

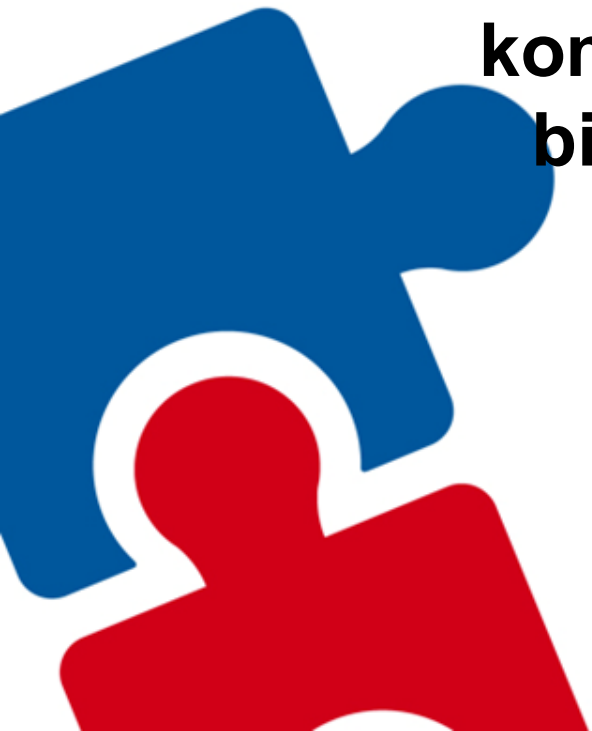
**ODBORNÉ VZDĚLÁVÁNÍ ÚŘEDNÍKŮ  
PRO VÝKON STÁTNÍ SPRÁVY  
OCHRANY OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE**



**OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST**

**OSTATNÍ TECHNOLOGICKÉ ZDROJE  
Sanační zařízení, průmyslové  
kompostárny a jiná zařízení na  
biologickou úpravu odpadů**

**Ing. Vladimír Koštoval**



evropský  
sociální  
fond v ČR



**OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST**

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

- **Úvod**
- Tato přednáška je zaměřena na uplatnění biotechnologií ve dvou oborech. V první části jsou to sanační technologie pro odstraňování starých ekologických zátěží. Druhá část se zabývá zařízeními na biologickou úpravu odpadů, kompostárnami a bioplynovými stanicemi.
  
- **Co se dozvíte**
- **Sanační zařízení**
  - - přehled sanačních technologií, emise, vliv na kvalitu ovzduší
  - - sanační zařízení využívaná při odstraňování starých ekologických zátěží v ČR
  - - legislativa, povolovací procesy
- **Kompostárny, ostatní zařízení na biologickou úpravu odpadů**
  - - technologie kompostování, technologie BPS
  - - emise, vliv na kvalitu ovzduší
  - - legislativa, povolovací procesy

- **SANAČNÍ ZAŘÍZENÍ - PŘEHLED**

- **Technologie pro ošetřování nesaturované zóny a pevných materiálů**

- **Technologie *in situ***

- Biologické postupy
- Fyzikální a chemické postupy

- **Technologie *ex situ***

- Biologické postupy
- Chemické a fyzikální postupy

- **Technologie čištění podzemní vody a průsakových vod**

- **Technologie *in situ***

- Biologické postupy
- Fyzikální a chemické postupy

- **Technologie *ex situ***

- Biologické postupy
- Chemické a fyzikální postupy

- **Technologie čištění půdního vzduchu a vzdušin**

- Biologické metody
- Chemické a fyzikální postupy



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



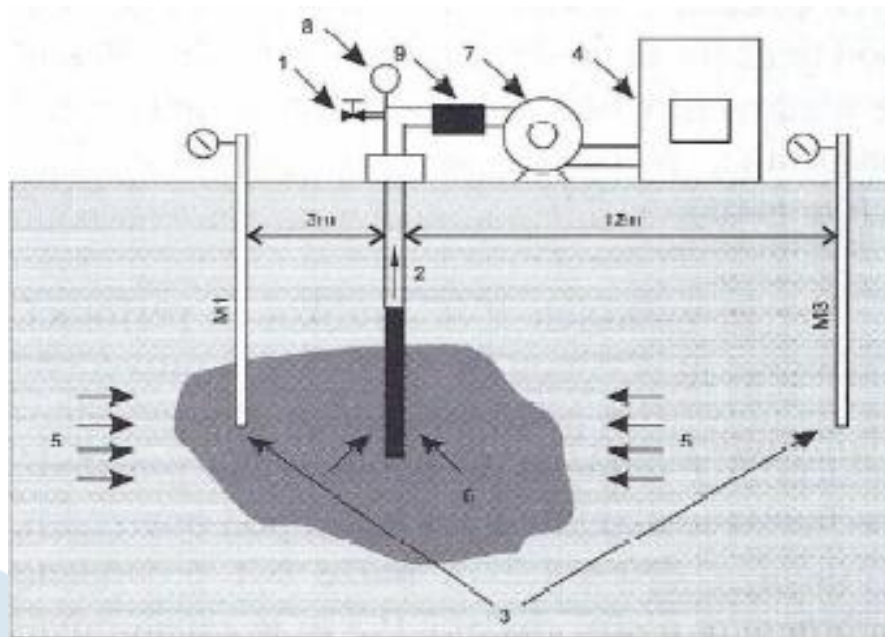
OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

- **Biologické postupy**
- Biologické metody sanace využívají degradační nebo transformační aktivity přirozených (autochtonních) či vnesených (allochtonních) mikroorganismů.
- Výhody – rozklad polutantů nebo biotransformace na neškodné látky
  - - možnost kombinace několika sanačních technologií.
- Podmínky - přítomné polutanty musí být biologicky rozložitelné
  - - nesmí být přítomny inhibiční faktory
  - - teplota, vlhkost, pH, makrobiotické a mikrobiotické prvky
- Biologické pochody – aerobní (probíhají v přítomnosti kyslíku)
  - většinou využívané – biologická oxidace
  - - anaerobní (těch se kyslík nezúčastňuje)

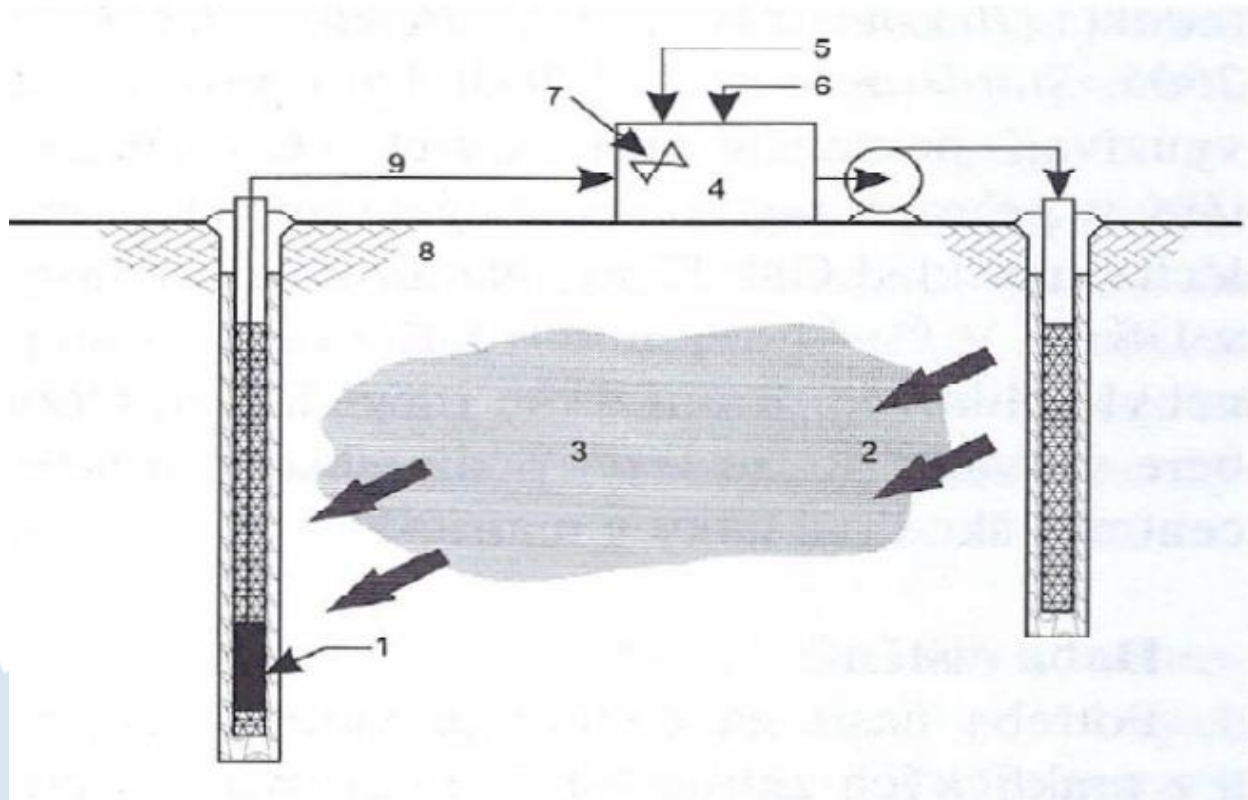
- **Technologie pro ošetřování nenasaturované zóny a pevných materiálů – biologické postupy *in situ***
- **Bioventing**
- Do nenasaturované zóny se dopravuje kyslík vháněním nebo odsáváním vzduchu ventingovými vrty. Tím se zvyšuje koncentrace kyslíku v kontaminované zóně a zlepšují se podmínky pro biologický rozklad kontaminantů.
- **Podporovaná bioremediace**
- Aktivita autochtonních mikroorganismů se stimuluje například zapouštěním roztoku živin do kontaminované zóny. V případě nízké biodegradační aktivity autochtonních mikroorganismů se ošetřovaná půda inokuluje autochtonními bakteriálními kmeny s vysokou degradační aktivitou.
- **Fytoremediace a rhizoremediace**
- Fytoremediace je využití nejrůznějších rostlinných druhů při degradaci, extrakci nebo imobilizaci látek kontaminujících půdu či vodu. V reálných případech nelze použít fytoremediaci samotnou ale vždy v souvislostech s ostatními mikroorganismy v kořenové oblasti, v tzv. rhizosféře.

# Bioventing



- **Základní schéma uspořádání bioventingu**
- 1- vzorkovací místo odtahovaných par, 2 – ventovací vrt, 3 – monitorovací vrt, 4 – zařízení na čištění par, 5 – směr proudění par, 6 – kontaminovaná půda, 7 – vývěva, 8 – tlakoměr, 9 – měření průtoku par
- Při aplikacích pro eliminaci ropných uhlovodíků, polycyklických aromatických uhlovodíků, acetonu, benzenu, toluenu, etylbenzenu, xylenu a naftalenu a při sanacích starých zátěží způsobených leteckým palivem je nutné omezovat emise zbytkových koncentrací uhlovodíků.

# Bioremediace



## Schéma podpory bioremediace zapouštěním roztoků živin do vrtů s recirkulací

1 – ponorné čerpadlo, 2 – roztok živin, 3 – kontaminovaná zemina, 4 – příprava roztoku živin, 5 – voda, 6 – živiny, 7 – míchadlo, 8 – úroveň terénu, 9 – recirkulace vody

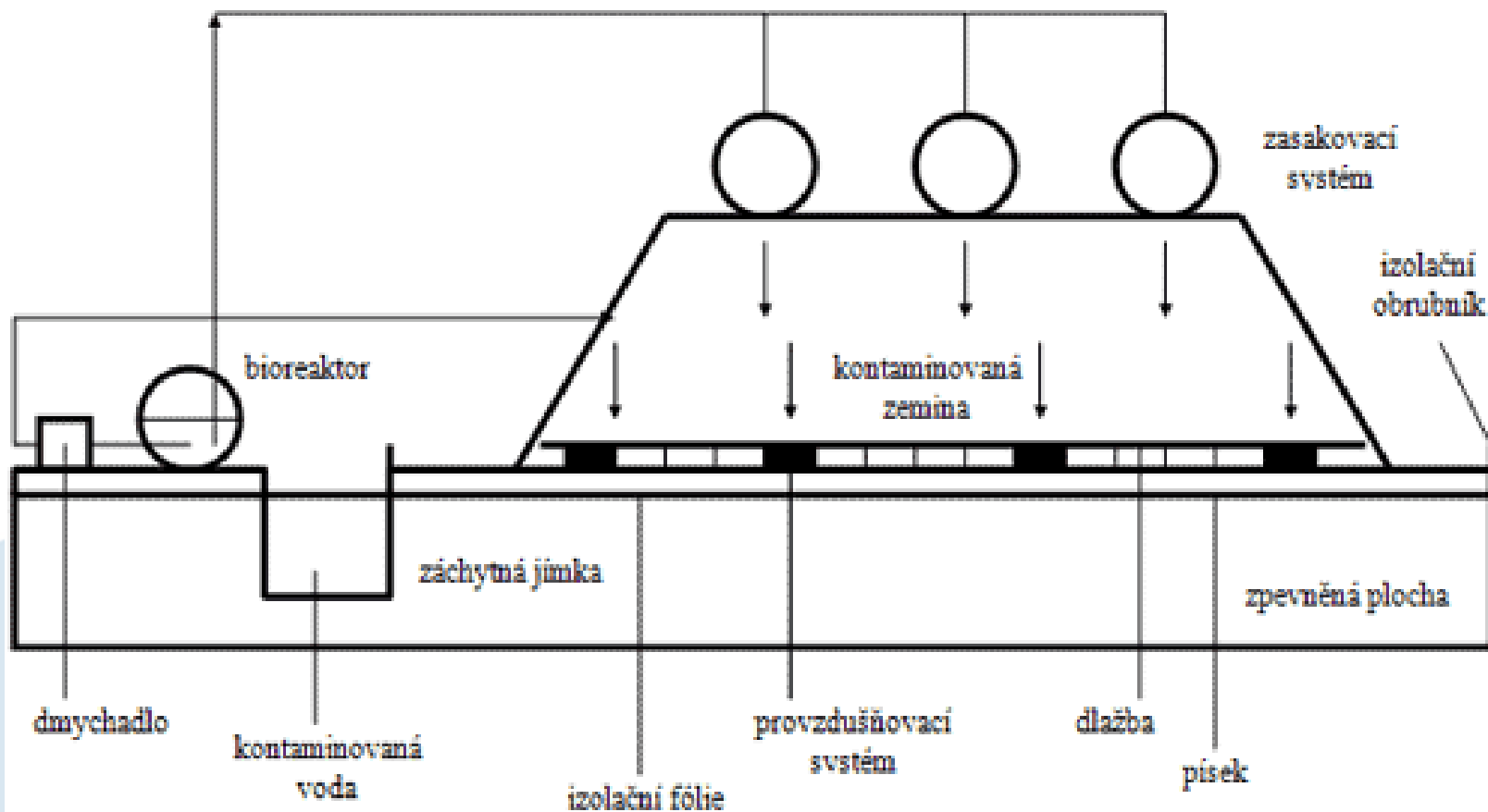
Při odstraňování ropných uhlovodíků, rozpouštědel, halogenovaných sloučenin, organických kyselin atd. není ovlivněna kvalita ovzduší.

- 
- **Technologie ex situ**
- Postupy ošetřující materiál mimo místo původní kontaminace. Čištění musí probíhat v souladu s legislativou v zařízeních, která mají souhlas k provozu a schválený provozní řád.
- Technologie čištění kontaminovaných pevných materiálů po vytěžení (kontaminované zeminy, sedimenty), demolicích (kontaminované stavební odpady, odpady z technologických procesů (kaly s obsahem ropných látek).
- **Biologické postupy**
- **Ošetření půdy a ostatních pevných materiálů po vytěžení na dekontaminační ploše**
- **Kompostování**
- **Biostabilizace a bioimobilizace**
- **Landfarming**
- **Biologické suspenzní systémy**

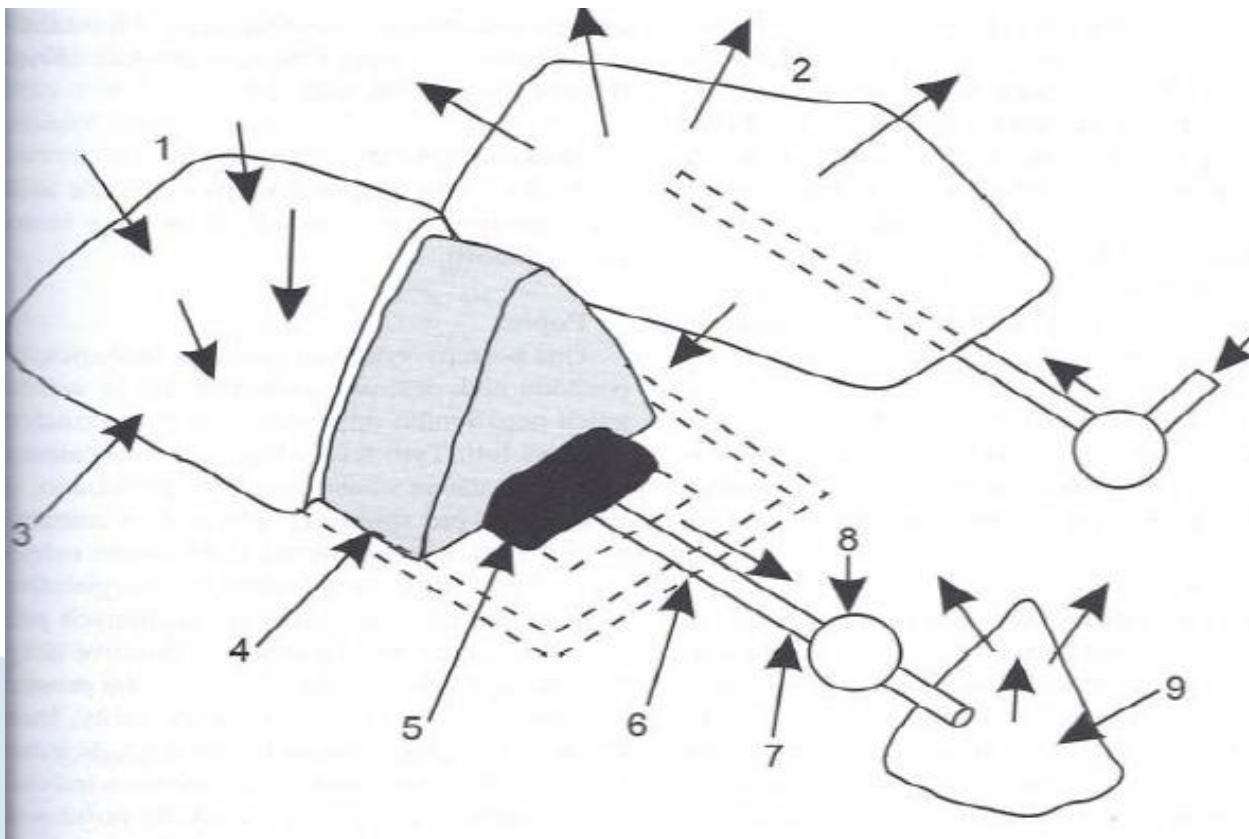


- **Ošetření půdy a ostatních pevných materiálů po vytěžení na dekontaminační ploše**
- Rozklad polutantů mikroorganismy (mineralizace- degradace až na oxid uhličitý a vodu) nebo biotransformace polutantů na látky méně toxické nebo zcela bezpečné
- **Kompostování**  
Aerobní rozklad polutantů nebo jejich transformace za termofilních podmínek. Vylehčení organickým materiálem, úprava poměru C/N.
- **Biostabilizace a bioimobilizace**
- Eliminace negativního působení biologicky obtížně rozložitelných polutantů vázáním jejich molekul huminovými látkami nebo biopolymery, nebo změna molekul polutantů na ve vodě nerozpustné, tj. snížení jejich mobility a škodlivosti
- **Landfarming**
- Biologický rozklad polutantů v tenké vrstvě kontaminovaného materiálu, který se intenzivně provzdušňuje přeoráváním , kypřením
- **Biologické suspenzní systémy**
- Řízený postup ošetření kontaminované půdy, kalů nebo sedimentů v suspenzním bioreaktoru

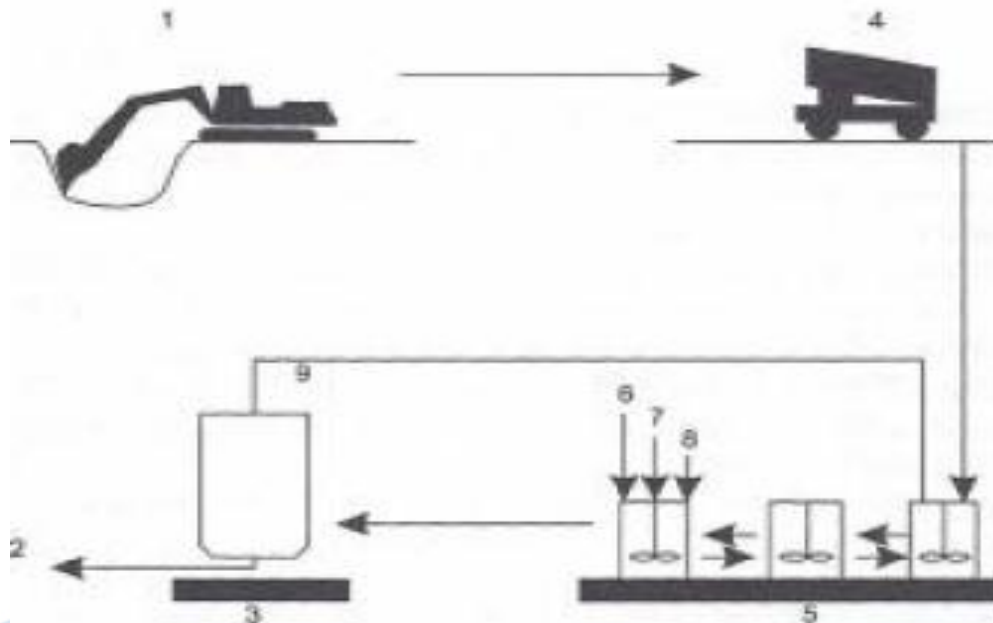
# Dekontaminační plocha



**Dekontaminace zeminy od organických látek** na speciální ploše, tzv. biodegradační nebo dekontaminační. Dekontaminace může probíhat pomocí technologie landfarming, což je využívání původních bakteriálních kultur v zemině a optimalizace podmínek pro jejich aktivní činnost, nebo použitím speciálních bakteriálních kmenů, tzn. využíváním přidávaných speciálních bakteriálních kmenů vedle původní půdní mikroflóry.



- **Schéma kompostování ve statické hromadě s nuceným provzdušňováním**
- 1 – sání, 2- tlak, 3 – pokryvná vrstva z hotového kompostu, 4 – dobře zhomogenizovaná zakládka, 5 – porézní základ, 6 – perforovaná trubka, 7 – odlučovač kondenzátu, 8 – dmychadlo, 9 – hromada prosátého kompostu **pro eliminaci zápachu**
- Aerobní termofilní kompostování lze použít pro kaly kontaminované ropnými uhlovodíky, snížení koncentrace a toxicity výbušnin (TNT, RDX – pikrát amonný), polychlorovaných bifenyků (PCB) a některých dalších persistentních organických polutantů (POP).



### Obecné schéma uspořádání technologie s biologickým suspenzním systémem

1 – vytěžení, 2 – odvodněný kal, 3 – odvodňování, 4 – prosátí, 5 – suspenzní bioreaktory, 6 – mikroorganismy, 7 – makrobiotické prvky, 8 – provzdušňování, 9 – recirkulace vody

- Použití např. k čištění suspenzí z myček automobilů kontaminovaných ropnými uhlovodíky a PAU. Reaktory jsou ocelové nebo betonové nádrže. Vznikají emise těkavých látek v odplynech z bioreaktoru, které jsou čištěny adsorpcí na aktivním uhlí nebo v biofiltru.

- Chemické a fyzikální metody

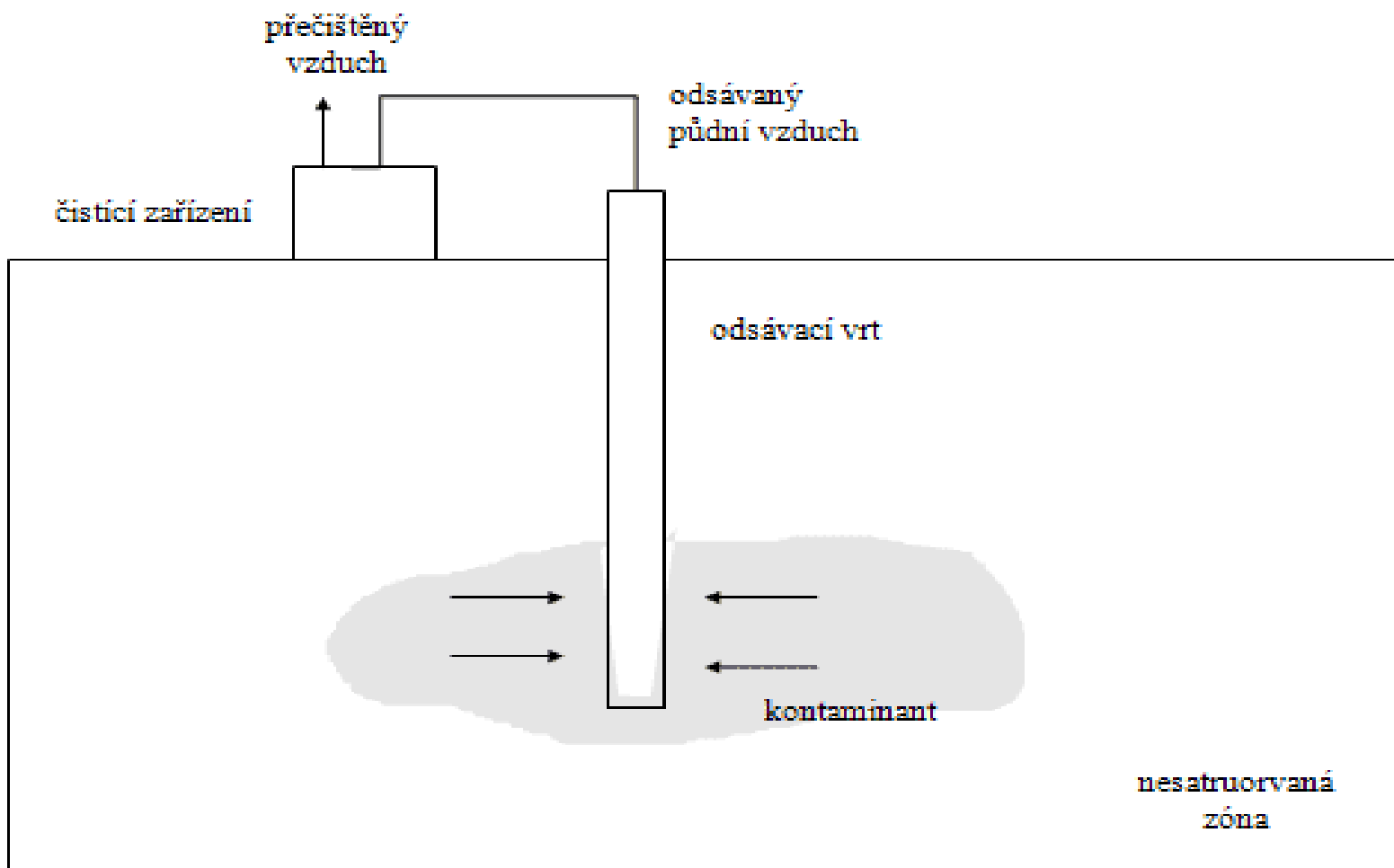
- **Technologie *in situ***

- Chemická oxidace
- Elektrokinetická dekontaminace
- Narušování struktury, štěpení
- Vymývání půdy !
- Venting !!
- Solidifikace a stabilizace
- Metody tepelného ošetření a tepelné podpory
- Zakrytí, uzavření a enkapsulace
- Vytrifikace

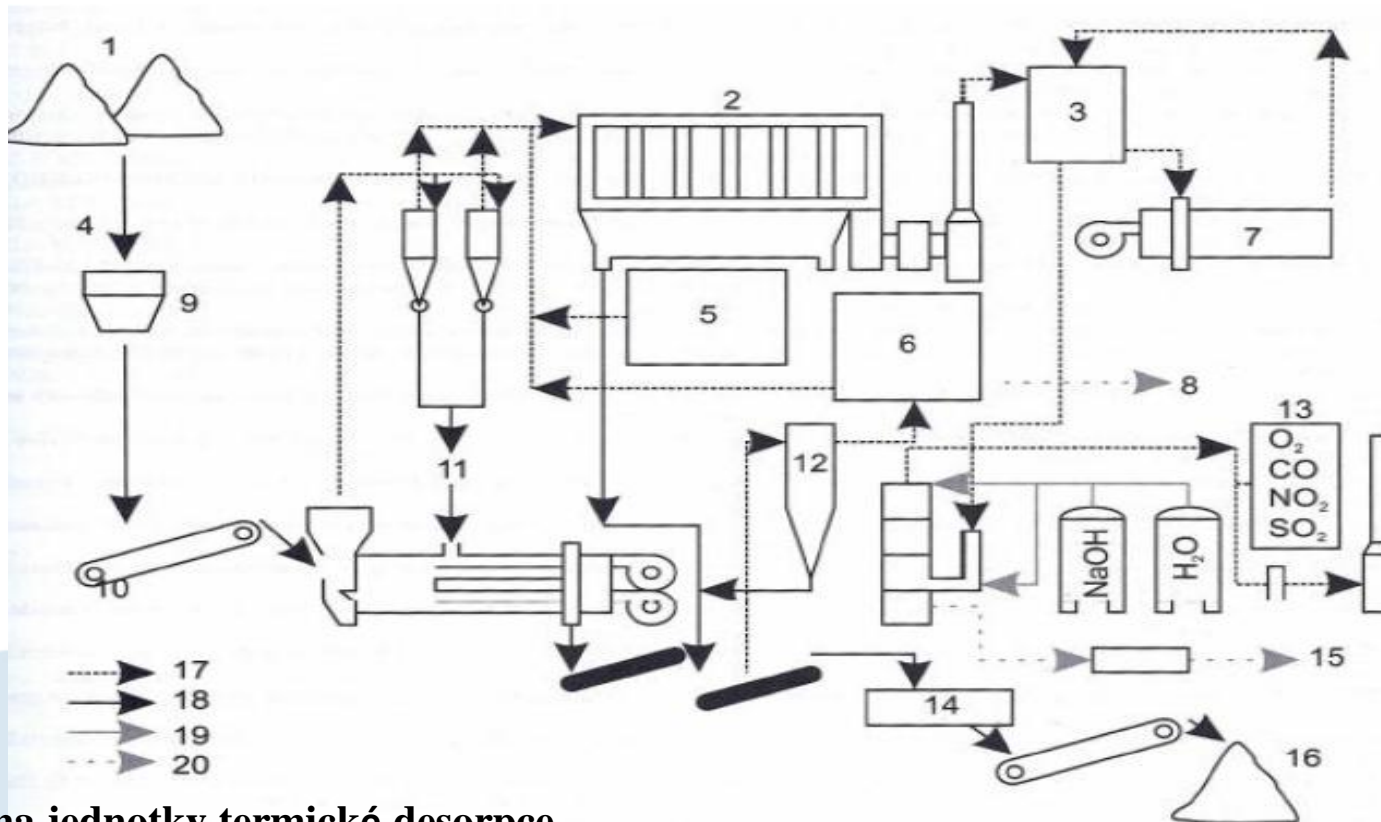
- **Technologie *ex situ***

- Chemická extrakce !
- Chemická oxidace/redukce !
- Dehalogenace !
- Fyzikálně-mechanická separ.
- Praní půdy a pevných mater.
- Solidifikace a stabilizace
- Spalování !
- Termická desorpce !!

# Venting



**Dekontaminace zemin od těkavých ropných látek.** Těkavé látky jsou vzduchem vynášeny na povrch a na aktivním uhlí odfiltrovány.



## Schéma jednotky termické desorpce

1 – kontaminovaná předupravená zemina, 2 – hlavní filtr, 3 – výměník tepla, 4 – systém zavážení zeminy,  
 5 – systém dávkování Sorbalitu, 6 – filtr s aktivním uhlím, 7 – oxidační komora, 8 – odvoz  
 k využití/likvidaci, 9 – magnetický separátor, 10 – vážení, 11 – rotační desorbér, 12 – minifiltr, 13 –  
 monitoring, 14 - chladič zeminy, 15 – odvoz k využití/likvidaci, 16 – dekontaminovaná zemina, 17 –  
 plynová cesta, 18 – cesta zeminy, 19 – roztok, 20 – odpad (vedlejší produkt)

Kontaminované materiály jsou v kontinuálním procesu vystaveny působení vysokých teplot v rotačním  
 desorbéru. **Plynná fáze obsahující desorbované kontaminanty je pak samostatně upravována.**  
 Metodu lze úspěšně použít pro kontaminanty s bodem varu do 600 °C.

- **Technologie čištění podzemní vody a průsakových vod**

- 

- **Biologické postupy**

- **Technologie *in situ***

- 

- **Podporovaná bioremediace**

- **Biosparging** (rozpuštění O<sub>2</sub>)

- **Bioslurping** (bioventing + vakuové odsávání

- produktu z hladiny podzemní vody)

- **Biotransformace, bioredukce**

- **Biologické reaktivní bariéry** (biologické stěny kterými protéká kontaminovaná podzemní voda)

- **Přirozená atenuace** (pomalý proces bez aktivních zásahů)

- **Podporovaná atenuace** (např. injektáž substrátů)

- **Technologie *ex situ***

- **Bioreaktory !**

- **Umělé mokřady** (kořenové ČOV)



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)



- **Fyzikální a chemické postupy**

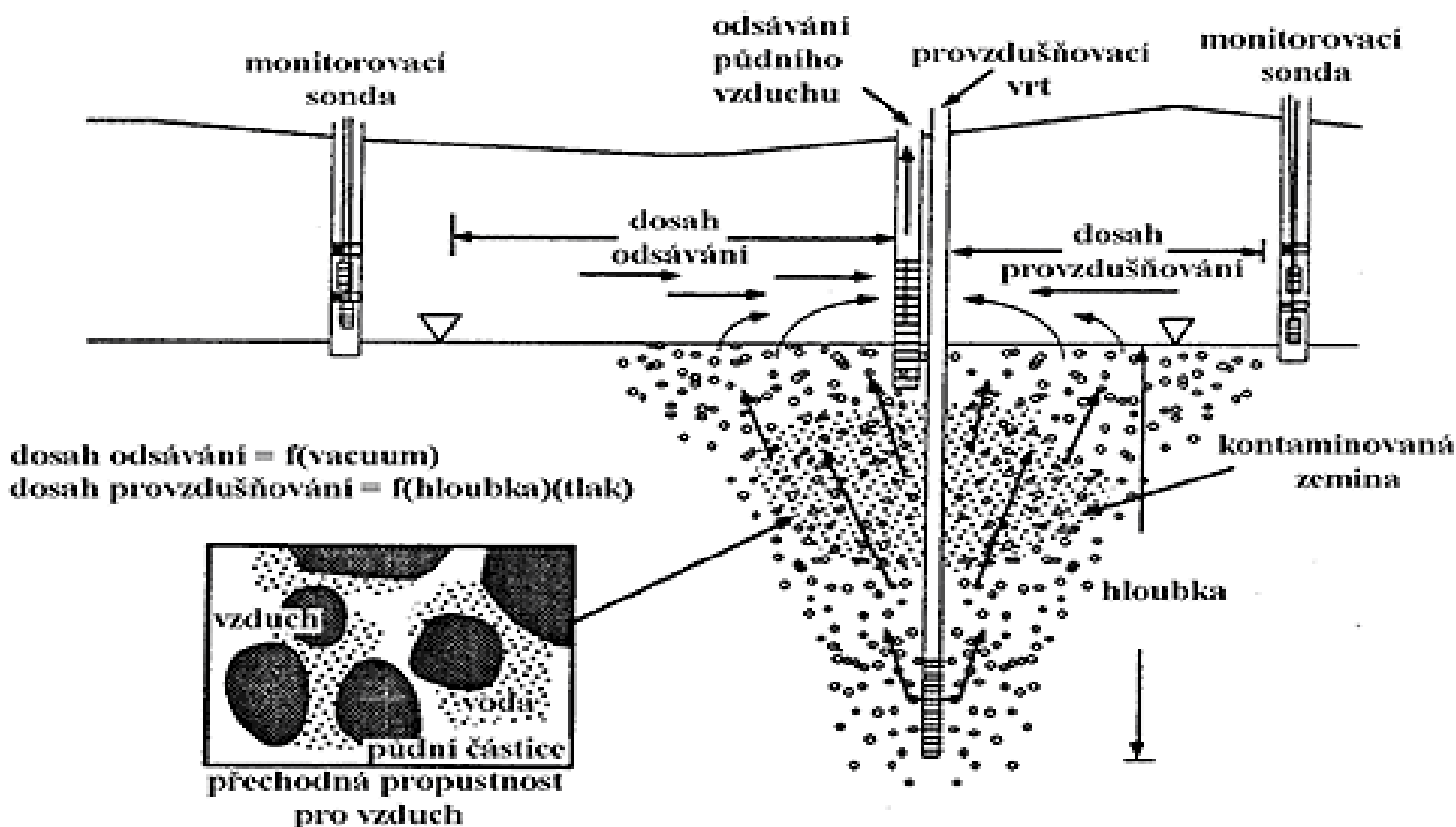
- **Technologie *in situ***

- **Air sparging !**
- (stlačený vzduch pod hladinu podzemní vody)
- **Chemická oxidace**
- **Tepelné ošetření !**
- **Vertikální bariéry**
- **Hydraulické štěpení**
- **Pneumatické štěpení**
- **Torpedace**
- **Radiolytický rozklad**

- **Technologie *ex situ***

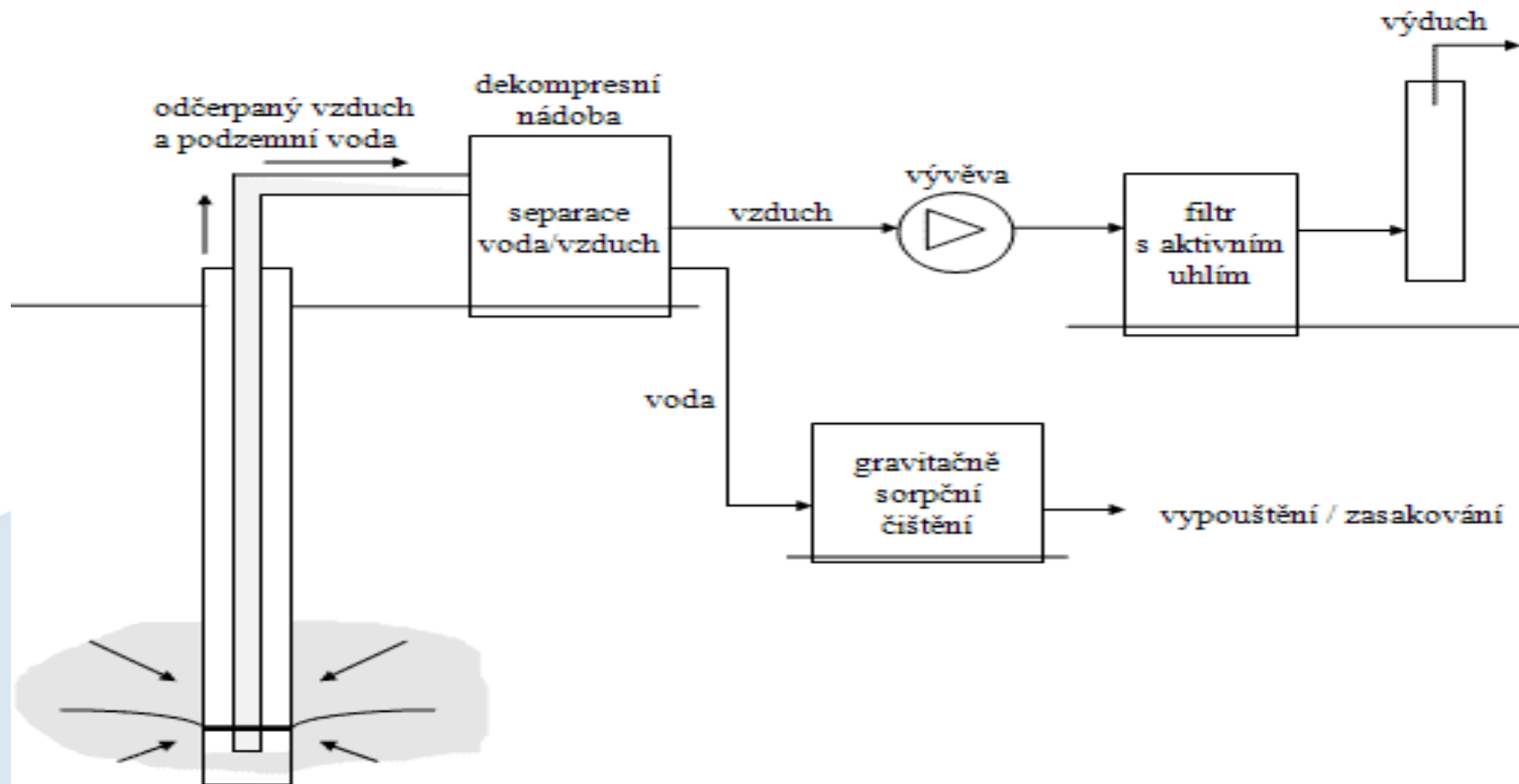
- **Air striping !**  
(protiproudé stripovací věže)
- **Adsorpce a absorpce**
- **Chemická oxidace**
- **Sanační čerpání a čištění po vyčerpání !**
- **Srážení, koagulace, flokulace, flotace**
- **Výměna iontů**

# Air sparging



**Dekontaminace těkavých látek pomocí vhaněného vzduchu.** Vzduch je vtačován do kolektoru k nepropustnému podloží, kde vzniká jemná disperze bublin, které zachycují kontaminanty a vynášejí je ke sběrnému výparnému systému. Těkavé látky jsou ventingovým systémem odstraňovány z prostředí.

# Sanační čerpání a čištění po vyčerpání



**Dekontaminace podzemní vody a půdního vzduchu a zemin od ropných uhlovodíků.** Fáze ropných látek se odstraňuje z hladiny podzemní vody a ze zóny kolísání hladiny podzemní vody a kapilární třásně za pomoci podtlakového čerpání. Odčerpaná podzemní voda a půdní vzduch se na povrchu čistí odděleně.

- **Technologie čištění půdního vzduchu a vzdušin**
- **Biologické metody**
- **Biofiltrace**
- **Biofiltr s pevným ložem, skrápěný biofiltr, bioskrubr**
- **Chemické a fyzikální postupy**
- **Vypírání**
- **Membránové separace**
- **Oxidace**
- **Vysokoenergetická destrukce**
- **Adsorpce**
- **Spalování**



evropský  
sociální  
fond v ČR

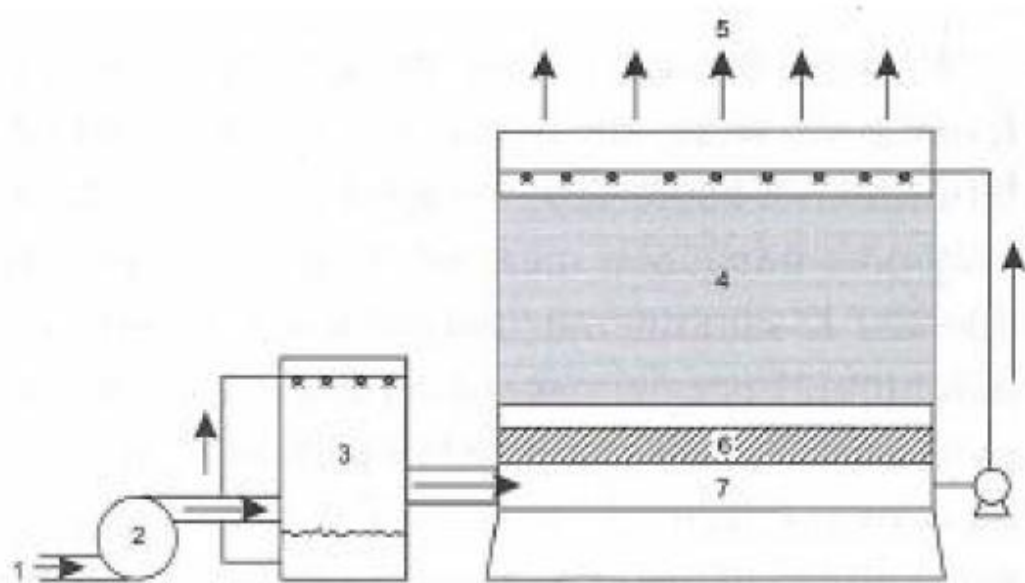


EVROPSKÁ UNIE



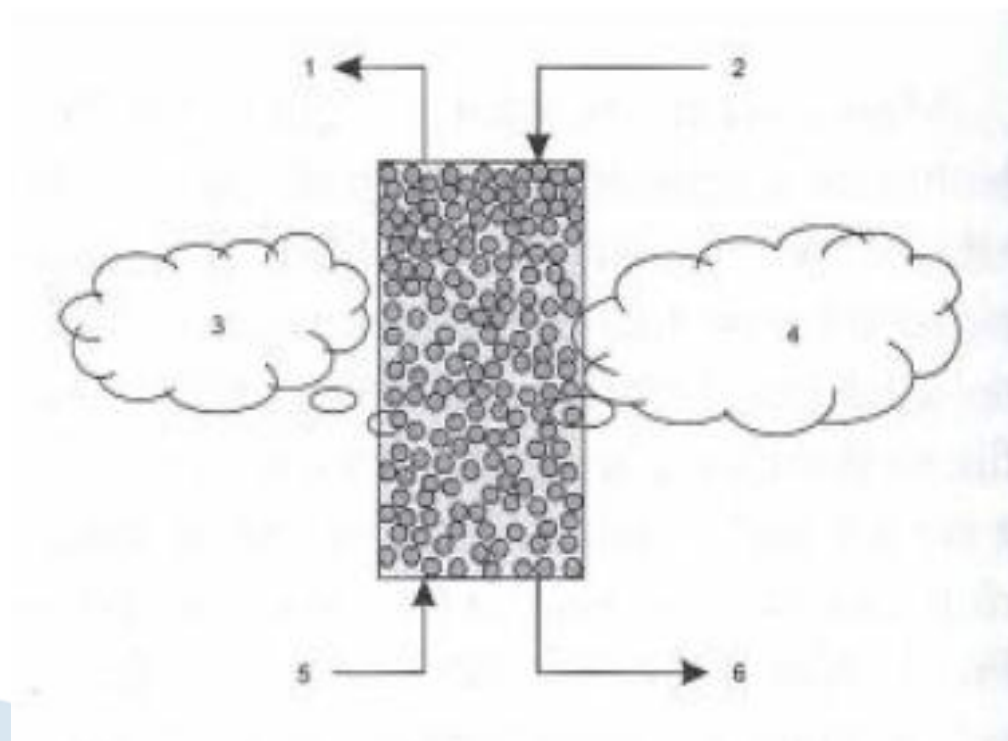
OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)



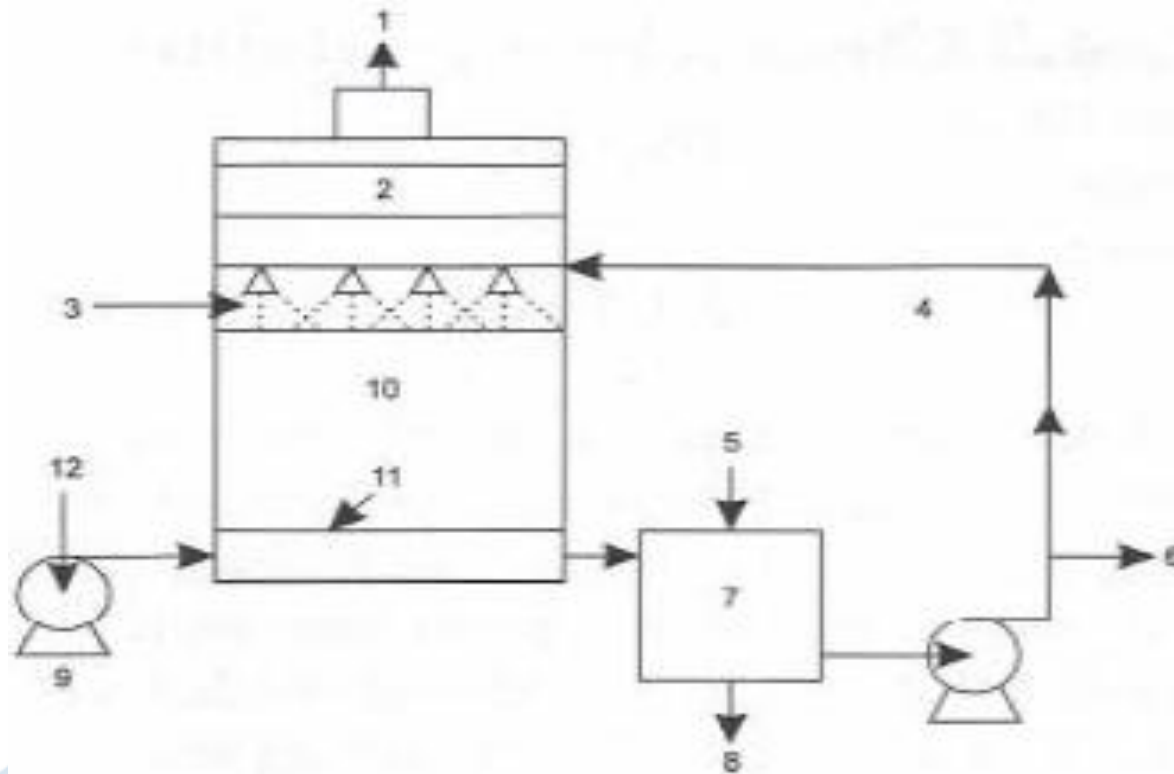
- **Schéma biofiltru s pevným ložem**

- 1 – znečištěný plyn, 2 – dmychadlo, 3 – zvlhčovač, 4 – lože biofiltru, 5 – vyčištěný plyn, 6 – rozdělovací systém vzduchu, 7 – odvod kondenzátu
- Čištění odpadního vzduchu s obsahem zejména organických rozpouštědel (aceton, methylethylketon, etanol), organických sloučenin využívaných při průmyslových výroбах (styren, ropné uhlovodíky, organické kyseliny) a pachových látek (sirovodík, aminy, merkaptany, dimethylsulfid).



- **Schéma zkrápěného biofiltru**

- 1 – čistý vzduch, 2 – voda a makrobiotické prvky, 3 – biologické reakce, 4 – náplň biofiltru na které se vytváří biofilm, 5 – vzduch s polutanty, 6 – voda a oxidační produkty
- Tyto biofiltry se využívají pro hůře biologicky rozložitelné látky, např. dimethylsulfid, sirovodík, sirouhlík, methanthiol, alifatické uhlovodíky (hexan, heptan), aromatické uhlovodíky (styren, toluen), chlorované uhlovodíky (dichlormethan, chlorbenzeny), alkoholy, aldehydy, ketony (aceton), ethery (dimethylether, butylether). Oproti klasickému biofiltru s pevným ložem umožňují úpravu pH, umožňují čistit vzdušiny s vyšší koncentrací polutantů a mají nižší nároky na prostor.



## • **Základní schema bioskrubru**

- 1 – vyčištěný vzduch, 2 – oddělovač aerosolu, 3 – postřikovač hlavice, 4 – recirkulace kapalně fáze, 5 – živiny, řízení pH, 6 – na čištění odpadních vod, 7 – jímka, 8 – kal, 9 – dmychadlo, 10 – výplň skrubru, 11 – dno nesoucí výplň, 12 – znečištěný vzduch
- Je vhodný pro biologické čištění vzdušin obsahujících ve vodě relativně dobře rozpustné organické látky (alkoholy, estery, ketony, aldehydy) či jejich směsi. Lze ho využít pro eliminaci sirovodíku a dalších pachových látek.

# Legislativa

## Biodegradační a solidifikační zařízení

### Zákon č.201/2012 Sb., o ochraně ovzduší

- Dle přílohy č.2 k zákonu č.201/2012 Sb. jsou biodegradační a solidifikační zařízení (čl.2.4) vyjmenované zdroje znečišťování ovzduší.
- Vyžadován provozní řád jako součást povolení provozu podle § 11 odst.2 písm.d)

### Vyhláška č.415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování

- Technická podmínka provozu je stanovena v části II. (čl.1.2) Přílohy č.8 vyhlášky č.415/2012 Sb. k zákonu č.201/2012 Sb..
- V případě zpracování materiálů, u nichž může docházet k emisím znečišťujících látek obtěžujících zápachem, musí být zajištěna technicko-organizační opatření ke snížení těchto látek např. zakrytování biodegradačních ploch a odtah odpadních plynů do zařízení na čištění odpadních plynů.
- V případě volných zakládek snižovat vnášení tuhých znečišťujících látek do ovzduší, například umístěním zakládek na závětrné straně, jejich zkrápěním a mlžením.



**Sanační zařízení (odstraňování ropných a chlorovaných uhlovodíků z kontaminovaných zemín) s projektovaným ročním výkonem vyšším než 1 t VOC včetně**

### **Zákon č.201/2012 Sb., o ochraně ovzduší**

- Dle přílohy č.2 k zákonu č.201/2012 Sb. jsou sanační zařízení s projektovaným ročním výkonem vyšším než 1 t VOC včetně (čl.2.5) vyjmenované zdroje znečišťování ovzduší.
- Vyžadována rozptylová studie podle § 11 odst.9 a provozní řád podle § 11 odst.2 písm. d)

### **Vyhláška č.415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování**

- Emisní limit je stanoven v části II. (čl.1.3) Přílohy č.8 vyhlášky č.415/2012 Sb. k zákonu č.201/2012 Sb. Platí pro sanační zařízení provozovaná ex situ.
- Emisní limit VOC 50 [mg/m<sup>3</sup>] Vztažné podmínky C



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

- **Metodické pokyny MŽP**
- Indikátory znečištění
- Analýza rizik kontaminovaného území
- Zásady zpracování studie proveditelnosti opatření pro nápravu závadného stavu kontaminovaných lokalit
  
- **Metodické příručky MŽP**
- Hodnocení průzkumu a sanace
- Aplikace geofyzikálních metod při ochraně vodních zdrojů
- Základní principy hydrogeologie
- Použití reduktivních technologií in situ při sanaci kontaminovaných míst
- Platnost a využitelnost metodického pokynu MŽP z roku 1996 a to části „Kritéria“



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

- **Postup řešení sanace**
- Hydrogeologický průzkum
- Riziková analýza (zadá investor odborně způsobilé osobě)
- Oponentura (svolá investor, účastníci ČIŽP, MŽP, KÚ atd.), na základě oponentury může být doplnění
- Stanovení limitů a termínů realizace
- Rozhodnutí ČIŽP - v případě dotace ze státního rozpočtu nebo z operačního programu Životní prostředí (OPŽP), Prioritní osa 4
- Rozhodnutí příslušného vodoprávního orgánu
- Realizace

- **BREF**

- Nejlepší dostupné technologie - BREF
- Shrnutí Referenčního dokumentu o nejlepších dostupných technikách pro průmysl zpracování odpadů (2005)
- 4.2. Techniky zvažované v případě biologického zpracování
- 4.3. Techniky fyzikálně-chemického zpracování
- 4.6. Čištění odpadních plynů
- 4.7. Nakládání s odpadními vodami



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

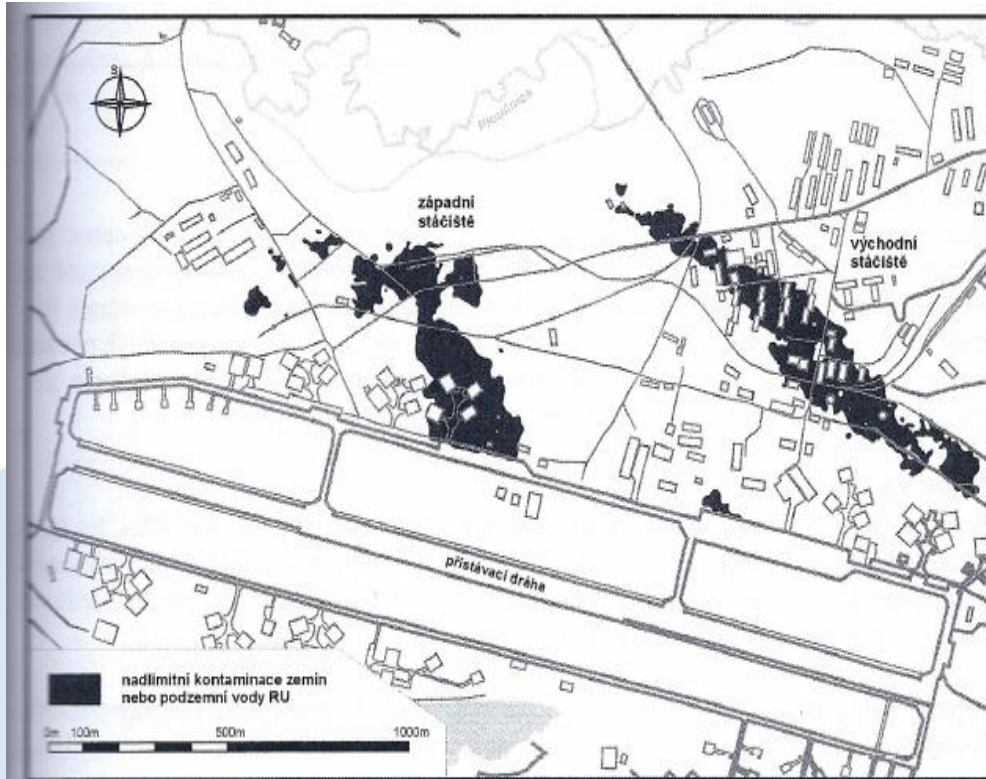


OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

## Sanace realizované v ČR

### •Sanace letiště Hradčany



Obr. 1 Situace letiště Hradčany a rozsah nadlimitní kontaminace v roce 1997

1990 – 97

- čerpání podzemní vody

1993 - venting

1994 - biodegradace in situ

1997 - kombinace ventingu a bioventingu, odsávání ropné fáze a air-sparging

2008 - ukončení sanace

V letech 1997 – 2008

-odstraněno 4 046 t RU, z toho

-93 % biodegradací

- 5 % extrakcí volné fáze RU

- 2 % fyzikálním ventingem

- **Lokalita Bor u Skutče**
- Kontaminace zdroje veřejného vodovodu obce Bor u Skutče – kaly chlorovaných uhlovodíků (ukládány bez zabezpečení), perchloretylen (vyléván v lomu)
- 2002 – zahájení sanace
- - hydraulické bariéry, sanační čerpání, čištění kontaminovaných vod ve stripovacích kolonách, záchyt CIU na aktivním uhlí
- 2003 – odtěžení části materiálu, zprovozněno 8 ventingových stanic pro odsávání a čištění kontaminovaného půdního vzduchu – 93 vrtů
- Sanační čerpání podpořeno airsparingem
- Do roku 2008 zlikvidováno v saturované zóně 862 kg CIU, v nesaturované zóně 21 491 kg CIU
- Po roce 2008 nastartovány atenuační procesy – předpoklad snížení zbytkového znečištění ve výši 3 007 kg po dobu 50-ti let (matematický model)

- **Ostramo Ostrava**
- 1888 – založena továrna na výrobu petroleje a topného oleje, od roku 1965 regenerace použitých olejů. Odpady, ropné kaly, ukládány do lagun
- Laguny – odtěžení – přidání vápna a uhlí – palivo - cementárna Čížkovice, hromadění na skládkách Litvínov (110 000 tun), Vratimov, v Polsku
- Zůstává – 70 000 tun kalů, které byly objeveny dodatečně
- Čištění pevných zbytků a zeminy – linka na termickou desorpci (100 mil. Kč) nebyla uvedena do provozu (nebezpečí exploze), žádost o další doinvestování
- Původní cena 3 mld. Kč, likvidace lagun do 2010, celkové ukončení do 2015

- **KOMPOSTÁRNY A JINÁ ZAŘÍZENÍ NA BIOLOGICKOU ÚPRAVU  
ODPADŮ**

- **Vstupní suroviny**
- **Technologické procesy**
- **Hlavní a vedlejší produkty**
- **Technické parametry zařízení**
- **Nejlepší dostupné technologie**
- **Vlivy na životní prostředí**
- **Emise do ovzduší**
- **Omezování emisí**
- **Monitoring**
- **Provozní evidence**
- **Legislativa**



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

- **Kompostování**
- Proces, při němž se činností mikro a makro organismů za přístupu vzduchu přeměňuje využitelný bioodpad na stabilizovaný výstup – kompost
- Řízení procesu kompostování
  - - zaručení termofilního teplotního rozsahu
  - hygienizace – 55 °C
  - začátek rozkladu ligninu a humifikace – 45 – 55°C
  - rozkládání mikrobiální organické hmoty – 35 – 40°C
  - - vlhkost a množství živin v základce
  - - optimální granulometrie – zajišťuje přívod vzduchu po dobu několika týdnů
  - Minimální doba procesu po provedené homogenizaci je 60 dnů
  - V průběhu kompostování musí být základka překopávána. Obvyklý počet překopávek je při teplotě 55°C čtyři až pět, při teplotě 65°C jedna.
  - -



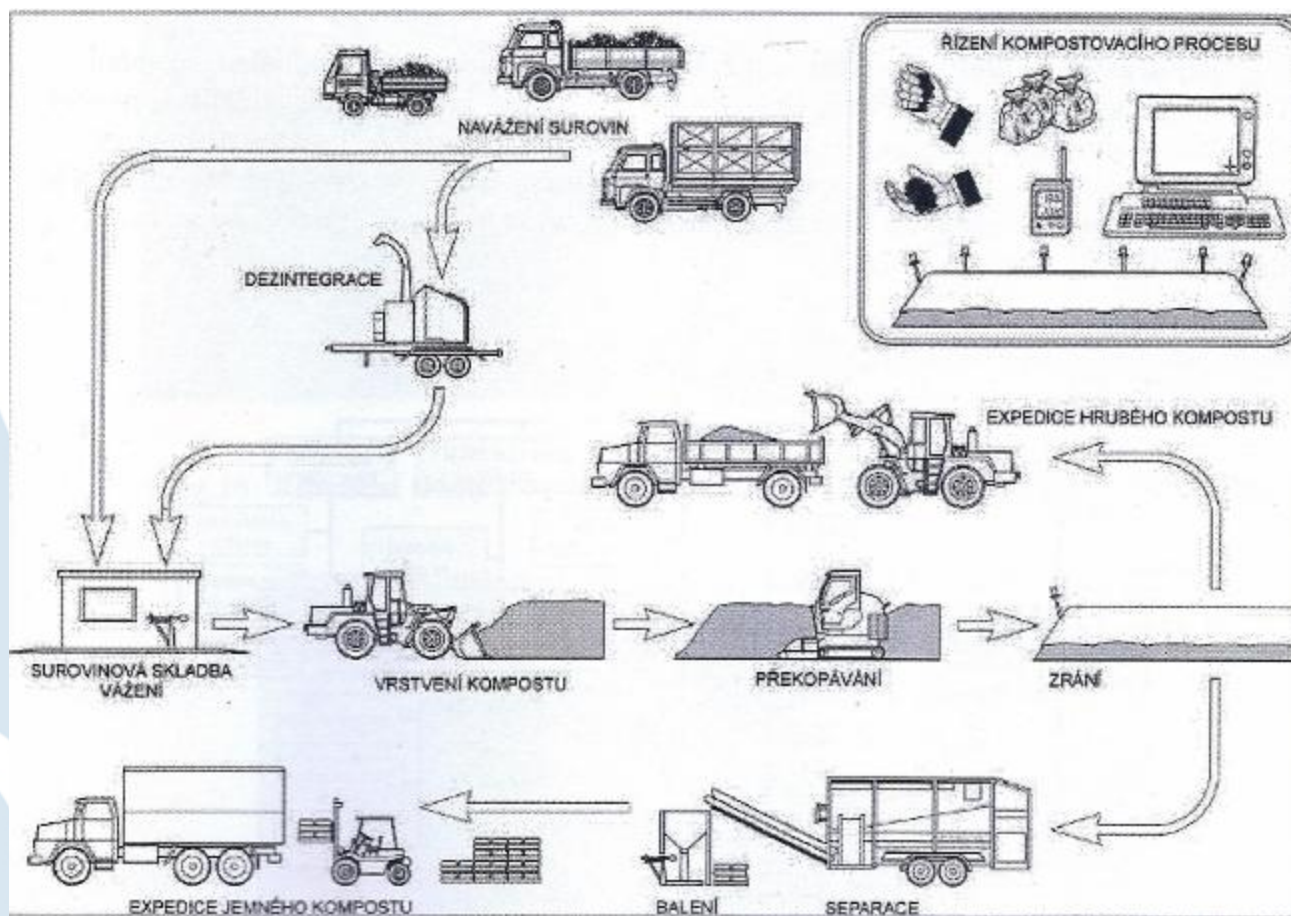
Pro kompostování bioodpadů s očekávaným hygienizovaným výstupem musí být v zařízení dodrženy teplotní režimy uvedené v tabulce.

Hygienizací se rozumí způsob úpravy bioodpadu, kterým se snižuje počet patogenních organismů, které mohou způsobit onemocnění člověka nebo zvířat, pod stanovenou hodnotu.

<b>Technologie</b>	<b>Vstupy</b>	<b>Teplota, doba</b>
<b>Malé zařízení</b>	Odpady ze zahrad a zeleně	$\geq 45^{\circ}\text{C}$ , 5 dní
<b>Kompostování</b>	Odpady ze zahrad a zeleně, zbytková biomasa ze zemědělství	$\geq 45^{\circ}\text{C}$ , 10 dní
<b>Kompostování</b>	Biologicky rozložitelné odpady (dle přílohy č.1, vyhlášky č.341/2008, seznam A)	$\geq 55^{\circ}\text{C}$ , 21 dní $\geq 65^{\circ}\text{C}$ , 5 dní
<b>Kompostování v uzavřených prostorách</b>	Biologicky rozložitelné odpady (dle přílohy č.1, vyhlášky č.341/2008, seznam A)	$\geq 65^{\circ}\text{C}$ , 5 dní

# Technologie kompostování

- Schéma kompostovací linky pro kompostování na volné ploše v pásových hromadách

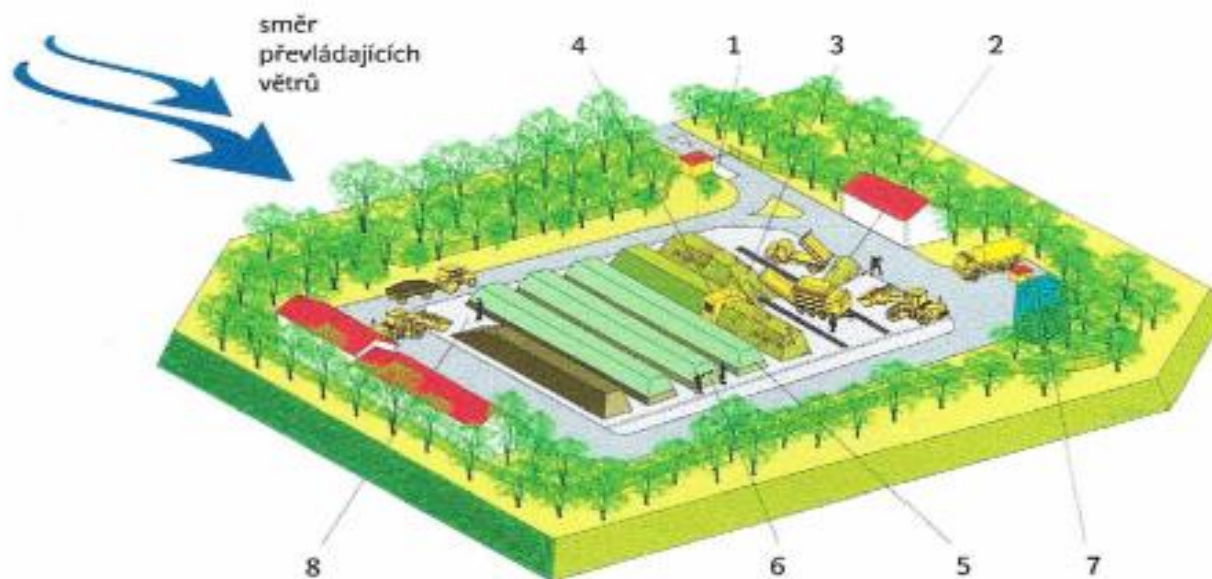


Přivezené BRO jsou po zvážení na mostové váze (1) složeny na zabezpečené ploše (2), v případě potřeby je provedena jemná dezintegrace drtičem či štěpkovačem a zpracovávané suroviny jsou podle předem určené surovinové skladby založeny pomocí čelního nakladače do pásové hromady (3).

Překopávání kompostu je zabezpečeno samojízdným překopávačem (4). Během kompostovacího procesu jsou pásové hromady přikryty kompostovací plachtou (5) a v předepsaných intervalech je měřena teplota kompostu (6).

Hotový kompost je expedován buďto v hrubém stavu (8) – neprosátý a nebo je dále finalizován (prosévání, balení, přidávání dalších příměsí apod.).

Neopomenutelnou součástí kompostárny s vodohospodářsky zabezpečenou plochou je vodní jímka (7), ze které je podle potřeby využívána voda na zavlažování zpracovávaných BRO.



Obr. 1: Stálá kompostárna na volné, zabezpečené ploše (Kollárová, Plíva, 2008)

- **Překopávání kompostu**





Obr. 6: Kompostovací vaky AG-BAG v provozu na kompostárně ve Švédsku

- **Uzavřený kompostovací systém**
- Materiál je umístěn v plastovém vaku – uzavřeném zásobníku
- Maximální velikost částic 10 – 15 cm
- Namíchání směsi s vhodným poměrem C/N
- Přidání vody – 50 – 60 %
- Plnění vaku pomocí kompostovacího stroje (zároveň dezintegrátor)
- Připojení ventilátoru – dodávka kyslíku
  
- **Výhody**
- Jednoduché umístění – betonové podloží, voda, el. proud
- Řízený proces – řízení teploty, dodávky kyslíku, dodávky vody, aplikace inokulantů
- Kontrolované emise zápach – materiál je „v klidu“ a uzavřený
- Rychlejší proces – 2 až 3 x oproti otevřené zakládce (12 až 15 týdnů)

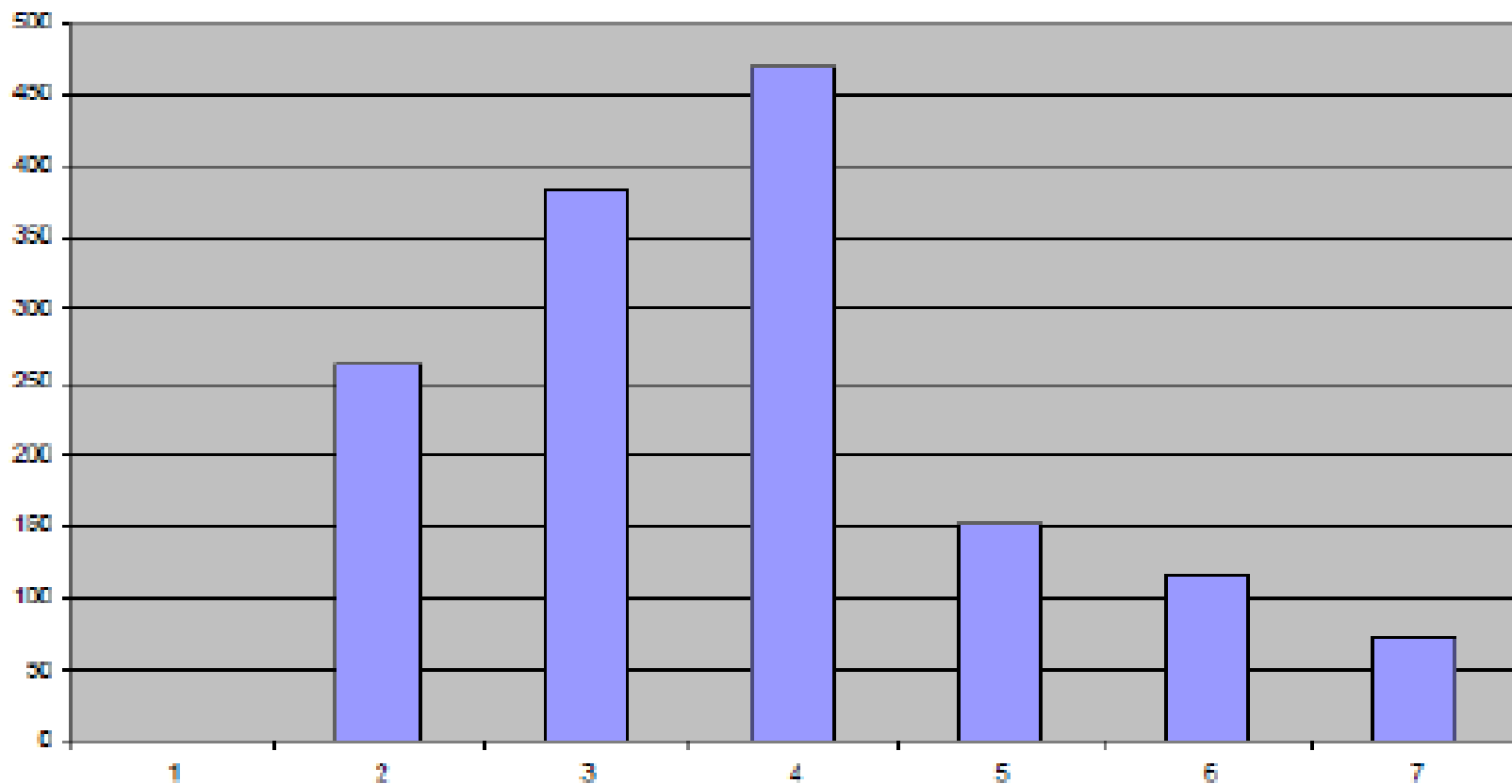
- **Vstupní suroviny**
- **Vyhláška č.341/2008 Sb. o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady**
- Příloha č.1 – Seznam bioodpadů pro technologie materiálového využívání bioodpadů – označeny 3 zvláštní kategorie materiálů
- **Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) 1069/2009**  
(novela původního Nařízení 1774/2002) – 3 kategorie materiálů
- V případě zpracování vedlejších živočišných produktů musí být materiál kategorie 3 využíván jako surovina v zařízeních na kompostování vystaven těmto minimálním požadavkům :
  - - max. velikost částic před vstupem do kompostujícího reaktoru : 12 mm
  - - minimální teplota celé hmoty materiálu v reaktoru : 70°C
  - - minimální doba v reaktoru při 70°C (v celé hmotě) : 60 minut

- **Hlavní a vedlejší produkty**
- Komposty, které splňují požadavky zákona č.156/1998 Sb., o hnojivech v platném znění – vlhkost 40-60%, celkový N v sušině min. 60%, poměr C:N max. 30, limitní obsahy těžkých kovů
- Výrobky, které splňují požadavky vyhlášky č.341/2008 Sb. – výstupy, které se používají mimo zemědělskou a lesní půdu
  - Třída I – plochy určené pro zeleň
  - Třída II – plochy městské zeleně a parků
  - Třída III – rekultivace skládek
- Stabilizovaný bioodpad ukládaný na skládku (Vyhláška č.294/2005 Sb.)
- Biologicky nerozložitelné odpady - odstranění



- **Emise do ovzduší**
- Emise tuhých znečišťujících látek při manipulaci s materiálem (prašnost při návozu, drcení, překopávání) a emise pachových látek.
- **Emise pachových látek na kompostárnách**

Pachový tok ouE/s



- Bioplynové stanice
- Proces anaerobní digesce bioodpadů
- Řízený mikrobiální rozklad organických látek bez přístupu vzduchu v technologii bioplynové stanice za vzniku bioplynu a digestátu
- Nutné dosáhnout teploty zpracovávaného bioodpadu nejméně 55°C a udržet ji minimálně po dobu 24 hodin bez přerušení (dosažení minimální teploty se nevyžaduje, jsou-li zpracovávány pouze rostlinné tkáně)
- V případě hygienizace vstupního materiálu nebo digestátu (70°C po dobu 1 hodiny) je možná nižší teplota v reaktoru než 55°C nebo kratší expozice náplně reaktoru touto teplotou
- Nezbytná celková doba procesu anaerobní digesce je více než 30 dnů

- **Vstupní suroviny**
- **Vyhláška č.341/2008 Sb. o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady**
- Příloha č.1 – Seznam bioodpadů pro technologie materiálového využívání bioodpadů – označeny 3 zvláštní kategorie materiálů
- **Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) 1069/2009**
- (novela původního Nařízení 1774/2002) – 3 kategorie materiálů
- V případě zpracování vedlejších živočišných produktů musí být materiál kategorie 3 využíván jako surovina v zařízeních na výrobu bioplynu vybavených pasterizačně/hygienickou jednotkou vystaven těmto minimálním požadavkům :
  - - maximální velikost částic před vstupem do jednotky : 12 mm
  - - minimální teplota celé hmoty materiálu v jednotce : 70°C
  - - minimální doba v jednotce bez přerušení : 60 minut

- **Minimální požadavky na materiál kategorie 2 dle Nařízení (ES) 1069/2009**

- - maximální velikost částic 50 mm
- - minimální teplota celé hmoty materiálu v jednotce :133°C
- - minimální tlak v jednotce : 3 barry
- - minimální doba v jednotce bez přerušení 20 min.

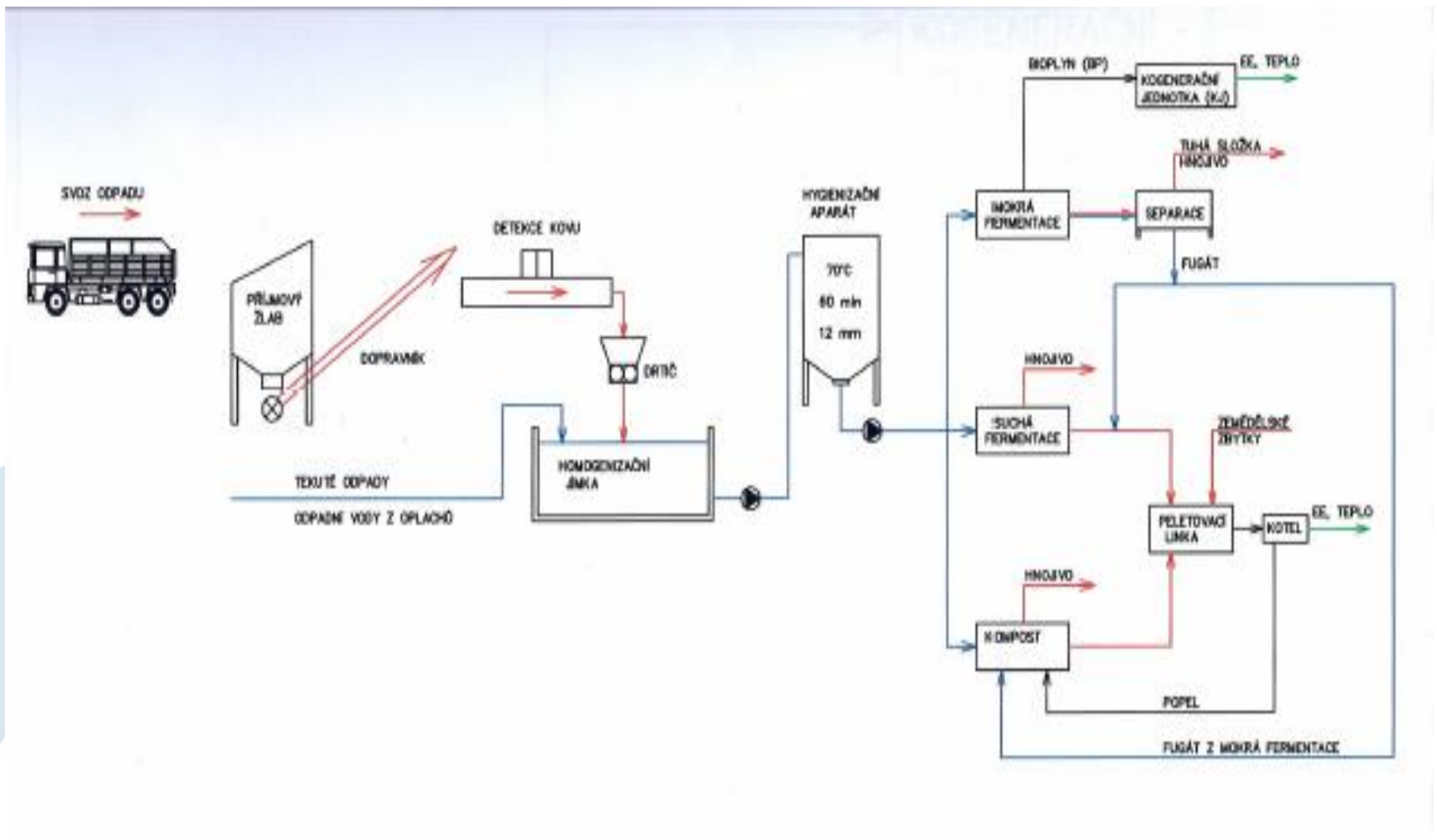
- **Termotlaká hydrolýza**

- Příjmové místo pro suroviny bez předchozí úpravy – homogenizační jímka
- Příjmové místo pro VŽP
- - předehříváč na 70°C
- - čerpání do tlakového reaktoru
- expander – destrukce materiálu expanzí vodní páry
- potom do homogenizační jímky
- fermentory
- nádrž na digestát

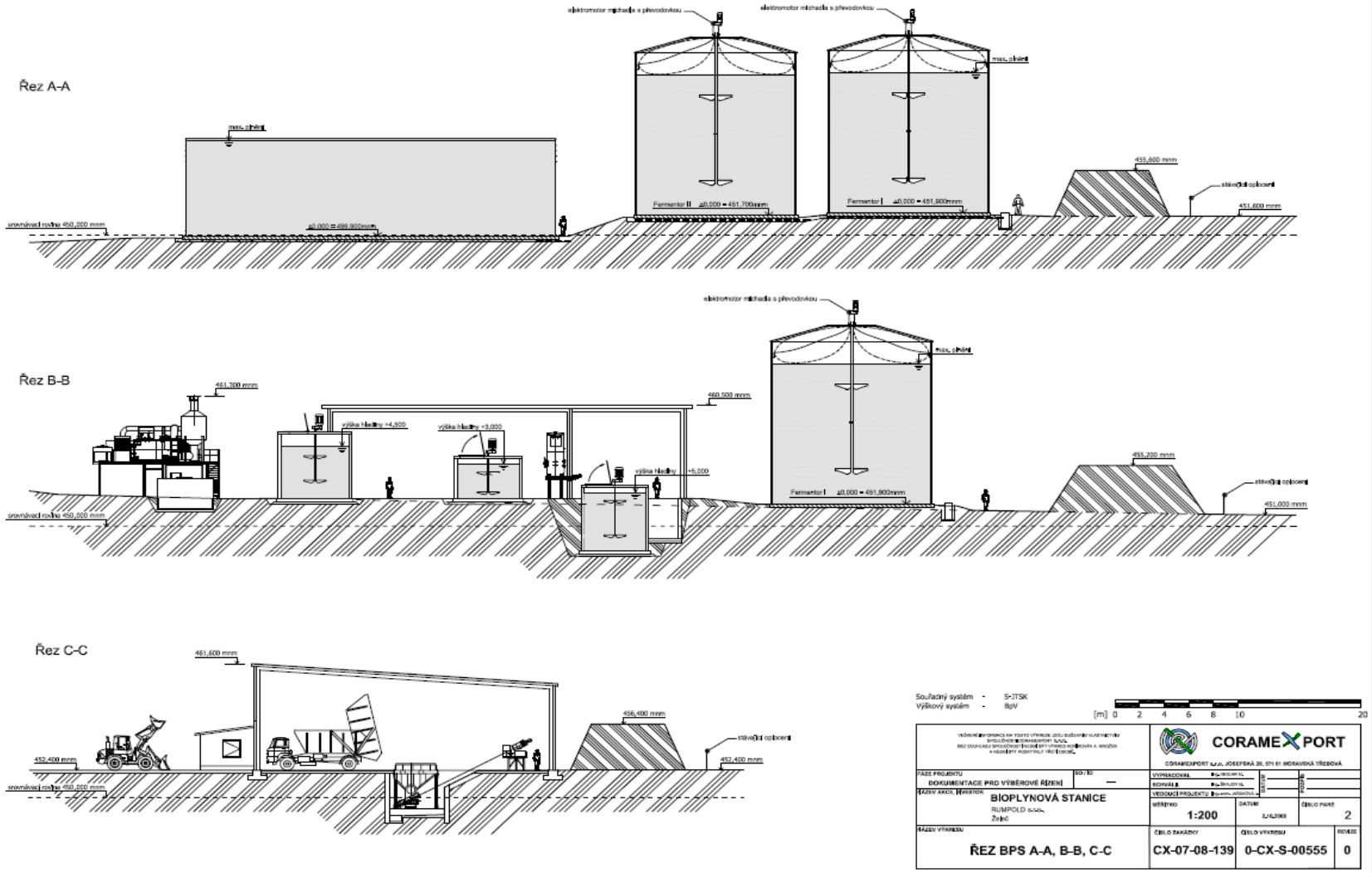
- **Hlavní a vedlejší produkty**
- **Bioplyn** – převážně metan ( $\text{CH}_4$ ), oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ), malá množství dusíku ( $\text{N}_2$ ), sulfanu ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amoniaku ( $\text{NH}_3$ ), vody a nižších uhlovodíků.
- **Fermentační zbytek** – digestát (po registraci dle zákona o hnojivech možno používat pro aplikaci na zemědělskou půdu nebo pro výrobu kompostu)
- U BPS, které jsou součástí ČOV – anaerobně stabilizovaný kal
- Při separaci pevného podílu vzniká kalová voda nebo fugát - je možné je recyklovat na ČOV nebo BPS, při dobré kvalitě využít jako hnojivo, při špatné kvalitě vypouštět na ČOV

- **Technologické procesy**
- **Zemědělské BPS** –zpracovávají materiály rostlinného charakteru a statkových hnojiv (podestýlky). Na těchto BPS nelze zpracovávat odpady které spadají pod zákon o odpadech a Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.1069/2009
- **Čistírenské BPS** – zpracovávají pouze kaly z ČOV – účelem je anaerobní stabilizace kalu vznikajícího na ČOV, jsou součástí kalového hospodářství ČOV. Nejsou určeny ke zpracování bioodpadů.
- **Ostatní BPS** – mohou zpracovávat bioodpady uvedené v části A přílohy č.1 vyhlášky č.341/2008 Sb, vedlejší živočišné produkty (VŽP) – pro určité typy materiálu musí být odpovídající technologie

- Bioplynová stanice s hygienizací



- **BPS s termotlakou hydrolyzou**





# TERMOTLAKÁ PŘÍPRAVA BIOMASY

## REAKTOR



- » suspenze rozemleté suroviny prochází kontinuálně reaktorem
- » do reaktoru je přiváděna technologická pára
- » po průchodu dochází k šokové expanzi

## EXPANZE



- » voda v biomase expanduje
- » dojde k destrukci rostlinného pletiva
- » brýdové páry lze využít k předehřevu suroviny

## NÁDRŽ SUSPENZE



- » suspenze je po expanzi vedena do expanzní nádoby
- » odtud je odčerpávána do směšovací jímky
- » teplota suspenze je 90 °C, sušina 20%

## SMĚŠOVACÍ JÍMKA



- » teplá suspenze připravené suroviny se mísí s ledicí kapalinou
- » dochází k ochlazení na potřebnou teplotu
- » surovina je čerpána do fermentorů

## PŘÍJMOVÉ MÍSTO



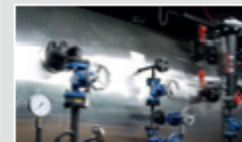
- » vstup suroviny probíhá kontinuálně
- » dávkování je řízeno automaticky
- » lze využít jakýkoli dávkovací stacionární žlab

## MACERAČNÍ MLÝN

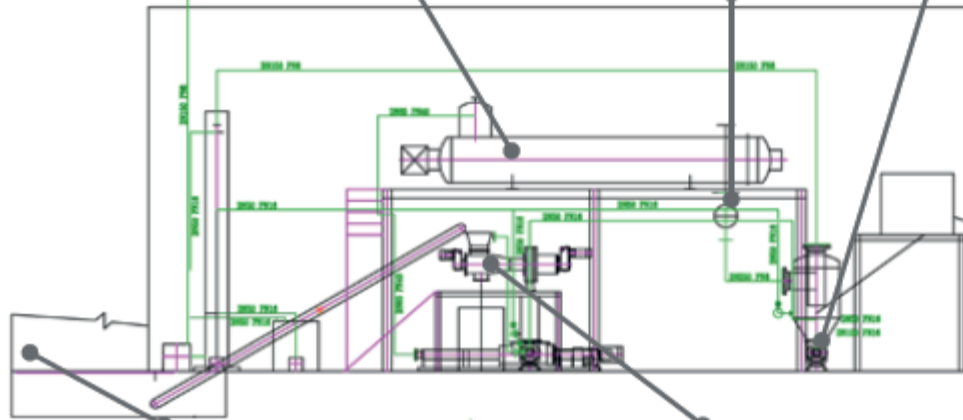


- » surovina se nejprve rozeemele a smísí s vodou
- » při mletí je částečně vytěsněn vzduch
- » vzniká čerpatelná suspenze
- » mlýn je možné použít i samostatně

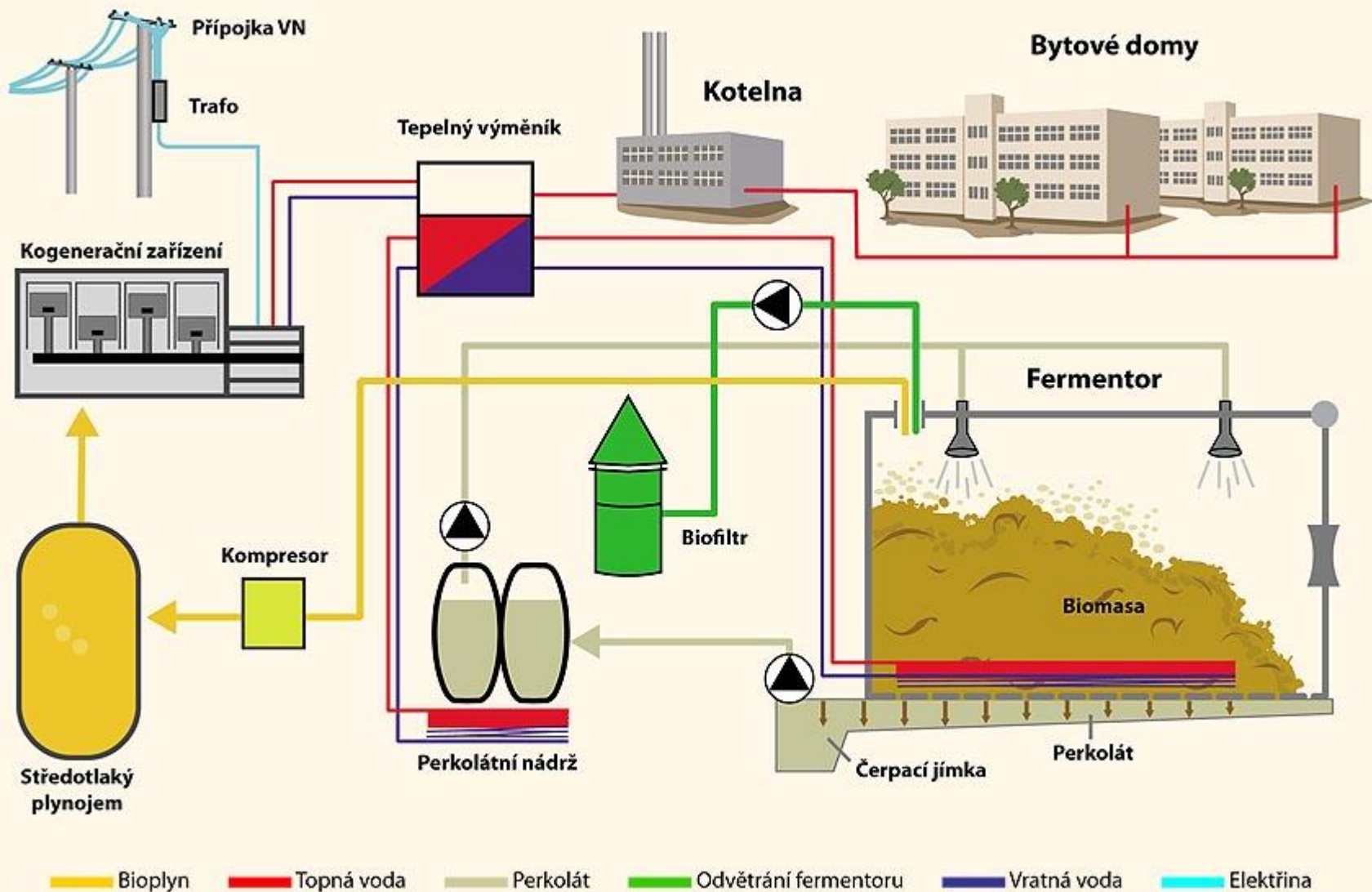
## SPALINOVÝ KOTEL



- » ze spalin kogenerační jednotky je vyráběna technologická pára
- » spalínový kotel je umístěn v blízkosti kogenerační jednotky

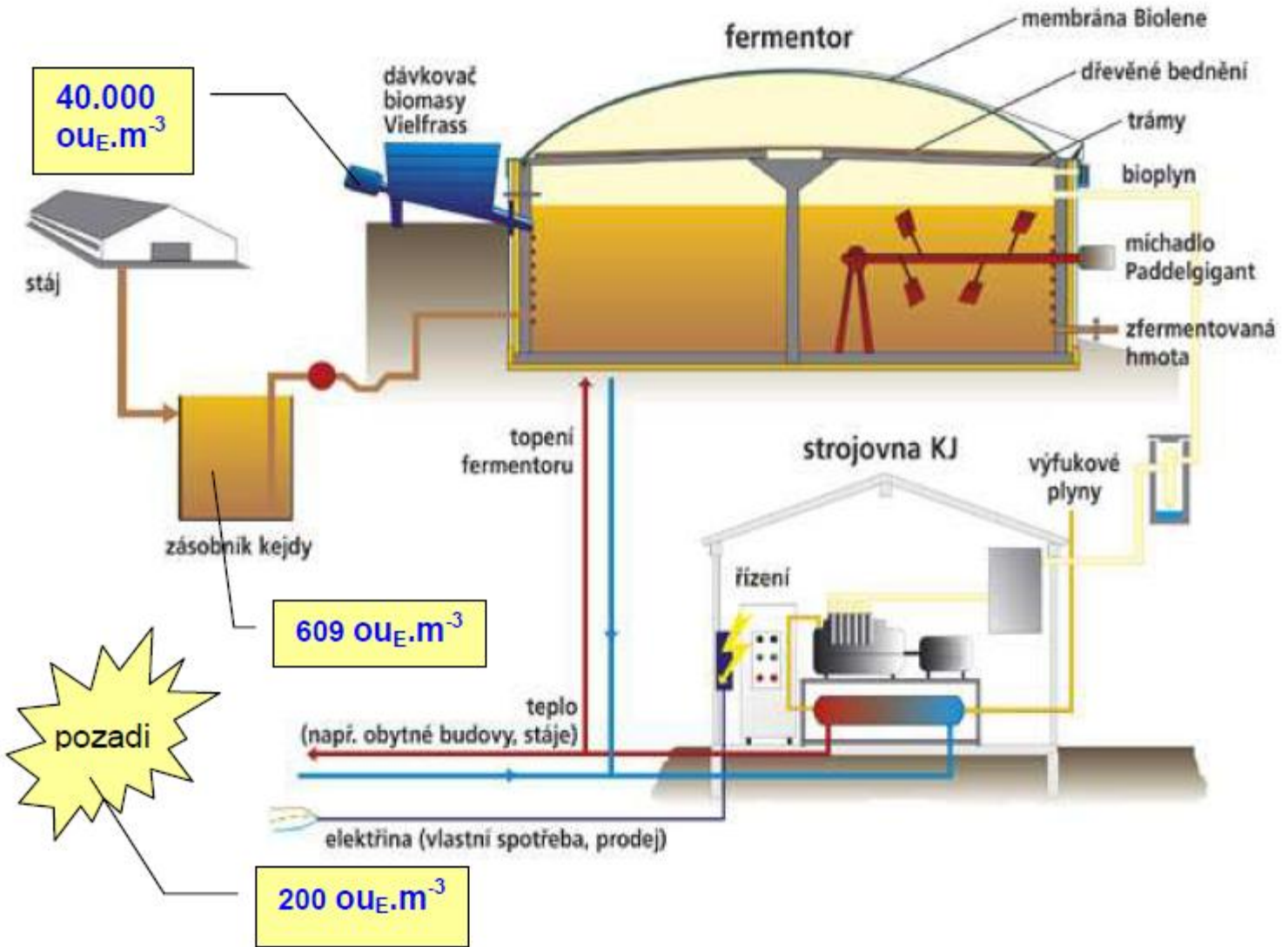


- **Suchá fermentace – „garážové“ BPS**
- Anaerobní rozklad biologicky rozložitelných materiálů (biomasa – cíleně pěstované zemědělské plodiny, travní zeleň, odpadní biomasa) a biologicky rozložitelných odpadů na bioplyn a jeho přeměna na elektrickou energii a teplo. Na konci procesu zůstává pevný zbytek (fermentát) a tekutý zbytek (perkolát), přičemž oba je možné aplikovat na zemědělské pozemky.
- **Výhody „suché“ fermentace**
  - vhodné pro biomasu s vyšším obsahem sušiny (25% a více) – hnůj, travní senáž,
  - vhodné pro získávání energie z bioodpadů,
  - nižší spotřeba el. energie – biomasa se ve fermentoru nemíchá ani do něj nečerpá,
  - jednoduché rozšíření stanice,
  - biomasu není nutné před vstupem do fermentoru rozmělnit nebo jinak upravovat,
  - díky zpracování odlišných substrátů je dosahováno vyššího obsahu metanu a nižšího obsahu síry než na mokřích bioplynových stanicích.



## Emise pachových látek z bioplynových stanic

Typ výroby	Technologie (detail)	Odlučovač	Emise [OU <sub>E</sub> ·m <sup>-3</sup> ]
bioplynová stanice zemědělská	načerpávání vstupních surovin	není	37 641,0
bioplynová stanice zemědělská	načerpávání vstupních surovin	není	23 170,0
bioplynová stanice zemědělská	načerpávání vstupních surovin	není	40 342,0
bioplynová stanice zemědělská	pozadí bioplynové stanice	není	169,0
bioplynová stanice zemědělská	pozadí bioplynové stanice	není	256,0
bioplynová stanice zemědělská	pozadí bioplynové stanice	není	215,0
bioplynová stanice zemědělská	vkládací zařízení siláže	není	630,0
bioplynová stanice zemědělská	vkládací zařízení siláže	není	609,0
bioplynová stanice zemědělská	vkládací zařízení siláže	není	955,0
bioplynová stanice zemědělská	hranice pozemku - závětrná strana	není	99,0
bioplynová stanice zemědělská	hranice pozemku - závětrná strana	není	32,0
bioplynová stanice zemědělská	hranice pozemku - závětrná strana	není	0,0



evropský  
sociální  
fond v ČR



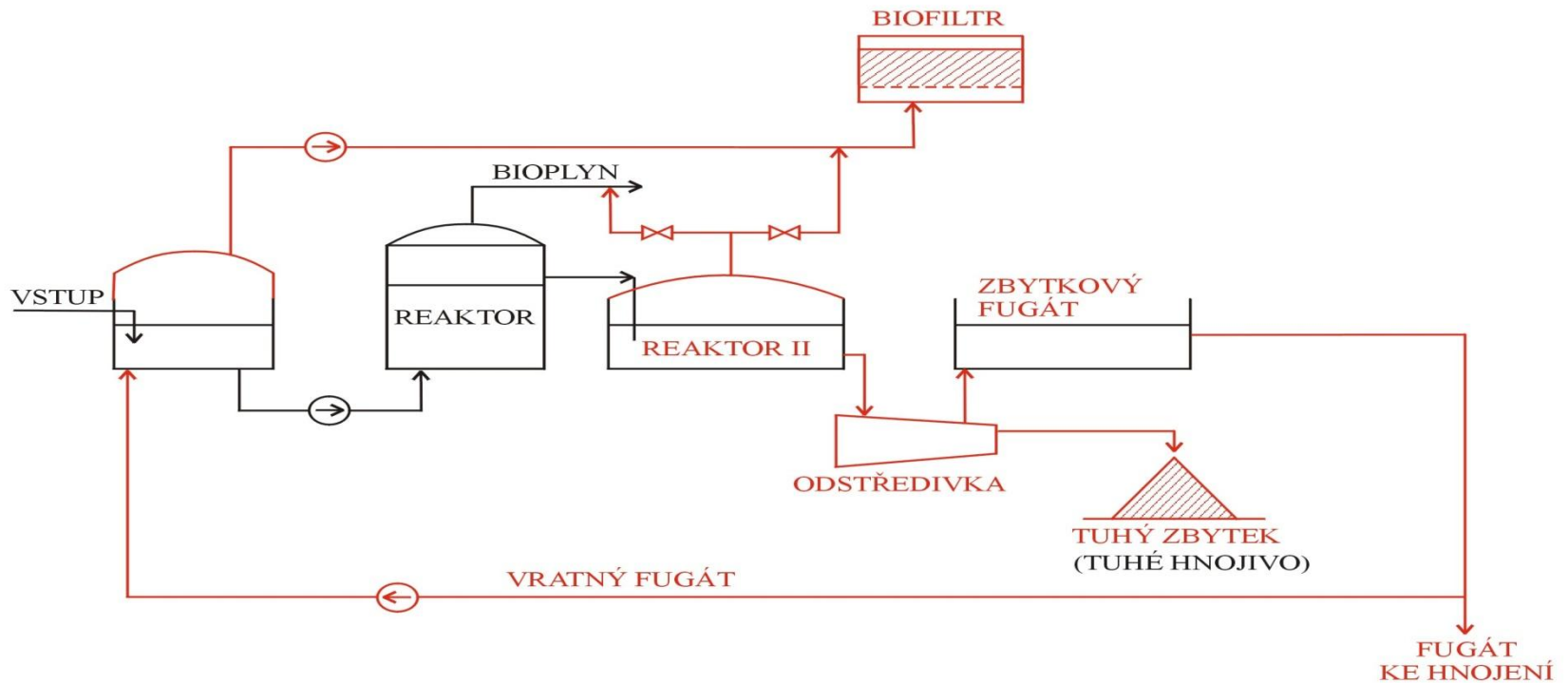
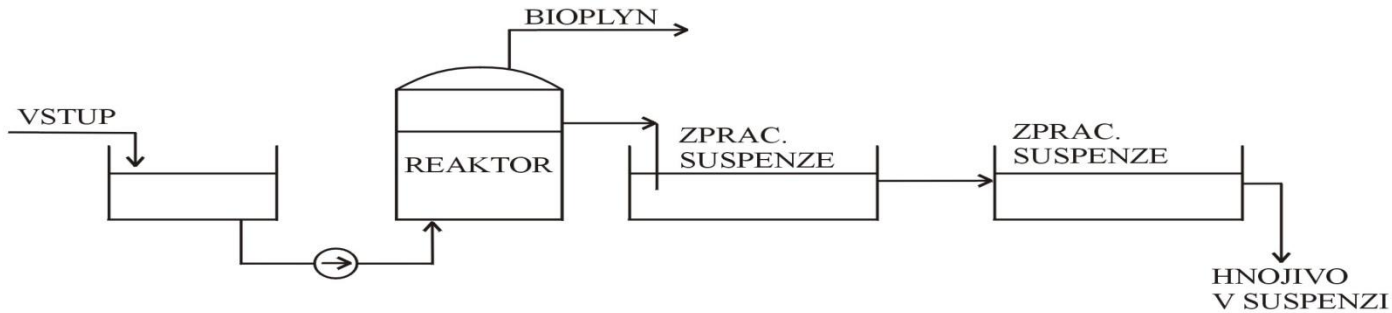
EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Příklad řešení omezování zápachu na BPS



## Legislativa

**Kompostárny a zařízení na biologickou úpravu odpadů o projektované kapacitě rovné nebo větší než 10 tun na jednu zakládku nebo větší než 150 tun zpracovaného odpadu ročně**

### Zákon č.201/2012 Sb., o ochraně ovzduší

- Dle přílohy č.2 k zákonu č.201/2012 Sb. jsou kompostárny a zařízení na biologickou úpravu odpadů o dané projektované kapacitě (čl.2.3) vyjmenované zdroje znečišťování ovzduší.
- Je vyžadována rozptylová studie podle § 11 odst.9 a provozní řád jako součást povolení provozu podle § 11 odst.2 písm.d)

### Vyhláška č.415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování

- Technické podmínky provozu je stanoveny v části II. (čl.1.1) Přílohy č.8 vyhlášky č.415/2012 Sb. k zákonu č.201/2012 Sb..
- a) Násypné bunkry jsou v uzavřeném provedení s komorou pro vozidla, u otevřených hal a při vykládce svozových vozidel s odpady, musí být plyny z bunekrů odsávány a odváděny do zařízení na čištění odpadních plynů.
- b) Výpary a voda vznikající při kompostovacím procesu (zrání kompostů) smí být u stavebně neuzavřených a nezakrytých kompostáren používány k vlhčení pouze tehdy, nebude-li použití zvyšovat pachovou zátěž okolí.
- c) Odpadní plyny z dozrávání kompostů v uzavřených halách kompostárny jsou odváděny do zařízení na čištění odpadních plynů.



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

## Legislativa – pachové látky

Zákon č.201/2012 Sb., § 2 písm.b) – znečišťující látka svou přítomností v ovzduší má nebo může mít škodlivé účinky na lidské zdraví nebo životní prostředí anebo **obtěžuje zápachem**

Na regulaci zápachu se tedy vtaňují všechny nástroje zákona určené k regulaci znečišťujících látek

- závazné podmínky provozu stanovené v povolení zdroje
- technické podmínky provozu v provozním řádu
- § 4 odst. 2 zákona 201/2012 Sb. – krajský úřad může stanovit emisní limity i pro jiné znečišťující látky = specifický emisní limit pro pachové látky

Zásadní je princip prevence – umístění zdroje – územní rozhodování a následné umístění a povolení zdroje

Stávající zdroje – na základě § 13 zákona 201/2012 Sb.– dojde-li ke změně okolností, které byly rozhodné pro stanovení závazných podmínek pro provoz stacionárního zdroje

- změna právní úpravy, změna na zdroji



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)



## Povolovací proces

- Územní rozhodnutí a stavební povolení vydané stavebním úřadem
- Proces IPPC pro záměry s příjmem živočišných odpadů v množství větším než 10 t za den
- Registrace k provozu veterinární správou platí pouze, pokud jsou zpracovávány živočišné odpady.
- **Nejlepší dostupné technologie**
- Shrnutí Referenčního dokumentu o nejlepších dostupných technikách pro průmysl zpracování odpadů (2005)
  - 4.2. Techniky zvažované v případě biologického zpracování
  - 4.6. Čištění odpadních plynů
- Katalytické nebo termické spalování
- Adsorpce – aktivní uhlí, zeolity
- Biofiltrace

- **Závěr**
- Biotechnologie zaznamenaly v uplynulých 20 letech rychlý rozvoj a významné rozšíření v řadě oborů. Základní předností těchto technologií je především šetrnost k životnímu prostředí. Produkty těchto postupů neohrožují životní prostředí a nevyžadují následné procesy odstraňování.
- Emise znečišťujících látek do ovzduší u sanačních zařízení jsou především těkavé uhlovodíky. V případě kompostáren a dalších zařízení na biologickou úpravu odpadů jsou to emise pachových látek. V obou případech jsou k omezování emisí rovněž využívány biotechnologické postupy.
- Dalšími výhodami biotechnologií jsou nižší nároky na aplikaci a řízení procesů i ekonomické aspekty v porovnání s klasickými technologiemi.