * kombinovaný výměník
- Podle teplotních medií
 - * voda - voda,
 - * pára - pára,
 - * pára - voda,
 - * pára - vzduch,
 - * pára - olej,
 - * spaliny - voda,
 - * spaliny - pára,
 - * spaliny - vzduch, atd.

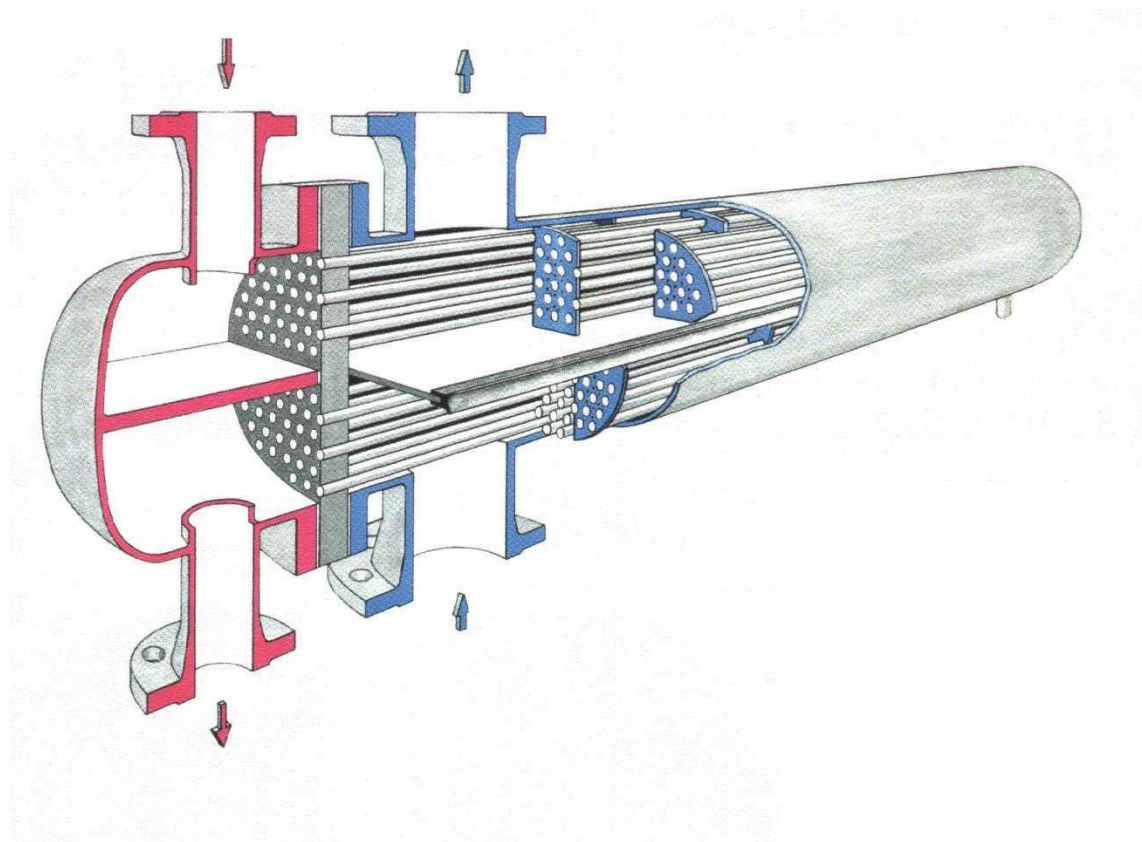
PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY - chlazení

Trubkový výměník - žárotrubný



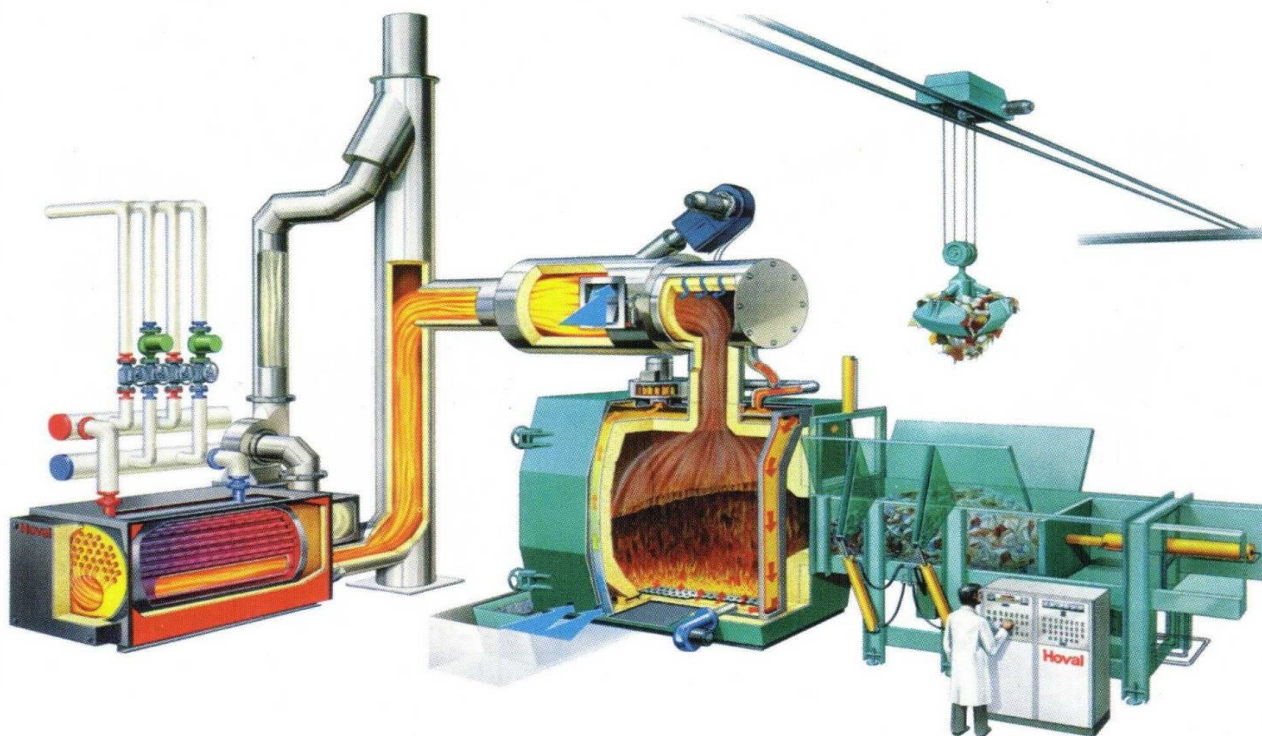
PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY - chlazení

Trubkový výměník dvouchodý - schéma



PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY - chlazení

Trubkový výměník žárotrubný v technologii spalovny



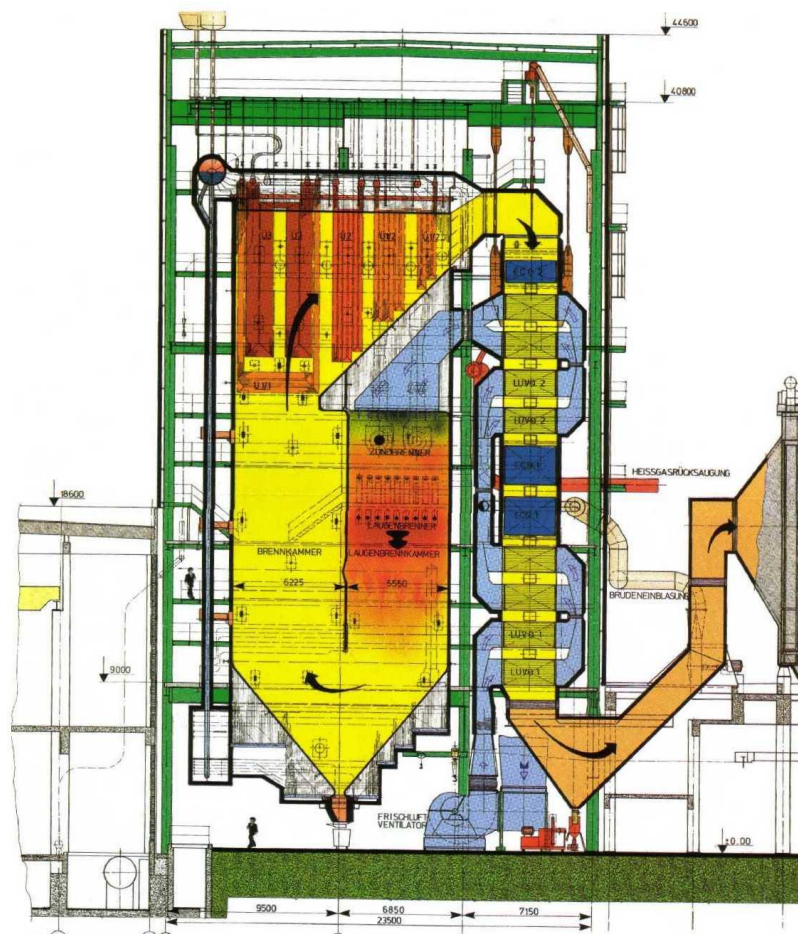
PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY - chlazení

Sekční výměník vlásenkový



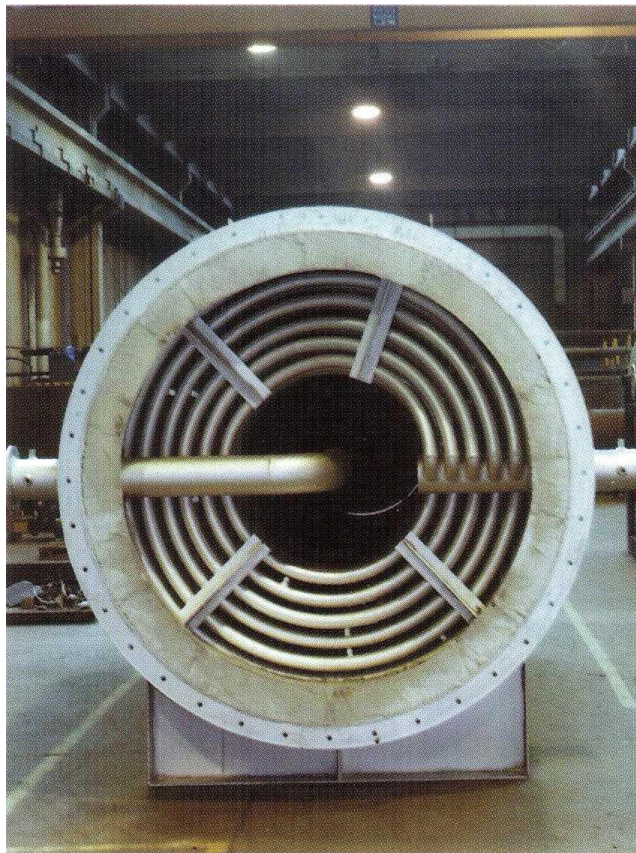
PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY - chlazení

Trubkové svazky
výměníků v
regeneračním kotli



PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY - chlazení

Trubkový výměník šroubový



PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY - chlazení

Deskový výměník krabicový



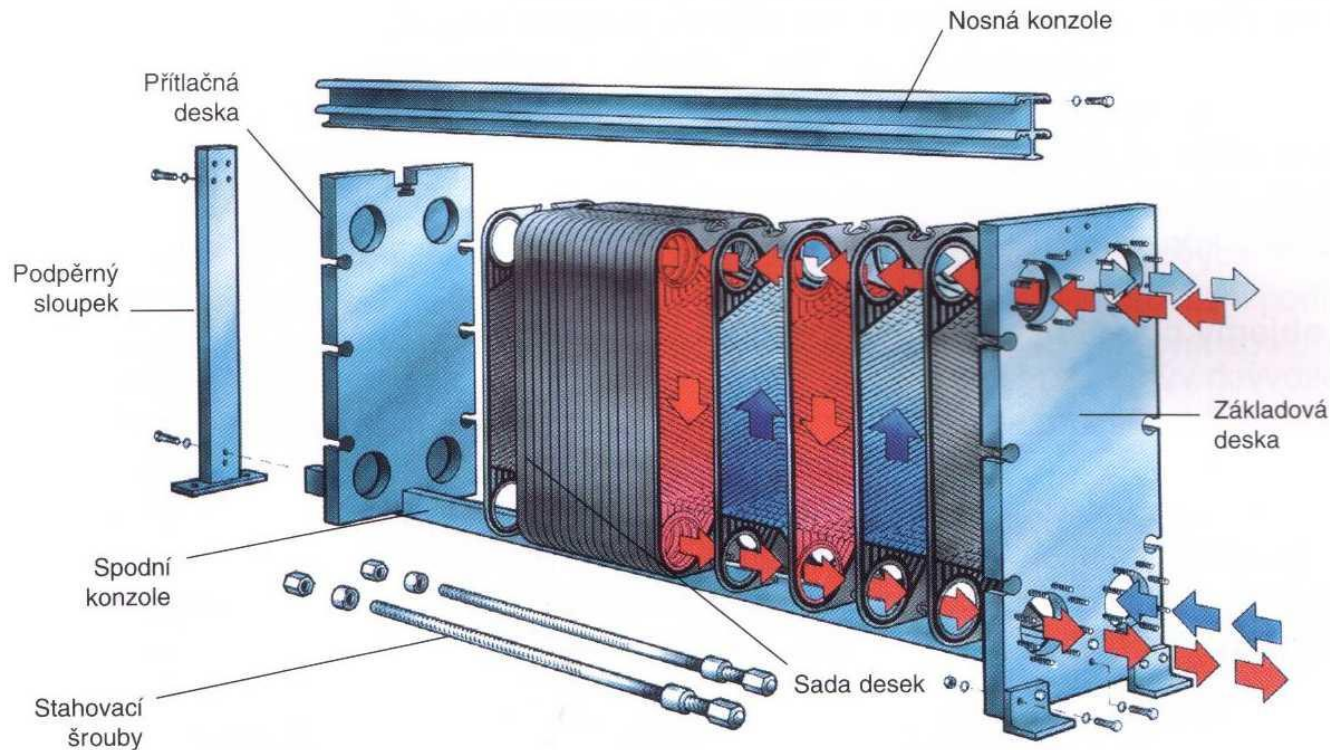
Deskový výměník - sestava



Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY - chlazení

Deskový výměník voda / pára



PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY – tuhé zbytky po spalování

Popeloviny

Tuhé zbytky jsou nespalitelné podíly 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 spalinami 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 zakoncentrovávají. 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. Odloučený popílek je ukládán na speciálních skládkách nebo se zneškodňuje pomocí postupů zvaných solidifikace.

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY – tuhé zbytky po spalování

Zpracování popela, škváry a strusky

Ze spalovacího zařízení vystupují popeloviny a dopravují se do krytých bunkrů nebo přímo do kontejnerů. V popelu, škváře nebo strusce se spalování odpadů je často určitý podíl kovových částic.

Železné kovy obsažené v popelovinách lze magneticky separovat a využít jako železný šrot. Po vychladnutí se popeloviny dopravují v kontejnerech na vhodnou skládku.

Konečné zneškodnění škváry ze spalovny obvykle nečiní problémy, avšak popílek (z odlučovačů) často obsahuje značné množství těžkých kovů, proto jeho skládkování je možné jen na skládce nebezpečných odpadů.

Všechna zařízení pro výše uvedenou manipulaci a nakládání s pevnými zbytky musí být s ohledem na vlhkost a abrazivní vlastnosti materiálů robustní konstrukce a uzpůsobena snadné údržbě.

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY – tuhé zbytky po spalování

Zpracování popílku

K zamezení úniku škodlivin zejména z popílku a kalu, 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.

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.

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ SPALINY – tuhé zbytky po spalování

Zpracování popílku

Vitrifikace je solidifikační metoda určená pro zpevňování popílků, které mají vysoký obsah ve vodě rozpustných těžkých kovů (třída vyluhovatelnosti III a horší), 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.

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ

SPALINY – kapalný odpad a kal po spalování

Zpracování kapalných zbytků a kalu

Odpadní voda a kal vzniká 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 pouštět do odpadních vod. Pokud není možno vypouštět zasolenou vodu do odpadních vod, dále se zpracovává.

PRODUKTY TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ

SPALINY – kapalný odpad a kal po spalování

Zpracování kapalných zbytků a kalu

Odpadní voda z 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 popínkem 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.

Kal odloučený z odpadní vody v kalolisu se pak ukládá na specializovaných skládkách po předchozí solidifikaci.

TECHNOLOGIE KE SNIŽOVÁNÍ EMISÍ (SEKUNDÁRNÍ OPATŘENÍ K OMEZOVÁNÍ EMISÍ)

5. část

FILTRACE TUHÝCH ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK

ODLUČOVAČE PRACHOVÝCH ČÁSTIC

Prachové částice představují hlavní zdroj potenciálních emisí ve spalínách a dalších odpadních plyných proudech. Jejich obsah ve spalínách je určen celou řadou faktorů jako například obsahem popela v palivu, konstrukcí strojně technologických zařízení (roštů, spalovacích komor, ...), 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 elektrické (suché, mokré), filtry.

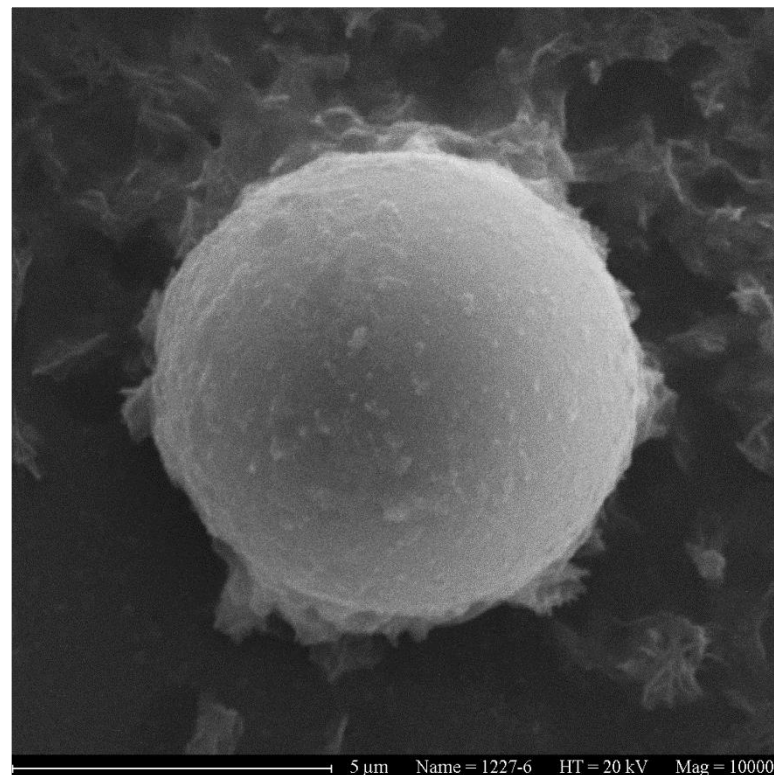
PRACHOVÉ ČÁSTICE

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

různými, často velmi malými rozměry zrna (rozměry v μm),

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.

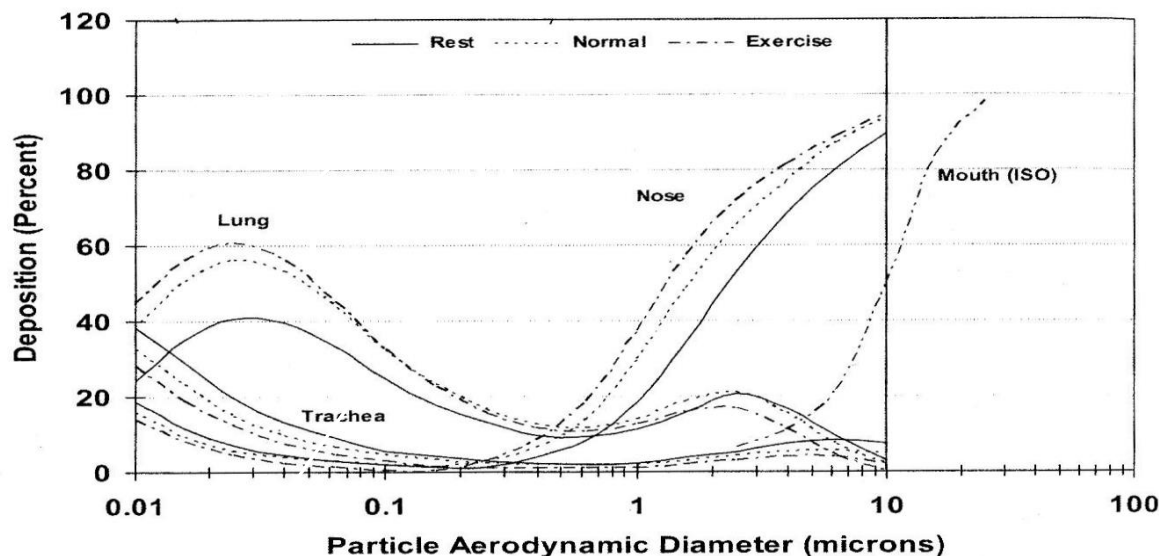


Částice prachu pod elektronovým mikroskopem

PRACHOVÉ ČÁSTICE

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

(WIT Transaction on Ecology and the Environment, Vol. 99, p. 619-632, 2006)



záchyt v dýchacích cestách

MECHANICKÉ ODLUČOVAČE

Odlučovače mechanické suché

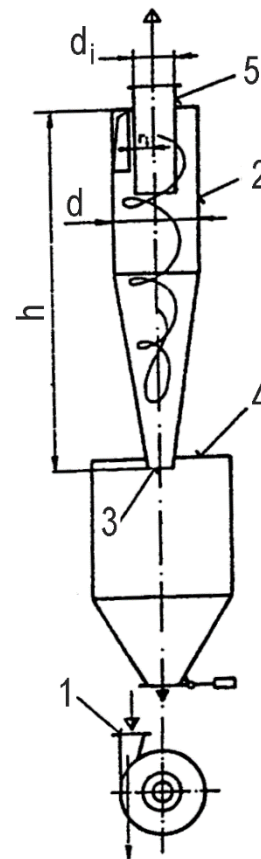
Jsou založeny na využití gravitační nebo setrvačných síl k oddělení tuhých částic a to na základě jejich odlišné hustoty oproti plynným spalinám.

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

MECHANICKÉ ODLUČOVAČE

Odlučovače mechanické suché

Nejpoužívanějším typem suchých mechanických odlučovačů jsou **odlučovače vírové** čili **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).



- 1 - vstup plynu,
- 2 - odstředivá komora,
- 3 - výmetný otvor,
- 4 - výsypka,
- 5 - výstup vyčištěného plynu

MECHANICKÉ ODLUČOVAČE

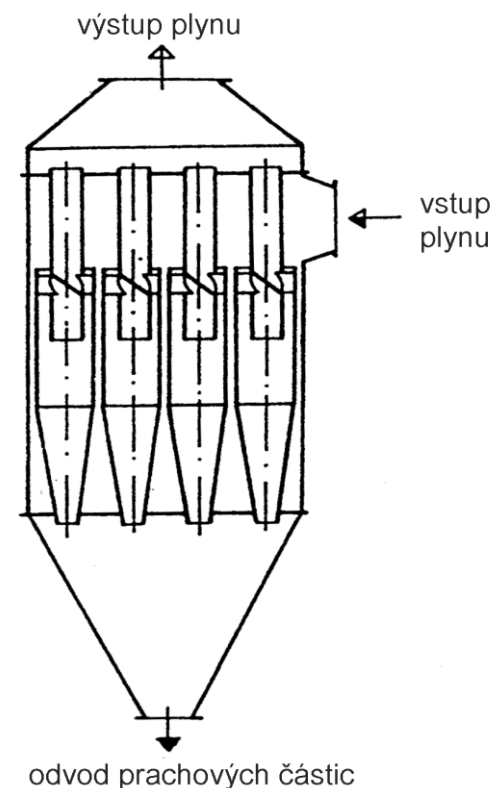
Odlučovače mechanické suché

Pro velká průtočná 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.

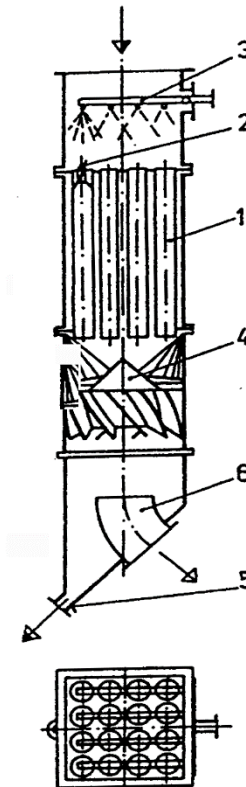
Výhodou uvedených uspořádání je výrobní jednoduchost, nízké pořizovací náklady a provozní spolehlivost. K nevýhodám patří zejména obrušování zařízení prachovými částicemi.



MECHANICKÉ ODLUČOVAČE

Odlučovače mechanické mokré

Snaha po 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 rozprašováním vody tryskami.



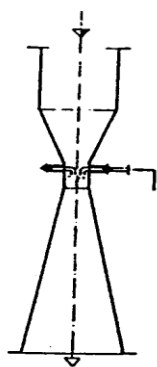
- 1 - vírová trubice,
- 2 - rozváděcí lopatky,
- 3 - trysky,
- 4 - vírník,
- 5 - odvod kalu,
- 9 - výstup

MECHANICKÉ ODLUČOVAČE MOKRÉ

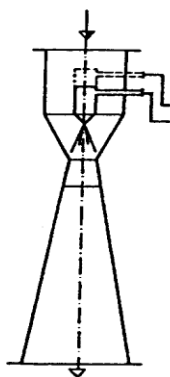
Odlučovače mechanické mokré

Pro chlazení spalin 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 čištěný plyn prochází se značným zrychlením (příklady uspořádání).

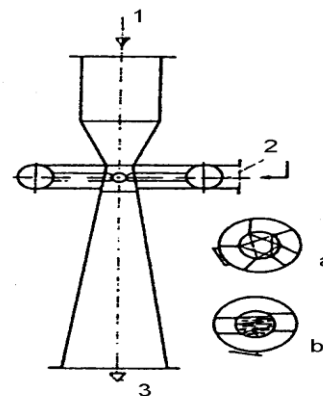
Výhodou proudových odlučovačů je mimořádně vysoká odlučivost a bezporuchový provoz, nevýhodou pak značná tlaková ztráta (několik kPa), velká spotřeba vody.



Proudový odlučovač
(Korting, Aeroget)



Proudový odlučovač
(Imatra, Venturi)



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

ELEKTRICKÉ ODLUČOVAČE

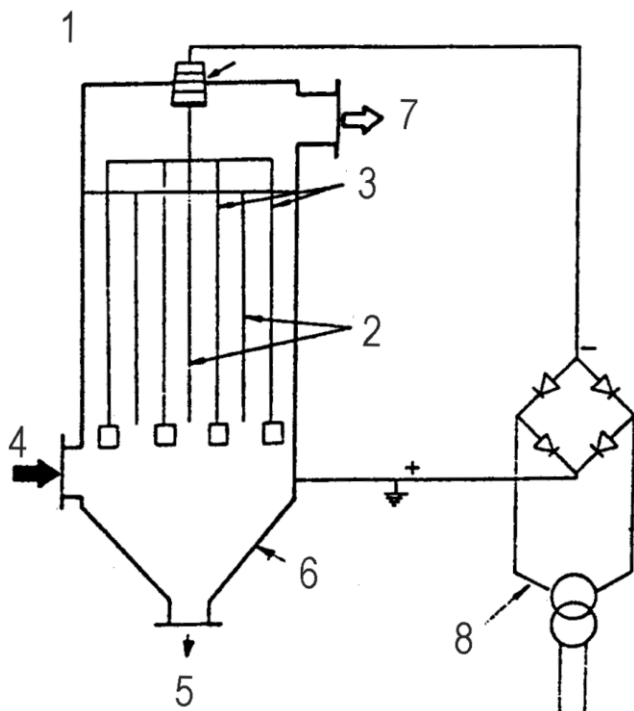
Elektrické odlučovače jsou založeny na vyžití přitažlivých sil mezi elektricky nabitými částicemi prachu a opačně nabitou sběrací elektrodou.

Základem každého elektrického odlučovače je proto 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. Vodivost 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 na vysoké pořizovací náklady.

ELEKTRICKÉ ODLUČOVAČE

SCHÉMA ODLUČOVAČE



- 1 - izolátor,
- 2 - vyzařovací elektrody,
- 3 - sběrné elektrody,
- 4 - vstup znečištěných plynů,
- 5 - prach,
- 6 - zásobník prachu,
- 7 - výstup čistých plynů,
- 8 - transformátor a usměrňovač vysokého napětí

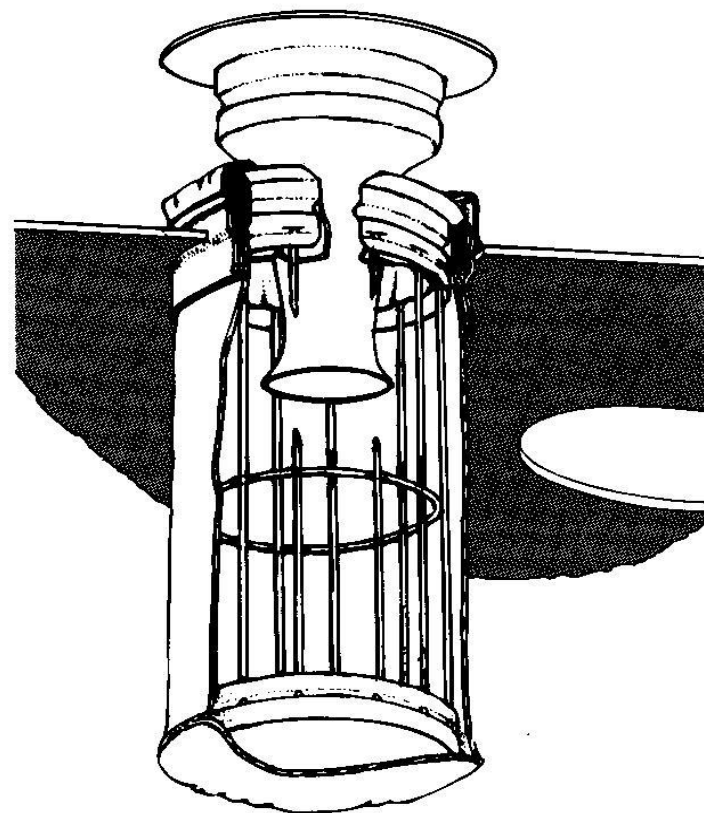
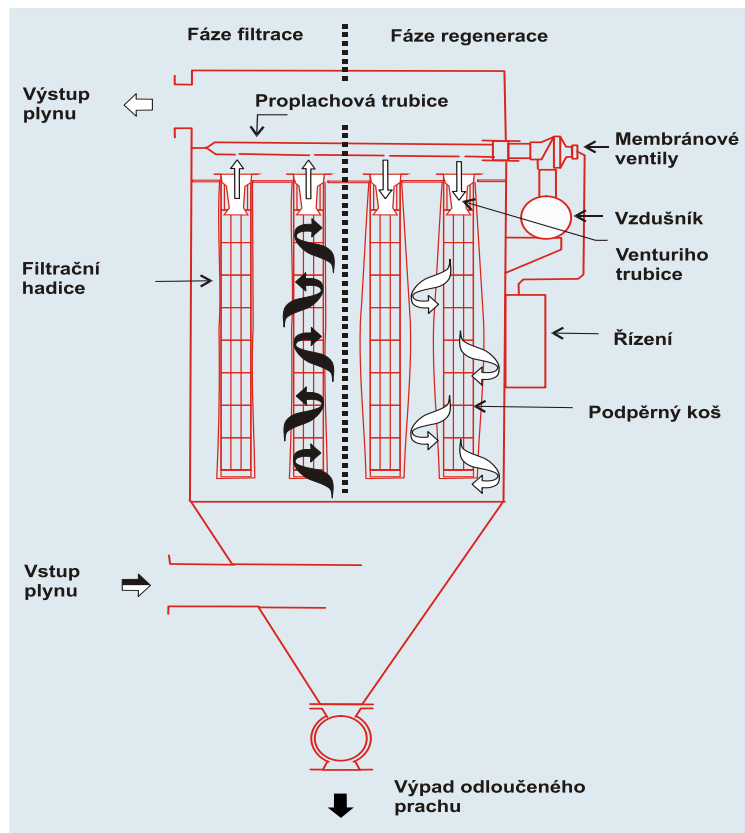
LÁTKOVÉ FILTRY

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 rukávové), v nichž jsou používány hadice z filtrační látky různého průměru a délky (drátěné koše zasunuté do rukávců nebo všité 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.

LÁTKOVÉ FILTRY



LÁTKOVÉ FILTRY

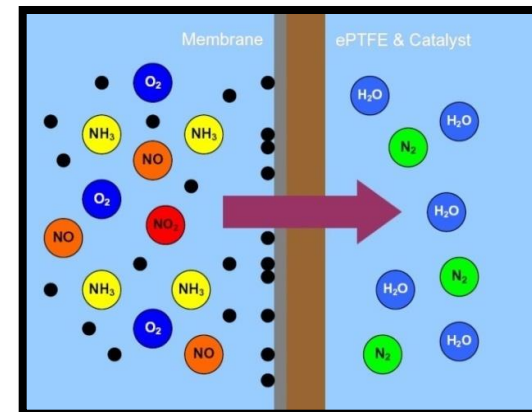


LÁTKOVÝ FILTRAČNÍ MATERIÁL

- Konstrukce 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 dalších škodlivin, včetně
 - PCDD/F (až 99,7%)
 - NO_x (až 50%)
- Zvýšená mechanická a chemická odolnost

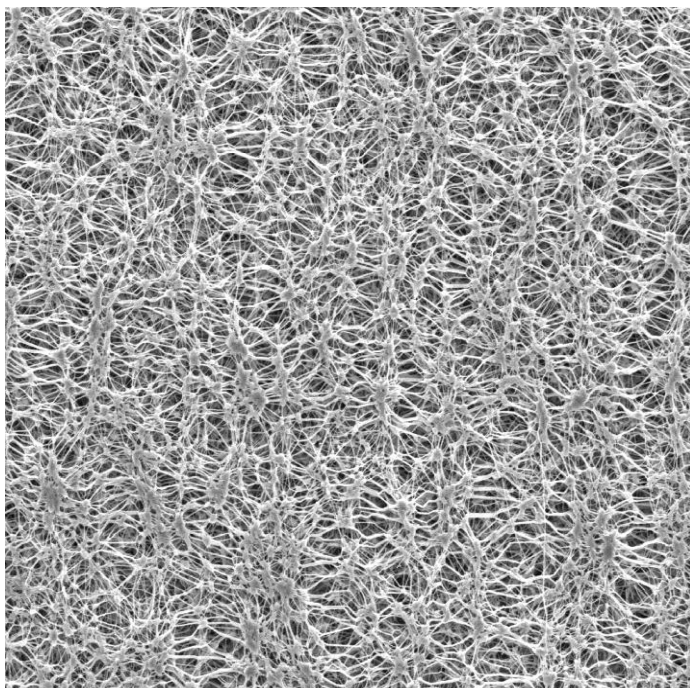
Jako nevýhody tohoto řešení lze jmenovat:

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

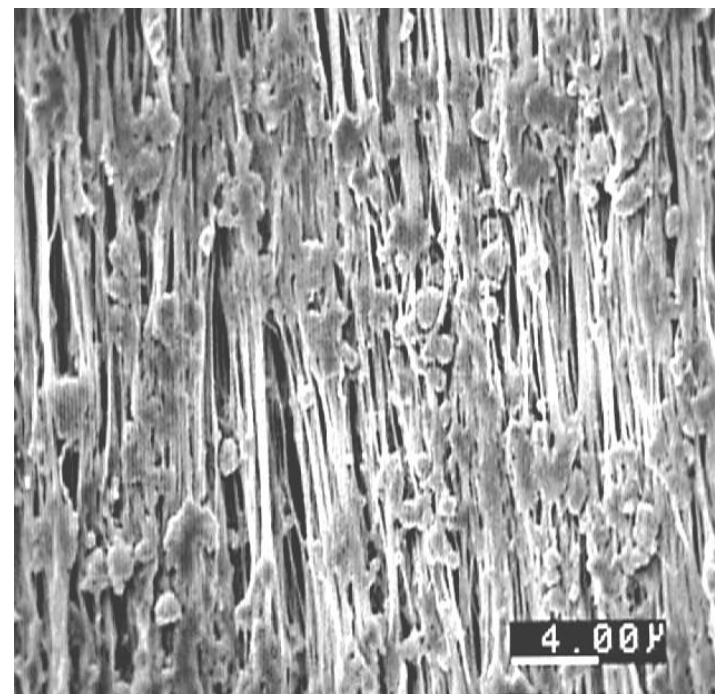


LÁTKOVÝ FILTRAČNÍ MATERIÁL

Katalytická filtrace spalin k odstranění dioxinů



**SEM of ePTFE Membrane
(x 3000)**



SEM of Catalyst/ePTFE Fiber

KERAMICKÝ FILTRAČNÍ MATERIÁL

Ve speciálních případech (pro vysoké teploty) se jako filtrační materiál používá porézní keramika 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



Membránová filtrace

- filtrace velmi jemných prachových částic -

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, PAH, 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 um.

Látkový filtr

- více operací v jednom aparátu-

Tento aparát má lze provozovat tak, že v něm probíhají **čtyři jednotkové operace současně**:

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 se spaliny **dokonale odpráší** od popílku a od zreagovaného sorbentu.

Při použití membránové filtrace probíhá **mikrofiltrace**.

4D FILTRACE

1D - DeDusting
filtrace TZL

2D - DrySorption
neutralizaci kyselých složek
(SO₂, HCl, HF, část. NO_x)

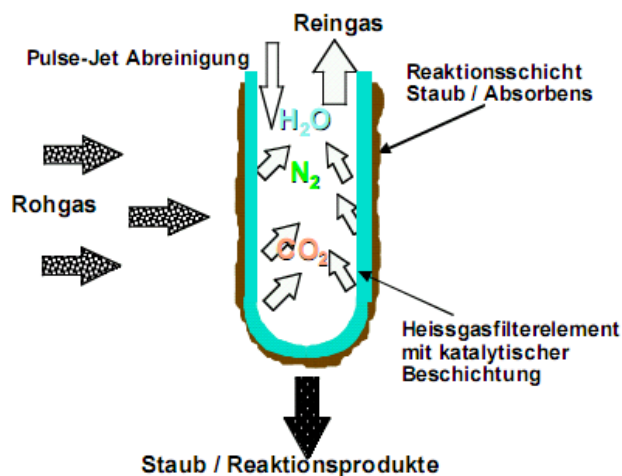
3D - DeDiox
katalytický rozklad PCDD/F

4D - DeNO_x
SCR NO_x

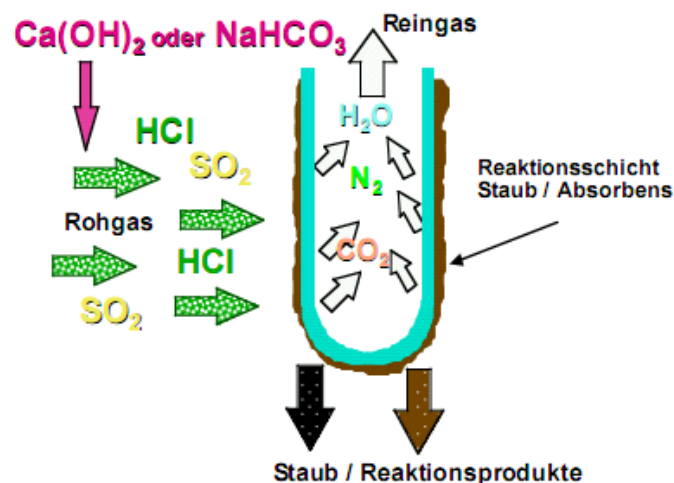


4D FILTRACE - princip

1. odprášení

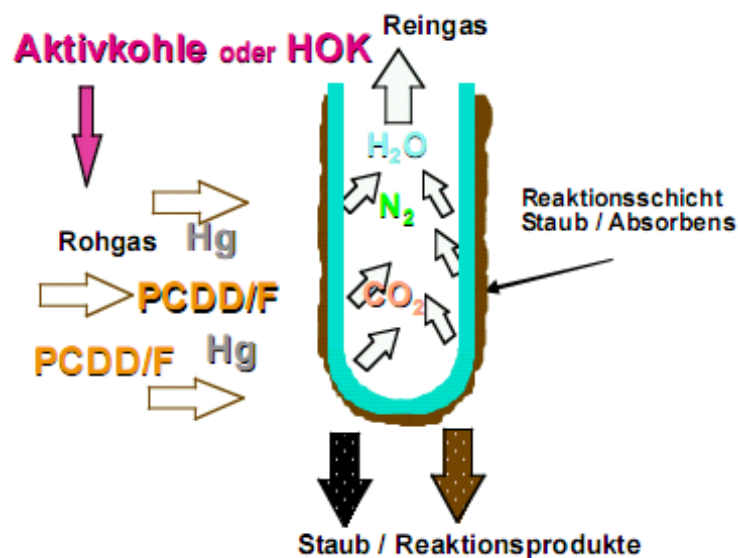


2. odstranění SO_2 , HCl , HF

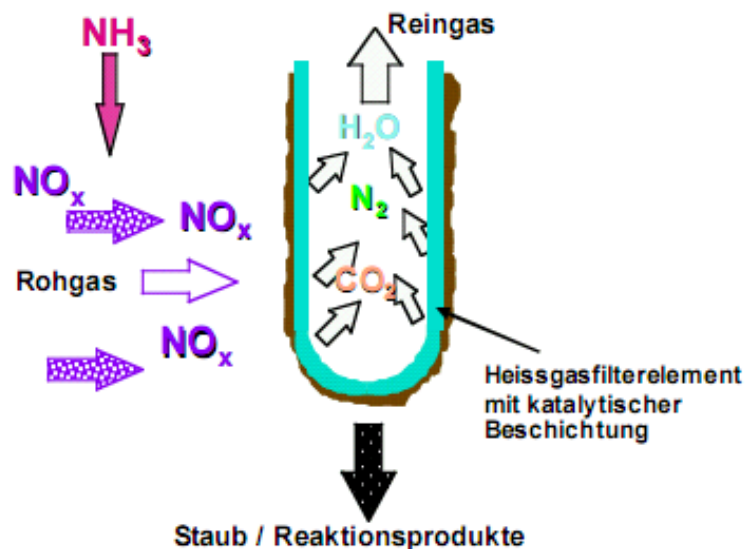


4D FILTRACE - princip

3. záchyt Hg, destrukce PCDD/F



4. redukce NO_x

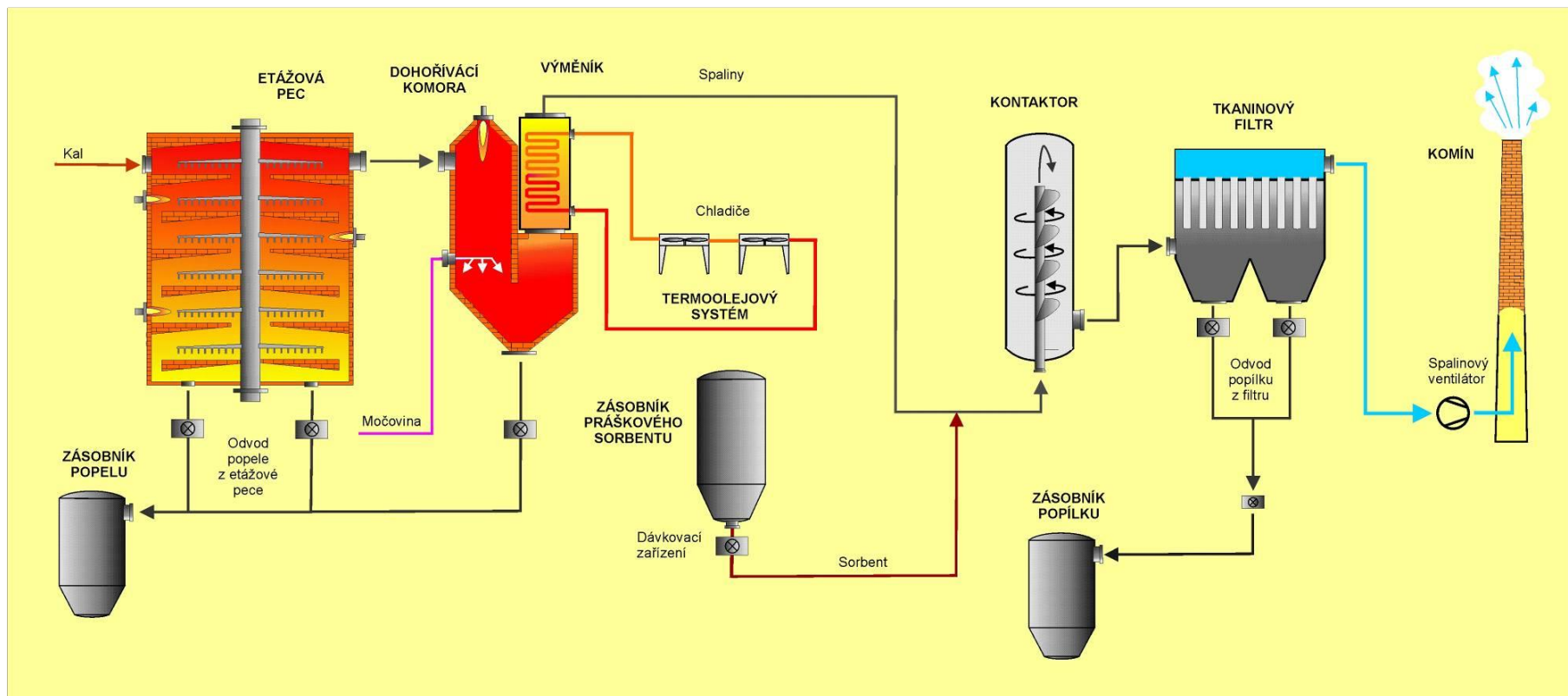


4D FILTRACE - REALIZACE



Zařazení filtrů do technologie

Spalovna průmyslových kalů s etážovou pecí Slovnaft Bratislava



Spalovna průmyslových kalů s etážovou pecí Slovnaft Bratislava



TECHNOLOGIE KE SNIŽOVÁNÍ EMISÍ (SEKUNDÁRNÍ OPATŘENÍ K OMEZOVÁNÍ EMISÍ)

6. část ODSTRANĚNÍ SO₂ A HCl ZE SPALIN

ODSTRANĚNÍ SO₂ A HCl ZE SPALIN

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 1500-3000mg/Nm³) a relativně málo HCl a HF, naopak obecně provoz spalující odpady (spalovny) produkují spaliny s vyšším obsahem HCl (běžně 1000mg/Nm³ HCl a 500mg/Nm³ SO₂).

Pro čištění spalin lze použít technologie:

- Suché,
- Polosuché,
- Mokrý.

SUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

- Do spalin je dávkován suchý práškový sorbent za účelem neutralizace kyselých složek (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 - fluidní kotle

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



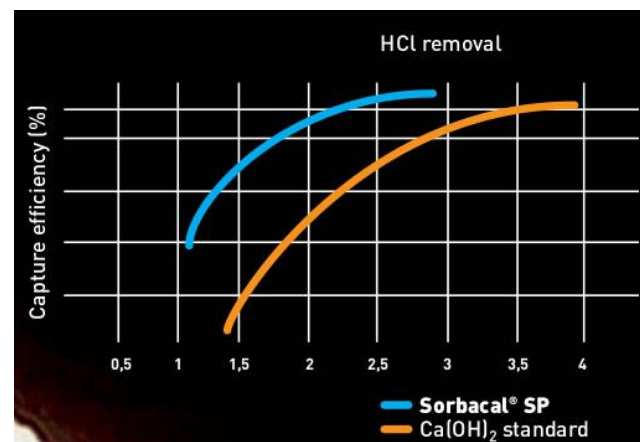
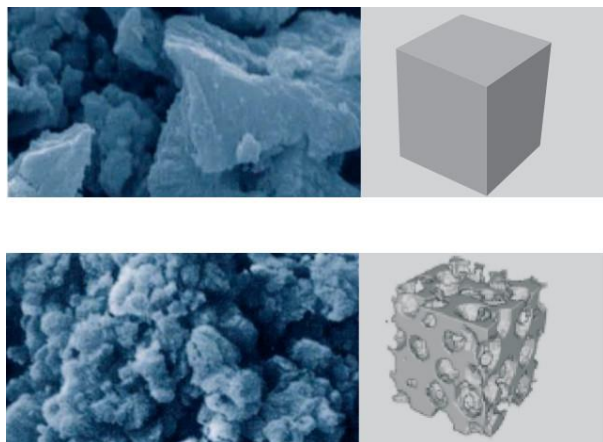
PŘÍKLADY SUCHÝCH SORBENTŮ

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

Ca²⁺ – suché sorbenty:

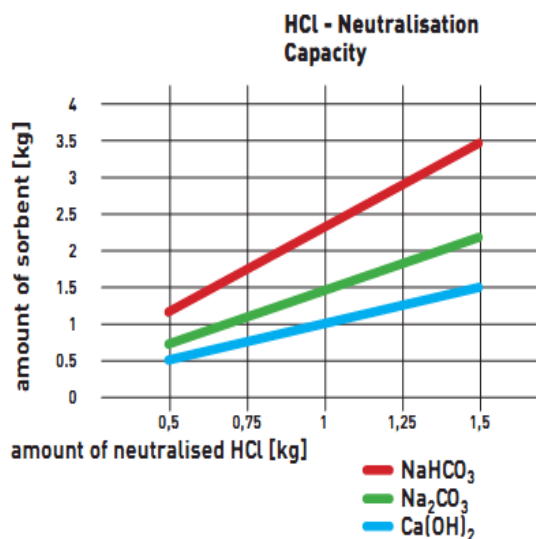
Vlevo horní obr. „obyčejný“ vápenný hydrát (spec.povrch 15-20m²/g)

Vlevo dolní obr. Sorbacal SP (spec.povrch 40m²/g)



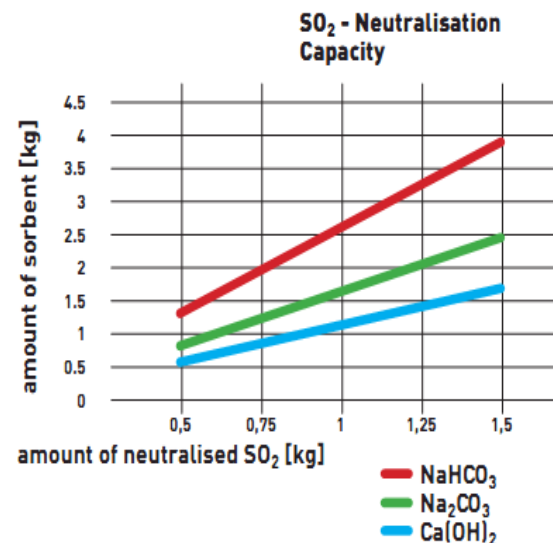
PŘÍKLADY SUCHÝCH SORBENTŮ

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



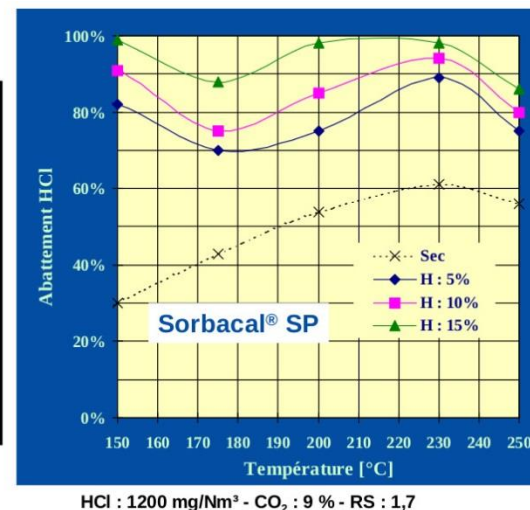
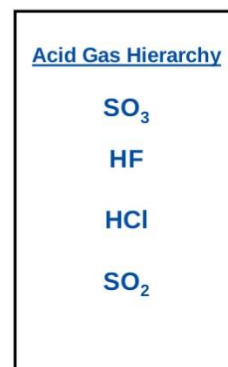
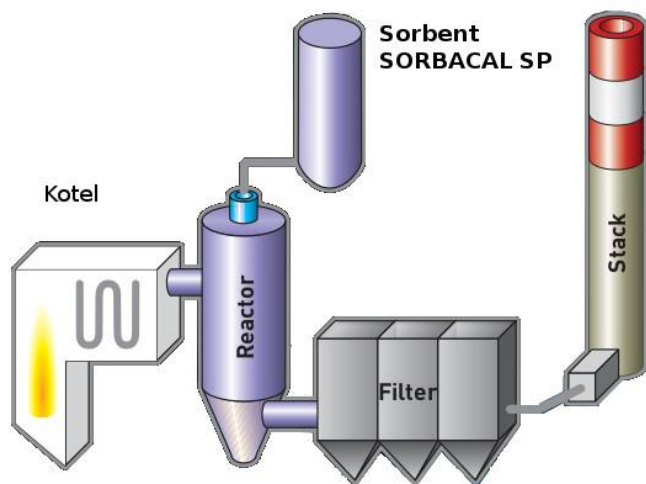
Spotřeby – stechiometrie
(realita ???) pro Sorbacal SP

1 kg /kg HCl (<2 kg/kg HCl),
1,2kg/kg SO_2 (< 3kg/kg SO_2)



PŘÍKLADY TECHNOLOGIE

Účinnost suché čištění spalin pomocí sorbentu na bázi Ca^{2+} závisí jednak na vlastnostech použitého sorbentu nebo parametrech spalin (obsah SO_2 , HCl , H_2O , TZL, teplota), ale také na strojně-technologickém uspořádání (injektáž do spalin, způsob filtrace spalin apod.).



Vliv vlhkosti a teploty na účinnost procesu

PŘÍKLADY SUCHÝCH SORBENTŮ

V Evropě se v oblasti použití suchých sorbentů pro čištění spalin na bázi Na^+ výhradně využívá hydrogenuhličitanu sodného (NaHCO_3), připraveného chemickou cestou (Solvay proces).

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

Podobně jako u sorbentů na bázi Ca^{2+} je důležité dosáhnout optimální granulometrie, velikost pórů a vysoký specifický povrch pro zvýšenou účinnost.

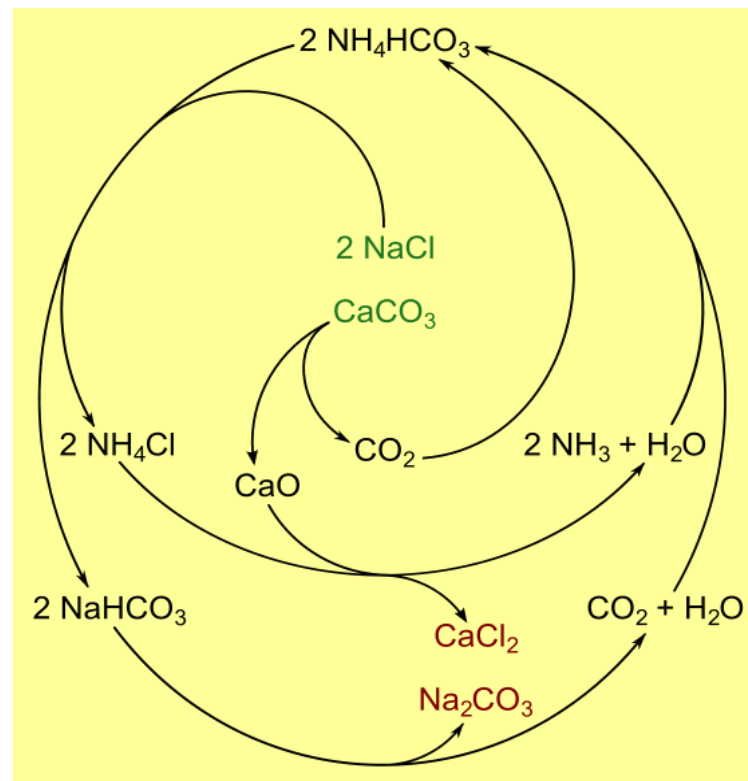
PŘÍPRAVA NaHCO_3

Solvay proces (1861):

suroviny: solanka (NaCl),
vápenec (CaCO_3)

produkt: NaHCO_3 ,
 Na_2CO_3 , CaCl_2

katalyzátor: NH_3 (pouze krytí
ztrát cca %)



Na⁺ sorbenty

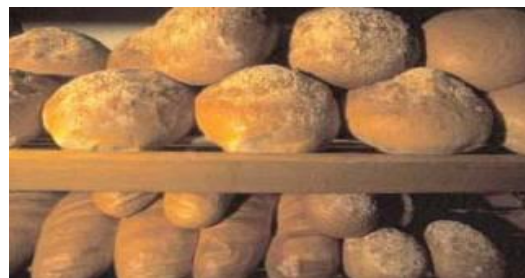


Přírodní minerály nahcolit (NaHCO_3) (vlevo) a trona ($\text{NaCO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (vpravo).



Hydrogenuhličitan sodný (NaHCO_3) lze nalézt také v:

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



SUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN (NaHCO_3)

pomocí hydrogenuhličitanu sodného

Technologie využívá NaHCO_3 jako neutralizační činidlo.

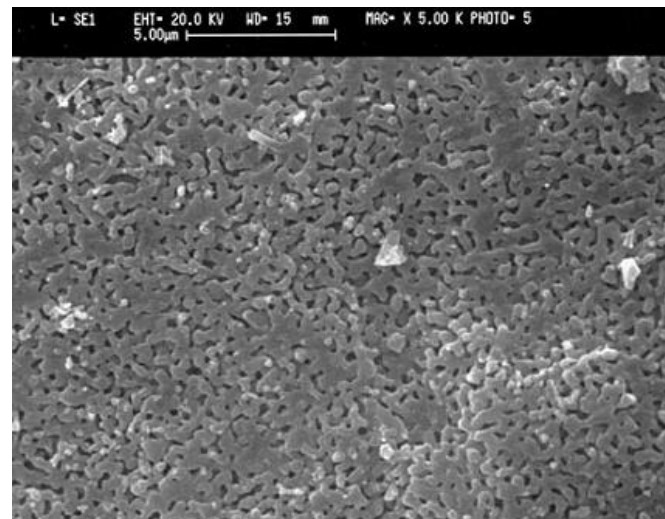
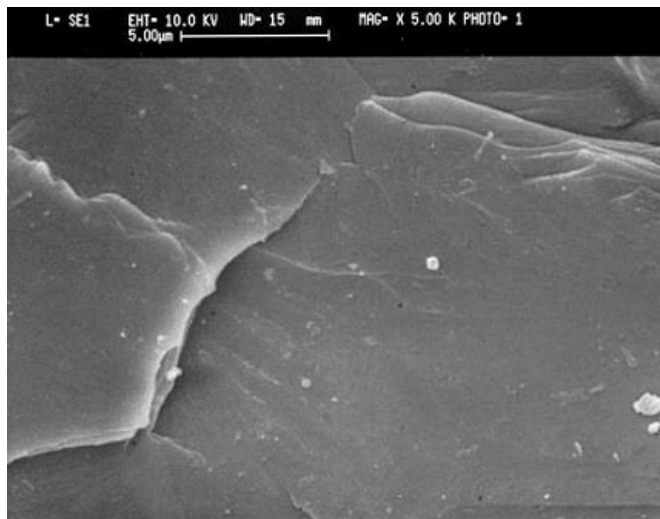
NaHCO_3 se začíná při teplotách nad $70\text{ }^\circ\text{C}$ velmi pomalu rozkládat na uhličitan sodný, teprve při teplotách nad $140\text{ }^\circ\text{C}$ je rozklad dostatečně rychlý.

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.

SUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN (NaHCO_3)

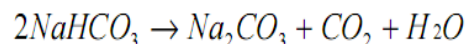
„Popcorn effect“



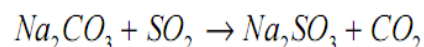
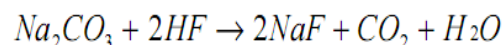
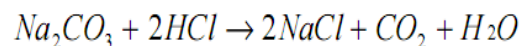
SUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN (NaHCO_3)

Reakční schéma a schéma technologie

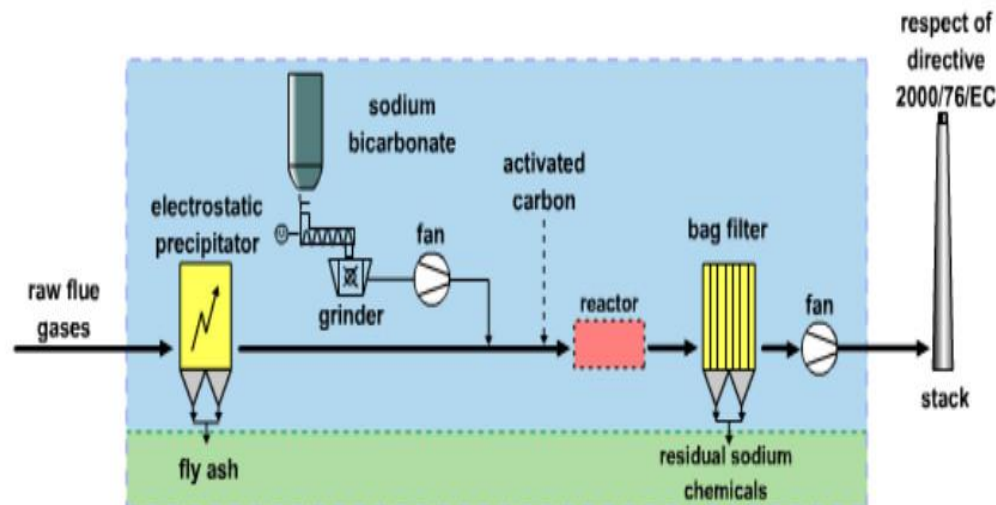
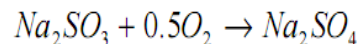
1. termická aktivace - kalcinace



2. neutralizační reakce

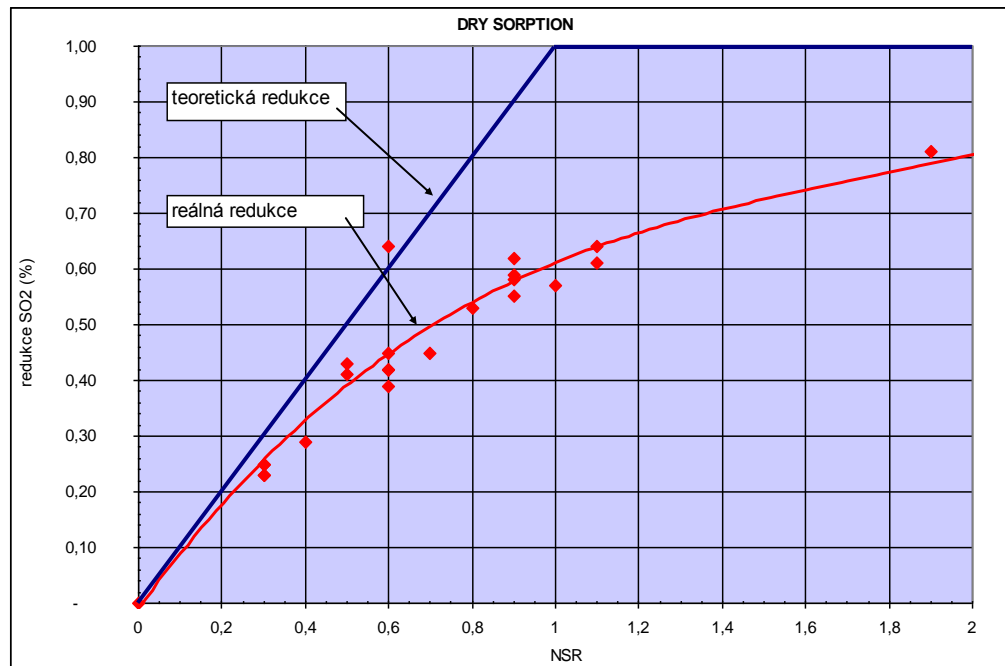
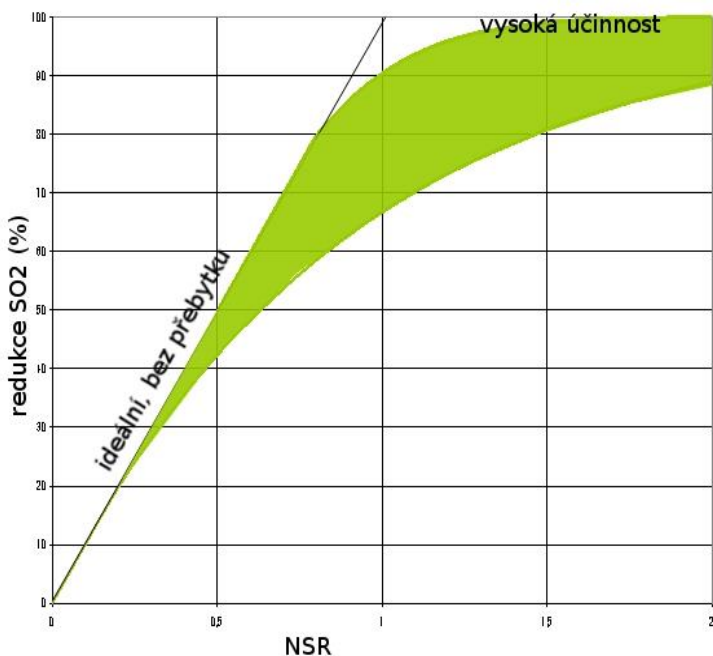


3. oxidace



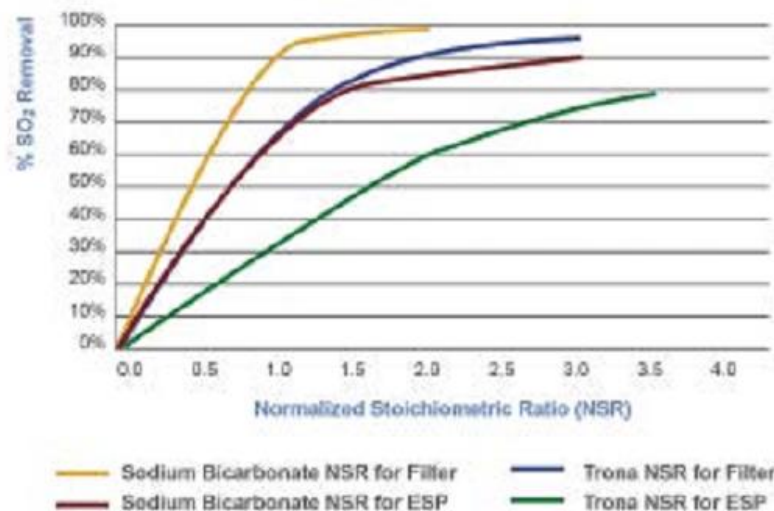
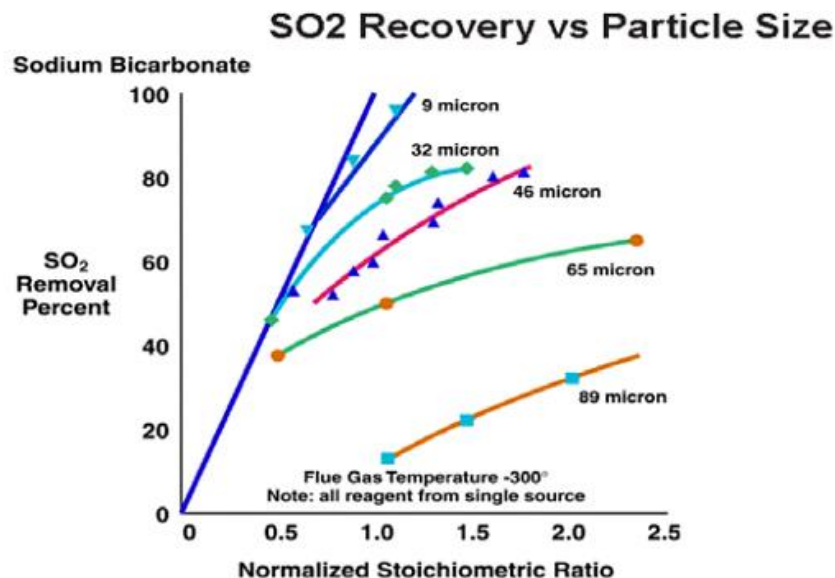
SUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN (NaHCO_3)

Technologie NEUTREC – účinnost redukce SO_2



SUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN (NaHCO_3)

Technologie NEUTREC – vliv velikosti částic a typu odprašovacího zařízení



*Courtesy of Solvay Chemicals, Inc., supplier of sodium bicarbonate and trona for industry.

POLOSUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

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.

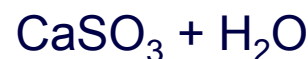
POLOSUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

Reakční teplota se volí v rozmezí 120 až 160°C. Konečný produkt je suchý prášek, který se z proudu spalin odlučuje (látkový filtr,...). Zachycený prach společně s produkty polosuchého čištění se po stabilizaci (např. cementace) ukládá na deponii.

V porovnání se suchými metodami je účinnost polosuchých procesů čištění spalin téměř stejná nebo vyšší. Nevýhodou je, že příprava a aplikace sorpčních činidel a vlastní technologické zařízení je složitější než u suchých metod. Z toho plynou i vyšší náklady investiční a provozní. Nevýhodou je menší účinnost procesu v porovnání s mokрыmi metodami čištění spalin. Další nevýhodou je spotřeba speciálně připraveného sorbentu a následně přibližně stejně velká produkce produktů čištění v podobě práškového materiálu s chemicky vázanými škodlivinami.

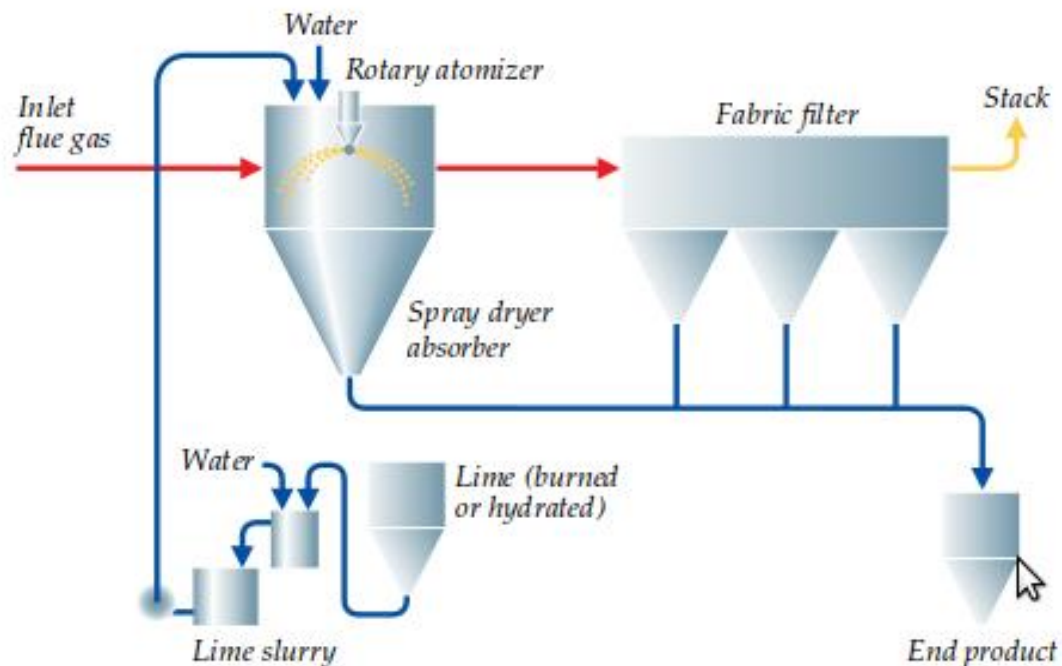
POLOSUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

CHEMICKÉ ROVNICE

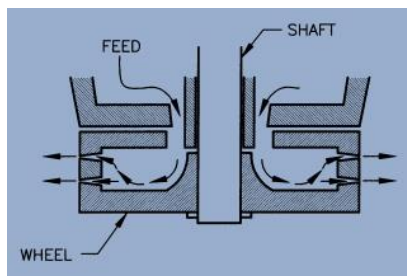


Pozn.: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ je ve formě vodní suspenze

POLOSUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN



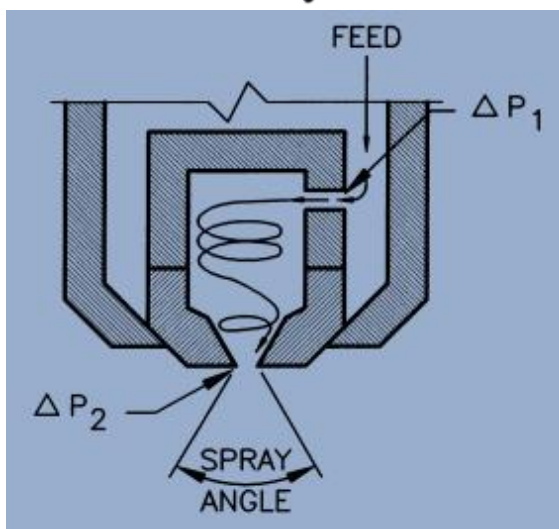
POLOSUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN



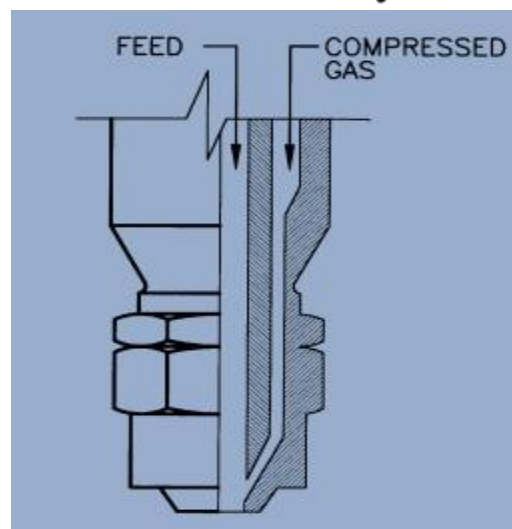
POLOSUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

Další možnosti nástřiku vápenné suspenze:

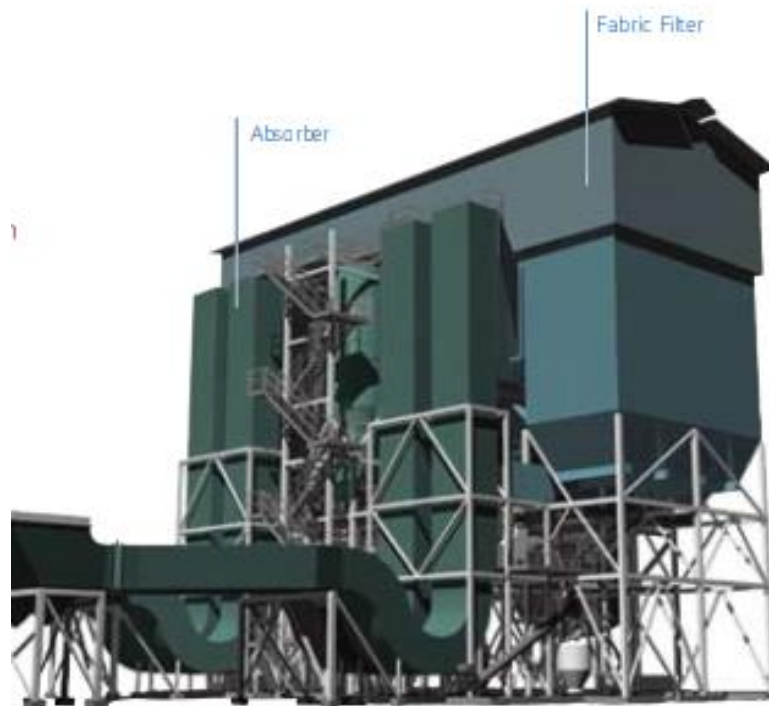
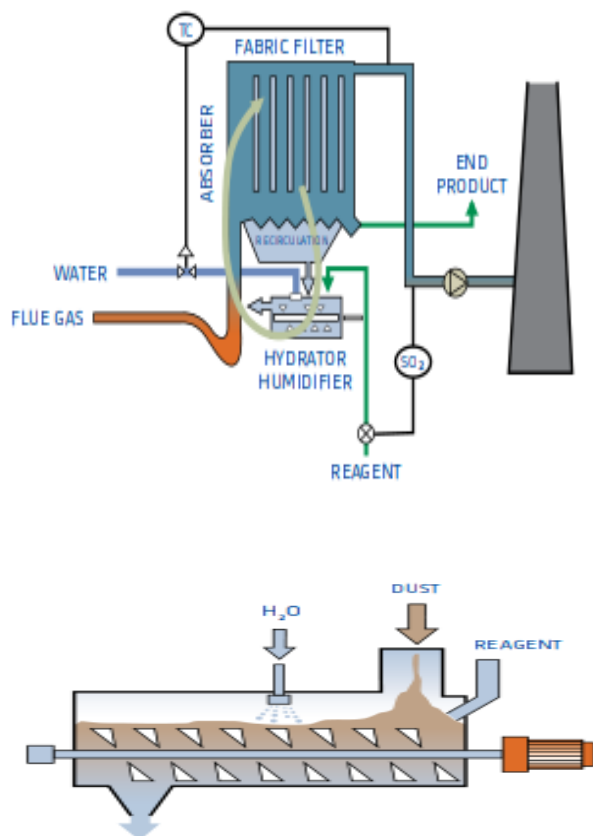
tlaková tryska



dvoufázová tryska



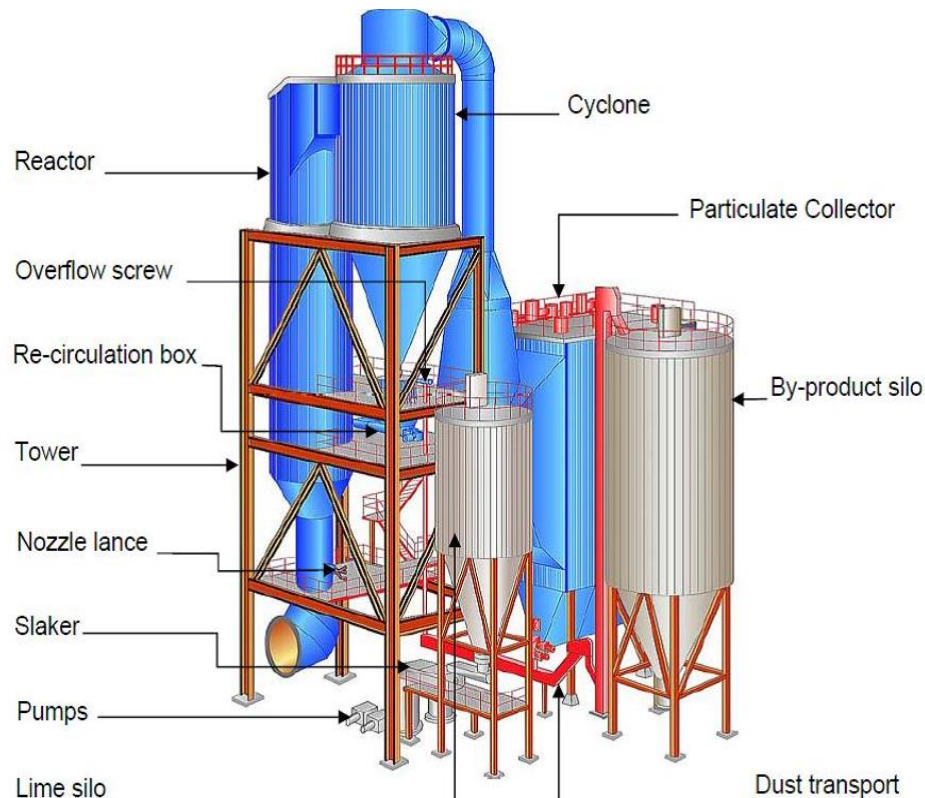
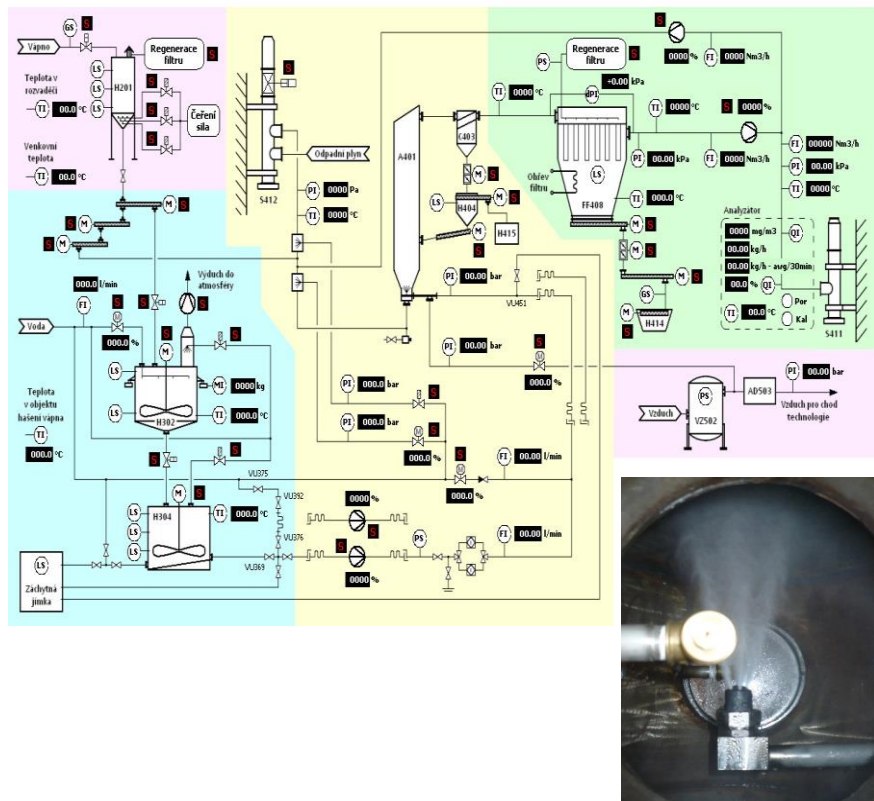
POLOSUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN



Alstom NID proces

POLOSUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

Technologie GSA – polosuché čištění s cirkulující fluidní vrstvou



MOKRÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

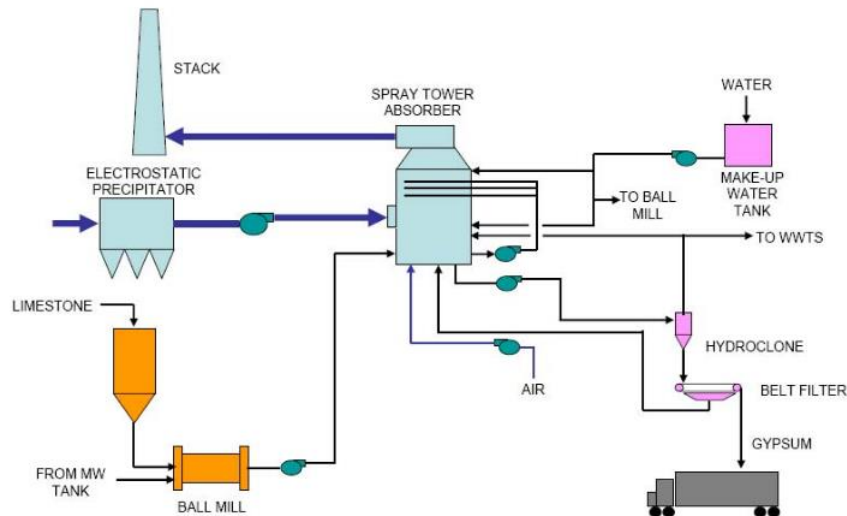
Při mokrém čištění spalin se využívá principu absorpce (záchytu na kapalném sorbentu) a chemisorpce. Jako sorpční činidlo se používají roztoky chemických látek na bázi louhů, sody, vápenného mléka, vápenece apod. Rovněž produkty tohoto procesu jsou kapalné.

Mokrý postup čištění spalin zajistí jednak odloučení prachu a současně i odloučení dalších škodlivin se spalin.

Princip mokrého čištění spalin spočívá v tom, že do proudu spalin se rozptyluje 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 60-65 °C).

MOKRÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

činidlo – vápenecová suspenze (elektrárny)



Reakce probíhá za vzniku $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$, který se dále reaguje na $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (energosádrovec)

Srážení v kyselém prostředí pH 3,5-5

Dětmarovice, Chvaletice, Mělník II, III, Počerady, Prunéřov I, II, ...

MOKRÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

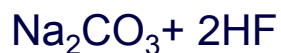
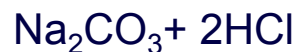
činidlo – vápenná suspenze



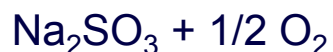
Pozn.: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ je ve formě vodní suspenze

MOKRÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

činidlo - soda

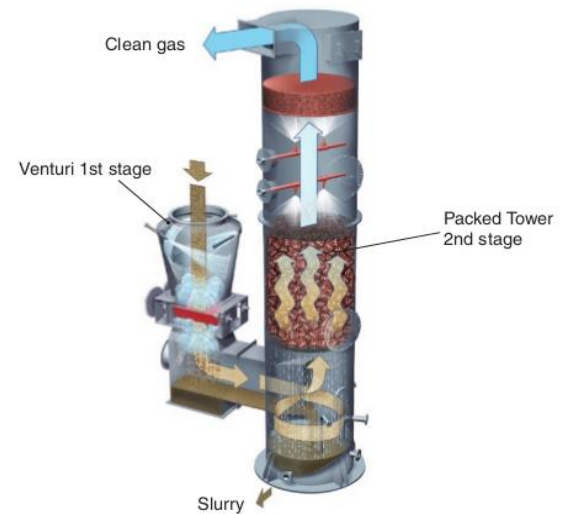


činidlo – louh sodný



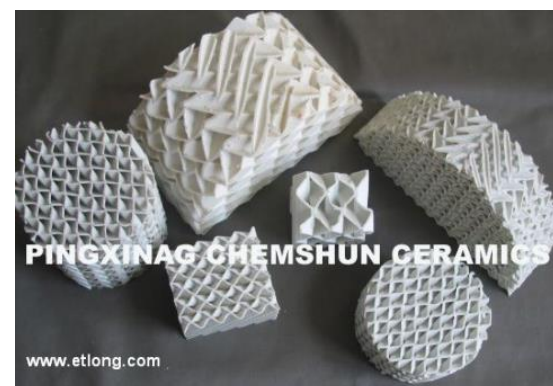
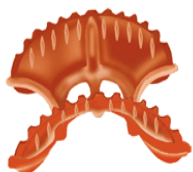
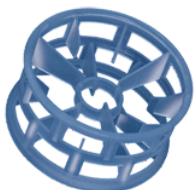
MOKRÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

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). V 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 .



MOKRÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

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



MOKRÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

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.

TECHNOLOGIE KE SNIŽOVÁNÍ EMISÍ (SEKUNDÁRNÍ OPATŘENÍ K OMEZOVÁNÍ EMISÍ)

7. část REDUKCE OXIDŮ DUSÍKU

OXIDY DUSÍKU - NO_x

- 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

OXIDY DUSÍKU - NO_x

NO_x vznikají ve 3 formách:

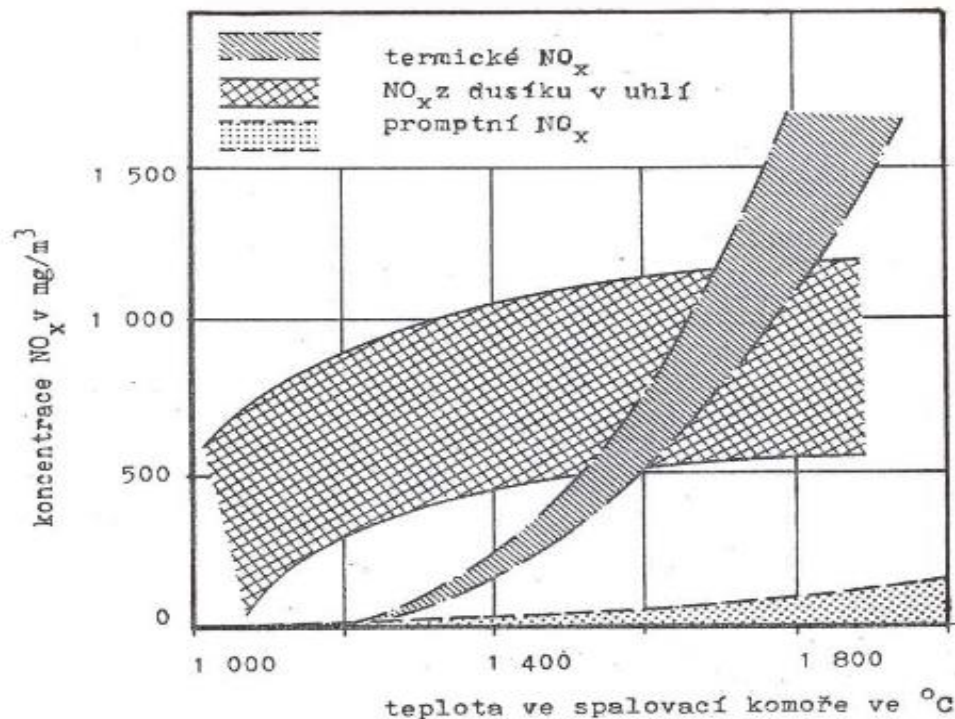
Termické NO_x – vznik při reakci dusíku obsaženého ve spalovacím vzduchu v oblasti vysokých teplot

Palivové NO_x – oxidace dusíku obsaženého v palivu

Promptní NO_x – vznikají při oxidaci uhlovodíkových radikálů v blízkosti plamene

OXIDY DUSÍKU - NO_x

Vznik NO_x podle teploty plamene:



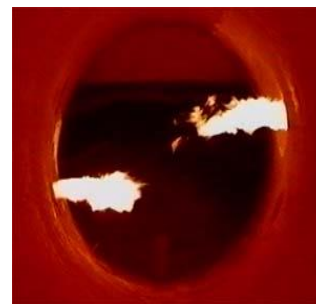
REDUKCE OXIDŮ DUSÍKU

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 a/nebo paliva, recirkulace spalin, ...)

Sekundární opatření

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



SEKUNDÁRNÍ OPATŘENÍ SCR

Katalytický rozklad NO_x pomocí redukčního činidla (amoniak nebo jiné sloučeniny $\text{NH}_2\text{-X}$) při poměru NH_3/NO v rozmezí od 1,1 do 1,5 mol/mol

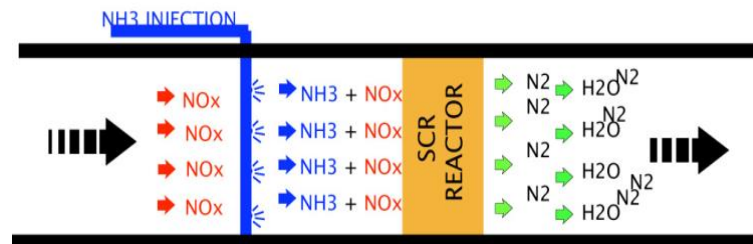
Reakce při SCR NO_x :



Teplota reakce se pohybuje od 150 do 450°C

Nejpoužívanější katalyzátor je $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ s podporou MoO_3 nebo WO_3 , kvůli schopnosti odolávat katalytickým jedům

Dosahovaná účinnost ~90-95%



TYPY TECHNOLOGIÍ VYUŽÍVAJÍCÍ SCR NO_x V PRŮMYSLU

Katalytický filtr:

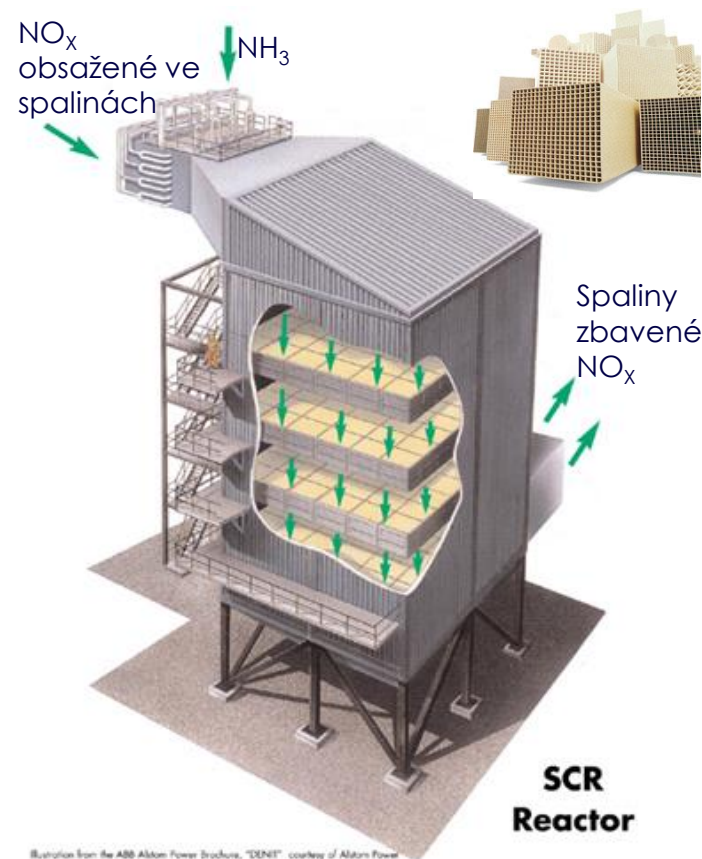
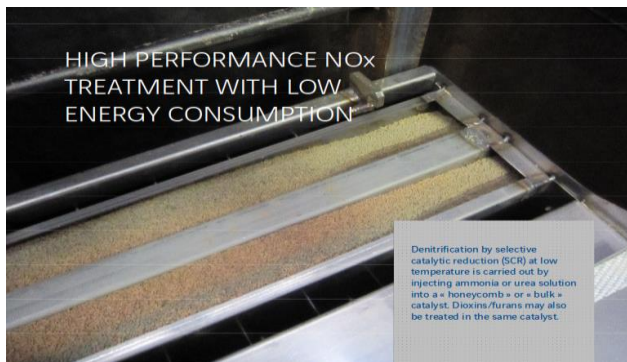
voštiny (honeycomb)

sypané lože

rukávcový filtr

látkový

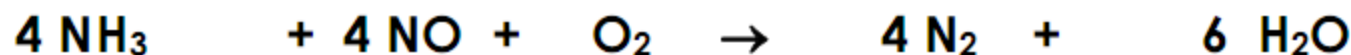
keramický



SEKUNDÁRNÍ OPATŘENÍ SNCR

HLAVNÍ RYSY:

- SNCR je technologie umožňující konverzi NO_x na N_2 a H_2O . Jedná se o selektivní reakci.
- Typickými reagenty jsou NH_3 (kapalný nebo plynný) nebo močovina.



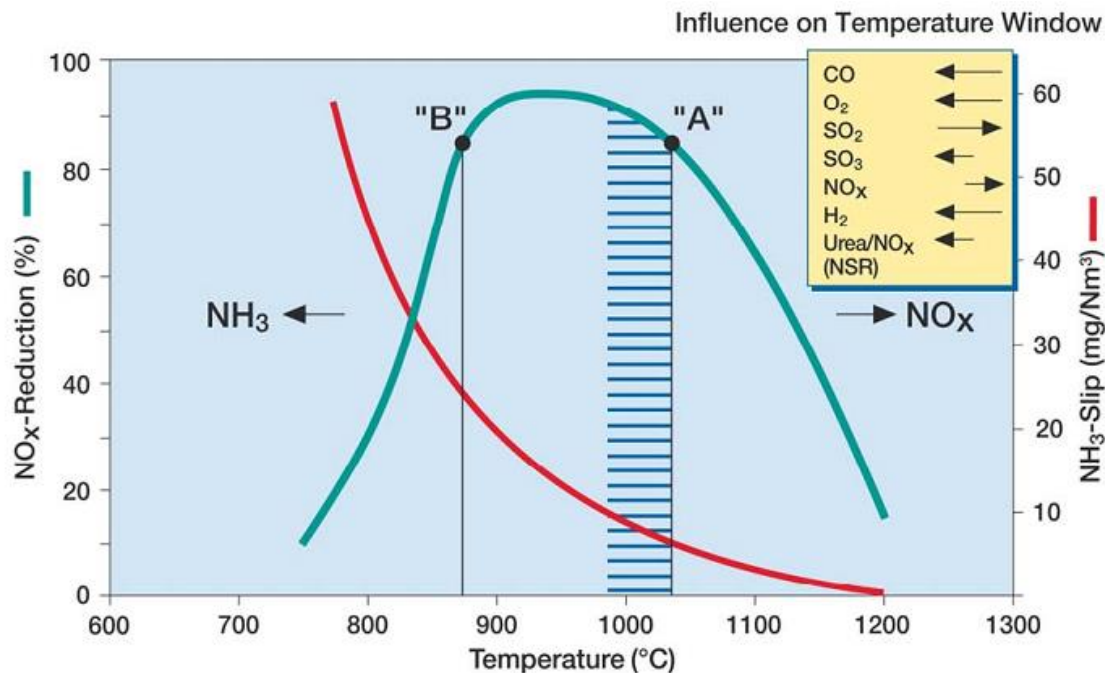
SEKUNDÁRNÍ OPATŘENÍ SNCR

HLAVNÍ RYSY POKRAČOVÁNÍ:

- 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 ...)

SEKUNDÁRNÍ OPATŘENÍ SNCR

Teplotní okno



Range for NO_x/NH₃-optimised operation

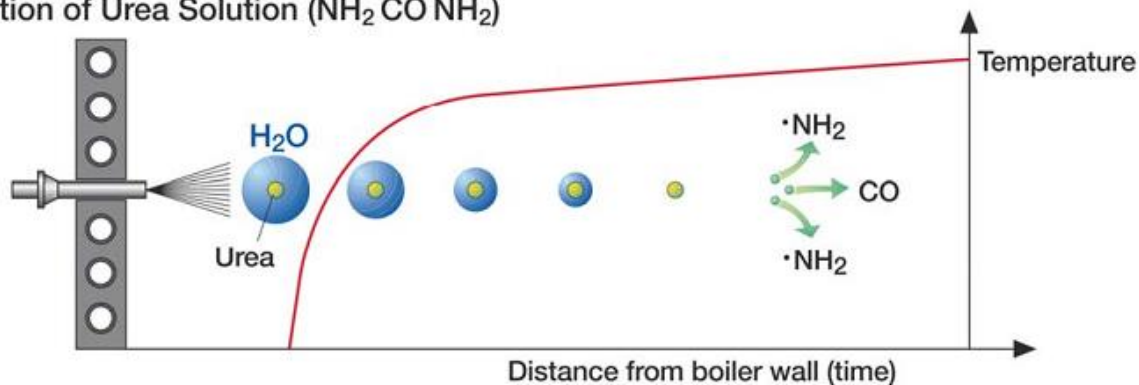
"A"- Optimal temperature for SNCR alone (low ammonia slip)

"B"- Optimal temperature for SNCR + SCR (high ammonia slip)

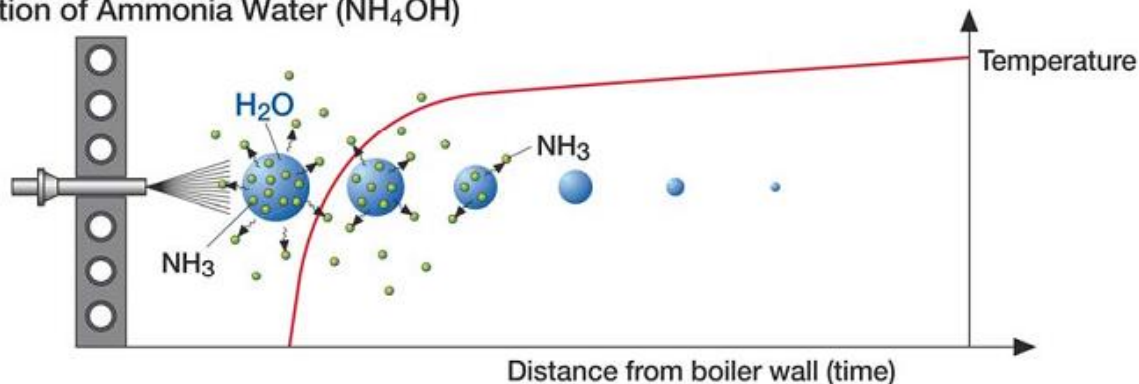
SEKUNDÁRNÍ OPATŘENÍ SNCR

Vliv typu reagentu

Injection of Urea Solution ($\text{NH}_2\text{CO NH}_2$)

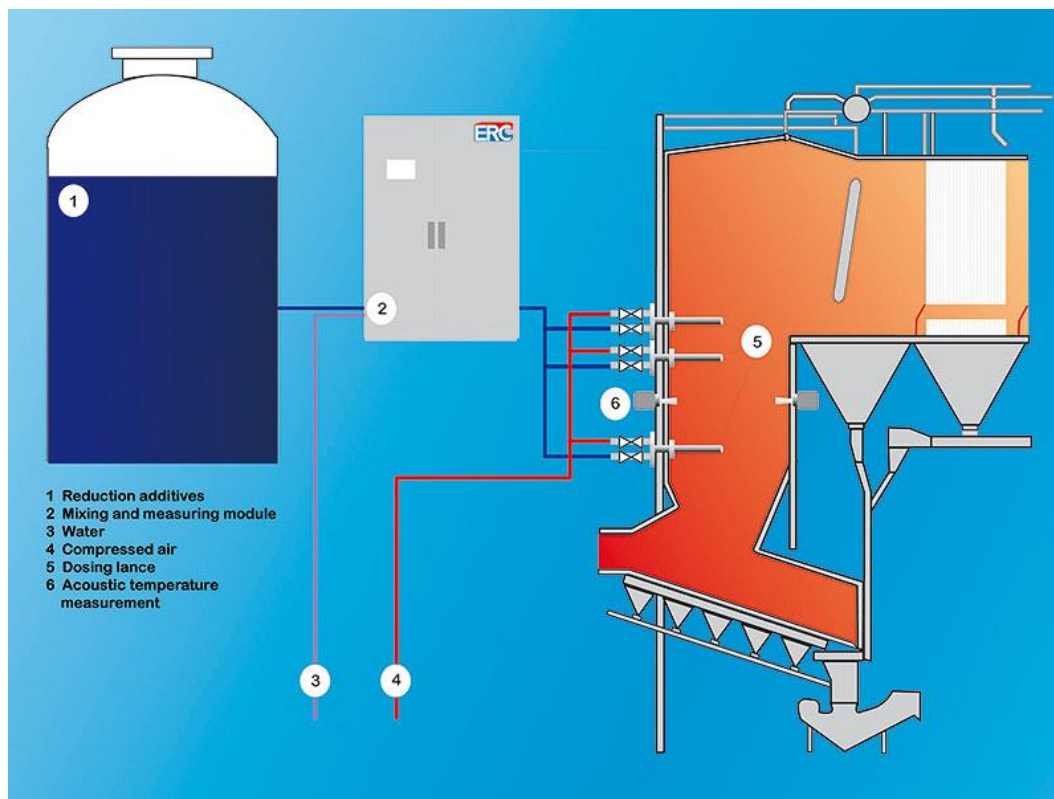


Injection of Ammonia Water (NH_4OH)



SEKUNDÁRNÍ OPATŘENÍ SNCR

Typické uspořádání



SEKUNDÁRNÍ OPATŘENÍ SNCR

Hlavní zařízení technologie SNCR



TECHNOLOGIE KE SNIŽOVÁNÍ EMISÍ (SEKUNDÁRNÍ OPATŘENÍ K OMEZOVÁNÍ EMISÍ)

8. část TĚKAVÉ ORGANICKÉ SLOUČENINY A PACHOVÉ LÁTKY

TĚKAVÉ ORGANICKÉ SLOUČENINY

Těkavé organické látky (**VOC -Volatile Organic Compounds**) jsou těkavé organické látky nebo směsi, s výjimkou metanu, které při teplotě 20°C mají tlak par 0,01kPa nebo více nebo má odpovídající těkavost za konkrétních podmínek jejího použití.

Alternativní definice

Organické sloučeniny (substance složená z C, H a částečně z O, N, S, Cl, Br, F), jejichž tlak nasycených par je větší než 10Pa při 20°C (dle EU) nebo 13,3Pa při 25°C (dle ASTM),

nebo dřívější definice

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.

TĚKAVÉ ORGANICKÉ SLOUČENINY

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

<i>Voda</i>	2,3	→ není VOC
<i>Trichloretan</i>	2,4	
<i>Aceton</i>	24,6	
<i>Benzen</i>	10,3	
<i>Fenol (benzenol)</i>	0,029	
<i>Metanol</i>	12,9	
<i>Styren</i>	0,6	
<i>Toluen (metylbenzen)</i>	2,9	
<i>Xylen (dimetylbenzen)</i>	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
- Skládky 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)
- Biofiltry

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:

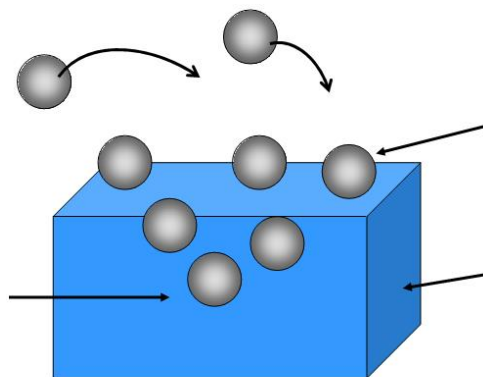
- fyzikální adsorpce – vzniká na základě Van der Wallsových přitažlivých sil
- chemisorpce – je tvořena chemickými vazbami (je pevnější než fyzikální adsorpce)

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.

volné nezachycené
molekuly plynu



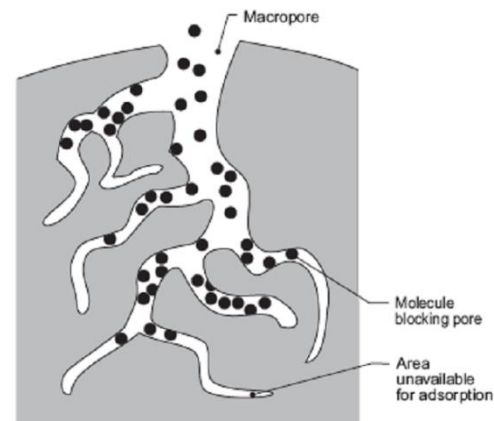
adsorbát – zachycený plyn
na pevném povrchu

plyn zachycený
v pórech

adsorbent

Na sílu vazby má vliv velikost pórů:

- mikropóry ($< 2\text{nm}$)
- mezopóry ($2 - 50\text{ nm}$)
- makropóry ($> 50\text{ nm}$)



ADSORPCE

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

Nejčastěji se používají adsorpční izotermy – Freundlichova, Langmuirova nebo BET. *(Izotermy se zjišťují experimentálně, za konstantní teploty se měří rovnovážný tlak plynu a naadsorbované množství látky.)*

Freundlichova izoterma (přímková závislost v log.měřítku)

$$X = K_F \cdot p^m$$

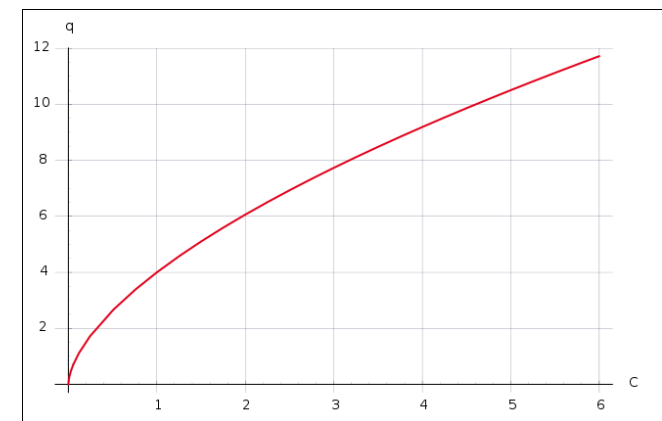
(linearizace $\log(X) = \log(K_F) + 1/m \cdot \log(p)$)

X skutečné adsorbované množství [mmol/g]

p tlak v plynné fázi [Pa]

K_F Freundlichova konstanta

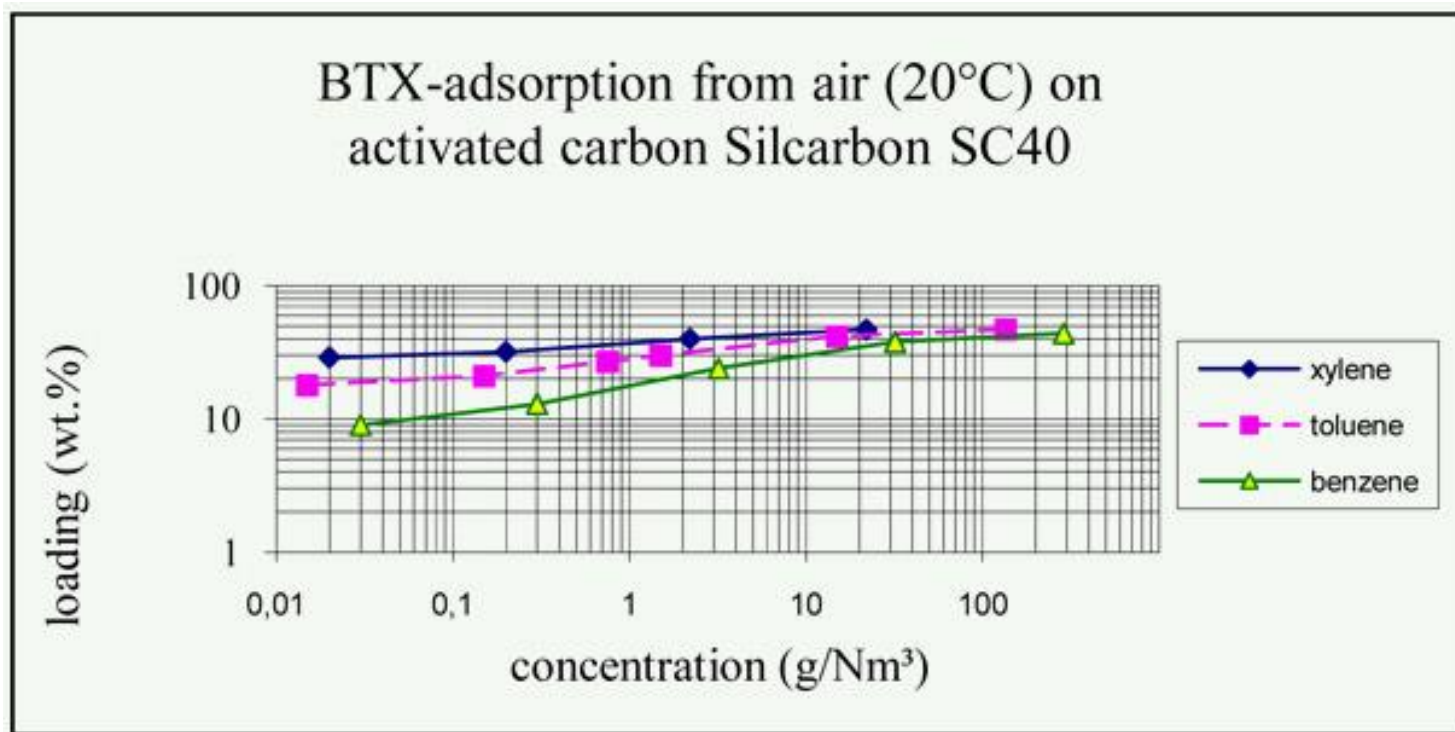
m exponent



$$K_F = 4, m = 0,6$$

ADSORPCE

Příklad adsorpční izotermy



ADSORPCE

- 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



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).

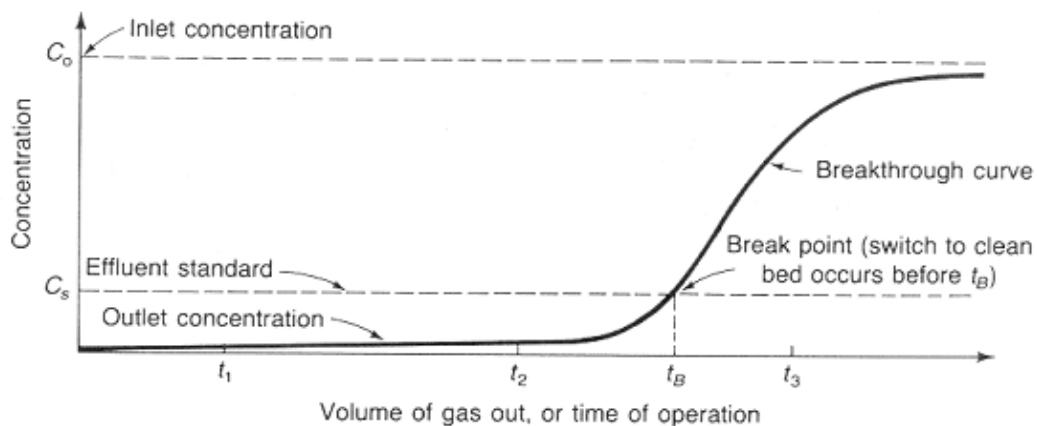
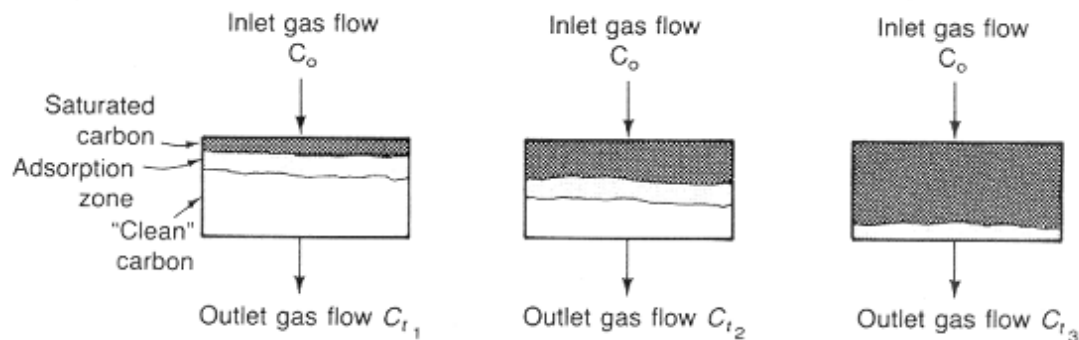
ADSORPCE

Vlastnosti adsorbentů

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

ADSORPCE

Provoz adsorbéru



ADSORPCE

Adsorpční zařízení pracuje na dvou principech:

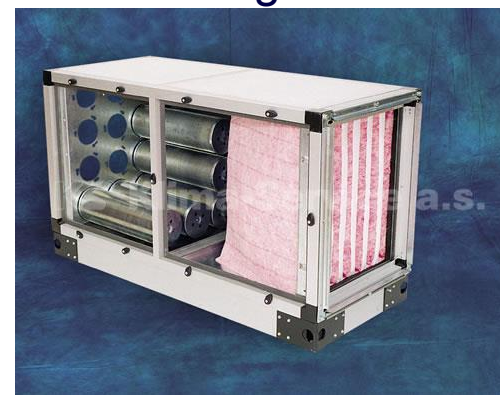
Na principu reverzibilního zachytu plynných organických látek (běžných rozpouštědel) na aktivním povrchu adsorbentu.

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.

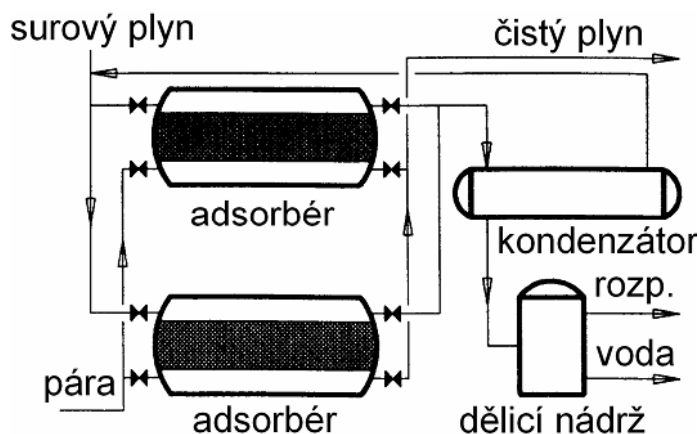


ADSORPCE

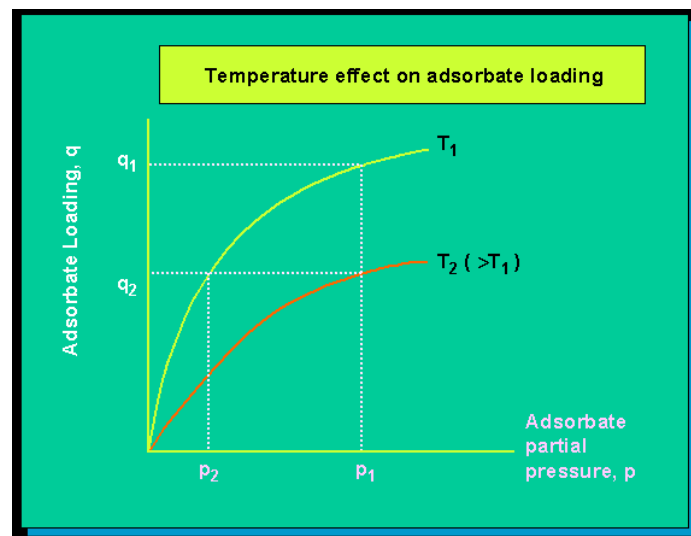
Způsoby regenerace

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

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



Příklad dvojice adsorbérů s regenerací TSA



ABSORPCE

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.

ABSORPCE

Účinnost absorpce

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

Účinnost běžně až 99%

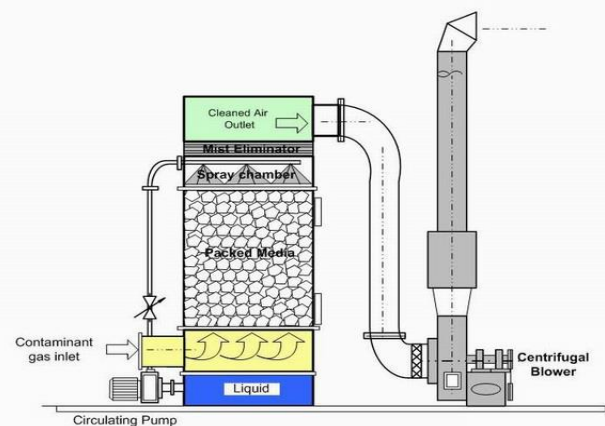
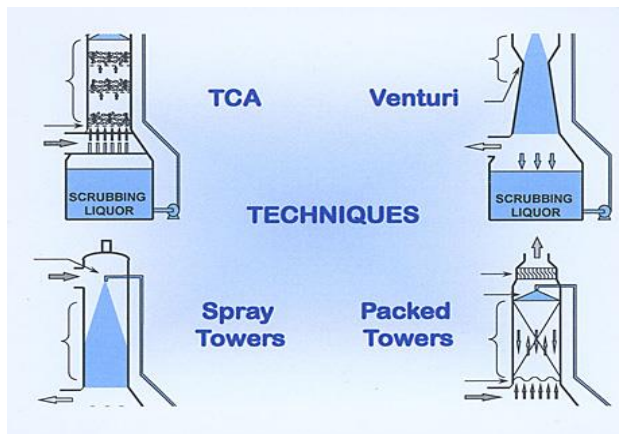
Typy absorbérů:

Bezvýplňové sprchové absorbéry,

- Výplňové absorbéry,
- Pěnové (patrové) absorbéry,
- Absorbéry s plovoucí výplní,
- Mokrý mechanický odlučovače (Venturi, ...).

ABSORPCE

Princip a příklad absorbéru.



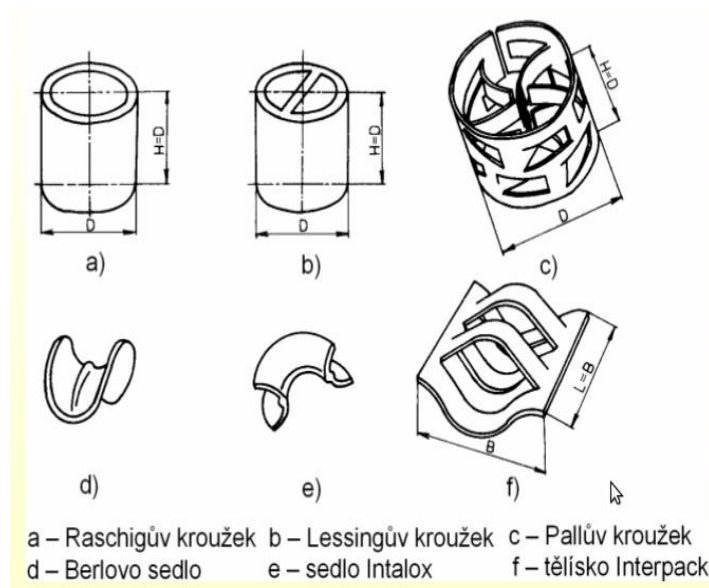
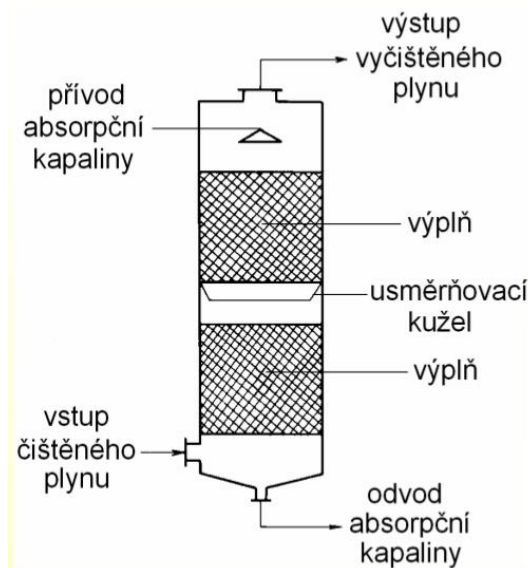
Používané typy výplní absorbérů.



ABSORPCE

Výplňový absorbér:

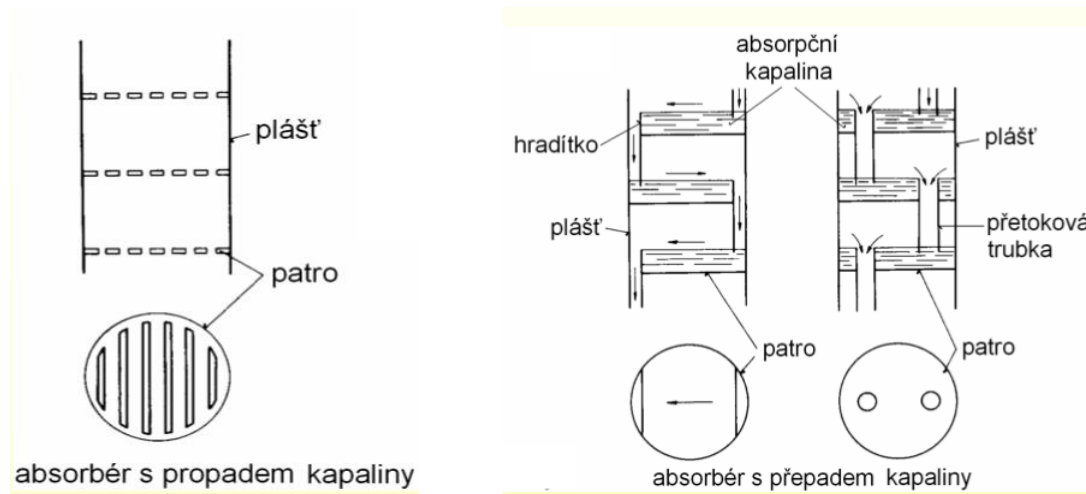
➤ Nejběžnější typ



ABSORPCE

Pěnový (patrový) absorbér:

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



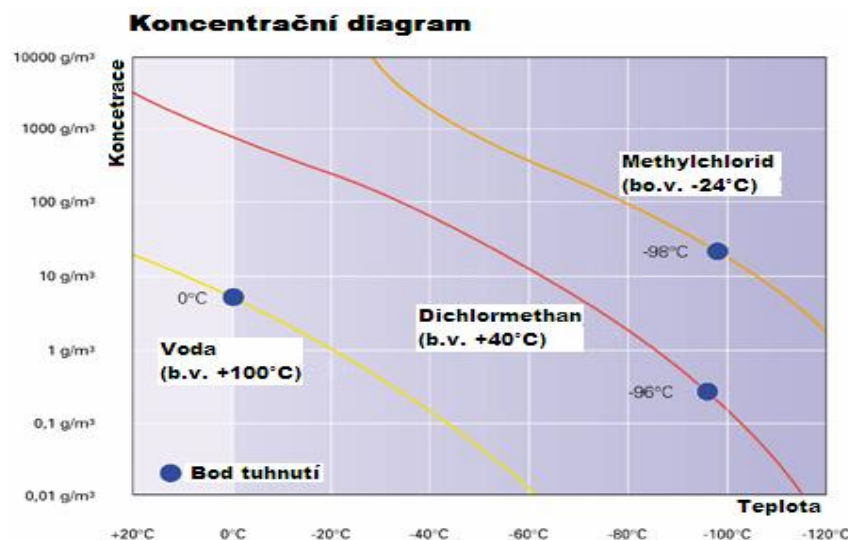
Příklady absorbérů



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 chladicí médium se volí podle požadované teploty ochlazení (chladicí voda, kapalný dusík, ...).



KONDENZACE

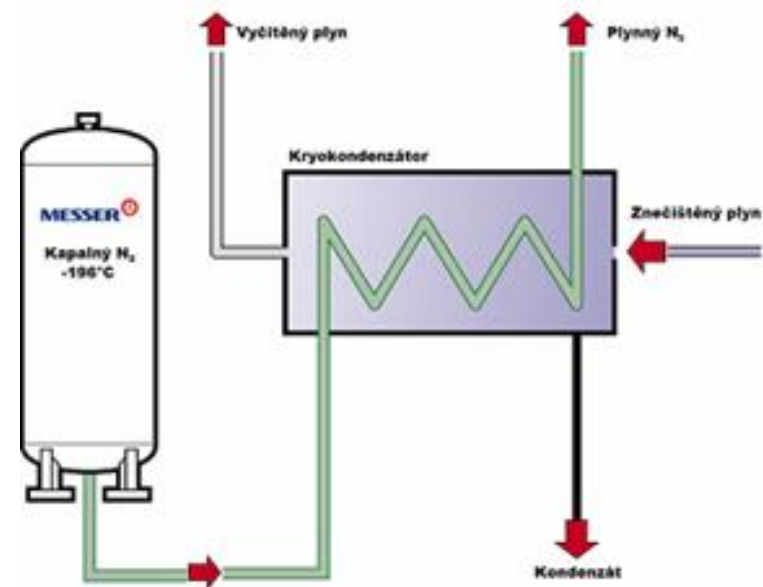
Jednoduché zařízení – kondenzace (vymražování)

protiproudné vymražení

nevhodné pro směsi látek a
vyšší obsah vodních par

krátký cyklus, časté
odmražení

vysoká spotřeba kapalného
dusíku



KONDENZACE

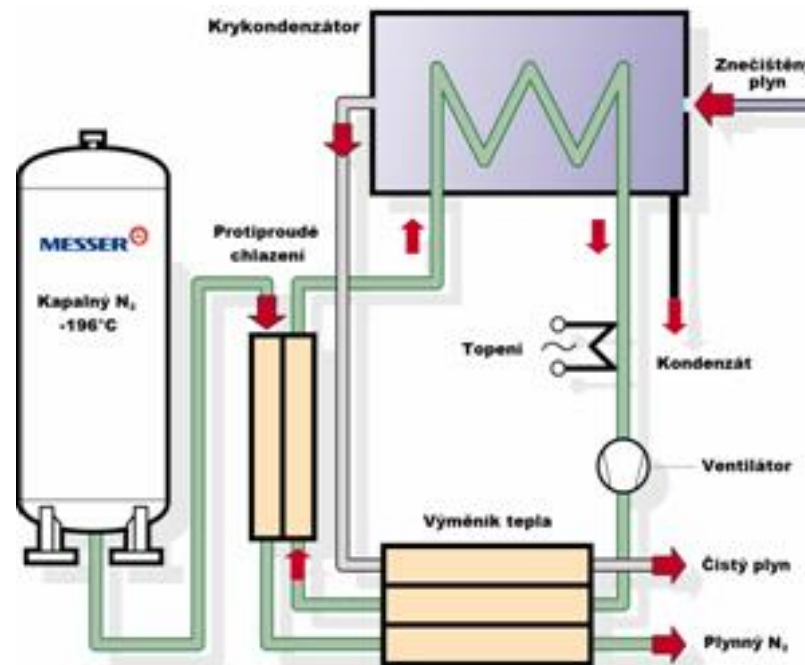
Modernizované zařízení – kondenzace (vymražování)

vysoká účinnost využití chladu
dusíku a odplynu

prodloužení pracovního cyklu,

vhodné i pro směsi

nižší spotřeba kap. N_2



KONDENZACE

Příklad vymrazovací jednotky

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

Termické procesy jsou:

- jednou z metod sloužících k omezování emisí těkavých látek
- neumožňují zpětné získávání organických látek
- principem je oxidace VOC hlavně na vodu (H_2O) a oxid uhličitý (CO_2)
- spalování je obecně exotermí 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**.

TERMICKÉ PROCESY - OXIDACE

Rozdělení termických procesů:

Podle provozní teploty:

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

Podle 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).

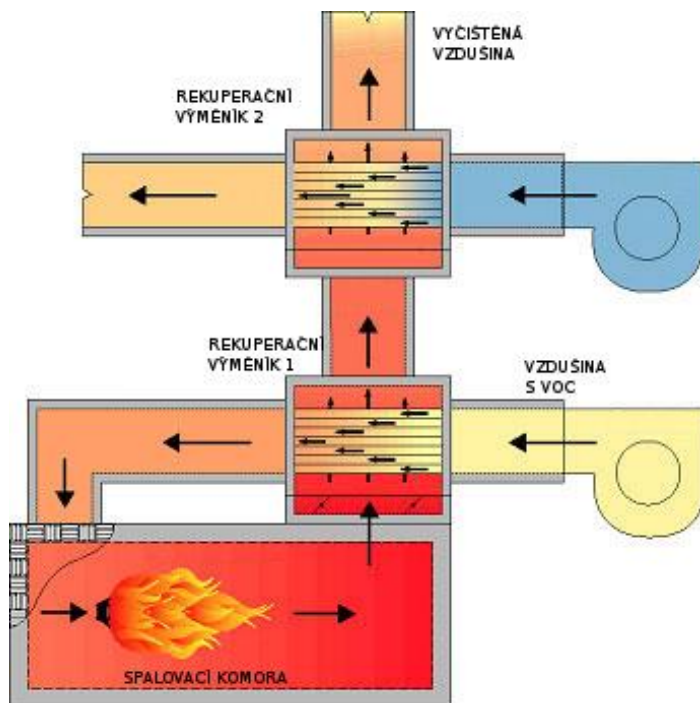
TERMICKÉ PROCESY - rozdělení

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

Spalovací zařízení VOC s rekuperačním výměníkem



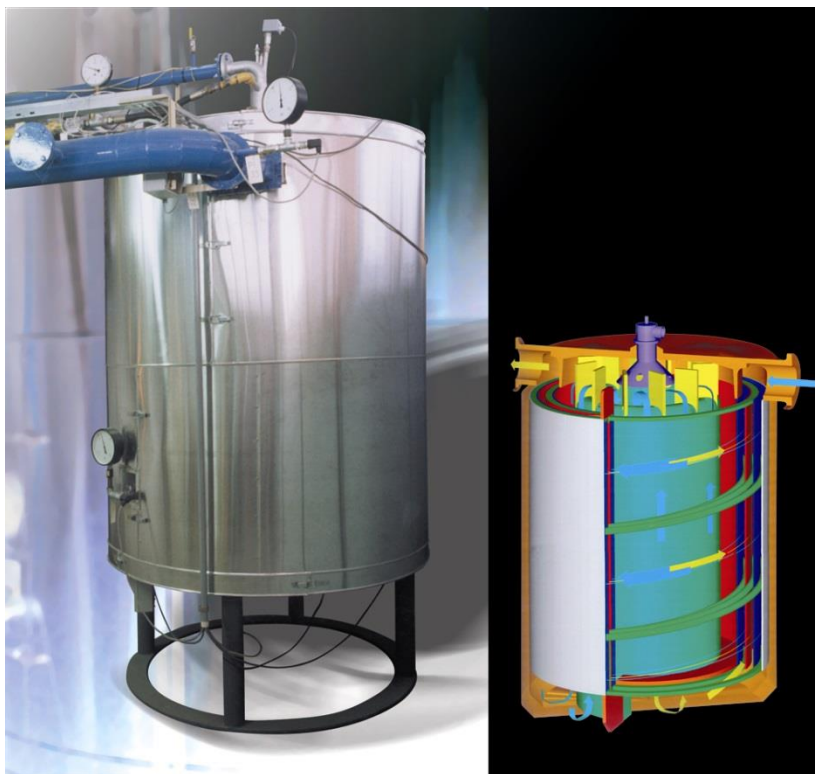
Princip rekuperace tepla



Příklad jednotky s rekuperací tepla

TERMICKÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

Spalovací jednotka pro zneškodňování VOC s integrovaným koaxiálním výměníkem



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

TERMICKÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

Spalovací zařízení odplynů s rekuperačním výměníkem v kompaktním provedení



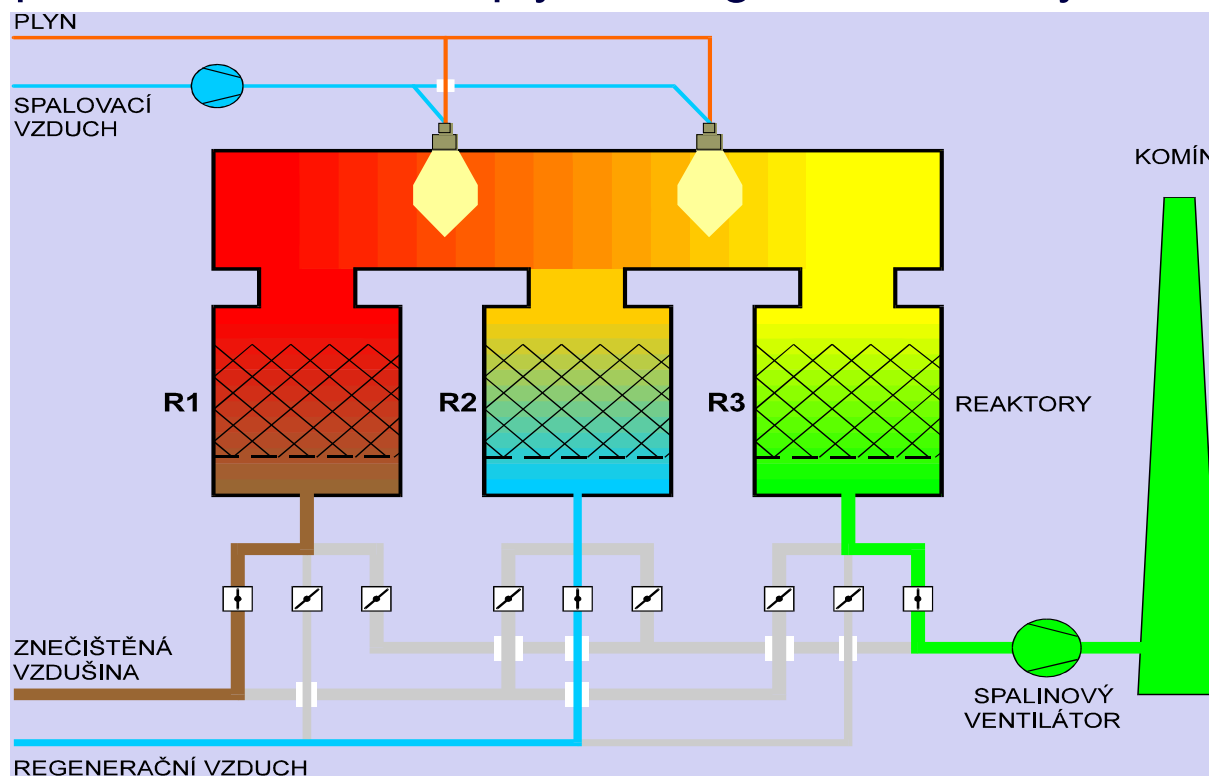
TERMICKÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

Spalovací zařízení odplynů s rekuperačním výměníkem v kompaktním provedení



TERMICKÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

Spalovací zařízení odplynů s regeneračními výměníky



TERMICKÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

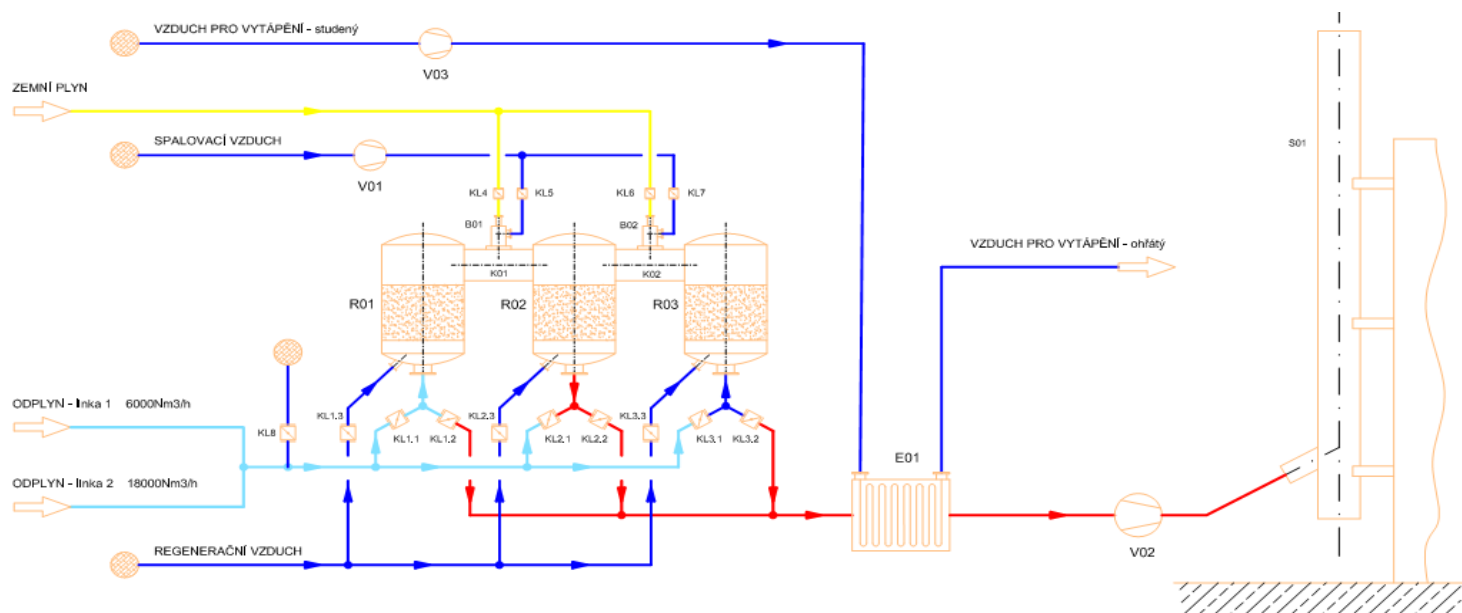
Spalovací zařízení odplynů s regeneračními výměníky



Vzdělanost k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

TERMICKÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

Spalovací zařízení odplynů s regeneračními výměníky



LEGENDA

B01, 2	PLYNOVÝ HOŘÁK
K01, 2	SPALOVACÍ KOMORA
KL1.1 - 3.3	UZAVÍRACÍ Klapka
KL4 - 7	REGULAČNÍ Klapka
KL8	PŘISÁVACÍ Klapka
E01	REKUPERAČNÍ VÝMĚNÍK TEPLA
R01 - 03	REAKTOR
V01	VENTILÁTOR SPAL. VZDUCHU
V02	SPALINOVÝ VENTILÁTOR
V03	VENTILÁTOR VZDUCHU PRO VYTÁPĚNÍ
SK01	KOMÍN

KROK	R1	R2	R3
1.	VSTUP OHŘEV ODPLYNU	VÝSTUP CHLAZENÍ ODPLYNU	REGENERACE
2.	REGENERACE	VSTUP	VÝSTUP
3.	VÝSTUP	REGENERACE	VSTUP

EVBCO Brno EVBCO Brno, s.r.l. Pylkova 1 602 00 BRNO	OBJED. ZÁKAZKY	VÝD. PROJEKTU	ING. ORAL
	DATUM 07/2004	PROJEKTANT	ING. PUCHÝŘ
NÁZEV ZÁKAZKY TERMICKÉ ZNEŠKODNĚNÍ STYRĚNU	KONTROLOVAL	ING. ORAL	
	KRESLIL	ING. PUCHÝŘ	
NÁZEV VÝKRESU TECHNOLOGICKÉ SCHÉMA	VEŠTĚNÍ	nepln	FORMÁT A3
	ARCHIV. OBJED.	N - EVB - 03 - 132	

KATALYTICKÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

Hlavní rozdíly mezi klasickým spalováním a spalováním s použitím katalyzátorů:

nižší pracovní teplota (250 - 450°C)

nižší tepelné namáhání (vlastní aparát, výměníky, vyzdívky, ...)

autotermí proces lze dosáhnout při výrazně nižších koncentracích VOC

nižší nebo minimální požadavky na přídavné palivo

možnost deaktivace katalyzátoru (katalyzické 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)

KATALYTICKÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

Katalyzátory pro odstranění VOC

Pro katalytický proces je rozhodující katalyzátor. Existuje řada různých katalyzátorů jak sypaných (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 nanесena na keramickém nosiči (např. Al_2O_3). 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 mají výhodu v tom, že v důsledku své nižší aktivity nezpůsobují konverzi dusíku u VOC se zabudovaným dusíkem v molekule na jeho oxidy (NO_x).

KATALYTICKÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

Jednotlivé typy jednotek katalytického spalování

Jednotka z průtočným reaktorem a rekuperací tepla

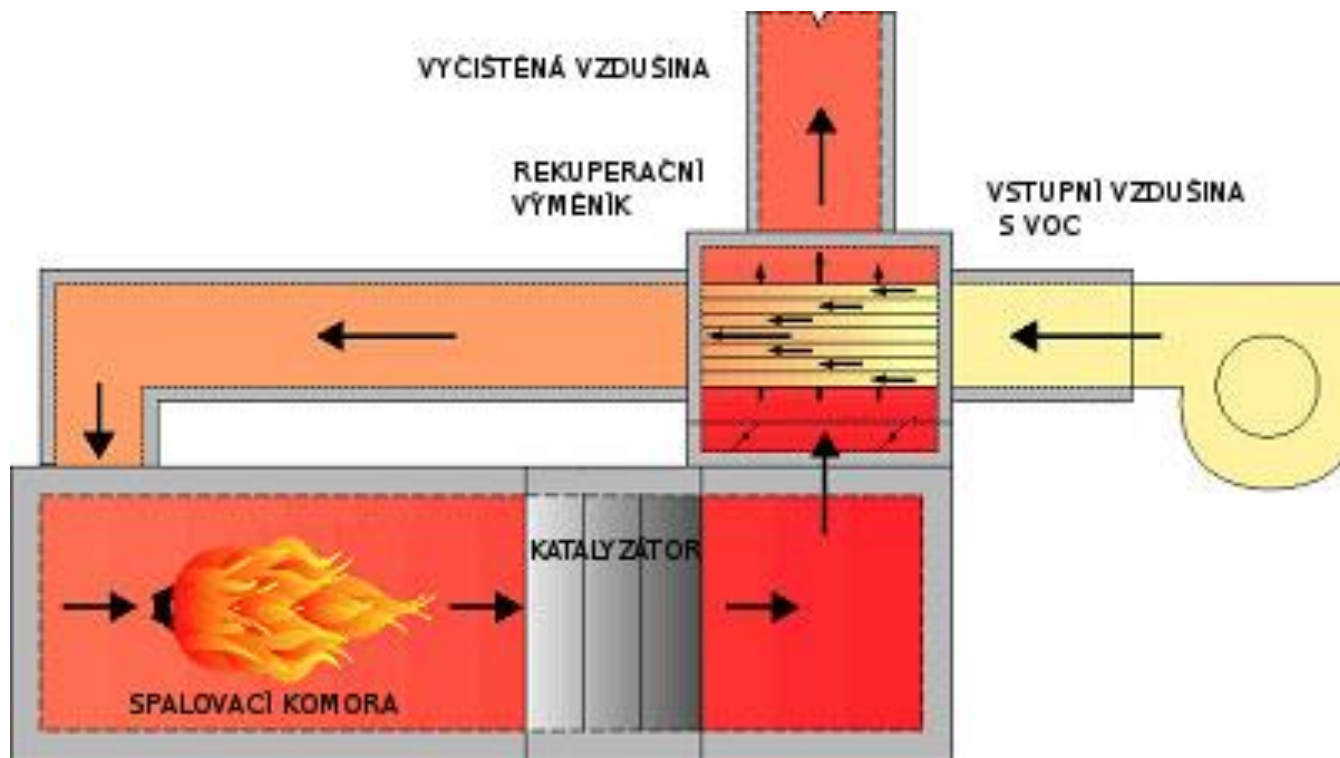
Nejjednodušší technologie při které prochází čištěný plyn postupně rekuperačním výměníkem tepla, komorou pro nahřátí na potřebnou teplotu (obvykle to bývá komora s elektrickými topnými tělesy nebo plynovým hořákem), katalytickým ložem a opět rekuperačním výměníkem. Průchodem přes katalytické lože dojde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

Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

KATALYTICKÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

Jednotka z průtočným reaktorem s katalyzátorem a rekuperací tepla



KATALYTICKÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

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. Předeřáté 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 pseudostacionární 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 0,6g/m³

KATALYTICKÉ A SMÍŠENÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

Základní uspořádání dle koncentrací VOC ve znečištěném plynu:

Nízká úroveň znečištění (50 – 300 mg/m³)

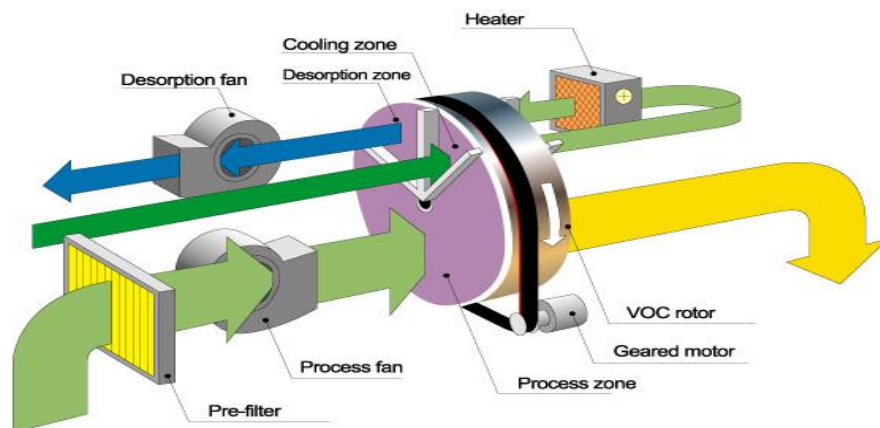
Emise s nízkou úrovní koncentrace VOC (typickým případem jsou lakovny, použití vodou ředitelných barev, vysoké objemy odsávané vzdušiny) je nutné řešit ve dvou stupních. V prvním stupni dochází k zakoncentrování VOC na sorbentu, kterým je nejčastěji aktivní uhlí nebo sorbenty na bázi zeolitů, např. koncentrační kola, jsou investičně velmi náročné. Úroveň zakoncentrování je běžně 1:10, výjimečně 1:50.

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.



KATALYTICKÉ A SMÍŠENÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

Základní uspořádání dle koncentrací VOC ve znečištěném plynu:

Střední úroveň znečištění (300 - 3000 mg/m³)

Pro tuto oblast koncentrací je výhodné použití RCO systému s autotermním provozem od cca 600 mg/m³.

Vysoká úroveň znečištění (nad 3000 mg/m³)

Pro tuto úroveň koncentrací VOC se běžně používají průtočné reaktory.

TERMICKÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

- Termické zneškodňování (oxidace) VOC vykazuje velmi vysokou účinnost destrukce (nad běžně 99,99%).
- Pracovní teplota u katalytických jednotek se pohybuje od 250 do 450°C, u jednotek bez katalyzátoru nad 800°C (běžně 800 – 900°C).
- Jednotky s regenerací tepla umožňují dosažení tepla až 90-95% využití tepla, jednotky s rekuperací tepla jen 50 až 75%.
- Množství přídatného paliva závisí na vstupní koncentraci, pracovní teplotě a využití tepla pro předehřev vstupní vzdušiny.

TERMICKÉ POSTUPY ODSTRAŇOVÁNÍ VOC

Termická oxidace – společné spalování (použití jako spalovací vzduch v jiném technologickém uzlu)

Zdroj vzdušiny: Mitas Zlín

Charakter : vzdušina s obsahem

benzinových par produkovaných při
odsávání haly s výrobou pneumatik

Využití: přídavek do spalovacího vzduchu
uhelného kotle v teplárně Alpiq Zlín

Délka propojovacího potrubí : cca 500m



Pachy, pachové látky

Pach – 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, ...
- hedonické zabarvení – pach příjemný, nepříjemný; teno tón se může s intenzitou vnímání měnit od příjemného k nepříjemnému

Pachy, pachové látky

Meteorologické vlivy

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



Pachy, pachové látky

- Zpracování biologicky rozložitelných odpadů, intenzivní chovy a 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, biofiltrace.



Pachy, pachové látky

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 1 m³ vzorku pachu čistým bezpachovým vzduchem tak, aby bylo dosaženo čichového prahu.

Pachy, pachové látky

Olfaktometrie



Pachy, pachové látky

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:

- biofiltrace

Metody odstraňování pachů - kombinované:

- biopračky

Pachy, pachové látky

Metody odstraňování pachů - ozonizace:

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

V potravinářství se používá také ke sterilizaci.

BIOFILTRACE

- Biofiltrace je účinná metoda založená na využití mikroorganismů schopných biodegradace nebo biotransformace škodlivých látek. Znečištěný vzduch prochází biofiltrem naplněným porézním materiálem pokrytým vrstvou biomasy.
- Při průchodu plynu biofiltrem 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).
- Biofiltrace představuje ekologicky šetrnou a hlavně bezodpadovou metodu čištění odpadního vzduchu od organických i některých anorganických látek včetně látek pachových.

BIOFILTRACE

Výhody:

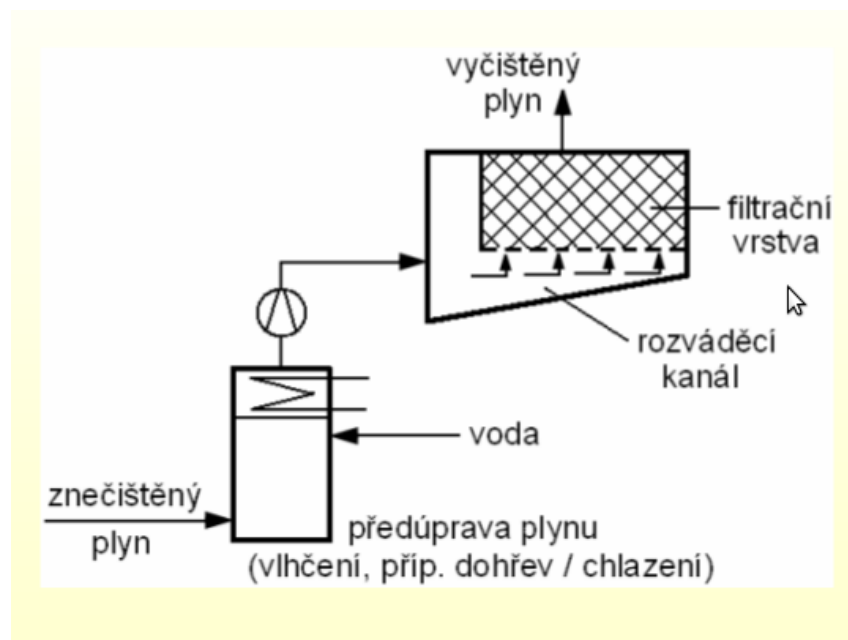
- nízké provozní a investiční náklady
- přijatelná účinnost
- bezodpadovost

Nevýhody:

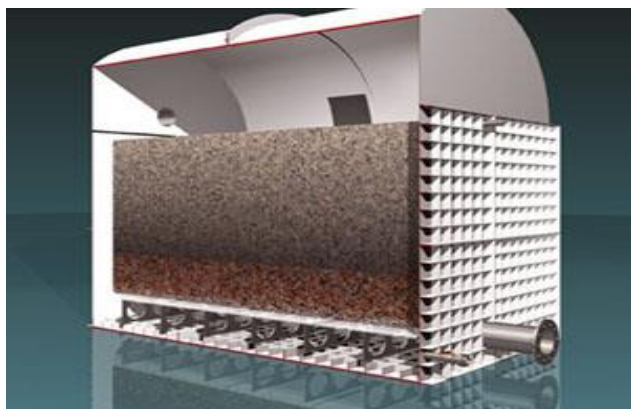
- dlouhá doba náběhu
- závislost účinnosti na průtoku plynu
- přívod živin
- nutnost zabránit přívodu toxických látek a změnám pH
- prostorová náročnost
- možnosti regulace

BIOFILTRACE

- 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)

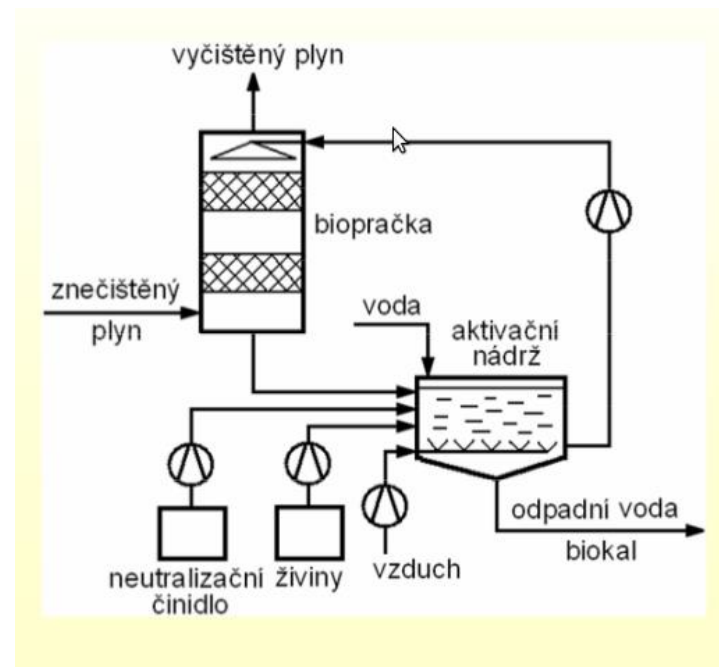


BIOFILTRACE



BIOPRAČKA

- kombinace absorpce a biologického rozkladu
- znečišťující plyn musí být biologicky odbouratelný a absorbující do vody – NUTNOST
- vyšší účinnost oproti biofiltrům



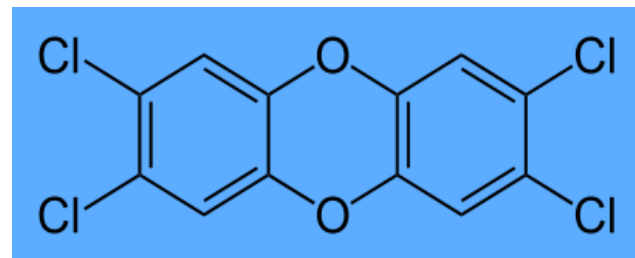
TECHNOLOGIE KE SNIŽOVÁNÍ EMISÍ (SEKUNDÁRNÍ OPATŘENÍ K OMEZOVÁNÍ EMISÍ)

9. část DIOXINY A FURANY

DIOXINY A FURANY

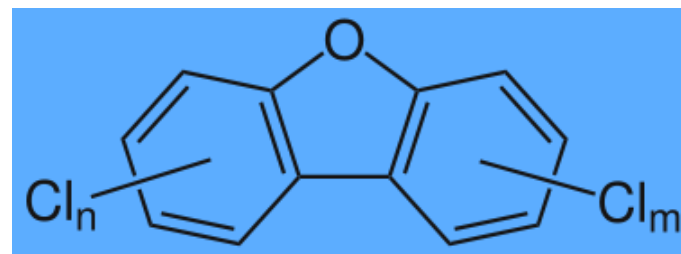
DIOXINY - PCDD:

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



FURANY - PCDF:

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



Pro stacionární zdroje tepelně zpracovávající odpad platí limit pro PCDD/F 0,1ng/Nm³ (dle vyhl.č. 415/2012Sb.)

TECHNOLOGIE K ODSTRANĚNÍ DIOXINŮ

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

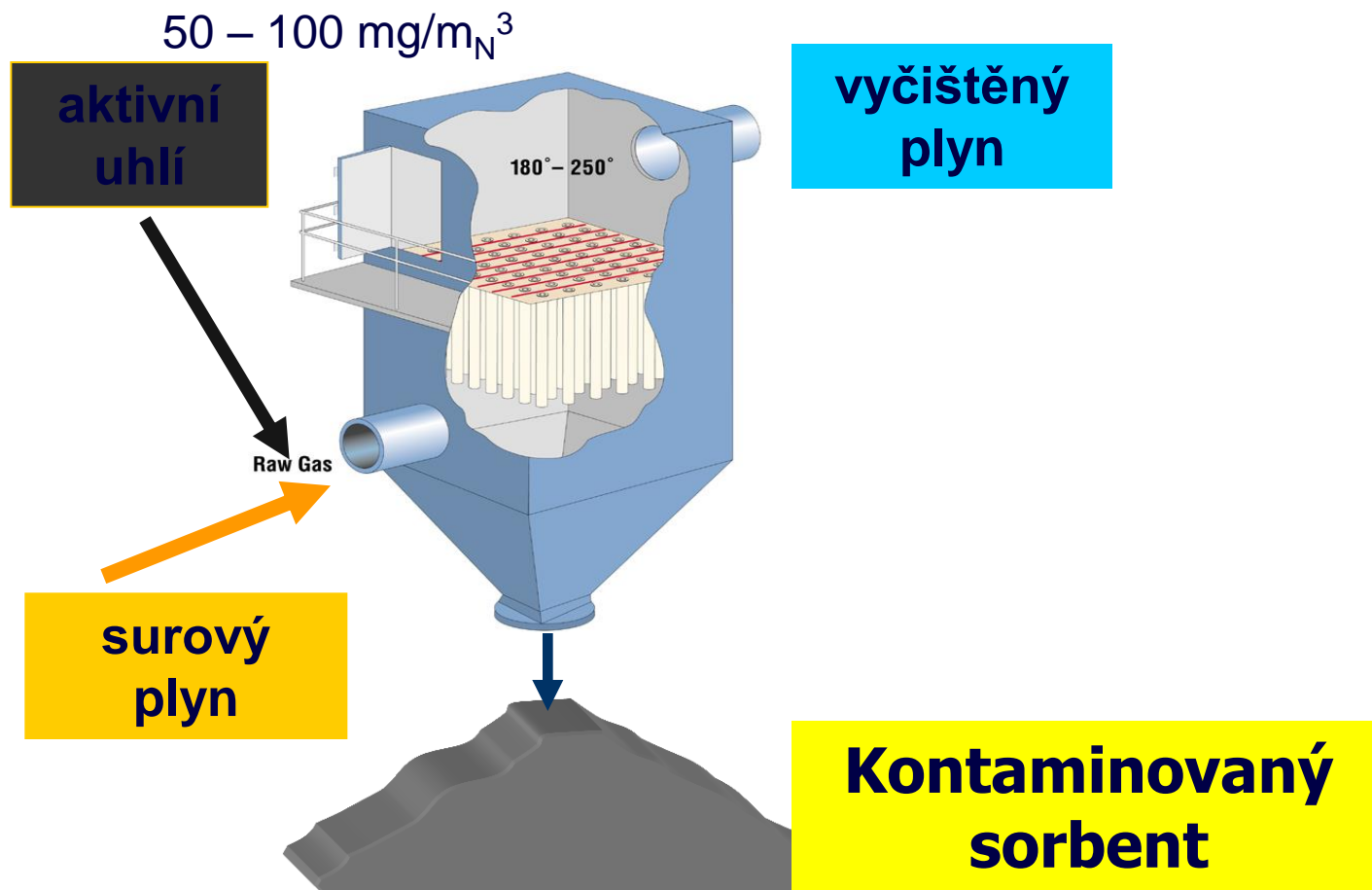
Další zkoumané metody:

- Vstřikování hydroxidu vápenatého, suevit, zeolit
- Vstřikování inhibitorů (etanolamíny, amoniak)
- Vstřikování oxidačních činidel (např. H₂O₂)

1. ADSORPČNÍ POSTUPY

- **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)

1. ADSORPČNÍ POSTUPY

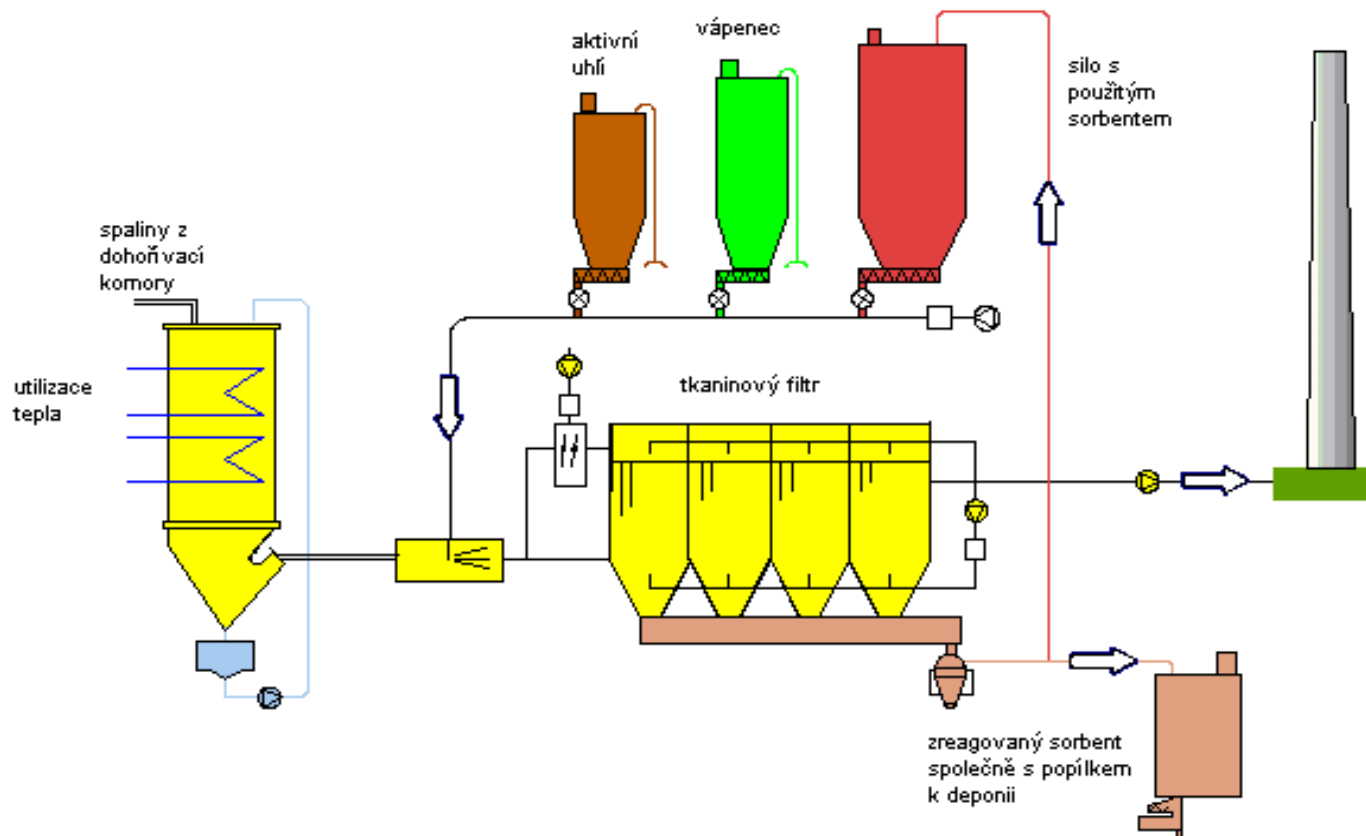


1. ADSORPČNÍ POSTUPY

- Touto metodou se dioxiny se pouze zachytí na sorbentu, nejsou však zlikvidovány.
- Po instalaci injektáže na spalovně TERMIZO a.s. Liberec bylo dosažuté 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.

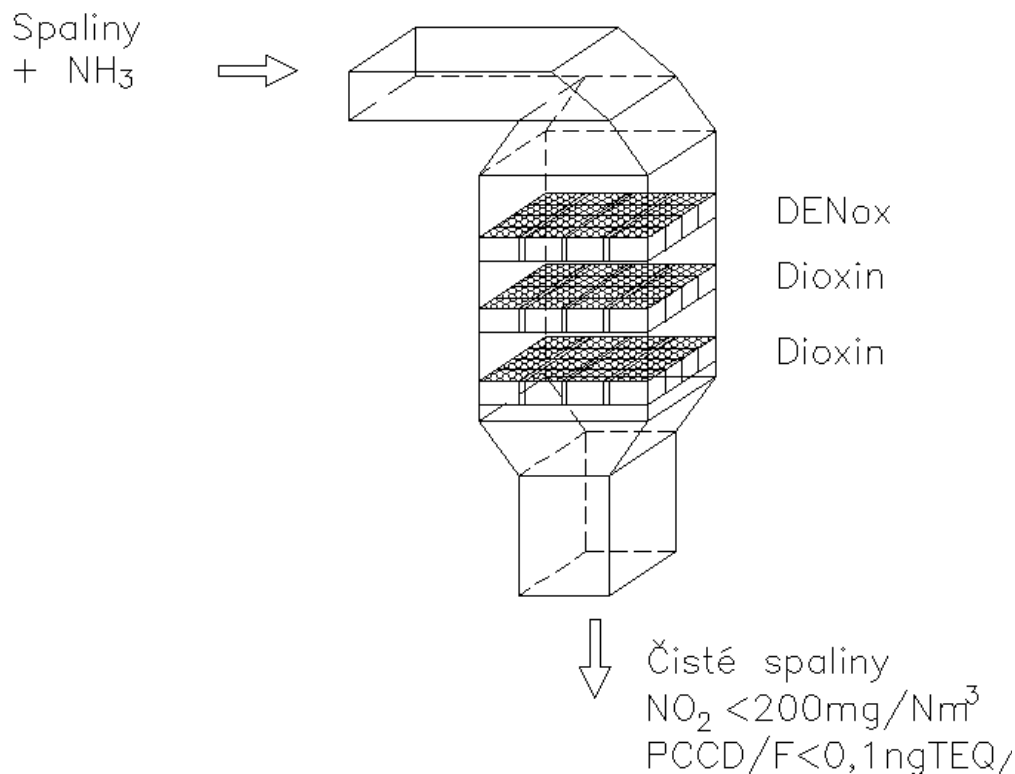
1. ADSORPČNÍ POSTUPY

Adsorpční metody pro odstraňování dioxinů PAC

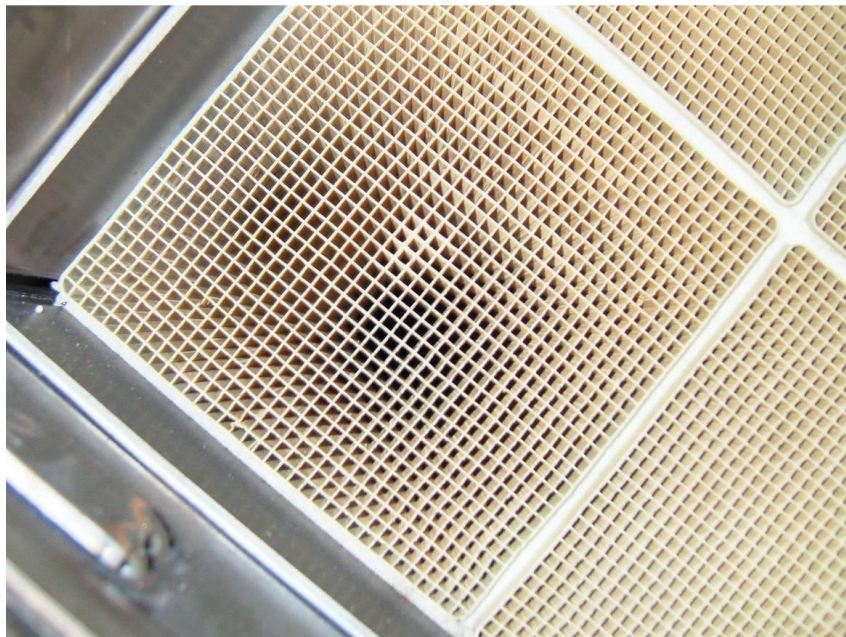


2. KATALYTICKÝ ROZKLAD DIOXINŮ

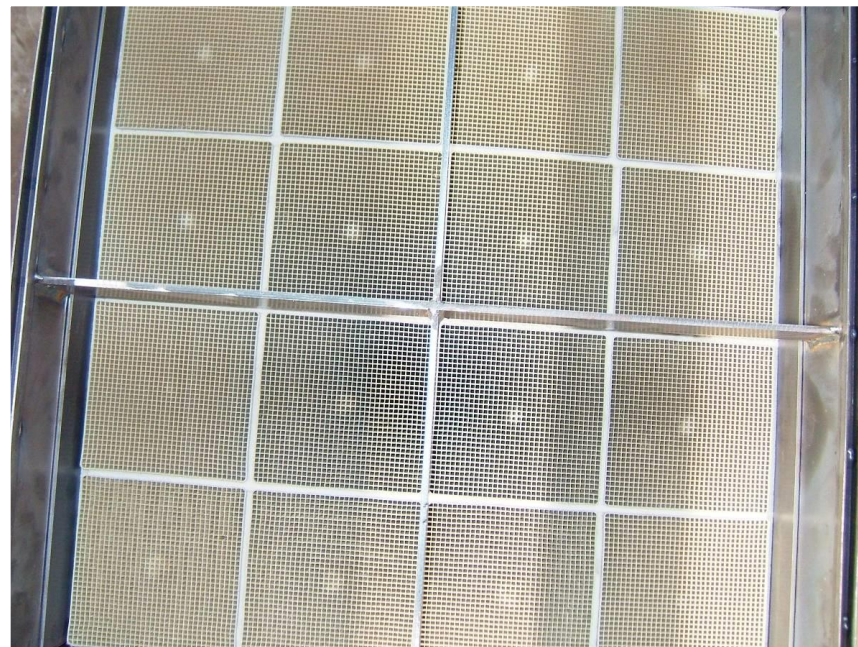
Katalytická oxidace dioxinů se současným odstraňováním oxidů dusíku



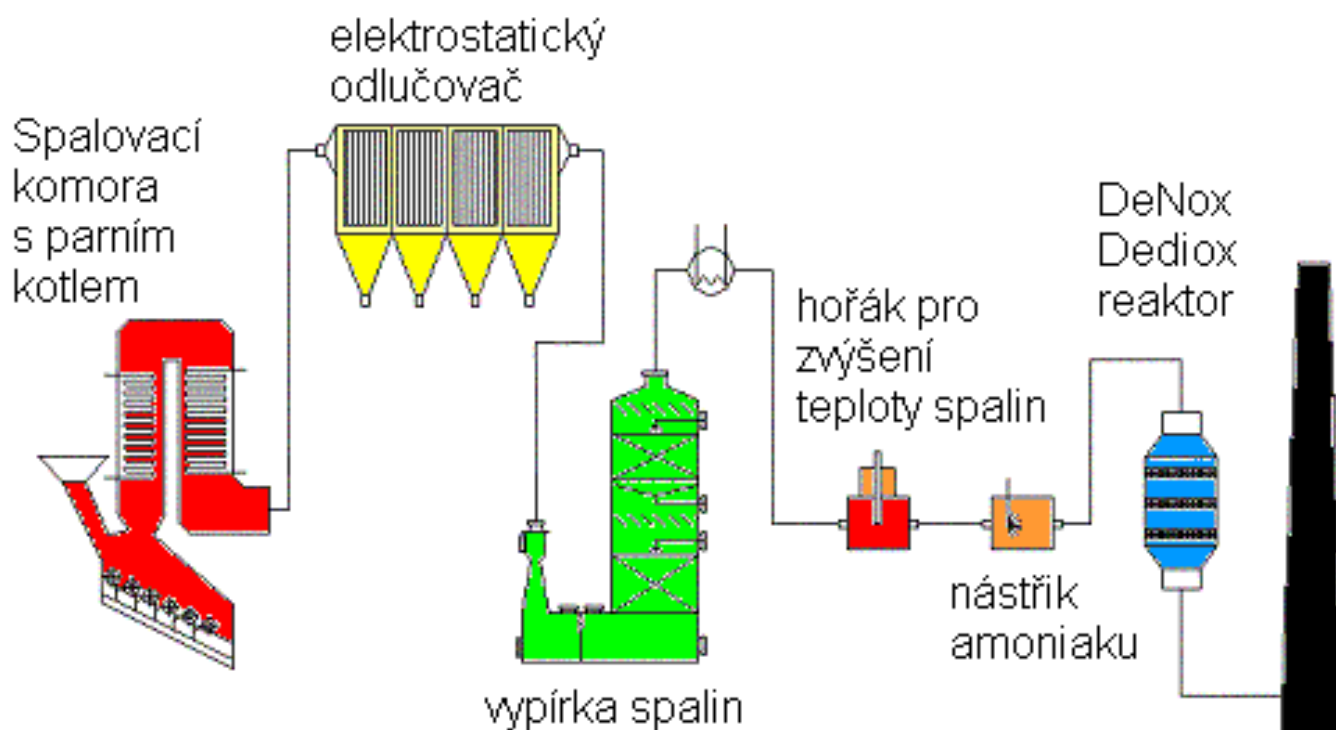
2. KATALYTICKÝ ROZKLAD DIOXINŮ



**Orientovaný
katalyzátor**



Katalytický rozklad dioxinů se současným odstraňováním oxidů dusíku



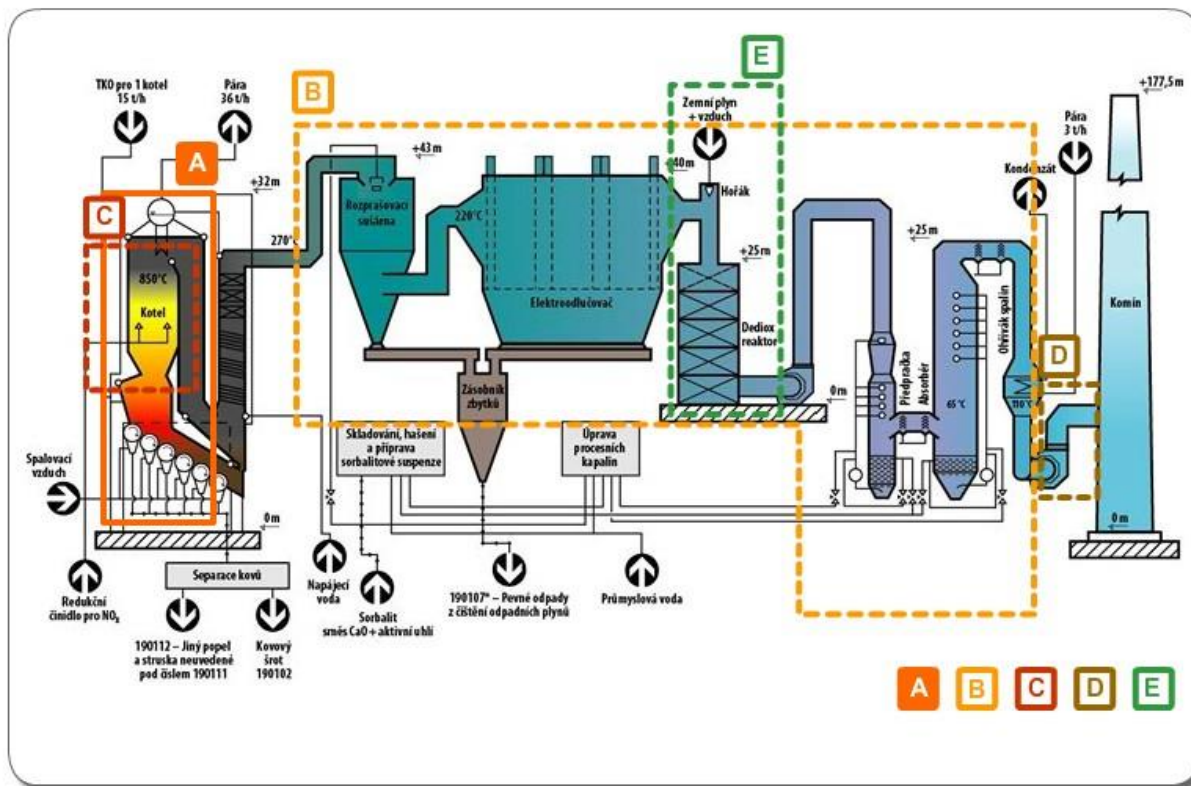


Katalytický rozklad PCDD/F
se současným
odstraňováním NO_x
Spalovna nebezpečných
odpadů Spovo Ostrava

Vzdělanost k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

2. KATALYTICKÝ ROZKLAD DIOXINŮ

SCHÉMA ZAŘÍZENÍ NA ENERGETICKÉ VYUŽITÍ ODPADU MALEŠICE



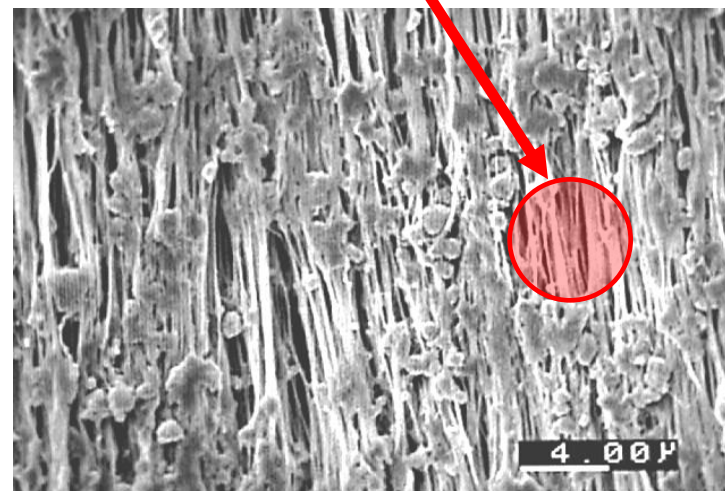
3. KATALYTICKÁ FILTRACE

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

membrány (ePTFe) GORE-TEX®

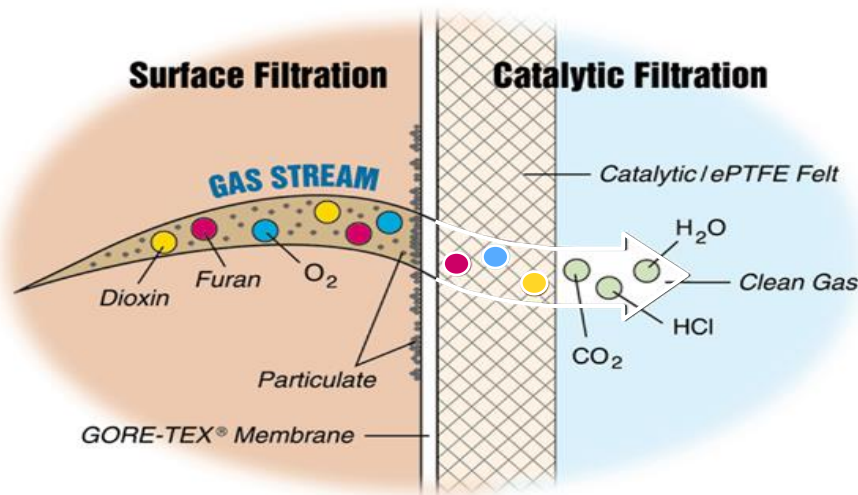


implementované katalytické vrstvičky na bázi V_2O_5 a TiO_2



SEM of Catalyst/ePTFE Fiber

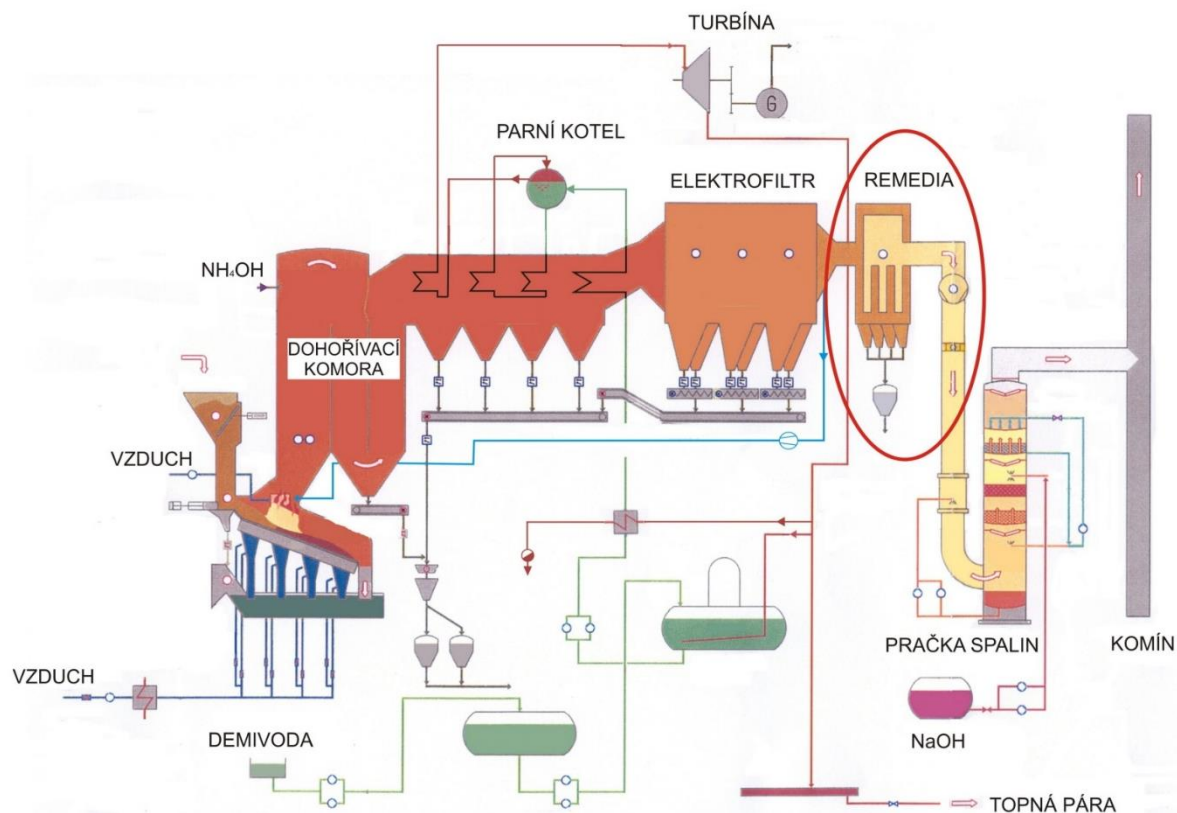
3. KATALYTICKÁ FILTRACE



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).

3. KATALYTICKÁ FILTRACE

Termizo a.s. Liberec



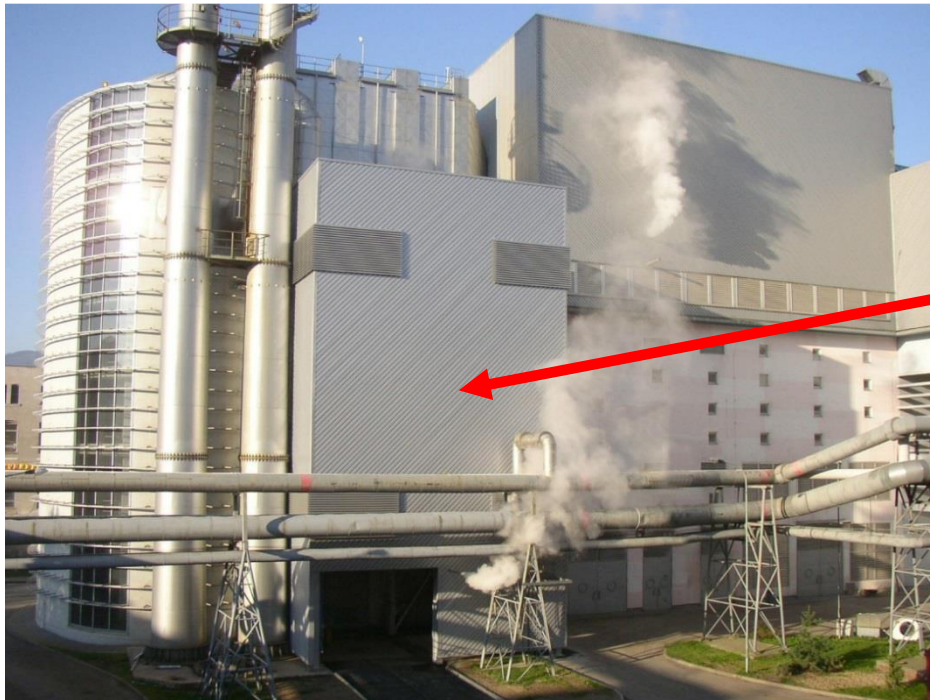
3. KATALYTICKÁ FILTRACE

Termizo a.s. Liberec



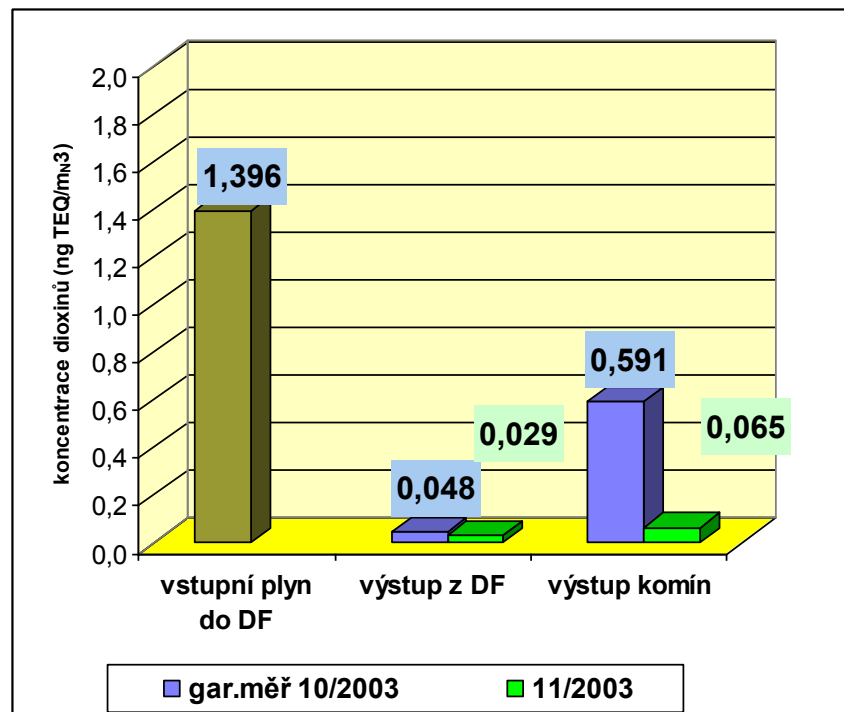
3. KATALYTICKÁ FILTRACE

Termizo a.s. Liberec



3. KATALYTICKÁ FILTRACE

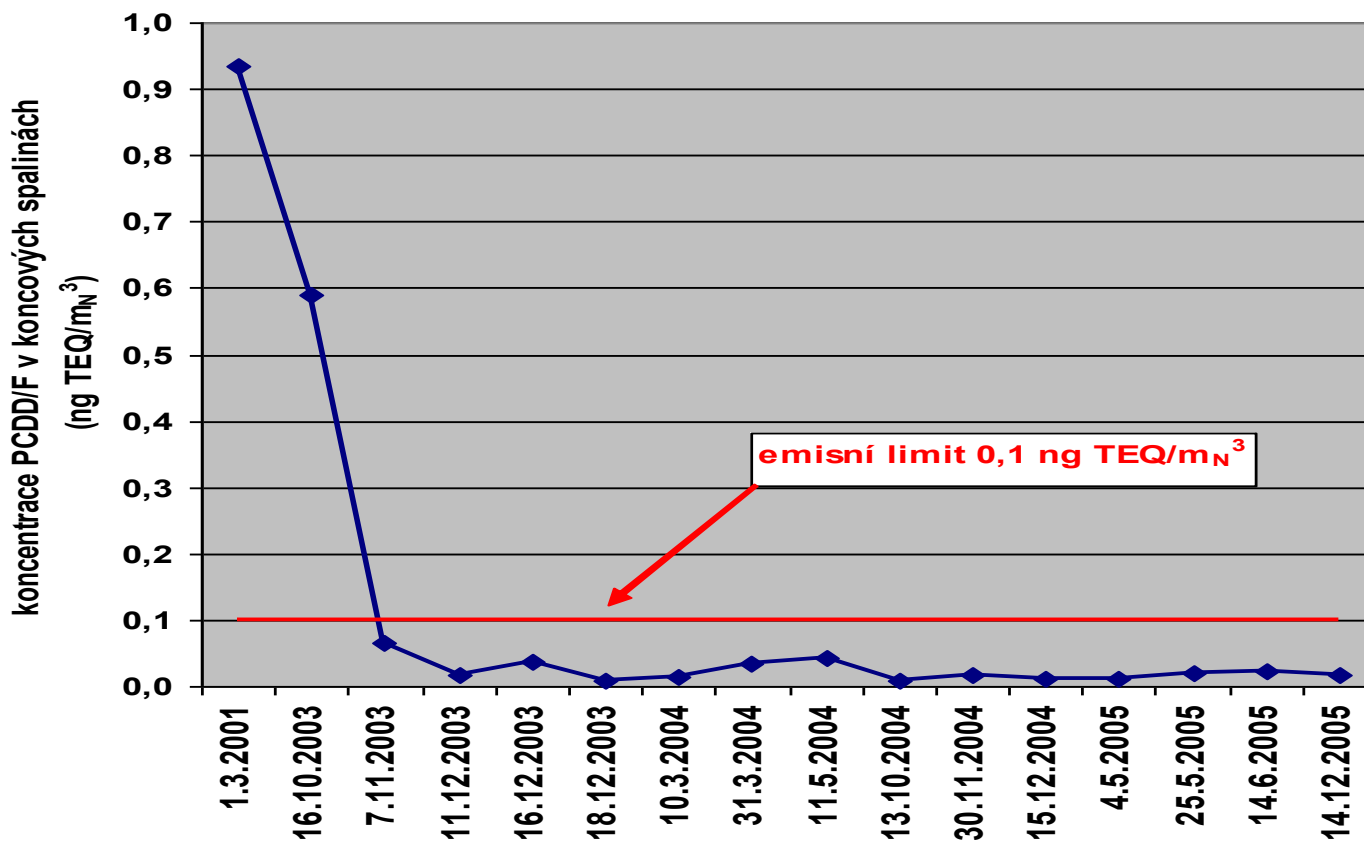
Dosažené výsledky



Dosažené snížení obsahu dioxinů v DF při garančním měření 96,4 %.
Stupeň odprášení spalin v DF je 90,3 %.

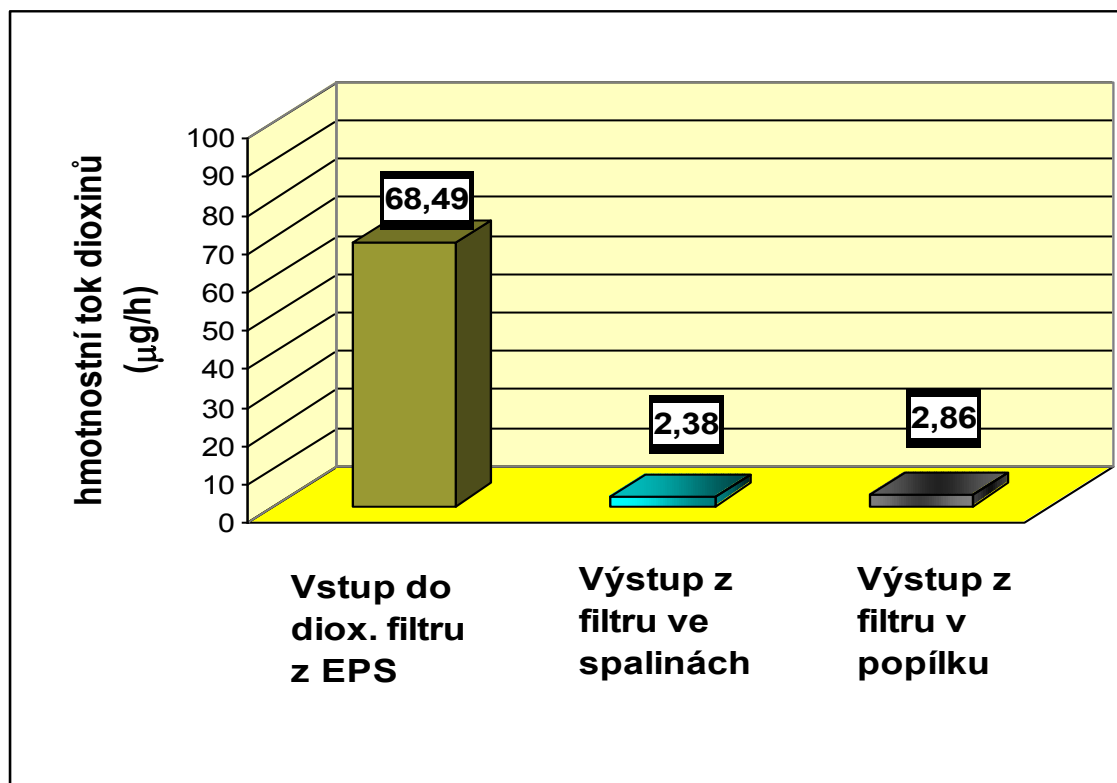
3. KATALYTICKÁ FILTRACE

Dosažené výsledky



3. KATALYTICKÁ FILTRACE

Dosažené výsledky



Rozložené množství dioxinů ve filtru **63,25 $\mu\text{gTEQ/h}$** , tj. **92,4 %**

Katalytická 4D FILTRACE

1D - DeDusting

filtrace TZL

2D - DrySorption

neutralizaci kyselých složek
(SO₂, HCl, HF, část. NO_x)

3D - DeDiox

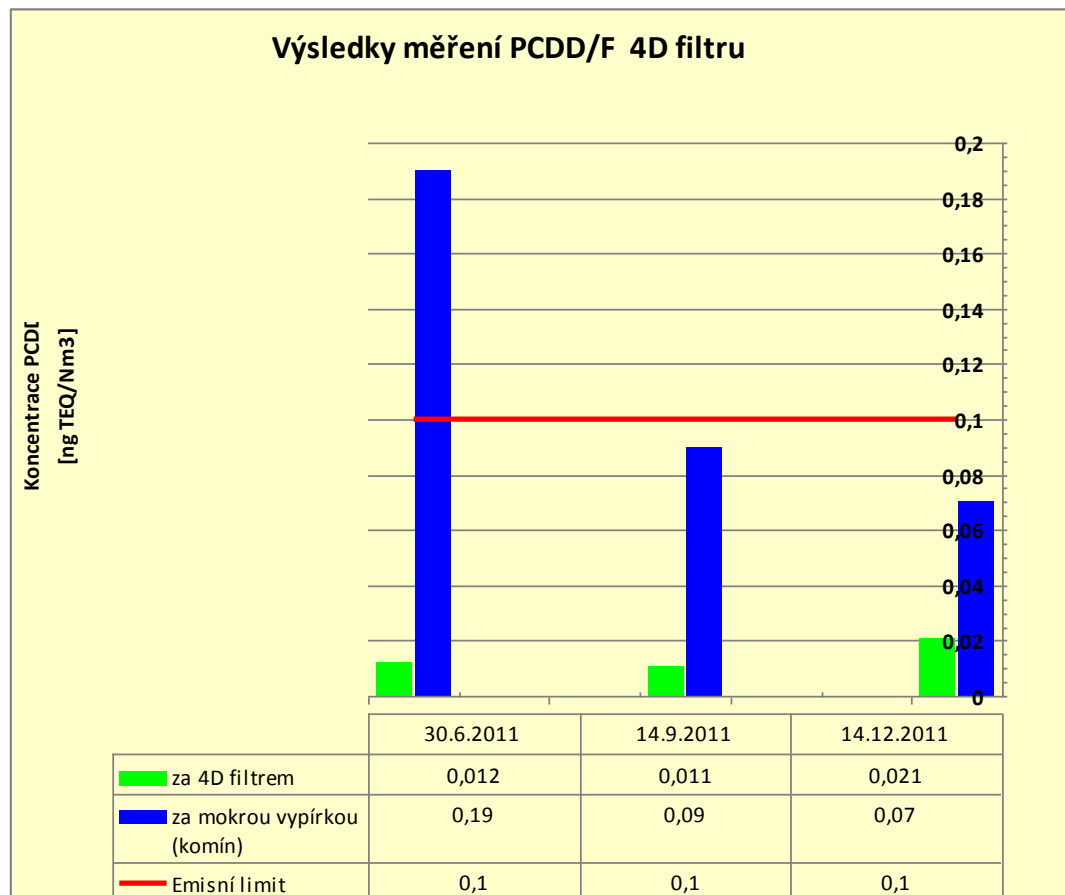
katalytický rozklad PCDD/F

4D - DeNO_x

SCR NO_x



Katalytická 4D FILTRACE



Zdroj: spalovna
nebezpečného odpadu
Sporten, a.s. Nové
Město na Moravě

Hospodaření s odpady

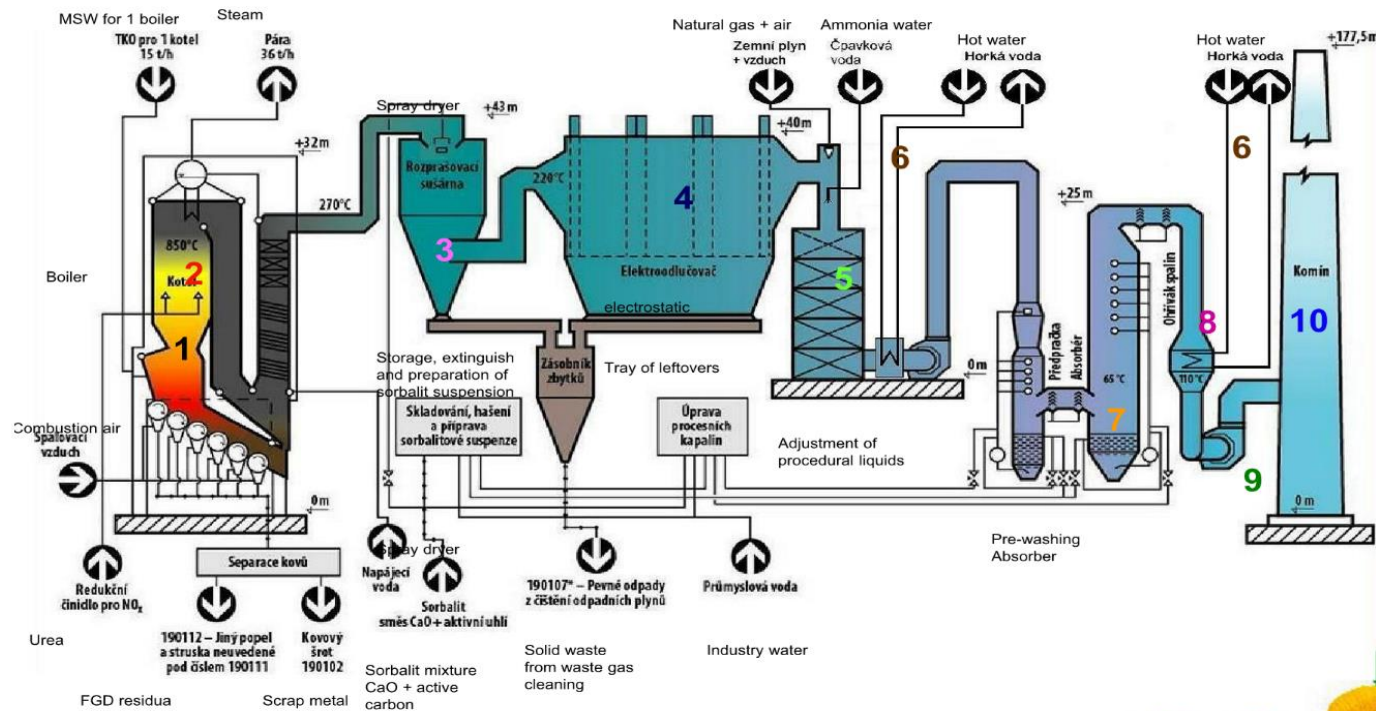
V rámci projektu:
„Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji“

10. část EXKURZE PO SPALOVNÁCH

ZEVO Malešice, Pražské služby a.s.

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



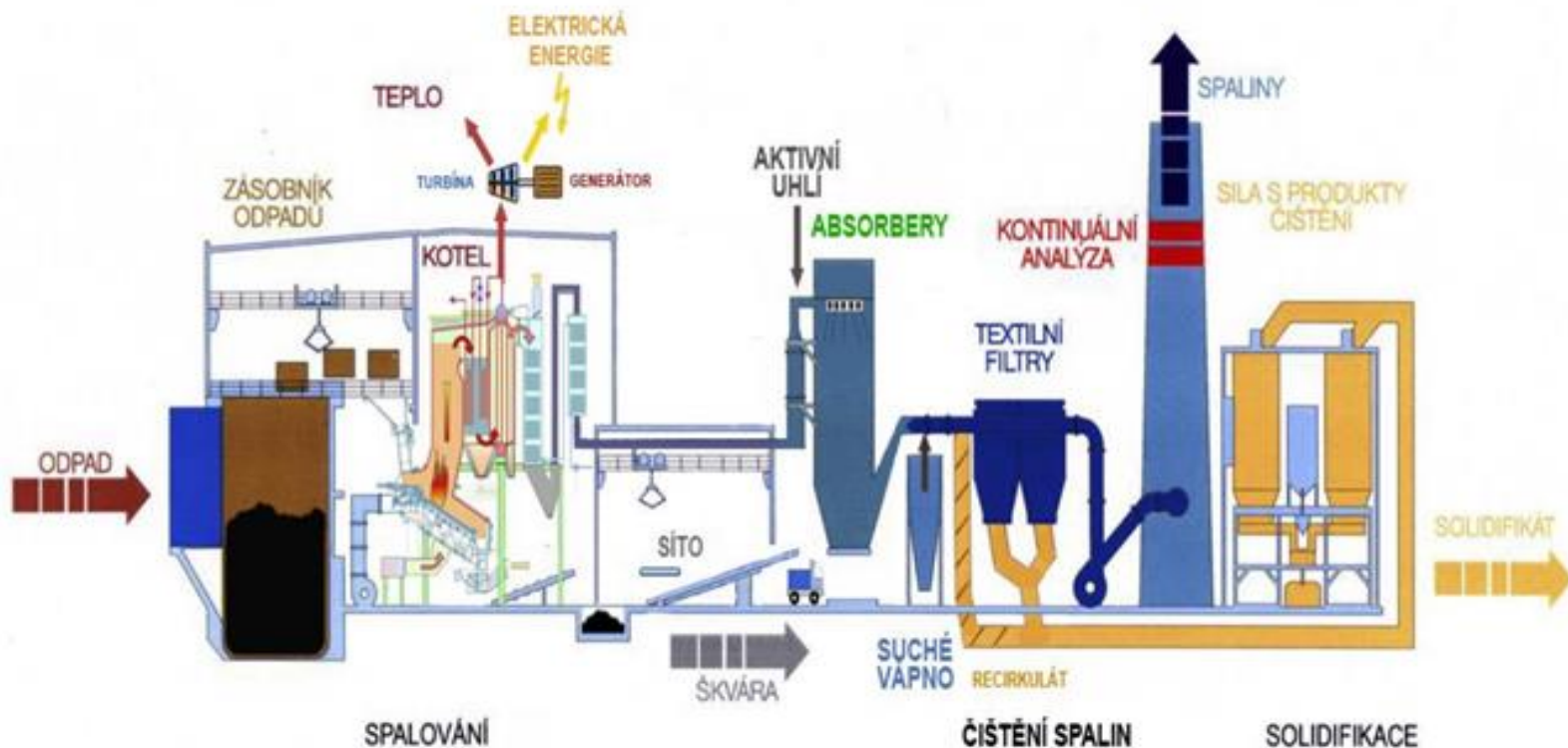
PRAŽSKÉ SLUŽBY, a.s.

Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

ZEVO Malešice, Pražské služby a.s.



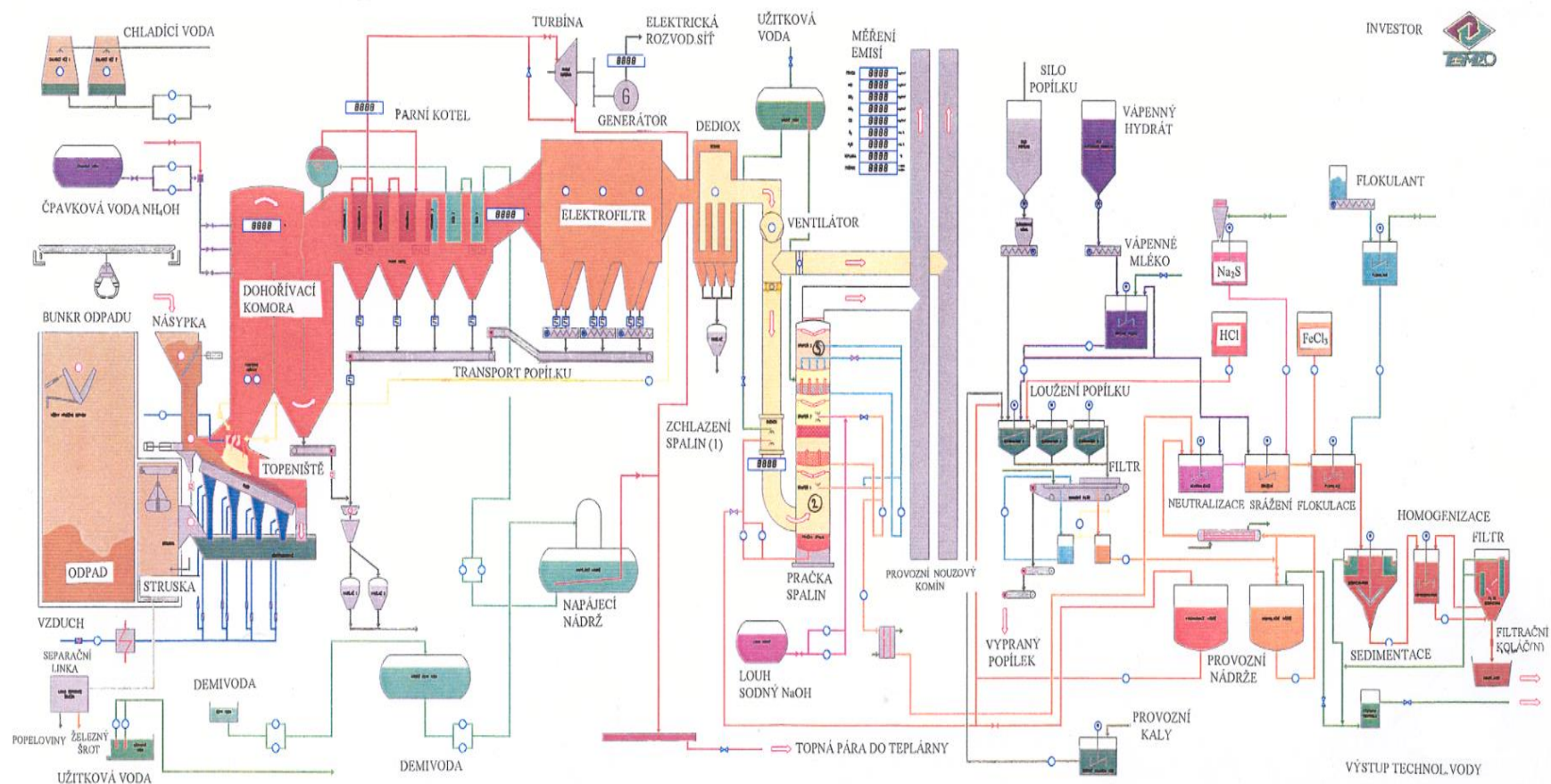
Sako Brno a.s.





Vzdělanost k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

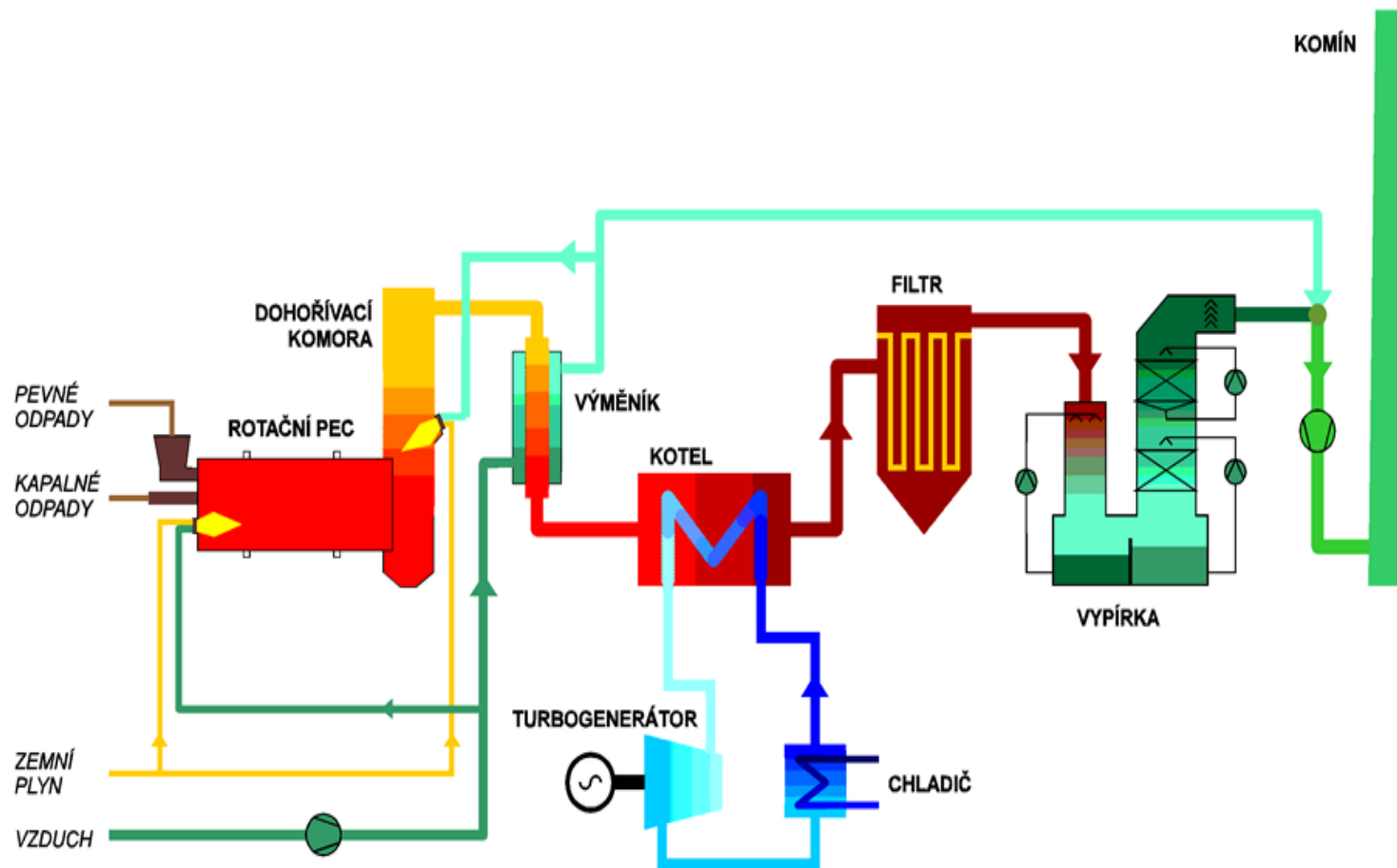
Termizo Liberec a.s.



Termizo Liberec a.s.



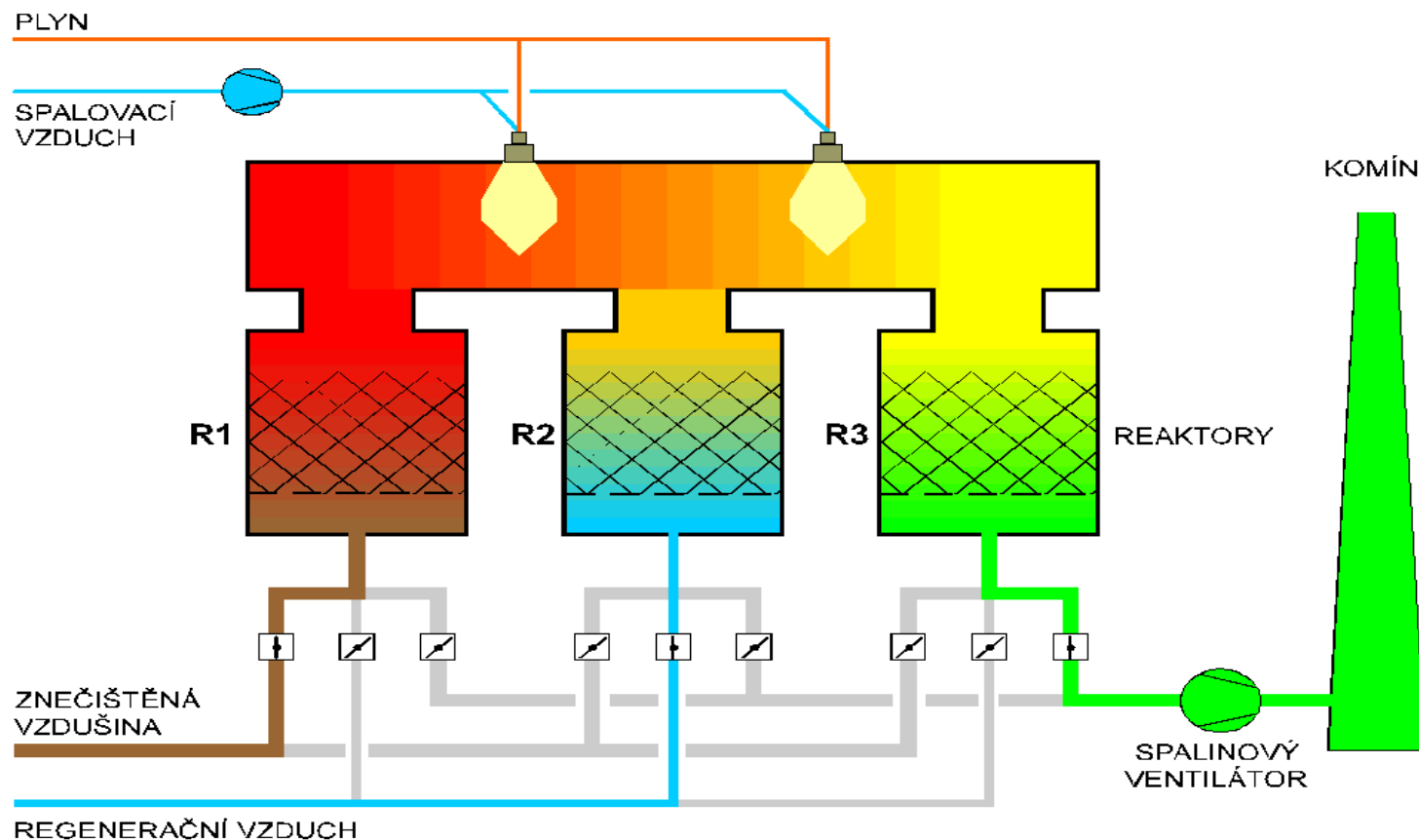
Spalovna průmyslových odpadů Ostrava



Spalovna průmyslových odpadů Ostrava



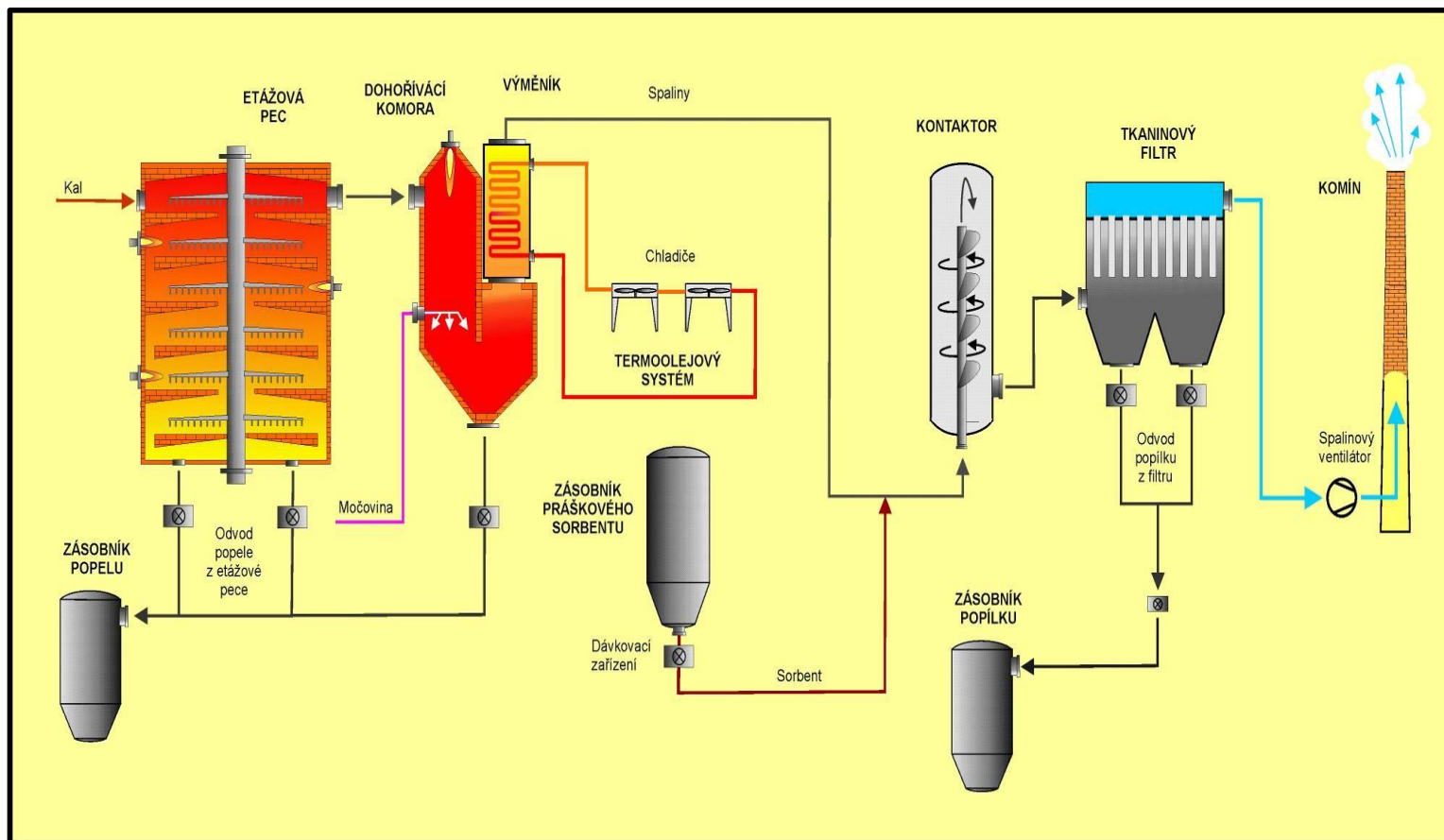
Spalovna odpadů Kralupy



Spalovna odpadů Kralupy



Spalovna kalů Bratislava



Spalovna kalů Bratislava



Hospodaření s odpady

V rámci projektu:
„Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji“

11. část MALÉ NEBO VELKÉ SPALOVNY ?

Malé nebo velké spalovny ?

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 vyplýne 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 ?

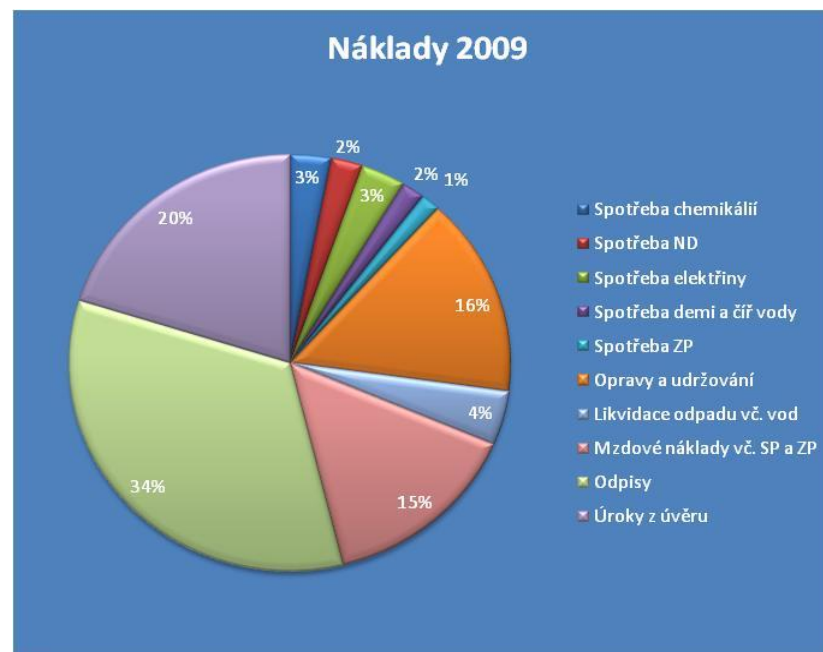
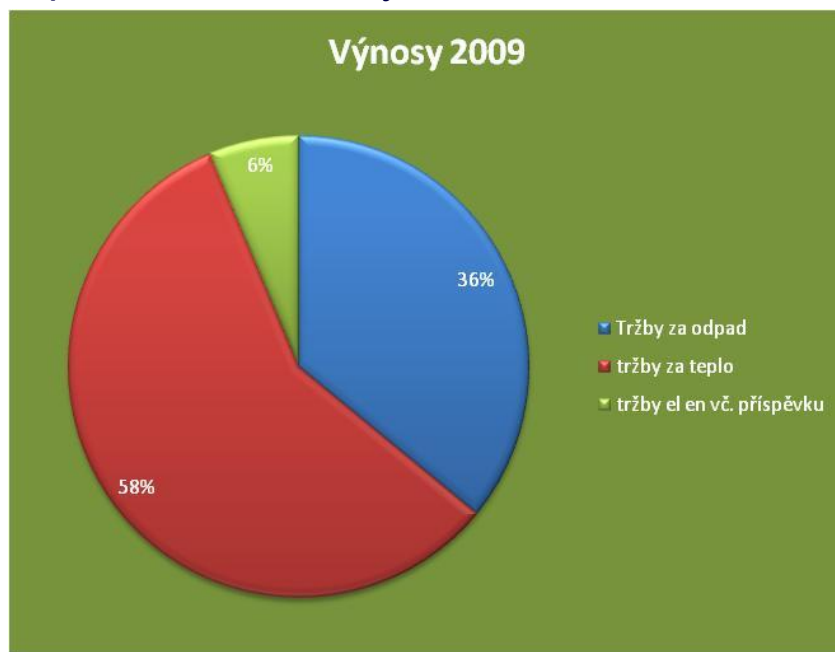
Malé nebo velké spalovny ?

- „**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 miliónů 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 aparátu, 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.

Vzdělanost k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

Malé nebo velké spalovny ?

Chceme-li definovaně odpovědět na titulní otázku, nezbyvá 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. 126) výnosů a nákladů, které jsou pro různé komerční spalovny velmi podobné. Jako příklad uvádíme výnosy a výdaje spalovny o zpracovatelském výkonu 95 kt/rok.



Malé nebo velké spalovny ?

- 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 vytríděné 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.

Malé nebo velké spalovny ?

- 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 EVROPĚ, kde je seznam spaloven, zjistíme, že v západních zemích podobné struktury regionu jako u nás (Švýcarsko, Dánsko, Norsko), ale i ve větších zemích jako Itálie, Francie, Švédsko se malá ZEVA pro řešení odpadového hospodářství používají.

Hospodaření s odpady

V rámci projektu:
„Vzdělaností k trvale udržitelnému rozvoji“

12. část
MALÁ SPALOVNA

Malé spalovny (rámcová nabídka)

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 přídatné 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.

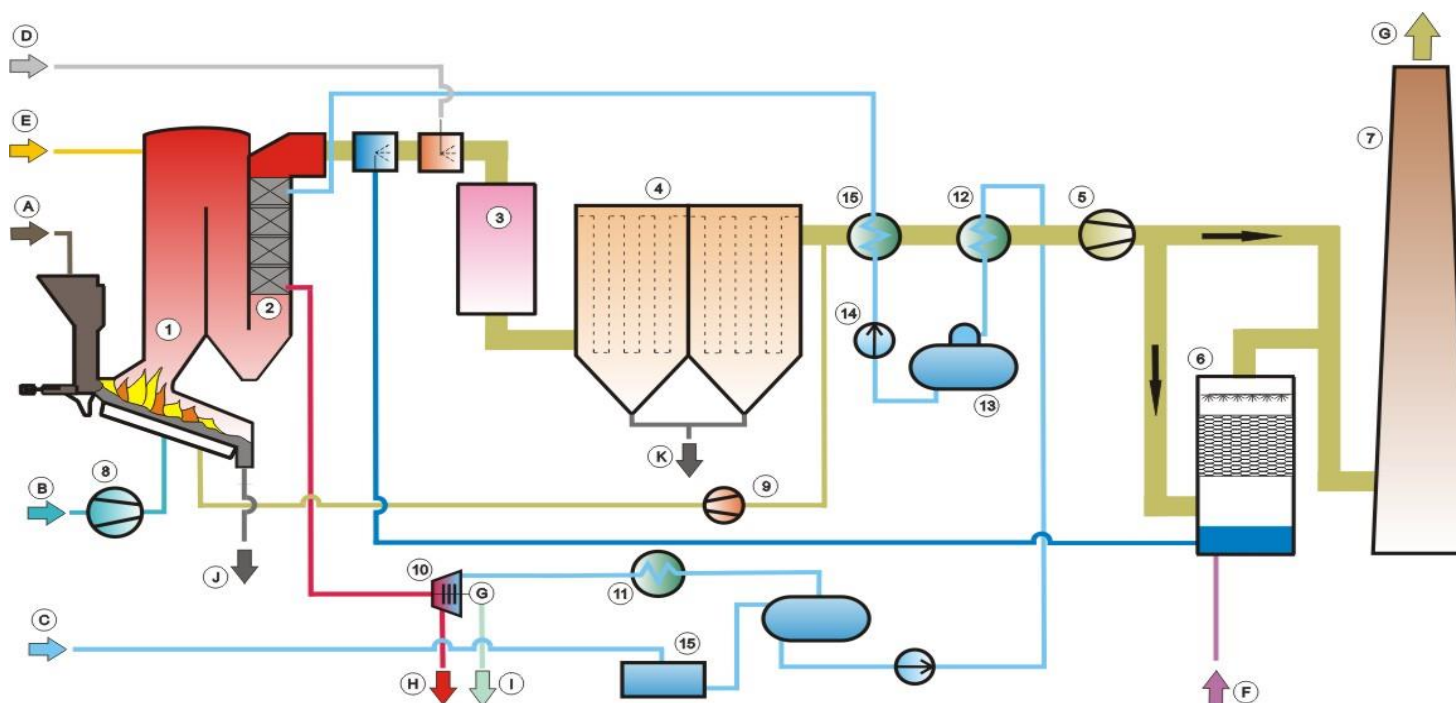
Malé spalovny (rámcová nabídka)

Základní charakteristiky

- 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.



Technické řešení

- 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 spalin ve spalovací komoře. Legislativou požadovaná teplota spalin 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 přívodem 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

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.

Technologická část

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.

Technologická část

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.

Technologická část

DPS Suchá sorpce

Pro čištění spalin je použita technologie suché sorpce za použití hydrogenuhlčitanu 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 odprašovacím 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 odprašení a ke snížení emisí dioxinů, oxidů dusíku a těkavých uhlovodíků. Specifický popis technologie viz kap. 4.6 (Dioxiny a Furany).

Technologická část

DPS Mokrá 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. trvale zvýšené množství znečišťujících látek), pak by bylo vhodné doplnit i tento uzel.
- 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 vstřikováním 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 (SO_2 , 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.
- Doplnňování chemických činidel (NaOH , popř. Na_2SO_3 nebo Na_2S) 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.

Technologická část

DPS Mokrý pračka

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 havarijný 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.

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°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.

Technologická část

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 klapek), solenoidových a regulačních ventilů, dodávku frekvenčních měničů, dodávku jističů a spínacích prvků, dodávku kabeláže, kabelových tras, sdružovacích 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, hladin 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.

Technologická část

Provozní soubor MaR obsahuje:

- potřebné přístroje MaR (čidel 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.

Technologická část

Provozní soubor MaR

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 několikastupňového “zanoření”, 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.

Vzdělanost k trvale udržitelnému rozvoji ➤ Hospodaření s odpady

Orientační technologické parametry

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

Orientační údaje o výstupních produktech	
<i>Parametry produkované páry:</i>	<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
<i>Produkce spalin:</i>	<ul style="list-style-type: none"> • množství cca 8 000 m_N³/h • teplota na vstupu do komína cca 70 °C
<i>Produkce kapalných odpadů</i>	<ul style="list-style-type: none"> • množství odpadní vody cca 0,3 m³/h
<i>Produkce pevných odpadů</i>	<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	

Orientační technologické parametry

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
Pozn.: Koncentrace jsou vztaženy na suché spaliny při normálních podmínkách a referenčním obsahu kyslíku 11 %.		

Orientační údaje o spotřebě	
Spotřeba zemního plynu	▪ průměrně cca 25 kWh/t odpadu
Spotřeba elektrické energie	▪ vlastní spotřeba cca 100 kWel
Spotřeba vody	▪ cca 0,8 m ³ /h
Spotřeba aditiv	<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

System „MIKROREGION“

Ekologický systém kombinovaného získávání energie z obnovitelných zdrojů

NOVĚ

na evropské úrovni definovaná hierarchie nakládání s odpady :

1. prevence vzniku odpadů,
2. opětovné používání,
3. recyklace,
4. energetické využití.



NUTNOST

nových systémů nakládání s odpady s důrazem na:

1. minimalizaci dopravních vzdáleností,
2. recyklace odpadů, o které je zájem,
3. Minimalizace zatížení životního prostředí,
4. Maximalizace využití odpadních produktů jako zdroje druhotných surovin a energie,
5. Snižování spotřeby fosilních paliv

Předpoklady

Typický mikroregion s převažujícím zemědělským charakterem a částečným pokrytím lesními porosty, kdy základními obnovitelnými zdroji pro výrobu energie jsou:

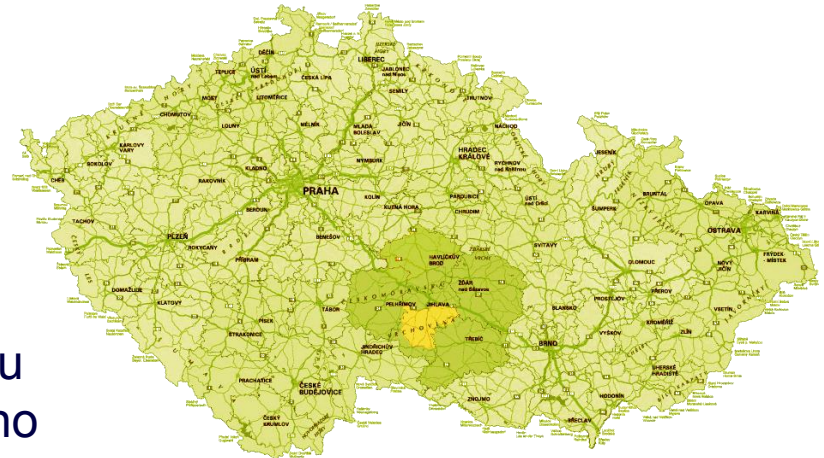
1. biomasa jako odpadní produkt zemědělské výroby,
2. odpadní produkty z chovu zvířat
3. odpadní produkty z lesní výroby, údržby zahrad, parků atd.

A specifickými zdroji:

1. komunální odpad,
2. odpadní vody.

Hlavní předpoklad

- : Zájem vyrábět a prodávat elektrickou energii, spolu s využitím přebytečného odpadního tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody v mikroregionu.



Koncepce systému „Mikroregion“

Využití **tří základních principů**:

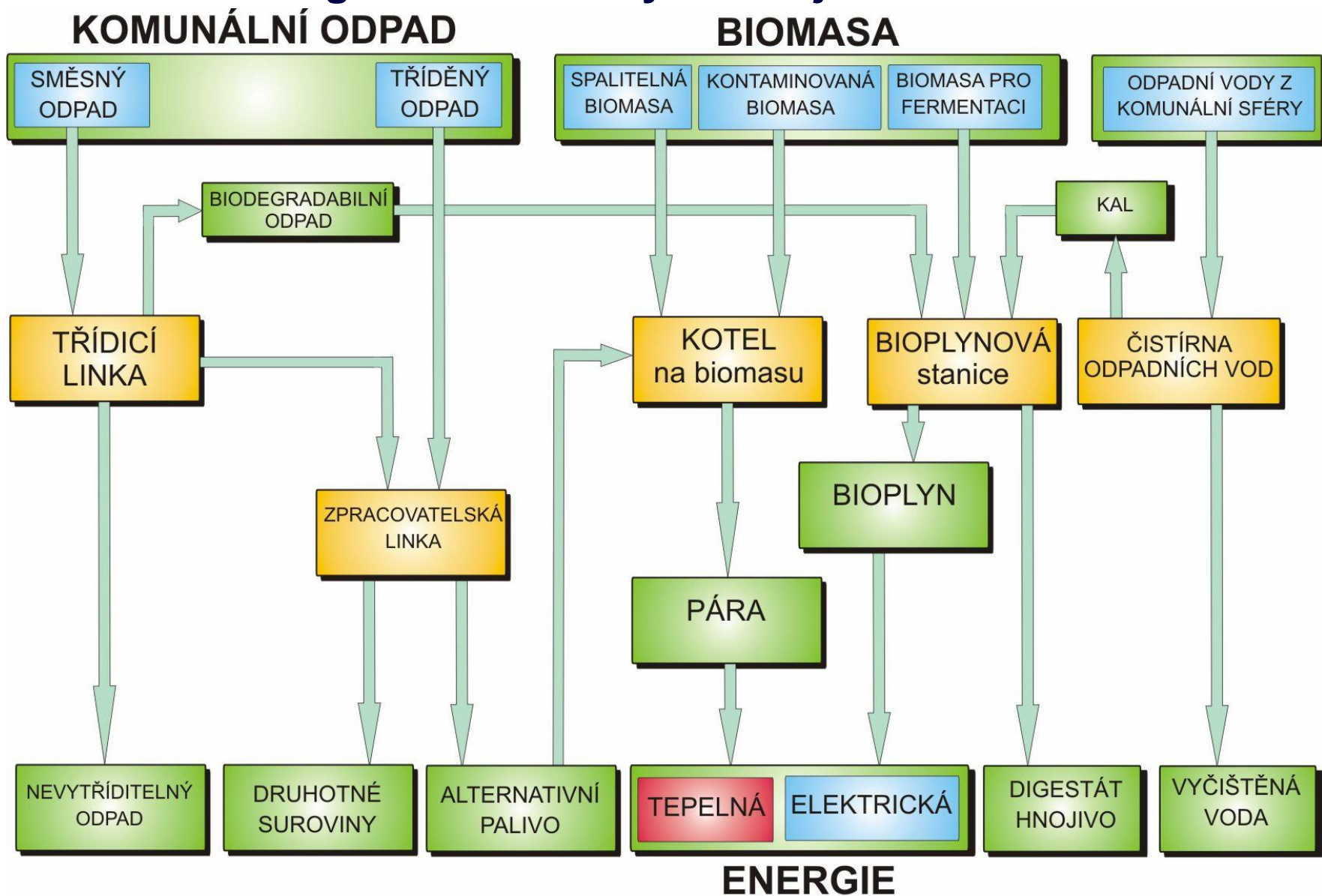
- anaerobní fermentace
- sběr, separace a zpracování odpadů,
- energetické využití,

realizovaných ve čtyřech samostatných provozních souborech, které tvoří základ otevřeného systému a je možné je libovolně kombinovat a doplňovat dalšími technologickými celky, přičemž 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.



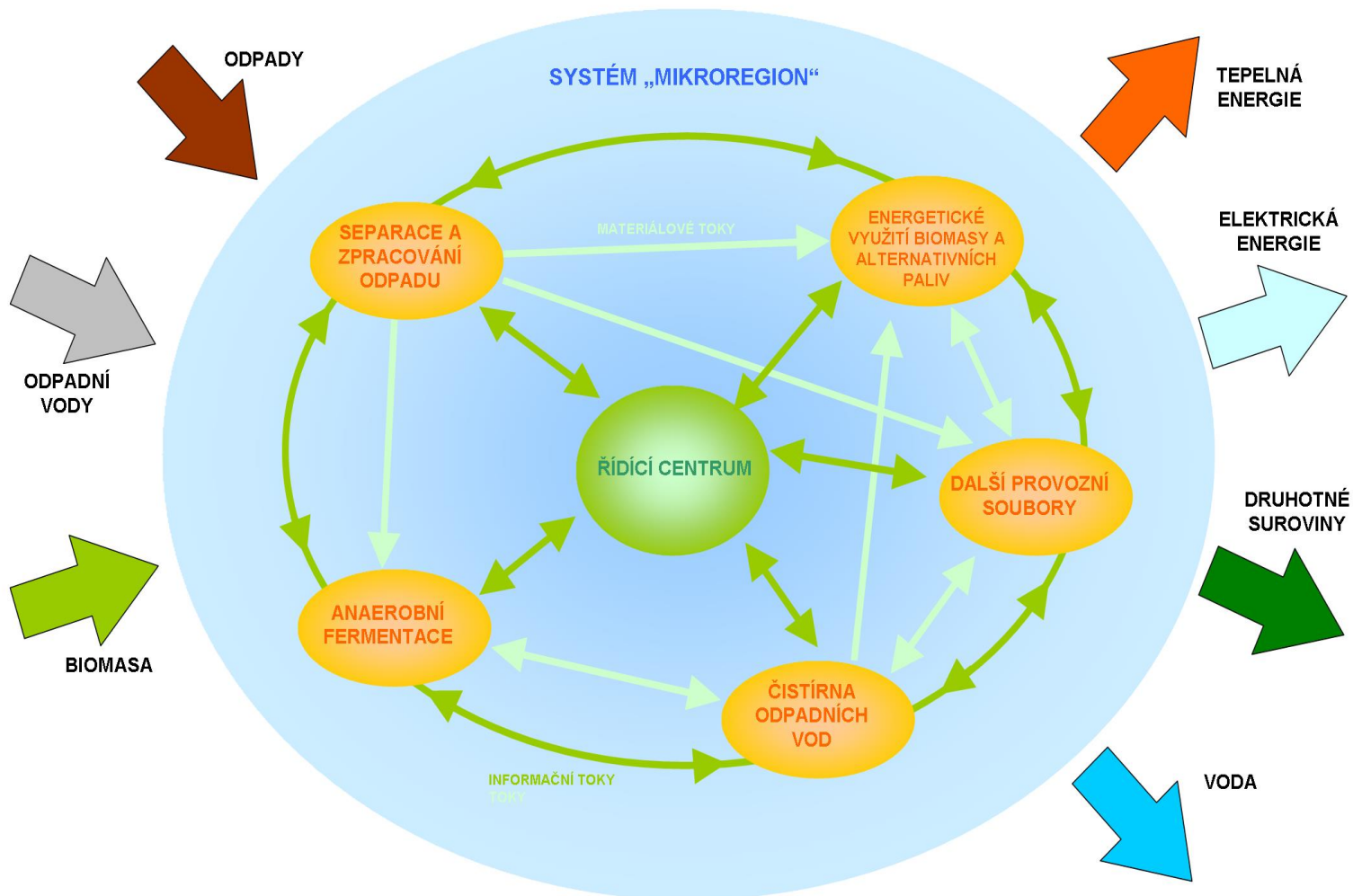
Systém „šitý na míru“ jakémukoli zadání.

Komplexní integrovaný systém získávání energie z obnovitelných zdrojů



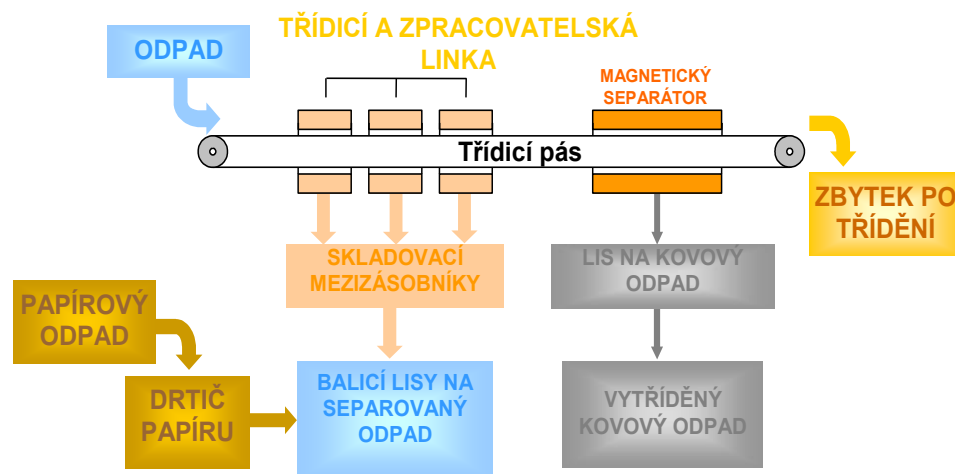
Řídící systém „Mikroregion“

- „Mikroregion“ používá nadřazeného řídicího systému – dispečinku
- Zde se monitoruje a ovlivňuje chod 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.



Sběr odpadů, jejich separace,

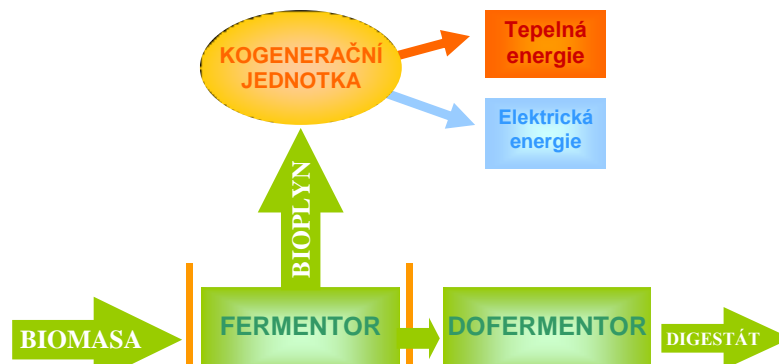
úprava a zpracování s následným využitím jako druhotných surovin a alternativních paliv.



- ekologické a efektivní zpracování zejména předtříděného komunálního odpadu
- umožňuje další využití odpadu jako druhotné suroviny a alternativního paliva pro energeticky náročné provozy (cementářské pace, hutní provozy atd.) anebo pro výrobu elektrické a tepelné energie

Anaerobní fermentace

biologicky rozložitelných materiálů spojená s výrobou bioplynu.



Jako vstupy mohou sloužit :

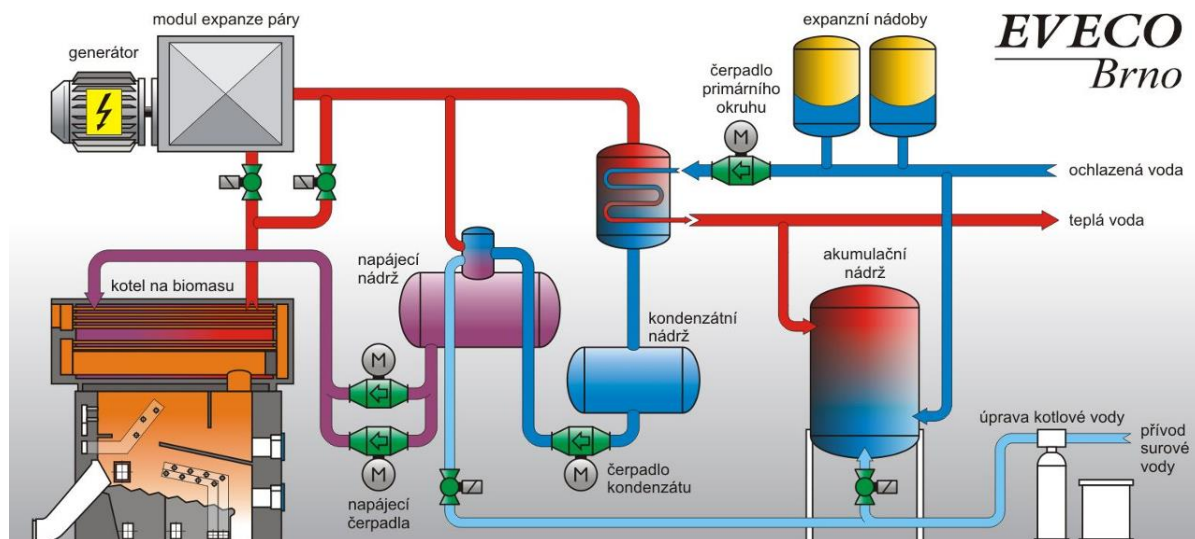
- exkrementy hospodářských zvířat,
- tráva, siláž, senáž,
- zbytky z potravinářské výroby atd.

Hlavními výstupy jsou :

- **bioplyn** jako zdroj elektrické a tepelné energie,
- digestát jako hnojivo

Energetické využití

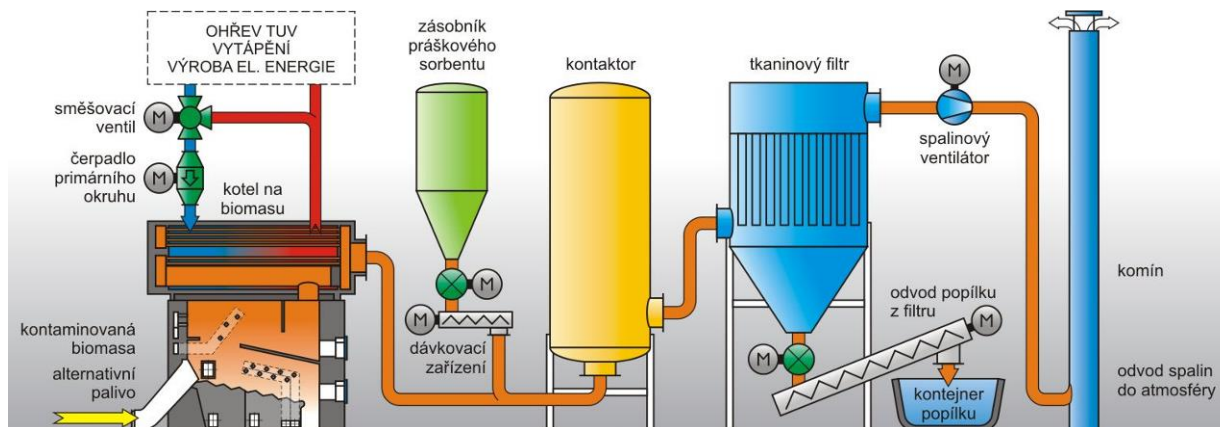
alternativních paliv, biomasy, kontaminované biomasy a případně kalů.



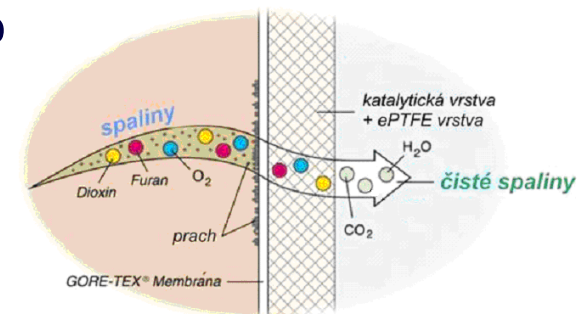
- využití biomasy (fytomasy, dendromasy) nezpracovatelné v bioplynové stanici,
- **speciální aparáty v části čištění spalin** umožňují zpracování kontaminované biomasy a alternativních paliv jako výstupu z třídící a zpracovatelské linky
- efektivní využití tepla pro **výrobu** páry a následně kogeneraci **elektrické a tepelné energie**

Čištění spalin

je nutné v případě zpracovávání kontaminované biomasy nebo použití alternativních paliv .



- použití moderní progresivní suché metody čištění spalin hydrogenuhličitanem sodným jako práškového
- odprášení spalin a současné snížení koncentrace dioxinů a furanů je navržena špičková technologie REMEDIA® založená na principu katalytické filtrace



Možnosti rozšíření a doplnění systému „Mikroregion“

Vzhledem k 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 případné provedení jejich modernizace. Mezi doplňkové a rozšiřující provozní soubory může být zařazena např:

- pyrolýzní jednotka
- 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“.

Hlavní přednosti systému MIKROREGION :

- minimalizace zatížení životního prostředí od všech typů odpadních produktů,
- maximální využití obnovitelných zdrojů energie produkovaných,
- maximální reálné využití komunálního odpadu jako druhotné suroviny a pro výrobu energie,
- minimalizace spotřeby fosilních paliv pro výrobu energií,
- snížení závislosti mikroregionu na dodávkách energií z vnějšího okolí a to i v období energetických krizí
- minimalizace tvorby emisí a minimalizace dodatečných nákladů, souvisejících s dálkovou přepravou odpadů,
- snížení tvorby CO₂, NO_x a dalších emisí ze spalování ušetřených fosilních paliv a pohonných hmot,
- možnost doplňování a rozšiřování systému o další provozní soubory a uzly v závislosti na specifických vlastnostech a potřebách konkrétního mikroregionu.

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.

TECHNOLOGIE KE SNIŽOVÁNÍ EMISÍ

(SEKUNDÁRNÍ OPATŘENÍ K OMEZOVÁNÍ EMISÍ)

13. část
ZÁVĚR



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



ENERGETICKÁ AGENTURA
ZLÍNSKÉHO KRAJE, o.p.s.



Zlínský kraj

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Porovnání technologických řešení

- A. Technologie - klasická koncepce**
(použitá jako zadání pro dodavatele)

- B. Technologie - moderní koncepce**
(současný návrh na základě zkušeností a provozně ověřených výsledků výzkumu)

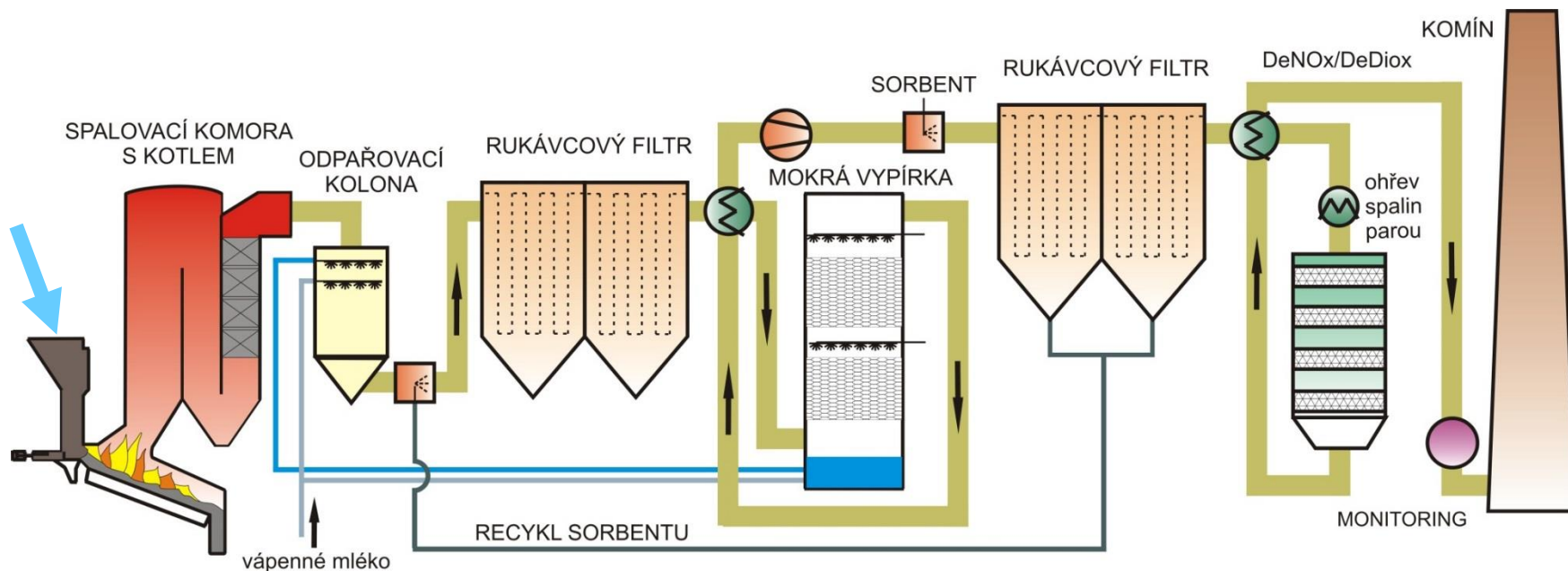
Porovnání technologických řešení

1. Vstupní zadání (pro obě varianty shodné):

- Výkonnost linky: -100kt/r
- Typ paliva: -směsný komunální odpad
- Průměrná výhřevnost paliva: -10 MJ/kg
- Dosažené emise: -dle platných limitů EU (s rezervou 20%)
- Parametry páry z util. kotle: -40 bar, 420°C
- Využití páry:
 - výroba el. energie
v odběrové kondenzační turbíně
 - maximální využití
tepla pro horkovodní
vytápění (130°C/70°C).
 - přebytky tepla do vzduchové
kondenzace

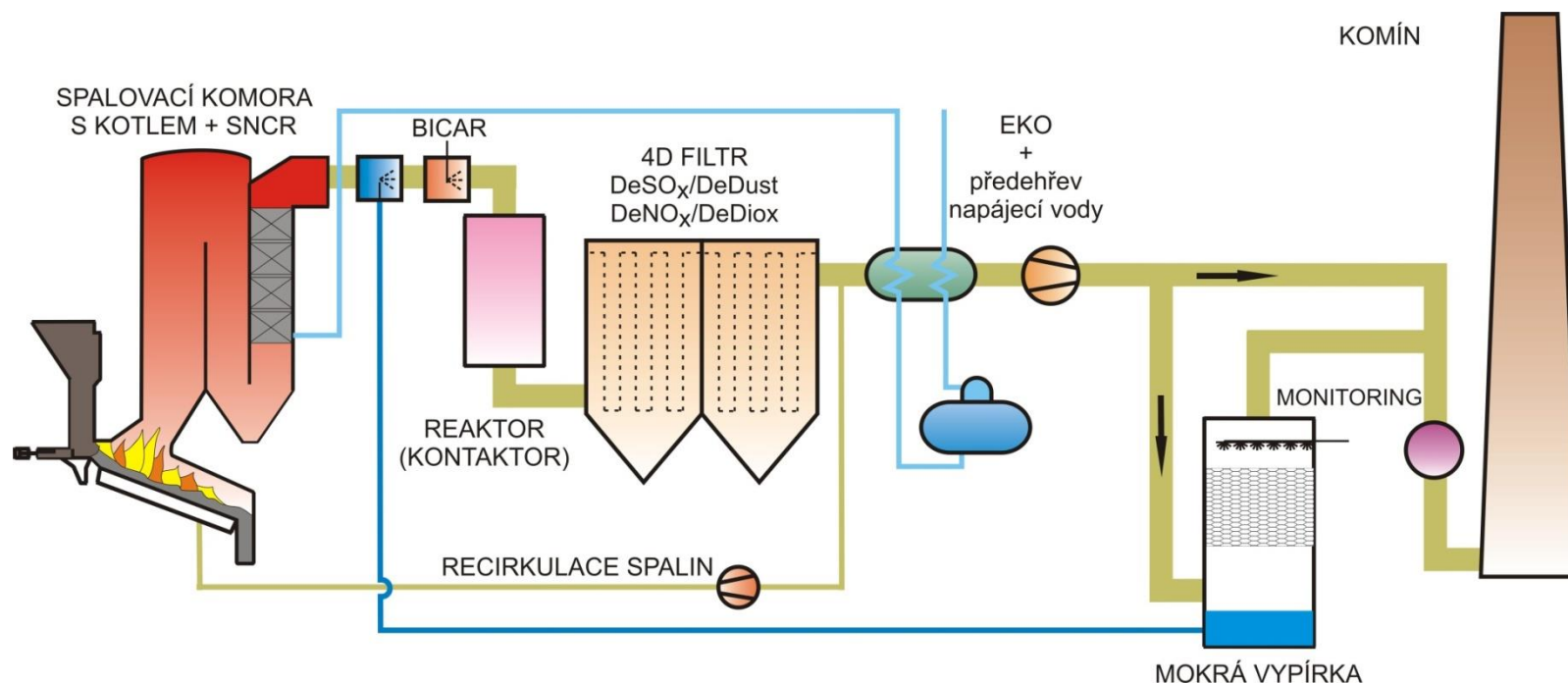
Porovnání technologických řešení

2. Řazení aparátů u běžné technologie



Porovnání technologických řešení

3. Řazení aparátů moderní spalovny komunálních odpadů



- Řešení s důrazem na energetickou stránku procesu (recirkulace spalin 20% za filtrem, ochlazení vyčištěných spalin na 115°C v ekonomizeru).

4. Odhad tlakové ztráty spalín a příkon spalín. ventilátorů:

TECHNOLOGIE MODERNÍ		BĚŽNÁ TECHNOLOGIE	
Aparát	Tlaková ztráta ΔP [kPa]	Aparát	Tlaková ztráta ΔP [kPa]
Utilizace tepla	0,5	Utilizace tepla	0,5
Dávkování sorbentu	0,1	Odparka slané vody	0,5
Kontaktor	1	Dávkování recyklu sorbentu	0,1
Keramický filtr	2	První látkový filtr	2
Ekonomizér / ohřívák napájecí	1,5	Rekuperační křížový výměník E1.1	1
Jednoduchá mokrá vypírka	1	Vícestupňový systém mokré vypírky	4
Monitoring spalín	0,1	Rekuperační křížový výměník E1.2	0,5
		Dávkování sorbentu	0,1
		Druhý látkový filtr.	1,6
		Rekuperační křížový výměník E2.1	1
		Parní ohřívák spalín.	0,5
		Katalytický reaktor DENOX / DEDIOX.	0,8
		Rekuperační křížový výměník E2.2	0,3
		Monitoring spalín	0,1
Celková tlaková ztráta	6,2	Celková tlaková ztráta	13
Příkon spalínového ventilátoru	245 kW	Příkon spalínového ventilátoru	520 kW

Porovnání technologických řešení

5. Některé srovnávané parametry:

		TECHNOLOGIE MODERNÍ	BĚŽNÁ TECHNOLOGIE
	Jednotky	Hodnota	Hodnota
Množství spalin na výstupu do komína	m_N^3/h	66 300	76 800
Odhad množství spotřebované vody při čištění spalin	m^3/h	2,4	3
Množství páry z kotle (při 10MJ/kg)	t/h	42	42
Množství páry pro přídavný ohřev spalin	t/h	0	2,4
Odhad vyrobené el. energie	MW	5	4,7
Odhad množství tepla pro vytápění	MW	16	14,8
Počet aparátů, kterými prochází spaliny při čištění	ks	7	13
Odhad zastavěné plochy části čištění spalin	m^2	500	900

Porovnání technologických řešení

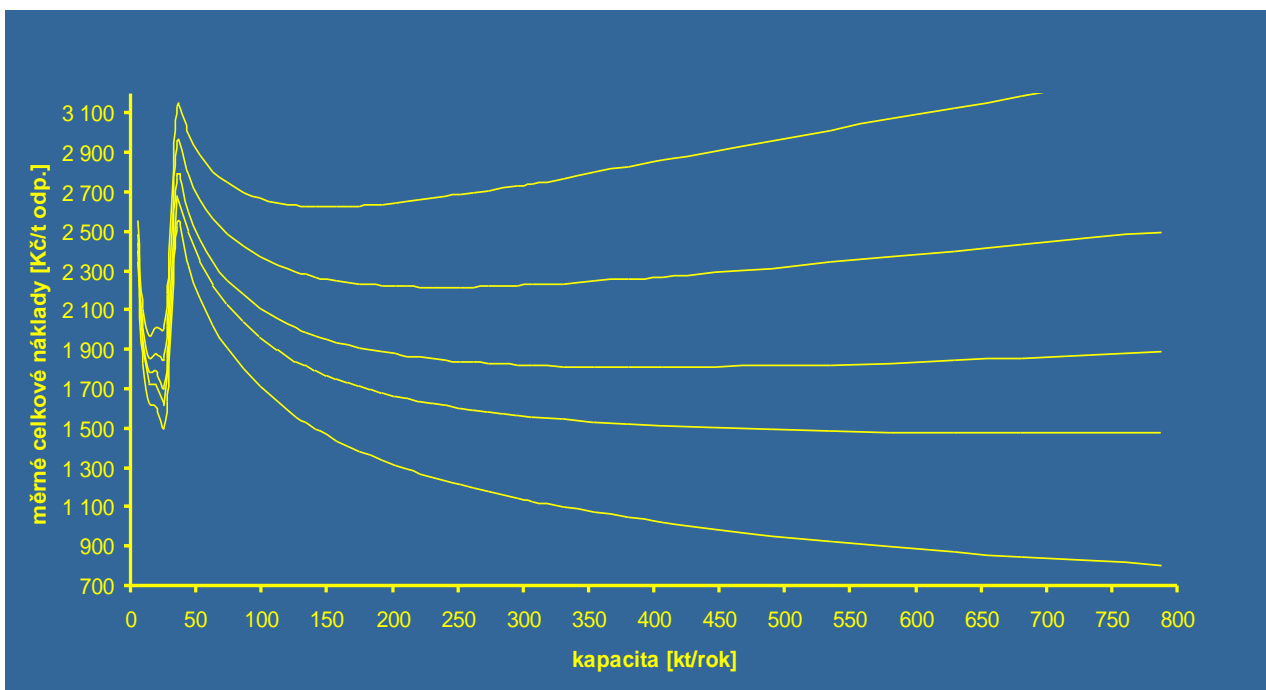
5. Některé srovnávané parametry:

Úměrně počtu aparátu, rozsahu a složitosti strojně technolog. části budou:

- nároky na část elektro a M a R
- nároky na stavební část a OK
- investiční náročnost
- nároky na výstavbu a uvádění do provozu
- nároky na provozování a obsluhu
- nároky na údržbu
- poruchovost (spolehlivost)

Porovnání technologických řešení

Ekonomické aspekty: jednotky velkých nebo malých kapacit?



Analýza říká, že i jednotky malých kapacit jsou s uvažáním celkových měrných nákladů životaschopné!

Porovnání technologických řešení

Orientační parametry malé komunální spalovny

- jmenovitý výkon kotle cca 3 MW
- pára 4,5 t/h, 13 bar(g), 220 °C
- výroba elektrické energie cca 200 kW
- výroba tepelné energie cca 2500 kW

Porovnání technologických řešení

Vizualizace



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.

Vzkaz našim potomkům



Pampers I. Zímling

Ich heiße... Lockler, Maria Catalina
Bin geboren am... 15.6.14 Uhrzeit... 20:11
Mein Geburtsort... Klinik St. Hedwig Regensburg
Gewicht in g... 3090 Größe in cm... 51
Kopfumfang in cm... 35 Zimmer-Nr... 010

Pampers II. Zímling

Ich heiße... Lockler, Melissa Sophie
Bin geboren am... 15.6.14 Uhrzeit... 20:19
Mein Geburtsort... Klinik St. Hedwig
Gewicht in g... 2970 Größe in cm... 48
Kopfumfang in cm... 33,5 Zimmer-Nr... 010



No a to je vše

Zdroje dat

- [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.

Zdroje dat

- 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