

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**Katedra technologie staveb**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Studie k ekologické nezávadnosti  
složišť vedlejších energetických  
produktů**

**Josef Červ**

**2019**

**Vedoucí diplomové práce: Ing. Rostislav Šulc, Ph.D.**

**Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.**

**V Praze .....**

**.....  
Bc. Josef Červ**

### *Poděkování*

*Chtěl bych poděkovat vedoucímu diplomové práce panu Ing. Rostislavu Šulcovi, Ph.D. za konzultace, odborné rady a pomoc při vypracování diplomové práce. Dále bych rád poděkoval pracovníkům Ústavu skla a keramiky VŠCHT v Praze za možnost využívání prostoru laboratoře.*



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Červ Jméno: Josef Osobní číslo: 423178

Zadávací katedra: Katedra technologie staveb

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Studie k ekologické nezávadnosti složiště VEP

Název diplomové práce anglicky: Study on the ecological safety of the site of stabilisate

Pokyny pro vypracování:

- 1) Rešerše k parametrům pro ukládání stavebních výrobků a materiálů na skládky, ukládání výrobě, ukládání odpadů na skládky.
- 2) Požadavky na hodnoty přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, požadavky na nakládání s odpady.
- 3) Návrh experimentu mapujícího stávající složení stabilizátu v celém jeho rozsahu pro elektrárnu Pruněřov.
- 4) Využití pojiva Sorfix k náhradě vápna ve složení stabilizátu.
- 5) Vyhodnocení experimentu pro různé složení záměsové vody (voda z odsíření, voda z reversní osmózy).
- 6) Vyhodnocení zkušebních těles z hlediska vyluhovatelnosti a nezávadnosti výluhu. Zhodnocení ekologické nezávadnosti složiště.

Seznam doporučené literatury:

- 1) Nařízení vlády 401/2015 Sb.,
- 2) Vyhláška 294/2005 Sb.,
- 3) Vyhláška 409/2005 Sb.,
- 4) FEČKO, Peter. Fly Ash. Ostrava: VŠB, 2005
- 5) STP EPR ; ČEZ EP, 2015

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Rostislav Šulc, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 2.10.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 6.1.2019

Úda juveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## Studie k ekologické nezávadnosti složiště VEP

Autor se zabývá vznikem a využitím vedlejších energetických produktů. Dále popisuje výrobu stabilizátu a jeho využití. Následně se zabývá ukládáním stavebních výrobků a odpadů na skládky. Popisuje požadavky na skládkování dle platné legislativy. Vysvětluje metody provádění vodných výluhů. Dále pojednává o novém hydraulickém bezslínkovém pojivu Sorfix. Udává podrobnosti z výroby jednotlivých směsí stabilizátu s vápnem a poté popisuje důsledky nahrazení vápna pojivem Sorfix. Na závěr vyhodnocuje směsi stabilizátu s vápnem i s pojivem Sorfix z hlediska ekologické nezávadnosti.

Klíčová slova: Vedlejší energetické produkty, popílkový stabilizát, ukládání na skládky, ekologická nezávadnost

## Study on the ecological safety of the site of stabilisate

The author deals with the emergence and utilization of secondary energy products. It further describes the production of the stabilisate and its use. Subsequently, it deals with the storage of construction products and waste in landfills. The author describes requirements for landfilling according to valid legislation. The author explains methods of aqueous extracts. It also deals with the new hydraulic binder called Sorfix. It gives details of the production of the individual stabilisate mixtures with lime and then describes the consequences of replacing the lime with the Sorfix binder. At the end, it evaluates both stabilisate with lime and mixtures with Sorfix in terms of environmental friendliness.

Keywords: secondary energy products, ash stabilisate, landfill storage, ecological harmlessness

<b>ÚVOD</b> .....	9
CÍLE PRÁCE .....	10
<b>1. VEDLEJŠÍ ENERGETICKÉ PRODUKTY</b> .....	10
POPÍLEK .....	12
1.1.1 <i>Druhy spalování uhlí</i> .....	13
STRUSKA .....	14
ENERGOSÁDROVEC .....	15
1.3.1 <i>Odsiřování spalin</i> .....	15
RO VODA .....	16
REA VODA .....	16
<b>2. STABILIZÁT</b> .....	16
2.1 POUŽITÍ STABILIZÁTU: .....	17
2.2 VYUŽITÍ DO ZEMNÍHO TĚLESA .....	18
2.3 PODKLADNÍ A OCHRANNÉ VRSTVY VOZOVEK .....	20
2.4 SMĚSI PODOBNÉ STABILIZÁTU .....	20
2.5 POŽADAVKY Z HLEDISKA EKOLOGICKÉ NEZÁVADNOSTI DLE TP 93.....	21
2.5.1 <i>Limitní hodnoty chemických vlastností výluhu</i> .....	21
2.5.2 <i>Posouzení REACH</i> .....	22
2.5.3 <i>Mezní hodnota hmotnostní aktivity Ra226</i> .....	22
2.5.4 <i>Požadavky na nezávadnost záměsové vody používané ve směsích stabilizátu</i> .....	22
<b>3. UKLÁDÁNÍ STAVEBNÍCH VÝROBKŮ A ODPADŮ NA SKLÁDKY</b> .....	22
3.1 PRÁVNÍ KLASIFIKACE VEDLEJŠÍCH ENERGETICKÝCH PRODUKTŮ .....	23
3.2 LEGISLATIVA ČR A EU V OBLASTI NAKLÁDÁNÍ S ODPADY .....	24
3.3 SKLÁDKOVÁNÍ A SKLADOVÁNÍ .....	25
3.4 SKLÁDKY PRŮMYSLOVÉHO ODPADU .....	26
3.5 ZAŘAZENÍ VEDLEJŠÍCH ENERGETICKÝCH PRODUKTŮ PODLE KATALOGU ODPADŮ	26
3.6 POŽADAVKY NA UKLÁDÁNÍ ODPADŮ NA SKLÁDKY DLE VYHLÁŠKY Č. 294/2005 SB.	27
3.6.1 <i>Vyluhovatelnost odpadů a třídy vyluhovatelnosti</i> .....	27

3.6.2	<i>Mísitelnost odpadů ukládaných na skládky</i> .....	28
3.6.3	<i>Vybrané podmínky, které musejí odpady ukládané na skládky splňovat</i> ....	29
3.6.4	ODPADY, KTERÉ JE ZAKÁZÁNO UKLÁDAT NA SKLÁDKY VŠECH SKUPIN .....	31
<b>4. PŘÍPUSTNÉ HODNOTY ZNEČIŠTĚNÍ POVRCHOVÝCH VOD A ODPADNÍCH VOD</b> .....		<b>32</b>
4.1	PRŮMYSLOVÉ ODPADNÍ VODY .....	32
4.2	POVRCHOVÉ VODY .....	34
<b>5. TECHNICKÉ PODMÍNKY ASOCIACE PRO VYUŽITÍ ENERGETICKÝCH PRODUKTŮ</b> .....		<b>35</b>
<b>6. METODY PROVÁDĚNÍ VODNÝCH VÝLUHŮ</b> .....		<b>37</b>
6.1	ODBĚR VZORKU .....	37
6.2	PŘÍPRAVA VÝLUHŮ DLE KONZISTENCE MATERIÁLU .....	37
6.3	HODNOCENÍ VYLUHOVÁNÍ TOXICKÝCH A NEŽÁDOUCÍCH CHEMICKÝCH LÁTEK DO KONTAKTNÍCH MÉDIÍ – CHEMICKÁ ANALÝZA VÝLUHU.....	38
6.4	METODIKY TESTŮ EKOTOXICITY .....	39
6.5	STANDARDNÍ TESTY TOXICITY .....	40
6.5.1	<i>Test na akvarijních rybách</i> .....	40
6.5.2	<i>Test na perloočkách</i> .....	40
6.5.3	<i>Test na sladkovodních řasách</i> .....	41
6.5.4	<i>Test na semenech vyšších rostlin</i> .....	41
6.6	ALTERNATIVNÍ TESTY TOXICITY .....	42
<b>7. BEZSLÍNKOVÉ HYDRAULICKÉ POJIVO SORFIX</b> .....		<b>43</b>
<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....		<b>45</b>
<b>8. POPIS VSTUPNÍCH SUROVIN</b> .....		<b>45</b>
8.1	EPR 2 POPÍLEK .....	45
8.2	EPR 2 STRUSKA .....	47
8.3	ENERGOSÁDROVEC .....	48
8.4	REA VODA .....	48
8.5	RO VODA .....	49
8.6	VÁPNO .....	50
8.7	BEZSLÍNKOVÉ HYDRAULICKÉ POJIVO SORFIX.....	52



<b>9. TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY VZORKU STABILIZÁTU.....</b>	<b>53</b>
<b>10. NÁVRH A PŘÍPRAVA SMĚSÍ STABILIZÁTU .....</b>	<b>54</b>
10.1 SÉRIE STABILIZÁTŮ „I-CAO“ .....	55
10.1.1 Série „I-CaO“ s 15 % zastoupením energosádrovce.....	55
10.1.2 Série „I-CaO“ s 30 % zastoupením energosádrovce.....	56
10.1.3 Série „I-CaO“ s 60 % zastoupením energosádrovce.....	57
10.2 SÉRIE STABILIZÁTŮ „I-SFX“ .....	58
10.2.1 Série „I-SFX“ s 15 % zastoupením energosádrovce .....	59
10.2.2 Série „I-SFX“ s 30 % zastoupením energosádrovce .....	59
10.2.3 Série „I-SFX“ s 60 % zastoupením energosádrovce .....	60
10.3 SÉRIE STABILIZÁTŮ „II-CAO“ .....	61
10.3.1 Série „II-CaO“ s 15 % zastoupením energosádrovce.....	61
10.3.2 Série „II-CaO“ s 30 % zastoupením energosádrovce.....	62
10.3.3 Série „II-CaO“ s 60 % zastoupením energosádrovce.....	63
10.4 SÉRIE STABILIZÁTŮ „II-SFX“ .....	64
10.4.1 Série „II-SFX“ s 15 % zastoupením energosádrovce .....	64
10.4.2 Série „II-SFX“ s 30 % zastoupením energosádrovce .....	65
10.4.3 Série „II-SFX“ s 60 % zastoupením energosádrovce .....	66
10.5 DOPLŇKOVÉ SÉRIE .....	67
10.5.1 Doplnková série s vápnem z elektrárny Prunéřov 2.....	67
10.5.2 Doplnková série s vápnem dodaným 3. 12. 2018.....	69
10.5.3 Doplnková série s pojivem Sorfix.....	71
<b>11. SROVNÁNÍ LIMITNÍCH HODNOT KONCENTRACE CHEMICKÝCH PRVKŮ VE VÝLUHU STAVEBNÍCH VÝROBKŮ A ODPADŮ .....</b>	<b>72</b>
<b>12. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>73</b>
12.1 VYHODNOCENÍ SÉRIE I S 15% ZASTOUPENÍM ENERGOŠÁDROVCE.....	74
12.2 VYHODNOCENÍ SÉRIE I S 30% ZASTOUPENÍM ENERGOŠÁDROVCE.....	78
12.3 VYHODNOCENÍ SÉRIE I S 60% ZASTOUPENÍM ENERGOŠÁDROVCE.....	83
12.4 VYHODNOCENÍ SÉRIE II S 15% ZASTOUPENÍM ENERGOŠÁDROVCE .....	88
12.5 VYHODNOCENÍ SÉRIE II S 30% ZASTOUPENÍM ENERGOŠÁDROVCE .....	93

12.6 VYHODNOCENÍ SÉRIE II S 60% ZASTOUPENÍM ENERGOSÁDROVCE .....	98
12.7 VYHODNOCENÍ DOPLŇKOVÉ SÉRIE S VÁPNEM Z ELEKTRÁRNY PRUNÉŘOV 2 DODANÉM 2. 11. 2018 .....	103
12.8 VYHODNOCENÍ DOPLŇKOVÉ SÉRIE S VÁPNEM DODANÝM 3. 12. 2018 .....	108
12.9 VYHODNOCENÍ DOPLŇKOVÉ SÉRIE S POJIVEM SORFIX .....	113
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>119</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>121</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>126</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>127</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ.....</b>	<b>130</b>

## ÚVOD

Během posledních desítek let dochází k rychlému rozvoji společnosti, s čímž souvisí neustále se zvyšující nároky na životní úroveň, a tím pádem výrazné zvyšování spotřeby energií, především energie elektrické. Tato zvýšená energetická poptávka má za následek stále intenzivnější využívání fosilních paliv, ale i paliv získaných z obnovitelných zdrojů. Zároveň je kladen důraz na ochranu životního prostředí. Právě soulad hospodářského a společenského pokroku s plnohodnotným zachováním životního prostředí uvádí tzv. trvale udržitelný rozvoj. Jedním z cílů trvale udržitelného rozvoje je snaha o vytvoření bezodpadového hospodářství.

Při spalování uhlí v elektrárnách dochází k velké produkci odpadů, ať už ve formě plyných emisí nebo tuhých odpadů, tzv. vedlejších energetických produktů. Snaha o vytvoření bezodpadového hospodářství vedla k využití těchto tuhých odpadů a co největšímu zredukování vytváření plyných látek znečišťující ovzduší. Vedlejší energetické produkty se začaly využívat jako druhotné materiály zejména ve stavebnictví a průmyslu. Ročně se největší množství vedlejších energetických produktů spotřebuje pro výrobu tzv. stabilizátu.

Aby však mohly být vedlejší energetické produkty využívány jako druhotné stavební materiály, musí být po zabudování do stavby ekologicky nezávadné. Nezávadnost stavebních výrobků se hodnotí na vodných výluzích, jelikož vzhledem

k trvalému zabudování výrobků do stavby je působení na životní prostředí a na lidské zdraví nejpravděpodobnější ve formě výluhu.

Mimo popsání vedlejších energetických produktů, výroby a využití stabilizátu autor popisuje legislativu z hlediska ukládání stavebních výrobků a odpadů na skládky a hodnocení ekologické nezávadnosti vodných výluhů těchto produktů. K výrobě stabilizátu je zapotřebí velké množství vápna, jehož výroba je energeticky náročná. Práce se zabývá náhradou vápna za nový druh hydraulického pojiva, které vzniklo taktéž z tuhých odpadů spalování. Náhradou za vápno by se společnost opět přiblížila požadovanému bezodpadovému hospodářství.

### **Cíle práce**

- Rešerše vedlejších energetických produktů
- Popsání výroby stabilizátu a surovin, ze kterých se stabilizát vyrábí
- Popsání parametrů pro ukládání stavebních výrobků a odpadů na skládky
- Návrh experimentu mapující stávající složení stabilizátu a využití pojiva Sorfix pro náhradu vápna
- Vyhodnocení zkušebních těles z hlediska ekologické nezávadnosti výluhu

## **1. Vedlejší energetické produkty**

Vedlejší energetické produkty jsou tuhé materiály, které vznikají v důsledku spalování pevných paliv a při procesu odsiřování spalin převážně při výrobě elektrické energie a tepla. Jejich produkce je nevyhnutelná, protože vznikají v důsledku plnění požadavků stanovených pro vypouštění emisí do ovzduší (tedy v důsledku plnění opatření na ochranu ovzduší – životního prostředí). Využití vedlejších energetických produktů závisí na jejich chemických, mineralogických a fyzikálních vlastnostech. [1]

Pro vlastnosti vedlejších energetických produktů jsou určující především vlastnosti uhlí, z kterého vedlejší energetické produkty vznikají, ale také teplota a podmínky spalování uhlí a způsob odlučování popílku ze spalin. Teplota spalování

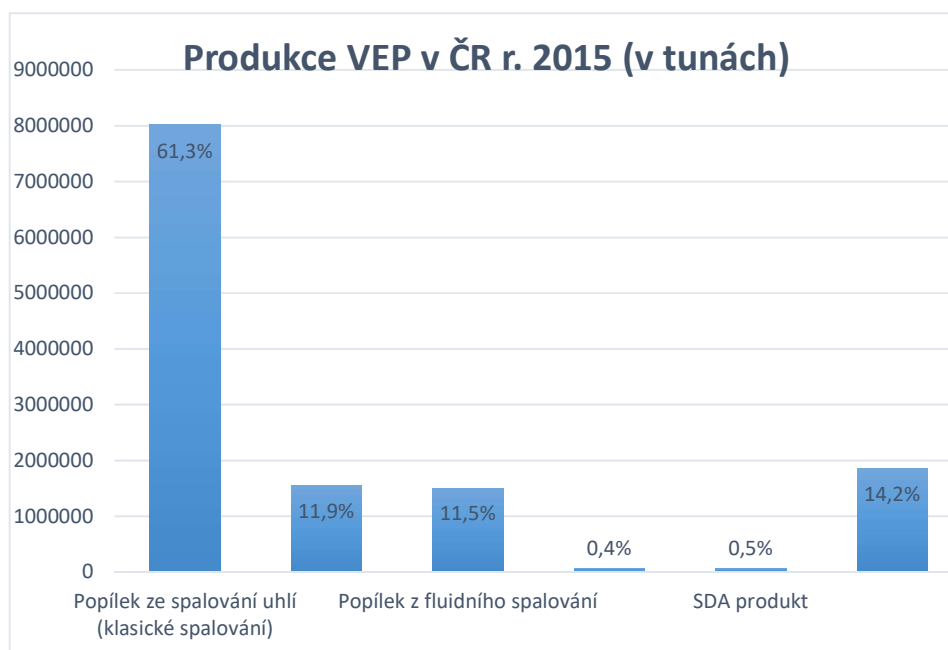
je přitom vázána na technické parametry spalovacího zařízení, přičemž podmiňuje vznik různých minerálních produktů. [2]

Mezi vedlejší energetické produkty řadíme:

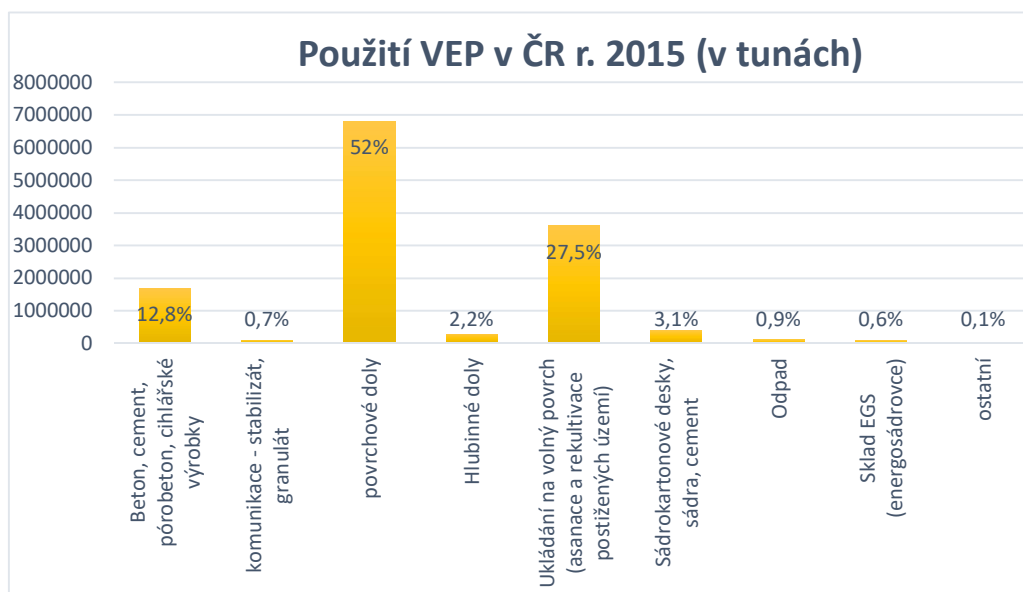
- Popílek (z klasických nebo fluidních kotlů)
- Strusku, škváru, ložový popel
- Energosádovec
- Stabilizát

V České republice se každý rok vyprodukuje okolo 13 mil. tun vedlejších energetických produktů. Zhruba jen 10 až 20 % z tohoto množství najde uplatnění ve stavbách dopravní infrastruktury nebo stavebním průmyslu (především jako součást betonu a cementu). Zbylé množství se využívá na dražší rekultivaci na složištích. [3]

Na obrázku 1 je znázorněna celková produkce jednotlivých vedlejších energetických produktů v ČR v roce 2015 a na obrázku 2 jsou znázorněny oblasti využití vedlejších energetických produktů ve stejném roce.



Obr.1: Produkce vedlejších energetických produktů v ČR za rok 2015 [3]



Obr. 2: Využití vedlejších energetických produktů v ČR za rok 2015 [3]

## Popílek

Popílek je produktem spalování práškového antracitu, černého či hnědého uhlí. Je zachycován v odlučovačích ze spalin tepelných elektráren. Podle místa odloučení ze spalin rozdělujeme popílek na hrubší (tzv. ložový popílek) a jemnější (tzv. úletový popílek). [4]

Ložový popílek je získáván gravitačním odloučením v zadních tazích kotle. Tento popílek mimo jiné obsahuje i volné vápno ( $\text{CaO}$ ) a anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ ).

Úletový popílek se získává z elektrostatických (tkaninových) odlučovačů z plynných spalin. Jedná se o jemnější frakce převážně z křemičitanového skla.

Dle druhu spalování rozlišujeme dva druhy popílku a popelu:

- Popílek a popel (PP) vznikající při vysokoteplotním spalování pevných paliv v roštových nebo granulačních kotlích
- Fluidní popílek a popel (FPP) vznikající při fluidním spalování mletého uhlí s příměsí vápence. Fluidní spalování probíhá při nižších teplotách do  $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Popílek se uplatňuje při výrobě betonů, betonových výrobků, pórobetonů, v cihlářské výrobě, při výrobě cementu, suchých omítkových zdicích, zálivkových směsí a tmelů, umělého kameniva a stabilizátu (stabilizovaného popílku).

### 1.1.1 Druhy spalování uhlí

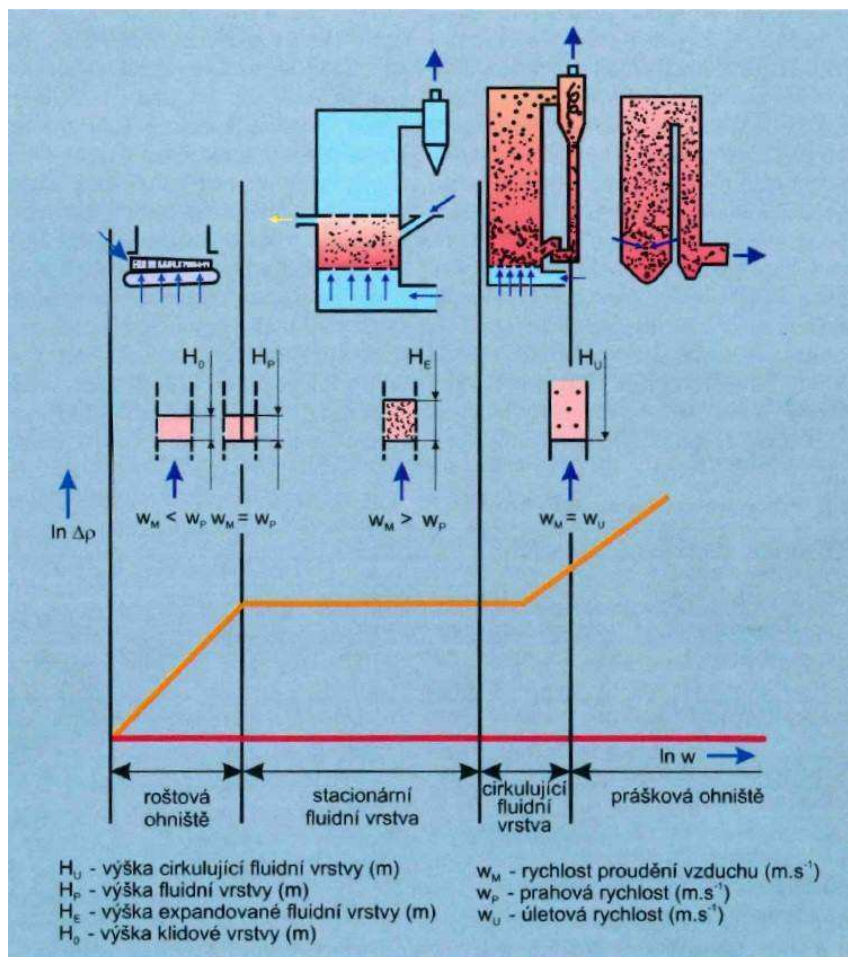
Spalování uhlí je chemická exotermická heterogenní reakce, při které vzniká oxid uhličitý a vodní pára. Organická látka z největší části vyhoří na oxid uhličitý a spolu s lehce těkavými odpadními složkami, jako jsou oxidy síry a dusíku, uniká do ovzduší. Při spalování se také vytváří pevný odpad. Jedná se o nespalitelné minerální látky obsažené v uhlí, které jsou souhrnně označeny jako popeloviny. [5]

Procesy spalování uhlí významně ovlivňuje úprava uhlí předcházející vlastnímu spalování.

Spalování je reakcí, která probíhá na povrchu uhelných zrn v několika dílčích krocích. Reakce vždy přechází do difuzního režimu hoření. Kyslík jako složka spalovacího vzduchu je vnášen do ohniště různými postupy, které určují jeho proudění v ohništi. Podle rychlosti jeho proudění dělíme uhelné ohniště na:

- Roštová ohniště
- Fluidní ohniště
- Prášková ohniště

Na obrázku 3 je znázorněno rozdělení uhelných ohnišť v závislosti na rychlosti proudění spalovacího vzduchu.



Obr. 3: Klasifikace uhelných ohnišť [6]

## Struska

V uhelných elektrárnách, kde se spaluje uhlí v granulačních kotlích, vzniká jako vedlejší produkt struska (škvára). Odlučuje se ve výsypce spalovací komory kotle, kde dopadá do vodní lázně a následně dochází k jejímu ochlazení. V dalším procesu je struska odvodněna.

Strusku lze využívat do násypů zemních těles pozemních komunikací, zásypů rýh a kanalizačního potrubí, obsypů mostních opěr apod. Struska s nízkou objemovou hmotností je velmi vhodná zejména při stavbách násypových těles na málo únosném podloží. Výhodně se využívá i vzhledem k její vysoké smykové pevnosti pro zásypy opěrných konstrukcí. Struska je také využitelná jako ostrivo při výrobě cihlářských pálených výrobků. [7]

Také lze strusku využít pro stavbu násypů dálničních těles. Například v letech 2005 až 2007 bylo použito při stavbě dálnice D11 přibližně 500 tisíc tun strusky.

### **Energosádrovec**

Energosádrovec neboli dihydrát síranu vápenatého je výsledný produkt odsiřování spalin. Z jemně mletého těžného vápence a vody je tvořena suspenze, která na sebe váže kysličníky síry a tím vzniká energosádrovec. Jedná se o chemicky velmi čistý materiál, s obsahem 90 až 95 % čistého síranu vápenatého. Přírodní sádrovec dosahuje čistoty přibližně 65 %. Z těchto důvodů má syntetický sádrovec (energosádrovec) jiné fyzikální vlastnosti (jako je velikost zrna, tvorba typu krystalů a hodnoty sypané hmotnosti) než přírodní sádrovec. [8]

Využívá se zejména při výrobě sádrokartonu a sádry. Je využíván i při výrobě cementu jako regulátor doby tuhnutí či aktivátor postupu tvrdnutí pórobetonu. Své uplatnění našel také při výrobě omítkových směsí a stabilizátů a je také zkoušen při přípravě anhydritových maltovin. [9]

V silničním stavitelství lze energosádrovec použít pouze v kombinaci s cementem nebo vápnem za podmínek stanovených zvláštním předpisem. [10]

#### **1.3.1 Odsiřování spalin**

Pod pojmem odsiřování spalin rozumíme snižování obsahu  $\text{SO}_2$  ve spalinách před jejich vstupem do ovzduší. K tomu účelu se mezi kotel a komín vestavují technologická zařízení, zachycující  $\text{SO}_2$  ve spalinách. Ve světě je známo zhruba dvě stě odsiřovacích metod, které jsou v různých stádiích vývoje či realizace. [11]

Většinu odsiřovacích procesů lze zařadit až na konec spalovacího cyklu, a tím prakticky nezasahovat do výroby elektřiny a tepla.

Metody odsiřování spalin dělíme dle způsobu zachycování na:

- Regenerační
- Neregenerační
- Mokré
- Suché
- Polosuché



## **RO voda**

RO voda je koncentrát z reverzní osmózy. Tato odpadní voda nalézá využití při výrobě stabilizátu. Neobsahuje toxické kovy a stopové prvky, s výjimkou boru (přibližně 33 mg/l)

Reverzní osmóza je jedním z řady tlakových membránových procesů, využívajících k separaci látek rozpuštěných v kapalině semipermeabilní membránu, na které dochází ke zkoncentrování rozpuštěných látek. Koncentrát je veden do odpadu a čistá fáze je využita v další technologii. Jedná se o prvotřídní technologii, která nachází uplatnění v mnoha oborech, potravinářstvím počínaje a třeba elektrárenským provozem konče. [12]

## **REA voda**

Odpadní voda z mokrých metod odsíření se nazývá voda REA. Voda je silně zasolená a současně vykazuje vysoké množství některých toxických kovů a stopových prvků, a to boru, hliníku, niklu, selenu a rtuť. REA voda se využívá při výrobě popílkového stabilizátu.

Mezi mokré metody odsířování řadíme hlavně Vápno-vápencové metody a proces Walther, které jsou neregenerativní. Nicméně jako mokré metody bychom také mohli označit regenerativní proces natrium-sulfitový a magnezitový proces. [13]

## **2. Stabilizát**

Stabilizát (popílkový stabilizát) je ve světě nejrozšířenější formou ukládání energetických produktů z uhelných elektráren. [14]

Jedná se o zvlhčenou stavební směs s vápenným pojivem vyráběnou ve standardním centrálním mísícím zařízení. Vyrábí se technologickou úpravou vstupních surovin, kterými jsou vedlejší produkty spalování uhlí a odsíření spalin, spočívající v dokonalém promísení s přesně dávkovaným množstvím záměsové vody. [15]

stabilizát tvoří tyto suroviny:

- Popílek
- Struska
- Pojivo (nejčastěji vápno)
- Záměsová voda (RO, REA voda)
- Energosádrovec

Pro získání požadovaných vlastností stabilizátu je v počáteční fázi výroby rozhodující promísení vstupních surovin s vápnem a následné zvlhčení záměsovou vodou, při kterém dochází k exotermní reakci a během několika minut k nastartování hydratačních procesů. Ve stavební směsi probíhají v alkalickém prostředí chemické pucolánové reakce obdobné procesům při tuhnutí cementů a za aktivní účasti volného vápna vzniká materiál s vazebnými schopnostmi. Po zatuhnutí se stabilizát zásadně liší svými technickými vlastnostmi od původních neupravených vstupních surovin, jeho vlastnosti jsou obdobné vlastnostem chudého betonu. Speciálně vyráběné stabilizáty s vyšším obsahem vápna lze charakterizovat jako materiál nepropustný, s vysokou pevností v prostém tlaku, odolný proti mrazu a vodě. [15]

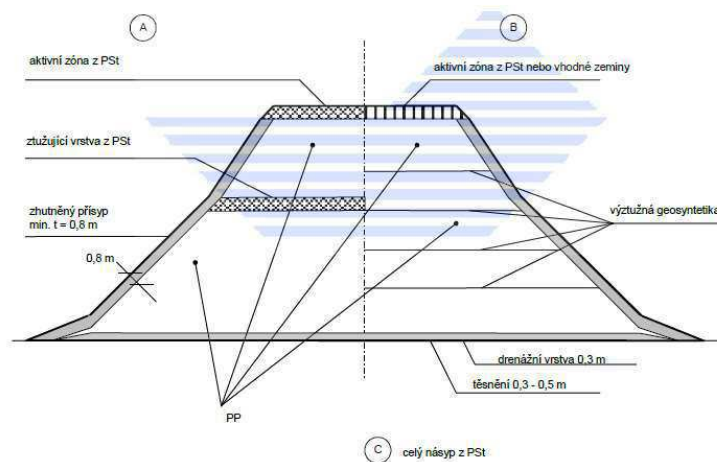
### **2.1 Použití stabilizátu:**

- Tělesa násypů pozemních komunikací
- Protipovodňové hráze
- Protihlukové valy
- Hráze odkališť a skládek odpadů
- Podkladní a ochranné vrstvy vozovek
- Aktivní zóna
- Obsypy a zásypy objektů
- Přejížděvací oblasti mostů
- Těsnicí a uzavírací vrstvy skládek odpadů ve smyslu ČSN 80 8032
- Zásypový materiál při rekultivaci prostor po těžbě nerostných surovin
- Sanace podzemních dutin (po demolici stavebních objektů, při stavbách tunelů, parovody, kanalizace, stará důlní díla)

## 2.2 Využití do zemního tělesa

Vhodnost návrhu zemního tělesa s využitím popílků a výrobků z nich se posuzuje s ohledem na účel a místo násypu a na význam komunikace.

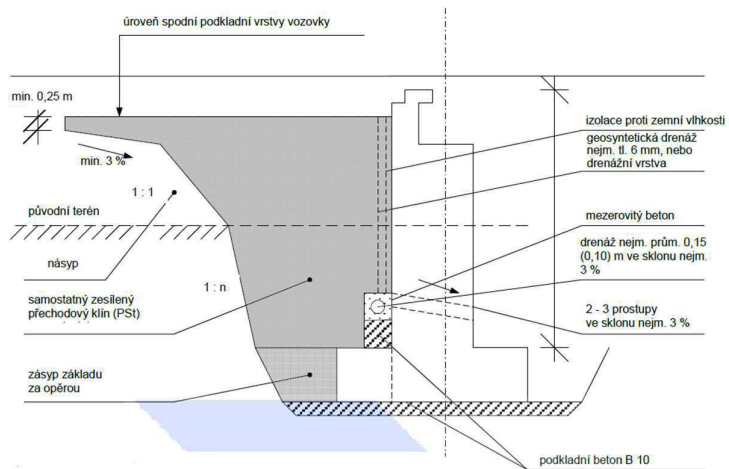
Popílký a popílkové stabilizáty jsou zvláště vhodné pro navržení násypu na málo únosném a stlačitelném podloží a pro použití do přechodových oblastí mezi násypem a mostní konstrukcí podle ČSN 73 6244. V důsledku menšího zatížení podloží se dosáhne zmenšené celkové hodnoty a příznivějšího průběhu sedání. [16] Obrázek 4 znázorňuje varianty uspořádání násypu dle TP93:



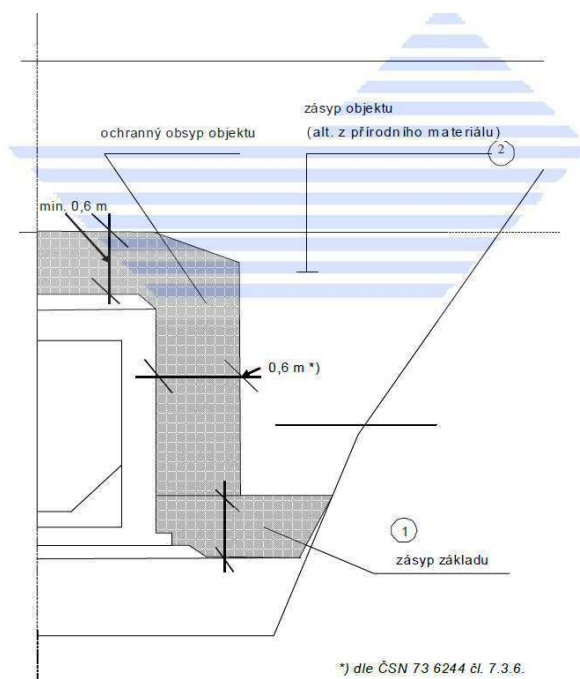
Obr.4: Vzorový řez násypem – varianty při použití PP a výrobků z nich [16]

Stabilizovaný popílek se do aktivní zóny, do konstrukčních prvků přechodu použije dle obrázků 5 a 6. tj. do:

- a) zásypu základu za opěrou
- b) zásypu opěry
- c) obsypu objektu s přesypávkou



Obr. 5: Přechodová oblast u objektu [16]



Obr. 6: Zásyp a obsyp objektu s přesypávkou [16]

### 2.3 Podkladní a ochranné vrstvy vozovek

Popílkový stabilizát lze použít jako stabilizovanou podkladní vrstvu vozovky jak samostatně, tak jako součást směsi ve smyslu ČSN 14227-4 [15]. Po dodání na stavbu musí čerstvý stabilizát splňovat minimální vlhkost  $W_{0,90}$ . Tento materiál musí splňovat požadavky ztuhlého a vyzrálého stabilizátu podle ČSN EN 14227-14 na:

- Pevnost v tlaku a odolnost proti mrazu a vodě tříd  $R_C$  min.  $C_{1,5/2}$
- Pevnost po nasycení ve vodě v hodnotě  $I_{0,6}$
- Lineární bobtnání nesmí překročit hodnotu  $LS_1$  při zkoušce podle ČSN EN 13286-49

Vhodnost užití stabilizátu v podkladních vrstvách musí dokládat výsledky příslušných průkazných zkoušek. Podklad konstrukční vrstvy musí splňovat požadavky aktivní zóny stanovené dokumentací stavby. Konstrukční postup a požadavky na provádění podkladních vrstev musí zhotovitel stavby uvést v technologickém předpisu. [16]

### 2.4 Směsi podobné stabilizátu

Mezi další vyráběné směsi podobné stabilizátu patří tzv. deponát a aglomerát.

**Deponát** je směs popele a energosádrovce zvlhčená asi 25 % vody. Takto zpracovaná hmota má oproti původním složkám pouze sníženou vyluhovatelnost škodlivin. Díky různé velikosti částic popílku a energosádrovce je asi desetkrát snížena propustnost vrstvy ve srovnání s vrstvami samostatných složek deponátu. Ukládání nevyužité části odpadů z energetiky ve formě deponátu do utěsněných složišť v lokalitě Severočeských dolů bude provozováno v uhelných elektrárnách Prunéřov a Tušimice. [17]

**Aglomerát** je materiál, který vzniká přidáním asi 25 % vody k popílku nebo popelu zachyceného a shromážděného po spálení uhlí v uhelných elektrárnách. Vzniklá směs je zamíchána ve speciálním zařízení a takto připravený aglomerát je sypký až granulovitý, při transportu nepráší a při styku s vodou se z něj uvolňuje jen velmi málo škodlivin. Aglomerát se bude vyrábět například v uhelné elektrárně Mělník z části popele, který nebude využit jiným způsobem a bude se jinak

prázdnými vagóny vracet zpět do Severočeských dolů k uložení a rekultivaci těchto povrchových dolů. [18]

## 2.5 Požadavky z hlediska ekologické nezávadnosti dle TP 93

Ekologická vhodnost se dle TP 93 posuzuje:

- Podle chemických vlastností výluhu
- Podle REACH (Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals tj. Registrace, hodnocení a povolání chemických látek)
- Podle mezní hodnoty hmotnostní aktivity  $Ra_{226}$

Obsah organických škodlivin v sušině a ekotoxicita se pro použití v pozemních komunikacích neposuzuje.

Splnění všeobecných požadavků na vlastnosti materiálů prokazuje výrobce „Prohlášením o shodě“, včetně kopie certifikátu podle zák. 22/1997 a NV 163/2002 Sb. a na vyžádání dokládá i výsledky zkoušek a jejich posouzení.

### 2.5.1 Limitní hodnoty chemických vlastností výluhu

Chemické vlastnosti výluhu dle TP 93 se porovnávají s mezními hodnotami, které jsou znázorněny v tabulce 1.

Tab. 1: Limitní hodnoty výluhu (mg/l) [16]

Prvek	Maximálně přípustné množství (mg/l)
Ag	0,1
As	0,1
Ba	1,0
Be	0,005
Pb	0,1
Cd	0,005
Cr celkový	0,1
Co	0,1
Cu	1,0
Ni	0,1
Hg	0,005
Se	0,05
V	0,2
Zn	3,0
Sn	1,0

### **2.5.2 Posouzení REACH**

Vedlejší energetické produkty musí mít od 1. června 2007 registraci dle nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 1907/2006 – REACH, a nesmí být klasifikovány podle nařízení ES 1272/2008 – CLP (Classification, Labelling and Packaging – Klasifikace, označování a balení chemických látek a směsí)

### **2.5.3 Mezní hodnota hmotnostní aktivity Ra226**

Mezní hodnota hmotnostní aktivity Ra226 nesmí podle vyhlášky 499/2005 Sb. příloha 10 překonat hodnotu  $1000 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$  u staveb jiných než s obytnými nebo pobytovými místnostmi. Směrná hodnota obsahu přírodních radionuklidů je ve stavebním materiálu vyjádřena jako index hmotnostní aktivity  $I \leq 2,0$ . Rozbor obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu by se dle vyhlášky u stavebních materiálů určených k použití jinému než ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi měl provádět jednou za pět let.

### **2.5.4 Požadavky na nezávadnost záměsové vody používané ve směsích stabilizátu**

Záměsová voda pro přípravu popílkového stabilizátu musí splňovat vybrané ukazatele ČSN EN 1008 (pH, obsah síranů, chloridu a hořčíku – hodnoty pro prostý beton). Při výrobě popílkového stabilizátu v míchacích centrech je možné použít i REA vodu, pokud nemá nepříznivý vliv na fyzikální nebo ekologické vlastnosti výrobku.

Při přípravě popílkového stabilizátu se aditivum a voda do popílku nebo směsi přidává při mísení v míchacím centru nebo na místě. U popílkového stabilizátu, připraveného v míchacím centru, není přípustná dodatečná úprava jeho vlhkosti při zpracování na staveništi. [19]

## **3. Ukládání stavebních výrobků a odpadů na skládky**

Přibližně 80 % veškerého množství vyprodukovaných vedlejších energetických produktů je deponováno či využito k zavážení vytěžených prostor po důlní činnosti. Z tohoto důvodu se tato kapitola věnuje právním úpravám skladování stavebních výrobků a odpadů na skládky a na povrchy terénů obecně.

### 3.1 Právní klasifikace vedlejších energetických produktů

Velmi často dochází v praxi ke sporům, zda jsou vedlejší energetické produkty (VEP) stavebním výrobkem či odpadem. Není ojedinělým případem, kdy se firma snaží pro své potřeby využívat na svém pozemku vedlejší energetické produkty třeba pro zásypy nebo terénní úpravy. Téměř vždy to ale znamená, že se dostane do hledáčku České inspekce životního prostředí. [20]

Vyhláška č. 294/2005 upravuje pravidla pro využití odpadů na povrchu terénu. VEP ale dle argumentace mnohých stran není odpadem. Zde je onen bod sváru. A nic na tom nezmění ani snaha o zajištění všech množných potřebných dokladů. Nestačí doložit, že má daný vedlejší energetický produkt řádný stavební certifikát po využití v náspech a zásypech vystavený a kontrolovaný příslušnou autorizovanou osobou. Ani potvrzení o shodě výrobku dle zákona o stavebních výrobcích č. 22/1997 a zákona č. 90/2016 o posuzování shody stanovených výrobu, pravděpodobně nebude stačit ani, když uživatel VEP doloží, že je výrobek registrován v souladu s nařízením REACH. [20]

Kontrolní orgány Ministerstva životního prostředí často aplikují § 3 odst. 7 zákona o odpadech, který totiž výslovně stanovuje, že „pro konkrétní způsoby použití vedlejších produktů musí být splněna kritéria pro využití odpadů, pokud jsou stanovena.“ Nejednoznačný výklad současné legislativy v praxi tedy požaduje, aby vedlejší energetické produkty splňovaly přísná environmentální kritéria vztahující se na využívání odpadů.

Koncept vedlejšího produktu přinesla rámcová směrnice o odpadech (2008/98/ES). V této rámcové směrnici popisuje Evropská komise bližší okolnosti, které slouží k přiřazení produktu pod pojmem vedlejší produkt. „Zbytek z výroby je něco jiného než konečný produkt, který má výrobní proces za cíl přímo vytvořit. V případě, že výroba dotčeného materiálu je *výsledkem technické volby*, nemůže to být zbytek z výroby a je to považováno za produkt.“ Pokud výrobce mohl vyrobit primární produkt, aniž by vyrobil dotčený materiál, ale rozhodl se tak neučinit, může to být důkaz, že dotčený materiál je produkt, a ne zbytek z výroby. Rovněž modifikace výrobního procesu s cílem dát dotčenému materiálu specifické vlastnosti by mohla naznačovat, že výroba dotčeného materiálu byla technickou volbou. [20]



Tedy ani právní výklad, zda jsou VEP produktem nebo zbytkem z výroby, není úplně jednoznačný.

Ministerstvo životního prostředí v současné době připravuje nové předpisy v oblasti odpadového hospodářství. Tyto předpisy by měly být mimo jiné nastaveny tak, aby podpořily fungování oběhového hospodářství. Součástí tohoto přístupu by měla být i podpora pro využívání vedlejších produktů a výrobků z odpadů, a to zejména nastavení jednoznačných kritérií cílených vždy na konkrétní materiál a způsoby jeho využití namísto současného obecného odkazu na použití podmínek vztahujících se na odpady v jiných právních předpisech. [20]

### **3.2 Legislativa ČR a EU v oblasti nakládání s odpady**

Nejdůležitějším zákonem v oblasti nakládání s odpady je jednoznačně Zákon č. 185/2001 Sb. Zákon o odpadech. Tento zákon stanovuje povinnosti právnických a fyzických osob při nakládání s odpady a podmínky pro předcházení vzniku odpadů. (Zákonodárné orgány EU vedou již dlouhou dobu spory o přesné definici odpadů). Náš zákon pod pojmem odpad definuje „movitou věc, která se stala pro vlastníka nepotřebnou, nebo byla vyřazena na základě zvláštních právních předpisů (Zákona 20/1966 Sb. o péči o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů). Okruhy věcí považovaných za odpad jsou uvedeny v zákoně. [21]

Zákon o odpadech definuje mimo jiné, následující pojmy:

- Odpad (viz výše).
- Nebezpečný odpad – je odpad, který má jednu nebo více nebezpečných vlastností.
- Nakládání s odpady – je jejich shromažďování, sběr, výkup, třídění, přeprava a doprava, skladování, úprava, využívání a zneškodňování.
- Využívání odpadů – je činnost vedoucí k získání druhotných surovin nebo k recyklaci odpadů, případně jiné využití fyzikálních, chemických nebo biologických vlastností.
- Úprava odpadů – je změna jejich fyzikálních, chemických nebo biologických vlastností za účelem umožnění jejich přepravy, dopravy, využití či zneškodnění nebo za účelem snížení objemu, případně snížení nebo odstranění jejich nebezpečných vlastností.

- Zneškodňování odpadů – se rozumí takové nakládání s nimi, které vede k trvalému zabránění škodlivým vlivům na složky životního prostředí. Jde zejména o termickou a chemickou úpravu, fyzikální a biologickou stabilizaci, jakož i trvalé ukládání na skládku a do podzemních prostor.
- Skládka odpadů – je zařízení nebo místo, které je určeno k trvalému uložení odpadů.

Mezi další důležité zákony v oblasti nakládání s odpady v ČR patří:

- Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů
- Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady
- Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu
- Vyhláška č. 94/2016 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů
- Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

V souladu s naším vstupem do EU byla již delší dobu prováděna harmonizace předpisů ČR s předpisy EU. Mezi důležité směrnice EU v oblasti nakládání s odpady patří:

- Směrnice Rady 75/442 EHS o odpadech
- Směrnice Rady 91/689 EHS o nebezpečných odpadech
- Směrnice Rady 1999/31/ES o skládkách odpadů
- Směrnice Rady 2000/76/EC o spalování odpadů

### **3.3 Skládkování a skladování**

Klasickým a dosud převládajícím způsobem nakládání s odpady je jejich skládkování. Za situace, kdy nejsou do zhodnocení ekonomiky výroby pro společenskou spotřebu zahrnovány všechny záporné vlivy na životní prostředí, je takovýto způsob zneškodňování odpadů zdánlivě nejjednodušší a nejlevnější. [21]

Skládkování představuje v ČR nejvyužívanější způsob odstraňování odpadu, i když v posledních letech jeho podíl na celkové produkci odpadů setrvale klesá. V roce 2013 bylo skládkováním uloženo 11,3 % z celkové produkce odpadů v ČR. Skládkováním se také odstraňuje cca 52 % veškerého komunálního odpadu. [22]

Skládka je řízený a přísně kontrolovaný proces a každá skládka má povoleny jen určité druhy odpadů. Podle toho rozlišujeme tři skupiny skládek:

- Pro ukládání inertních odpadů (např. stavební suť bez nebezpečných látek, zemina a kamení) s označením S-IO,
- Pro ukládání ostatních odpadů (např. komunální odpady, objemný odpad) s označením S-OO1 a S-OO3,
- Pro ukládání nebezpečných odpadů (např. odpadní barvy, nátěrové hmoty, odpadní chemikálie, vrtné kaly s obsahem nebezpečných látek) s označením S-NO. [21]

Skladování odpadů je skládkování odpadů po velmi krátkou dobu před jejich konečným uložením. Skladování odpadů podléhá přísnému režimu a popisuje ho řada norem a předpisů. Příkladem „dočasného“ uložení odpadů na území ČR je uložení vyhořelého paliva z jaderných elektráren. [21]

### **3.4 Skládky průmyslového odpadu**

Skládky průmyslového odpadu se koncepčně shodují s ostatními skládkami, pouze je u nich kladen ještě větší důraz na bezpečnost provozu skládky a její rekultivaci.

Při provozu skládek je třeba dbát na to, aby nedocházelo k vzájemné interakci mezi uloženými odpady, popř. provádět před uložením jejich inertizaci, např. mícháním s betonem. Během jejich provozu je třeba odebírat vzorky uložených materiálů a analyzovat je. V případě ukládání odpadů na skládky je nutno vědět, jak vypadají výluhy z těchto odpadů, tomu pak odpovídá kategorie skládky, na kterou lze odpad uložit. [21]

### **3.5 Zařazení vedlejších energetických produktů podle Katalogu odpadů**

Nakládání s odpady z tepelných procesů výroby elektrické energie v tepelných elektrárnách a teplárnách je významnou oblastí odpadového

hospodářství. Pro způsob následného nakládání s příslušným odpadem je rozhodující, zda se jedná o odpad ostatní či odpad nebezpečný. Podle vyhlášky Ministerstva životního prostředí (dále jen MŽP) č. 381/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů (Katalog odpadů) jsou odpady z výroby elektrické energie a tepla zařazeny většinou jako ostatní. Zařazení vedlejších energetických produktů dle katalogu odpadů znázorňuje tabulka 2.

Tab. 2: Druhy odpadů z energetiky podle Katalogu odpadů [23]

Druh odpadu	Katalogové číslo	Zařazení
Škvára, struska a kotelní prach	10 01 01	ostatní
Popílek ze spalování uhlí	10 01 02	ostatní
Pevné reakční produkty na bázi vápníku z odsiřování spalin	10 01 05	ostatní
Reakční produkty z odsiřování spalin na bázi vápníku ve formě kalu	10 01 07	ostatní
Písky z fluidních loží	10 01 24	ostatní
Pevný odpad z čištění plynu	10 04 06	nebezpečný

### 3.6 Požadavky na ukládání odpadů na skládky dle vyhlášky č. 294/2005 Sb.

Odpady lze na skládky jednotlivých skupin přijímat pouze podle druhu a kategorie odpadů, podle jejich skutečných vlastností, podle třídy vyluhovatelnosti odpadů vodou, na základě jejich vzájemné mísitelnosti, podle obsahu škodlivin v sušině a při dodržení dalších podrobností.

Na skládky odpadů se odpady ukládají tak, aby nemohlo dojít k nežádoucím vzájemné reakci za vzniku škodlivých látek, narušení těsnosti, k nežádoucím deformacím nebo narušení stability a konstrukce skládky.

#### 3.6.1 Vyluhovatelnost odpadů a třídy vyluhovatelnosti

Při úpravě vzorku a následné přípravě vodného výluhu se musí postupovat podle ČSN EN 12457 – 4 (83 8005). V tabulce 3 jsou uvedeny nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů pro jednotlivé třídy vyluhovatelnosti dle vyhlášky 294/2005 Sb

Tab. 3: Třídy vyluhovatelnosti [23]

ukazatel	Třídy vyluhovatelnosti			
	I	Ila	Ilb	III
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
DOC(rozpuštěný organický uhlík)	50	80	80	100
Jednosytné fenoly	0,1			
Chloridy	80	1500	1500	2 500
Fluoridy	1	30	15	50
sírany	100	3000	2 000	5 000
As	0,05	2,5	0,2	2,5
Ba	2	30	10	30
Cd	0,004	0,5	0,1	0,5
Cr celkový	0,05	7	1	7
Cu	0,2	10	5	10
Hg	0,001	0,2	0,02	0,2
Ni	0,04	4	1	4
Pb	0,05	5	1	5
Sb	0,006	0,5	0,07	0,5
Se	0,01	0,7	0,05	0,7
Zn	0,4	20	5	20
Mo	0,05	3	1	3
RL (rozpuštěné látky) <sup>1)</sup>	400	8 000	6 000	10 000
pH		≥6	≥6	

### 3.6.2 Mísitelnost odpadů ukládaných na skládky

Při ukládání odpadů na skládky musí být minimalizována možnost chemických reakcí mezi různými druhy ukládaných odpadů. Odpady jsou navzájem mísitelné, pokud při jejich společném uložení na skládku nedochází k reakcím s nežádoucími projevy. Za nežádoucí projevy chemických reakcí mezi odpady ukládanými na vícedruhové skládky je považován zejména vývin tepla s možností zahoření, vývin hořlavých nebo toxických plynů, vytvoření podmínek umožňující významné zvýšení vyluhovatelnosti škodlivých látek z odpadu do vnitřních skládkových vod.

Průvodce odpadu nebo oprávněná osoba vyhodnotí, zda chemické látky a přípravky obsažené v odpadu nemohou způsobit při smíchání s jinými odpady nežádoucí reakce. Pokud takové riziko existuje, musí být učiněna opatření, aby bylo nežádoucím reakcím zamezeno.

Do jednoho sektoru skládkového tělesa nesmějí být ukládány zejména:

- Odpady upravené – stabilizované anorganickými pojivy a odpady s vysokým obsahem síry (např. energosádrovec) s odpady podléhajícími biologickému rozkladu (např. odpady komunální),
  - Odpady se zvýšeným obsahem kovů (např. anorganické odpady s obsahem kovů ze zpracování kovů, z povrchové úpravy kovů, z hydrometalurgie neželezných kovů) s odpady podléhajícími biologickému rozkladu (např. odpady komunálními),
  - Odpady s obsahem kyanidů s odpady podléhajícími biologickému rozkladu (např. komunální odpady) nebo s odpady s kyselou reakcí.
- [23]

### **3.6.3 Vybrané podmínky, které musejí odpady ukládané na skládky splňovat**

Odpady upravené některým ze způsobů stabilizace uvedených v příloze č. 6 vyhlášky č. 294/2005 Sb., nesmějí být ukládány na skládky skupiny S-IO a S-OO3. Na skládky skupin S-OO1 nebo S-NO se ukládají podle třídy vyluhovatelnosti.

Popílky ze spaloven nebezpečných odpadů smějí být ukládány pouze po úpravě způsobem podle přílohy č. 6 v odděleném sektoru skládky odpadů.

#### **Podmínky a kritéria pro přijetí odpadu na skládky skupiny S – inertní odpad (S-IO):**

- a) Bez zkoušek mohou být přijímány pouze odpady uvedené v tabulce 4
- b) Vodný výluh připravený z odpadu postupem dle ČSN EN 12 457 – 4 nesmí překročit v žádném z ukazatelů nejvýše přípustné hodnoty pro vyluhovatelnou třídu I

Tab. 4: Odpady, které lze přijímat na skládky bez zkoušek [22]

Kód odpadu	Název	Popis odpadu	Odpad nesmí obsahovat
10 11 03	Odpadní materiál na bázi skelných vláken		Minerální vatu s obsahem azbestu, organická pojiva
1501 07	Skleněné obaly		Použité skleněné obaly se zbytky náplně
1701 01	Beton <sup>1)</sup>	Kusy betonu a železobetonu z demolic a rekonstrukcí staveb, který může obsahovat drobné částice kovů (např. šrouby) a dřevo (např. zbytky ztraceného bednění) v množství menším než významném	Nátěry a povlaky (např. izolační, dekorační, penetrační), znečištění ropnými uhlovodíky
1701 02	Cihly <sup>1)</sup>	Cihly, kusy cihel, cihlové bloky (cihly spojené maltou) z demolic a rekonstrukcí staveb	Nátěry a povlaky (např. izolační, dekorační, penetrační), znečištění ropnými uhlovodíky
17 01 03	Tašky a keramické výrobky <sup>1)</sup>	Střešní krytina z pálené hlíny, obkládací a podlahové keramické dlaždice z demolic a rekonstrukcí staveb	Betonovou střešní krytinu a střešní krytinu s obsahem azbestu
1701 07	Směsi nebo oddělené frakce betonu, cihel, tašek a keramických výrobků <sup>1)</sup> neuvedené pod číslem 17 01 06	Odpady stavebních výrobků na bázi přírodních materiálů	Odpady s obsahem azbestu a ochranné povlaky s obsahem organických látek a ropné látky
17 02 02	Sklo	Sklo z výplní otvorů staveb	znečištěné
17 05 04	Zemina a kamení neuvedená pod číslem 17 05 03*		Ornici, rašelinu, zeminu z kontaminované lokality
20 01 02	Sklo	Pouze střepy ze samostatně sebraných nápojových obalů a tabulového skla v případě, že v daném čase a místě není obcí zahrnut v systému třídění a využívání těchto odpadů	Nápojové obaly se zbytky náplně, střepy z obalů a obaly pro chemikálie
20 02 02	Zemina a kameny	Odpad z údržby zahrad a parků	Odpad z výkopů a rekonstrukcí inženýrských sítí, ornici a rašelinu

**Podmínky a kritéria pro přijetí odpadu na skládky skupiny S – ostatní odpad (S-001):**

- Bez zkoušek mohou být přijímány pouze odpady uvedené v tabulce 4
- Vodný výluh připravený z odpadu postupem dle ČSN EN 12 457 – 4 nesmí překročit v žádném z ukazatelů nejvýše přípustné hodnoty pro výluhovou třídu číslo IIa
- Obsah TOC (celkový organický uhlík) v sušině odpadu nesmí překročit 5 %. Při překročení této nejvýše přípustné hodnoty lze odpad považovat za vyhovující kritériím pro příjem v případě, že je hodnota DOC (rozpuštěný organický uhlík)  $\leq 80$  mg/l. Obsah TOC v sušině odpadu stabilizovaného se nezjišťuje

**Podmínky a kritéria pro přijetí odpadu na skládky skupiny S – ostatní odpad (S-003):**

- Na tuto skupinu skládek nesmějí být ukládány odpady na bázi sádry
- Bez zkoušek mohou být přijímány pouze odpady uvedeny v tabulce 4

- c) Vodný výluh připravený z odpadu postupem dle ČSN EN 12 457 – 4 nesmí překročit v žádném z ukazatelů nejvýše přípustné hodnoty pro výluhovou třídu číslo IIa.

**Podmínky a kritéria pro přijetí odpadu na skládky skupiny S – nebezpečný odpad (S-NO):**

- a) Bez zkoušek mohou být přijímány pouze odpady uvedeny v tabulce 4  
b) Vodný výluh připravený z odpadu postupem dle ČSN EN 12 457 – 4 nesmí překročit v žádném z ukazatelů nejvýše přípustné hodnoty pro výluhovou třídu číslo III.  
c) Nesmějí být přijímány odpady, které vykazují ztrátu žiháním vyšší než 10 % sušiny nebo ukazatel TOC v sušině vyšší než 6 %

**3.6.4 Odpady, které je zakázáno ukládat na skládky všech skupin**

Tyto odpady zároveň nelze požívat jako technologický materiál nebo využívat na povrchu terénu. Mezi tyto odpady patří následující:

- Odpady vznikající z výrobků podléhající povinnosti zpětného odběru s výjimkou využívání pneumatik při výstavbě a uzavírání skládek
- Kapalný odpad a odpad, který sedimentací uvolňuje kapalnou fázi, s výjimkou kovové rtuti, která je jako odpad přijímána k dočasnému skladování za určitých podmínek
- Nebezpečné odpady, které jsou výbušné, oxidující, hořlavé, infekční nebo mohou uvolňovat akutně toxický plyn
- Odpady, které prudce reagují při styku s vodou
- Odpady chemických a biologických látek vznikajících při výzkumné, vývojové nebo výukové činnosti, jejichž totožnost nebyla zjištěna anebo jsou nové a jejichž účinky na člověka nebo životní prostředí nejsou známy
- Veškerá léčiva, návykové látky a přípravky, makovina a prekursorů drog
- Biocidy (pesticidy)
- Odpady silně zapáchající



- Odpady s obsahem plynu pod tlakem rozdílným od tlaku atmosférického
- Odpady, u nichž míra obsahu radionuklidů nebo znečištění jimi neumožňuje jejich uvádění do životního prostředí
- Kyselí a hydrolyze podléhající odpady z výroby oxidu titaničitého

#### **4. Přípustné hodnoty znečištění povrchových vod a odpadních vod**

Otázka problematiky znečištění povrchových vod je nadále aktuálním tématem. Z dlouhodobého hlediska dochází v České republice k významnému zlepšování kvality povrchových vod. Na počátku 21. století se však tento trend zpomalil, a v roce 2006 nastalo dokonce mírné meziroční zhoršení. Do té doby byl příznivý vývoj přerušen pouze povodňovým rokem 2002, kdy došlo k poškození řady čistíren odpadních vod i k přímému úniku znečišťujících látek z průmyslových podniků. [24]

Hodnoty přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod se zabývá Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. *Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.*

##### **4.1 Průmyslové odpadní vody**

Průmyslovými odpadními vodami se rozumí odpadní vody z výroby uvedených v části B přílohy č. 1 v NV 401/2015 Sb., jakož i odpadní vody v této části přílohy neuvedené, jsou-li vypouštěny z výrobních nebo jim obdobných zařízení, včetně odpadních vod vypouštěných z průmyslových areálů, které vznikají převážně jako produkt průmyslové činnosti. [24] Přípustné hodnoty znečištění pro odpadní vody vypouštěné z areálů výroby elektřiny a tepla znázorňuje tabulka 5.

Tab. 5: Průmyslové vody z výroby elektřiny a tepla [25]

CZ-NACE	Průmyslový obor/ukazatel	Jednotka	Přípustné hodnoty "p" <sup>a)</sup>
35.11 35.30.1	Výroba elektřiny a tepla <sup>13)</sup>		
	pH	-	6-10
	NL	mg/l	40
	RAS	mg/l	1500
	C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub>	mg/l	1
	Odkaliště popele:		
	pH	-	6-10
	NL	mg/l	40
	RAS	mg/l	2000
	Čistírna odpadních vod z odsíření:		
	pH	-	6-10
	NL	mg/l	40
	RAS	mg/l	15000

Zdrojem znečištění se rozumí území obce, popřípadě její územně oddělená a samostatně odkanalizovaná část, území vojenského újezdu nebo areál průmyslového podniku či jiného objektu, pokud se z nich vypouštějí samostatně odpadní vody do vod povrchových. Za samostatný zdroj znečištění se považuje i areál či část areálu průmyslového podniku či jiného objektu, z nichž se odpadní vody vypouštějí do chlazení parních turbín, z něhož se vypouštějí do vod povrchových. [25]

Tabulka 6 vyjadřuje prahová množství vypouštěných zvlášť nebezpečných látek obsažených v průmyslových odpadních vodách. Hodnoty se vztahují zejména na sledování průsakových vod z odkališť, ze skládek odpadů či kontaminovaných zemín a jiných ekologických zátěží.

Tab. 6: Limity zvlášť nebezpečných látek obsažených v průmyslových odpadních vodách [25]

Látka	Roční množství (kg)
Rtuť	7,5
Kadmium	10
Hexachlorcyklohexan <sup>1)</sup> (suma)	3
Tetrachlormethan	30
DDT <sup>1)</sup> (suma)	1
Driny (suma) (aldrin, dieldrin, eldrin, isodrin) <sup>1)</sup>	1
Pentachlorfenol	3
Hexachlorbenzen	1
Hexachlorbutadien	1
Trichlormethan	30
1,2-dichlorethan	30
Tetrachlorethen	30
Trichlorethen	30
Trichlorbenzen (suma)	3

## 4.2 Povrchové vody

Vyhláška č. 401/2015 Sb. definuje dobrý stav povrchové vody jako stav, který odpovídá následujícím ukazatelům:

- Neporušená samočistící schopnost
- Stav bez přítomnosti organismů s potenciálně patogenními a toxickými vlastnostmi
- Stav, při němž nedochází k nadměrnému rozvoji autotrofních organismů a ke zvýšení produktivity vodního ekosystému, ani závažné změně druhové rozmanitosti vodních organismů
- Stav, při němž nedochází ke vzniku kalových lavic nebo pokrytí vodní hladiny pěnou, tuky, oleji nebo jinými závadnými látkami
- Stav, při němž nedochází k porušování hygienických požadavků na ochranu před ionizujícím zářením
- Stav, při němž nedochází v důsledku škodlivého působení látek ke změně produktivity vodního ekosystému, ani k závažnému omezení druhové rozmanitosti vodních organismů nebo překročení pro ně nejvýše přípustných hodnot dávky nebo objemové aktivity radionuklidů. [25]

Tabulka 7 znázorňuje normy environmentální kvality pro specifické znečišťující látky pro útvary povrchových vod a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod užívaných pro vodárenské účely, vztahující se k místu odběru pro úpravu na vodu pitnou.

Tab. 7: Limitní hodnoty pro znečištění povrchových vod [25]

Ukazatel	Značka, zkratka nebo číslo CAS <sup>A)</sup>	Jednotka	Přípustné znečištění pro účely § 31 zákona <sup>B)</sup>	Norma environmentální kvality (NEK) <sup>D)</sup>
			roční průměr <sup>C)</sup>	NEK-RP <sup>E)</sup>
beryllium	Be	µg/l		0,5
bor	B	µg/l		300
cesium 137	<sup>137</sup> Cs	Bq/l		0,5
cín	Sn	µg/l		25
hliník	Al	µg/l	380 <sup>22 B)</sup>	1000
chrom	Cr	µg/l	23)	18
kobalt	Co	µg/l		3
mangan	Mn	mg/l	0,24 <sup>24 B)</sup>	0,3
měď	Cu	µg/l		14
molybden	Mo	µg/l		18
radium 226	<sup>226</sup> Ra	Bq/l		0,3
selen	Se	µg/l		2
stroncium 90	<sup>90</sup> Sr	Bq/l		0,2
stříbro	Ag	µg/l		3,5
tritium	<sup>3</sup> H	Bq/l	100 <sup>G) 9)</sup>	1000 <sup>25</sup>
uran	U	µg/l	6 <sup>26 10)</sup>	24
vanad	V	µg/l		18
zinek	Zn	µg/l		92
železo	Fe	mg/l	0,52 <sup>27 B)</sup>	1

## 5. Technické podmínky Asociace pro využití energetických produktů

Technické podmínky Asociace pro využití energetických produktů (TP ASVEP) platí pro využití energetických produktů testovaných a registrovaných jako chemické látky podle nařízení (ES) č. 1907/2006 (nařízení REACH) – viz tabulka 8

Tab. 8: Identifikace energetických produktů zaregistrovaných dle nařízení REACH [26]

Název	EINECS	Lead registrant	Registrační číslo
Ashes (residues), coal	931-322-8	Evonik Steag GmbH	01-2119491179-27
FBC Ash	931-257-5	UTEX-CENTRUM Sp. z o.o.	01-2119484641-35
SDA Produkt	931-259-6	UTEX Sp. Z o.o.	01-2119484864-23
Calcium Sulphate	231-900-3	Saint Gobain Placo Ibérica SA	01-2119444918-26
Ashes (residues), plant	297-049-5	ČEZ, a.s.	01-2119531232-54

Dle těchto podmínek mohou být energetické produkty použity vždy pouze na stavbách v konkrétní lokalitě za přesně definovaných podmínek, které se stanovují na základě hydrogeologického posudku zpracovaného osobou s odbornou způsobilostí v oboru hydrogeologie a sanační geologie. Název lokality musí být vždy uveden na titulní straně vydané certifikační dokumentace (v názvu certifikátu). [26]

V tabulce 9 jsou uvedeny požadavky na základní rozsah sledovaných parametrů ve vodném výluhu představující tzv. toxikologicky významné kovy a další škodlivé složky přecházejících do výluhů, které se nejčastěji vyskytují ve významnějším množství, doplněné o stanovení DOC (pro určení případného podílu organických látek), včetně limitních hodnot. Vzhledem k trvalému zabudování výrobků do stavby je expozice (působení na životní prostředí nebo na lidské zdraví) nejpravděpodobnější ve formě výluhu.

U antropogenně ovlivněných lokalit mohou limitní hodnoty sledovaných parametrů ve výluhu překročit limitní hodnoty stanovené v tabulce 9, a to v případě, že jejich zvýšení odpovídá podmínkám pro dané místo, geologické a hydrogeologické charakteristice místa a jeho okolí. [26]

Tab. 9: Limitní hodnoty koncentrací škodlivin ve výluhu pro území nepostižená antropogenní činností [26]

Sledovaný parametr	Jednotka	Limitní hodnota
hodnota pH		6-9
vodivost	mS.m <sup>-1</sup>	125
Al	µg.l <sup>-1</sup>	200
As	µg.l <sup>-1</sup>	10
B	µg.l <sup>-1</sup>	300
Ba	µg.l <sup>-1</sup>	50
Cd	µg.l <sup>-1</sup>	0,5
Co	µg.l <sup>-1</sup>	3
Cr	µg.l <sup>-1</sup>	50
Cu	µg.l <sup>-1</sup>	14
Hg	µg.l <sup>-1</sup>	0,2
Mo	µg.l <sup>-1</sup>	5
Ni	µg.l <sup>-1</sup>	20
Pb	µg.l <sup>-1</sup>	5
Sb	µg.l <sup>-1</sup>	5
Se	µg.l <sup>-1</sup>	10
Sn	µg.l <sup>-1</sup>	25
V	µg.l <sup>-1</sup>	18
Zn	µg.l <sup>-1</sup>	150
DOC	mg.l <sup>-1</sup>	10

## 6. Metody provádění vodných výluhů

V různých evropských zemích byly vyvinuty zkoušky pro charakterizaci a posouzení složek, které mohou být vyluhovány z pevných odpadů. Uvolnění rozpustných složek při kontaktu s vodou je považováno za hlavní mechanismus vyluhování, který představuje možné nebezpečí pro životní prostředí, pokud se odpady využívají nebo ukládají. [27]

Národní referenční laboratoř pro hygienu půdy a odpadů SZÚ vypracovala postupy, které slouží k přípravě vodných výluhů stavebních materiálů a výrobků se zabudovaným odpadem, které umožňují stanovit ve stavebních materiálech a výrobcích takové látky nebo jejich formy, které jsou za daných podmínek rozpustné ve vodě. Určení a stanovení uvolnitelných látek umožňuje zjistit, jestli dojde k ovlivnění nebo ohrožení přírodního prostředí, především vody a půdy. [28]

Vyluhovací zkouškou se rozumí zkouška, během níž se materiál přivede do kontaktu s vyluhovací kapalinou a některé složky materiálu se vyluhují. [27]

Vodným výluhem se rozumí roztok, který byl připraven ze vzorku odpadu podle ČSN EN 12 457 – 4. [23]

Jako vyluhovací kapalina se dle ČSN EN 12457 – 4 Charakterizace odpadů používá destilovaná voda, demineralizovaná voda nebo voda odpovídající čistoty ( $5 < \text{pH} < 7,5$ ) s konduktivitou  $< 0,5 \text{ mS/m}$  podle 3. stupně jakosti v EN ISO 3696.

### 6.1 Odběr vzorku

Odebrání skutečně reprezentativního vzorku podle ČSN 01 5110 probíhá u stavebních výrobků ve formě monobloku je připraveno zkušební těleso s délkou zrání alespoň 28 dní.

### 6.2 Příprava výluhů dle konzistence materiálu

#### a) Zrnitost materiálu do 10 mm:

Stanoveného poměru 1:10 se docílí odvážením  $100 \pm 1 \text{ g}$  sušiny /stanovené při  $105^\circ\text{C}$ / původního nebo předupraveného vzorku do láhve a přelitím 1000 ml loužící kapaliny. Láhev se otáčí kolem vodorovné osy, aby testovaná suspenze byla dobře promíchána. Způsob míchání musí být dodržen k zabezpečení

reprodukovatelnosti výsledků. Podmínky vyluhování jsou definovány teplotou  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 24 hodinami /uvedené varianty/ styku obou fází a oddělením filtrací. Pro chemickou analýzu přes membránový filtr o velikosti pórů  $0,45\text{ }\mu\text{m}$ , pro testy ekotoxicity přes papírové filtry střední velikosti pórů  $5\text{ }\mu\text{m}$ .

Opakovaný výluh: oddělená pevná fáze po prvním výluhu se znovu přelije 1000 ml loužící kapaliny.

#### b) Zkušební vzorky (hranoly, kvádry, válce)

Stanoveného poměru 1:5 se docílí tak, že  $200\text{ cm}^2$  povrchu zkušebního tělesa se přelije 1000 ml loužící kapaliny /podle změřeného povrchu se přidává nebo ubírá loužící kapaliny/. Podmínky vyluhování jsou definovány teplotou  $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 24 hodinami /uvedené varianty/ styku obou fází a oddělením filtrací. Pro chemickou analýzu přes membránový filtr o velikosti pórů  $0,45\text{ }\mu\text{m}$ , pro testy ekotoxicity přes papírové filtry střední velikosti pórů  $5\text{ }\mu\text{m}$ . [28]

### 6.3 Hodnocení vyluhování toxických a nežádoucích chemických látek do kontaktních médií – chemická analýza výluhu

Rozsah sledovaných parametrů chemických analýz se stanovuje individuálně podle původu a technologie vzniku použitého odpadu, technologie zpracování odpadu do stavebních materiálů, ale i účelu a místa použití stavebního výrobku ve stavbě či oblasti životního prostředí. [28]

K individuálnímu posouzení výsledku sledovaných parametrů chemických analýz stavebních materiálů nebo výrobků podle účelu a místa užití slouží jako podklad stávající legislativa:

- Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody
- Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
- Vyhláška MŽP č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady v posledním znění.

Chemická analýza výluhu odpadů probíhá v akreditovaných zkušebních laboratořích.

#### **6.4 Metodiky testů ekotoxicity**

Ekotoxicita se stanovuje pomocí testů akutní toxicity, kterým je podroben vodný výluh odpadu nebo jeho roztok (je-li odpad ve vodě rozpustný). Testy se provádějí na zástupcích ryb, zooplanktonu, fytoplanktonu a vyšších rostlin určených bodem 6 přílohy 1 vyhlášky MŽP č. 339/1997 Sb. Organismy reprezentující důležité články ekosystémů s možnou rozdílnou citlivostí k různým látkám obsaženým v odpadu. Pro konečné posouzení je rozhodující výsledek toho testu, ve kterém reagoval testovací organismus na roztok odpadu či jeho vodný výluh nejcitlivěji. Testy akutní ekotoxicity se provádějí podle aktuálně platných ČSN.

Testy ekotoxicity se zahajují úvodním testem, který slouží pro odhad ekotoxicity neředěného vodného výluhu nebo testovaného roztoku chemické látky na testovací organismus.

Vyplyne-li z výsledků úvodního testu, že je toxický účinek menší než 50 %, provede se ověřovací test. Ověřovací testy se provádějí s nejméně trojnásobným množstvím organismů oproti počtu organismů požadovaných při základních testech. Cílem ověřovacích testů je potvrzení, že neředěný vodný výluh nebo testovaný roztok chemické látky nevykazuje toxické účinky na předepsaných testovacích organismech.

Projeví-li se v průběhu úvodního testu toxický účinek u více než 50 % testovacích organismů, provede se předběžný test s využitím vhodně zvolené škály koncentrací vodného výluhu. Za vhodně zvolenou koncentrační řadu vodného výluhu pro předběžný test se považuje řada zahrnující koncentrace s toxickým účinkem pro 0 až 100 % testovacích organismů.

Základní test se naplánuje na základě výsledků předběžného testu a slouží ke stanovení hodnoty LC (EC, IC)50.

V každém testu se nasazuje rovněž kontrola s počtem organismů, odpovídajícím metodice daného testu. Jako kontrola se využívá ředící voda, popř. živé médium, bez přídavku vodného výluhu odpadu a probíhá za stejných podmínek jako vlastní testy ekotoxicity, pro něž je kontrola využívána. [29]



## 6.5 Standardní testy toxicity

Existuje celá řada ekotoxikologických testů, které jsou standardizovány nejen dle postupů ISO (mezinárodní organizace pro standardizaci), ale i podle postupů OECD (organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj).

### 6.5.1 Test na akvarijských rybcích

Jako testovací organismy se většinou používají druhy danio pruhoaný (*Brachydanio rerio*) a živorodka duhová (*Poecilia reticulata*).

Danio pruhoaný se k testům vybírá ve věku 2,5 až 3,5 měsíců s délkou těla 25 až 35 mm, zatímco živorodka duhová ve věku 3 až 4 měsíce s délkou těla 15 až 25 mm. Jedinci se k testování vybírají náhodně, avšak za dodržení poměru pohlaví 1:1.

Testovací jedinci se vystavují účinkům různých koncentrací testované látky po dobu 96 hodin při teplotě ( $23 \pm 2$ ) °C a osvětlení 12 až 16 hodin denně, přičemž se během testu sleduje jejich chování a stav a zaznamenává se počet uhynulých jedinců. Současně se nasazuje stejný počet organismů i do kontrolního akvária.

Vybraní jedinci se před testem 7 dní aklimatizují v ředící vodě při zachování stejných podmínek, tj. především při stejné teplotě a osvětlení, jako při vlastním testování. Během testu se zaznamenává teplota, pH a koncentrace rozpuštěného kyslíku. Po ukončení testu jsou jedinci, kteří testování přežili, usmrceni, ovšem mimo jedince, kteří byli v kontrolním akváriu. Získané hodnoty slouží k určení letální koncentrace 96hLC50. [30]

### 6.5.2 Test na perloočkách

Akutní imobilizační test se provádí na hrotnatce velké. Hrotnatka druhu *Daphnia magna* je součástí sladkovodního zooplanktonu. Patří do řádu perlooček, podtřídy lupenonožců, třídy korýšů. Je to drobný členovec o rozměrech 1 až 5 mm, který se živí planktonem. Vývoj jedince je přímý, bez larválních stádií.

K ekotoxikologickému testování se využívají hrotnatky velké ve stáří do 24 hodin nejméně třetí generace, přičemž se účinkům různých koncentrací vystavují po dobu 24, popř. 48 hodin při teplotě ( $20 \pm 2$ ) °C, bez krmení a osvětlení. Současně se stejné organismy nasadí do standardně připravené ředící vody bez testované látky,

což slouží jako tzv. kontrola. Po 24 a 48 hodinách se zkontroluje stav hrotnatek a zaznamenají se uhynulí a imobilizovaní jedinci v jednotlivých koncentracích testované látky i v kontrole. Získané hodnoty slouží ke stanovení efektivní koncentrace 24hEC50 a 48Hec50. [31]

### **6.5.3 Test na sladkovodních řasách**

Nejčastěji využívanými organismy pro test inhibice růstu sladkovodních řas bývají *Desmodesmus subspicatus* a *Pseudokirchneriella subcapitata*. Jsou to zástupci zelených řas, kteří se velmi často vyskytují v našich vodách a představují tak důležitý článek potravního řetězce.

Princip testu spočívá ve stanovení toxického účinku testovaných látek na inhibici růstu a rozmnožování řasy v jednotlivých koncentracích testované látky ve srovnání s kontrolami v čistém živném roztoku.

Před začátkem testu se řasy po několik generací kultivují při teplotě  $(25 \pm 2)$  °C za stálého osvětlení 6000 lx v živném roztoku, který zároveň slouží jako ředící voda při přípravě koncentrační řady testované látky nebo vodného výluhu odpadu.

Řasy se inkubují po dobu 72 hodin v různých koncentracích testované látky a každých 24 hodin se v nich měří hustota buněk pomocí Bürkerovy počítací komůrky, přičemž se řasy cca 3x denně promíchávají. Účinek testované látky na časovou kulturu se projeví jako inhibice čili snížení růstu nebo růstové rychlosti ve vztahu k růstu kontrolních kultur. Poté se vyhodnotí inhibiční koncentrace 72hIC50. V případě, že testovaná látka působí stimulačně, se stanovení 72hIC50 neprovádí. [32]

### **6.5.4 Test na semenech vyšších rostlin**

Testuje se vliv testované látky na klíčení semen a růst kořenů hořčice bílé (*Sinapis alba*) v počátečních stádiích vývoje. Test spočívá v kultivaci semen po dobu 72 hodin na podložkách nasycených roztoky zkoumané látky ve srovnání se semeny, které rostou na podložce nasycené ředící vodou. V testech toxicity představuje hořčice zástupce kulturních a vyšších rostlin.

Po 72 hodinách působení se v jednotlivých koncentracích i v kontrole stanoví počet vyklíčených semen a změří se délka kořenů. Z naměřených hodnot se pro každou koncentraci a kontrolu vypočítává průměrná délka kořene a určí se koncentrace látky, která způsobí 50 % inhibici růstu kořene ve srovnání s kontrolou, tzv. 72Hic50.

Pokud testovaná látka působí na růst kořene stimulačně, tzn. že průměrná délka kořene v testované látce je větší než v kontrole, výpočet hodnoty 72hIC50 se neprovádí.

## **6.6 Alternativní testy toxicity**

Mimo standardní testy se stále častěji využívají alternativní testy toxicity, které umožňují rychlé testování velkých sérií především nových chemických látek. Velkou výhodou těchto testů je jejich miniaturizace, zkrácení doby inkubace a snížení nákladů.

Velmi významným typem alternativních testů jsou mikrobiotesty, u nichž testování probíhá ve zkumavkách nebo kyvetách, přičemž se doba vlastního testování zkracuje na 24 hodin, popř. 48 hodin v případě testu akutní toxicity. Konečným výstupem testu je určení mortality, popř. imobilizace organismů, změna absorbance, fluorescence nebo luminiscence.

Testovacími organismy v mikrobiotestech jsou např. bakterie, prvoci, řasy, bezobratlí i zástupci ryb, přičemž se tyto organismy dlouhodobě uchovávají v klidových stádiích (bezobratlí), lyofilizovaném stavu (bakterie) nebo v imobilizované formě (řasy) a podle potřeby se oživují až před vlastním testováním.

Jedním z nejčastěji používaných typů mikrobiotestu jsou tzv. toxkity, které využívají klidová stadia zooplanktonu. Toxkity jsou komerčně prodávány v baleních, která obsahují kultivační nádoby k oživení testovacích organismů z klidového stadia, pipety, testovací destičky, živné médium, testovací organismy v klidovém stadiu, protokol o provedené zkoušce a návod k použití. [32]

Výhodou toxkitů je jejich nízká cena v porovnání se standardními testy, neboť odpadají náklady spojené s chovem testovacích organismů. Mezi nejvýznamnější toxkity patří Thamnotoxkit F, Daphotoxkit F, Rotoxkit F, Algatoxkit F a Rapidtoxkit F. [32]

## 7. Bezslínkové hydraulické pojivo Sorfix

Nové bezslínkové hydraulické pojivo Sorfix (SFX) vzniklo ve spolupráci Vysoké školy chemicko-technologické, Českého vysokého učení technického a společnosti ČEZ Energetické produkty s.r.o. a patentový spis byl zveřejněn 8. 2. 2017.

Způsob přípravy bezslínkového hydraulického pojiva smíšením fluidního popílku ze spalování uhlí s mletým vápencem, který obsahuje kromě hlinitokřemičité látky také nejméně 2 % hmotnosti volného CaO a nejméně 2 % hmotnosti CaSO<sub>4</sub>, nebo jeho směsi s látkami vybranými ze skupiny tvořené křemičitým úletovým popílkem a Ca(OH)<sub>2</sub>, se záměsovou vodou obsahující plastifikátor pro zlepšení reologických vlastností v koncentraci 0,2 až 3 % hmotnosti, vztaženo na hmotnost fluidního popílku, spočívá podle vynálezu v tom, že se fluidní popílek ze spalování uhlí s mletým vápencem umele na měrný povrch 350 až 650 m<sup>2</sup>/kg. [33]

Na základě rozsáhlých experimentů bylo zjištěno, že pojivo obsahující mletý fluidní popílek ze spalování uhlí s mletým vápencem dosahuje výrazně lepších vlastností, než je známý stav zpracování fluidních popílků ze spalování uhlí s vápencem. Mletí fluidního popílku se projevuje ve zlepšení vlastností pojiva:

- Vodní součinitel (poměr vody k pojivu) nutný pro dosažení přijatelné zpracovatelnosti kaší, malt i betonů je výrazně nižší než u směsi nemletého fluidního popílku. Snížení vodního součinitele a zvýšení reaktivity fluidního popílku mletí se projeví ve značném zvýšení pevností směsí po zatvrdnutí.
- Zkrátí se doba míchání kaší, malt i betonů v důsledku snížení nasákavosti mletého fluidního popílku. Doba míchání směsí s nemletým fluidním popílkem se pohybuje od 10 do 45 minut pro dosažení přijatelné konzistence. Dlouhá doba míchání směsí s nemletým fluidním popílkem je dána tím, že část vody se nasákne do porézních částic fluidního popílku a je pro zpracovatelnost směsí „ztracena“.

- Směsi obsahující mletý fluidní popílek dosahují vysokých pevností i při tvrdnutí v oblasti teplot 15 až 20 °C a tím odpadá nutnost hydrotermálního procesu pro dosažení vyšších počátečních pevností.
- Mletím fluidního popílku se vytváří potenciální možnost zpracování samotného mletého fluidního popílku bez dalších minerálních přísad na rozdíl od dosud známého řešení podle patentového spisu CZ 305 487

Pro zpracování pojiva obsahující mletý fluidní popílek ze spalování uhlí s mletým vápencem je nutné použití plastifikátorů, například derivátů sulfonovaného melaminu, polymerů polykaroxyléterů či polymery fosfonátů. [33]

Pojivo lze po zpracování ponechat volnému tuhnutí při běžných teplotách nebo jej lze vystavit hydrotermálním podmínkám tvrdnutí (např. 12 až 24 hod při 60 až 80 °C). Fluidní popílek ze spalování uhlí s mletým vápencem a křemičitý popílek je možné před přípravou pojiva mlít současně, případně i ve směsi s  $\text{Ca(OH)}_2$ . Pojivo lze použít ve formě kaší, malt i betonů. [33]

Rozsáhlými experimenty byly zjištěny především tyto fyzikálně-mechanické vlastnosti pojiva [33]:

- Pojivo dle vynálezu dosahuje vysokých krátkodobých i dlouhodobých pevností, zároveň bylo dosaženo stability dlouhodobých pevností
- Pojivo je dle vynálezu dlouhodobě objemově stabilní, a to i při uložení ve vodě
- Pojivo má dle vynálezu nízký vodní součinitel

**KONEC ZVEŘEJNĚNÉ ČÁSTI**

## Seznam použité literatury

- [1] *POLITIKA DRUHOTNÝCH SUROVIN ČESKÉ REPUBLIKY*. [online]. In.: 2015. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/dokument153352.html>
- [2] MRÁZ, Václav; HAVLICE, Martin; SUDA, Jan. Příklady využití vedlejších energetických produktů v zemních konstrukcích a vliv kvality vodných výluhů na jejich uplatnění. *Odpadové fórum* [online]. 2017 [cit. 2018-10-11]. Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/TVIP2017/prispevky/137.pdf>
- [3] KHOLOMYEVA, Marina. *Ve světě na výhody použití elektrarenských popílku už přišli. A jak jsme na tom my?* [online]. 2018 [cit. 2018-10-11] dostupné z: <http://www.prumyslovaekologie.cz/Dokument/103597/ve-svete-na-vyhody-pouziti-elektarenskych-popilku-uz-prisli-a-jak-jsme-na-tom-my.aspx#sdfootnote2sym>
- [4] *POPÍLEK. ČEZ ENERGETICKÉ PRODUKTY* [online]. 2017 [cit. 2018-10-15]. Dostupné z: <http://www.cezep.cz/cs/vedlejsi-energeticke-produkty/popilek>
- [5] FEČKO, Peter. *Fly Ash*. Ostrava: VŠB, 2005
- [6] ROUBÍČEK, Václav; BUCHTELE, Jaroslav. *Uhlí: Zdroje, Procesy, Užití*. Ostrava: Montanex, 2002.
- [7] *STRUSKA. ČEZ ENERGETICKÉ PRODUKTY* [online]. 2017 [cit. 2018-10-15]. Dostupné z: <http://www.cezep.cz/cs/vedlejsi-energeticke-produkty/struska>
- [8] *ENERGOSÁDROVEC. SILOTRANSPORT* [online]. 2018 [cit. 2018-10-20]. Dostupné z: <https://www.silotransport.cz/energoadrovec>

- [9] *ENERGOSÁDROVEC. ČEZ ENERGETICKÉ PRODUKTY* [online]. 2017 [cit. 2018-10-20]. Dostupné z: <http://www.cezep.cz/cs/vedlejsi-energeticke-produkty/struska>
- [10] BIBORA, P.: *Energosádrovec, anhydrit a možnosti jejich využití. Odpadové fórum* [DVD]. 2010, c. 4, s. 27-28 [cit. 2018-11-06]
- [11] ČEZ, a. s. *Technologie pro snižování emisí SO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>* [online]. [cit. 2018-11-06]. Dostupné z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/02/technologie\\_5.html](https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/02/technologie_5.html)
- [12] SCHNEPP, Ota. *Skupina ČEZ realizuje další akci v rámci ekologizace Elektrárny Pruněřov 2, průsakové vody budou využity pro její provoz* [online]. 2010 [cit. 2018-11-10]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/3033.html>
- [13] ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ v Praze. *Odsiřování.*, 2011. [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://users.fs.cvut.cz/~vybirpav/Ochrana%20ovzduisi/Odsirovani.pdf>
- [14] *STABILIZÁT. VÝKLADOVÝ SLOVNÍK ENERGETIKY* [online]. 2015 [cit. 2018 11-15]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/stabilizat.html>
- [15] *STABILIZÁT. ČEZ ENERGETICKÉ PRODUKTY* [online]. 2017 [cit. 2018 11-15] Dostupné z: <http://www.cezep.cz/cs/vedlejsi-energeticke-produkty/stabilizat>
- [16] *TP 93. Návrh a provádění staveb pozemních komunikací s využitím popílku a popelů: TECHNICKÉ PODMÍNKY.* Praha: ARCADIS – Geotechnika, a. s., 2011. Dostupné z: [http://www.pjpk.cz/data/USR\\_001\\_2\\_8\\_TP/TP93\\_def\\_2011.pdf](http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP93_def_2011.pdf)

- [17] *DEPONÁT*. VÝKLADOVÝ SLOVNÍK ENERGETIKY [online]. 2018 [cit. 2018 11-16]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/deponat.html>
- [18] *AGLOMERÁT*. VÝKLADOVÝ SLOVNÍK ENERGETIKY [online]. 2018 [cit. 2018 11-16]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/aglomerat.html>
- [19] ČSN EN 1008. *Záměsová voda do betonu - Specifikace pro odběr vzorků, zkoušení a posouzení vhodnosti vody, včetně vody získané při recyklaci v betonárně, jako záměsové vody do betonu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003. Třídící znak 732028.
- [20] MOHRMANN, Pavel. *Výrobek nebo odpad? Využívání vedlejších energetických produktů je v kolizi s vyhláškou č. 294/2005. Co na to ŽIZP, MŽP, SZÚ?* [online]. 2018 [cit. 2018-11-16]. Dostupné z: <http://www.prumysl-ovaeologie.cz/Dokument/104448/vyrobek-nebo-odpad-vyuzivani-vedlejsich-energetickyh-produktu-je-v-kolizi-s-vyhlas-kou-c-2942005-co-na-to-cizp-mzp-szu.aspx>
- [21] JUCHELKOVÁ, Dagmar. *Odpady, vedlejší produkty a nakládání s nimi*. Ostrava: VŠB, 2005
- [22] *SKLÁDKOVÁNÍ. VÍTEJTE NA ZEMI* [online]. 2012 [cit. 2018 11-20]. Dostupné z: <http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/?p=skladkovani&site=odpady>
- [23] VYHLÁŠKA Č. 294/2005 Sb. *Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady*. 2005. [online] Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-294>



- [24] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Vývoj znečištění povrchových vod v České republice* [online]. [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: [http://cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/\\$pid/MZPMSFLXL7BO](http://cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/$pid/MZPMSFLXL7BO)
- [25] NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 401/2015 Sb. *Nariadení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech*. 2015 [online].  
Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-401>
- [26] TECHNICKÉ PODMÍNKY ASOCIACE PRO VYUŽITÍ ENERGETICKÝCH PRODUKTŮ. *Optimalizovaný postup při posuzování shody výrobků, které jsou cíleně používány pro sanaci a tvarování terénu pro budoucí rekultivaci území postižených antropogenní činností ve formě podkladu pro zpracování Technického návodu pro činnosti autorizovaných osob při posuzování shody stavebních výrobků podle NV č. 163/2002 Sb., ve znění NV č. 312/2005 Sb. č. TN 09. 12.* [online]. 2012  
[cit. 2018 11-22]. Dostupné z: [http://www.asvep.cz/prilohy/TP\\_ASVEP\\_r201\\_2\\_FV\\_se\\_zmenami.pdf](http://www.asvep.cz/prilohy/TP_ASVEP_r201_2_FV_se_zmenami.pdf)
- [27] ČSN EN 12457 – 4 *Charakterizace odpadů – Vyluhování - Ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů a kalů - Část 4: Jednostupňová vsádková zkouška při poměru kapalná a pevná fáze 10 l/kg pro materiály se zrnitostí menší než 10mm (bez zmenšení velikosti částic, nebo s ním)* Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003. Třídící znak 83 8005.
- [28] ZIMOVÁ, CSC., Mudr. Magralena a Mgr. Jarmila PRESLOVÁ. *Metodické doporučení SZÚ pro hodnocení škodlivých a nežádoucích látek uvolňujících se z vybraných skupin výrobků pro stavby do vody a půdy* [online]. [cit. 2018-10-27]. Dostupné z: [http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/pu\\_da/metodicke\\_pokyny/stavebni\\_vyroby.doc](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/pu_da/metodicke_pokyny/stavebni_vyroby.doc)

- [29] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí ZP 11/2007 ke stanovení ekotoxicity odpadů*, [online]. 2007 [cit. 2018-10-27] dostupné z: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/390334EFF595E8B9C1256FC000440F3C/\\$file/Z\\_12ekotoxicita.html#8%20Princip%20metody](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/390334EFF595E8B9C1256FC000440F3C/$file/Z_12ekotoxicita.html#8%20Princip%20metody)
- [30] ČSN EN ČSN EN ISO 7346-2 *Jakost vod. Stanovení akutní letální toxicity pro sladkovodní ryby [Brachydanio rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae) – Část 2: Obnovovací metoda*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1999. Trídící znak 757761.
- [31] AMBROŽOVÁ, J.: *Aplikovaná a technická hydrobiologie*. 2. vyd., VŠCHT Praha, Praha 2003, 198 s., ISBN 80-70808-521-8.
- [32] *Toxkit microbiotests* [online]. 2006 [cit. 2018-11-26]. Dostupné z: <http://www.microbiotests.be>
- [33] ŠKVÁRA, DR.SC., Doc. RNDr. František, Ing. Rostislav ŠULC, PHD. a Ing. Roman SNOP. *Způsob přípravy bezslínkového hydraulického pojiva*. Patentová spis č. 306 484. Uděleno 28.12.2016. Zapsáno 8.2.2017

## Seznam obrázků

Obr. 1: Produkce vedlejších energetických produktů v ČR za rok 2015 [3] .....	11
Obr. 2: Využití vedlejších energetických produktů v ČR za rok 2015 [3] .....	12
Obr. 3: Klasifikace uhelných ohnišť [6] .....	18
Obr. 4: Vzorový řez násypem – varianty při použití PP a výrobků z nich [16].....	18
Obr. 5: Přechodová oblast u objektu [16] .....	19
Obr. 6: Zásyp a obsyp objektu s přesypávkou [16] .....	19

## Seznam tabulek

Tab. 1: Limitní hodnoty výluhu (mg/l) [16].....	21
Tab. 2: Druhy odpadů z energetiky podle Katalogu odpadů [23] .....	27
Tab. 3: Třídy vyluhovatelnosti [23].....	28
Tab. 4: Odpady, které lze přijímat na skládky bez zkoušek [22] .....	30
Tab. 5: Průmyslové vody z výroby elektřiny a tepla [25].....	46
Tab. 6: Limity zvláště nebezpečných látek obsažených v průmyslových odpadních vodách [25].....	33
Tab. 7: Limitní hodnoty pro znečištění povrchových vod [25].....	35
Tab. 8: Identifikace energetických produktů zaregistrovaných dle nařízení REACH [26].....	35
Tab. 9: Limitní hodnoty koncentrací škodlivin ve výluhu pro území nepostižená antropogenní činností [26] .....	36
Tab. 10: Výsledky granulometrické zkoušky EPR 2 popílku .....	48
Tab. 11: Výsledky rentgenové prvkové analýzy EPR2 popílku .....	46
Tab. 12: Výsledky gravimetrické zkoušky EPR 2 strusky.....	47
Tab. 13: Výsledky rentgenové prvkové analýzy EPR2 strusky .....	47
Tab. 14: Výsledky gravimetrické zkoušky energosádrovce .....	48
Tab. 15: Výsledky rentgenové prvkové analýzy energosádrovce .....	48
Tab. 16: Chemický rozbor vod RO a REA používané při výrobě stabilizátu.....	49
Tab. 17: Výsledky rentgenové prvkové analýzy vápna dodaného 6.12.2017.....	50
Tab. 18: Výsledky rentgenové fázové analýzy dodaného vápna 6.12.2017 .....	50
Tab. 19: Výsledky rentgenové fázové analýzy dodaného vápna 2.11.2018 .....	51
Tab. 20: Výsledek rentgenové fázové analýzy dodaného vápna 3.12.2018 .....	51
Tab. 21: Výsledky rentgenové prvkové analýzy pojiva Sorfix .....	53
Tab. 22: Rozdělení vyrobených stabilizátů na jednotlivé série.....	54
Tab. 23: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (série I CaO, 15 % EGS).....	55
Tab. 24: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (série I-CaO, 15 % EGS).....	55
Tab. 25: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (série I-CaO, 30 % EGS).....	56

Tab. 26: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (série I-CaO, 15 % EGS).....	56
Tab. 27: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (série I-CaO, 60 % EGS).....	58
Tab. 28: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (série I-CaO, 15 % EGS).....	58
Tab. 29: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (série I-SFX, 15 % EGS).....	59
Tab. 30: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (série I-SFX, 15 % EGS).....	59
Tab. 31: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (série I-SFX, 30 % EGS).....	60
Tab. 32: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (série I-SFX, 30 % EGS).....	60
Tab. 33: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (série I-SFX, 60 % EGS).....	61
Tab. 34: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (série I-SFX, 60 % EGS).....	61
Tab. 35: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (série II-CaO, 15 % EGS) .....	62
Tab. 36: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (série II-CaO, 15 % EGS).....	62
Tab. 37: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (série II-CaO, 30 % EGS) .....	63
Tab. 38: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (série II-CaO, 30 % EGS).....	63
Tab. 39: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (série II-CaO, 60 % EGS) .....	64
Tab. 40: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (série II-CaO, 60 % EGS).....	64
Tab. 41: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (série II-SFX, 15 % EGS).....	65

Tab. 42: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (série II-SFX, 15 % EGS).....	65
Tab. 43: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (série II-SFX, 30 % EGS) .....	66
Tab. 44: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (série II-SFX, 30 % EGS).....	66
Tab. 45: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (série II-SFX, 60 % EGS) .....	67
Tab. 46: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (série II-SFX, 60 % EGS).....	67
Tab. 47: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (doplňková série s CaO EPR 2) .....	68
Tab. 48: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (doplňková série s CaO EPR 2).....	69
Tab. 49: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (doplňková série s vápnem dodaným 3. 12. 2018).....	70
Tab. 50: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (doplňková série s vápnem dodaným 3. 12. 2018).....	70
Tab. 51: Zastoupení jednotlivých vstupních surovin k dílčím množstvím (doplňková série s pojivem SFX).....	71
Tab. 52: Zastoupení jednotlivých složek k celkové hmotnosti směsi (doplňková série s pojivem SFX).....	72
Tab. 53: Srovnání limitních hodnot výluhů .....	73

## Seznam grafů

Graf 1: Znázornění výsledků granulometrické zkoušky EPR2 popílku– četnost při dané velikosti částic .....	46
Graf 2: Znázornění výsledků granulometrické zkoušky EPR 2 popílku– podsítné % .....	46
Graf 3: Znázornění výsledků granulometrické zkoušky pojiva Sorfix– četnost při dané velikosti částic .....	52
Graf 4: Znázornění výsledků granulometrické zkoušky pojiva Sorfix– podsítné %..	52
Graf 5: Výsledky série I s 15% zastoupením energosádrovce a záměsovou vodou RO – Cl, F.....	73
Graf 6: Výsledky série I s 15% zastoupením energosádrovce a záměsovou vodou RO – Ba, Al, Mo .....	74
Graf 7: Výsledky série I s 15% zastoupením energosádrovce a záměsovou vodou RO – Sb, Se, V .....	75
Graf 8: Výsledky série I s 15% zastoupením energosádrovce a záměsové vody RO - As, B .....	76
Graf 9: Výsledky série I s 15% zastoupením energosádrovce a záměsové vody RO - pH .....	77
Graf 10: Výsledky série I s 30% zastoupením energosádrovce a záměsové vody RO - Cl, F .....	78
Graf 11: Výsledky série I s 30% zastoupením energosádrovce a záměsové vody RO - Ba, Al, Mo.....	79
Graf 12: Výsledky série I s 30% zastoupením energosádrovce a záměsové vody RO - Sb, Se, V .....	80
Graf 13: Výsledky série I s 30% zastoupením energosádrovce a záměsové vody RO - As, B .....	81
Graf 14: Výsledky série I s 30% zastoupením energosádrovce a záměsové vody RO - pH .....	82
Graf 15: Výsledky série I s 60% zastoupením energosádrovce a záměsové vody RO - Cl, F .....	83
Graf 16: Výsledky série I s 60% zastoupením energosádrovce a záměsové vody RO - Ba, Al, Mo.....	84

Graf 17: Výsledky série I s 60% zastoupením energosádrovce a záměsové vody RO - Sb, Se, V .....	85
Graf 18: Výsledky série I s 60% zastoupením energosádrovce a záměsové vody RO - As, B .....	86
Graf 19: Výsledky série I s 60% zastoupením energosádrovce a záměsové vody RO - pH .....	87
Graf 20: Výsledky série II s 15% zastoupením energosádrovce a záměsové vody REA – Cl, F .....	88
Graf 21: Výsledky série II s 15% zastoupením energosádrovce a záměsové vody REA – Ba, Al, Mo.....	89
Graf 22: Výsledky série II s 15% zastoupením energosádrovce a záměsové vody REA – Sb, Se, V .....	90
Graf 23: Výsledky série I s 60% zastoupením energosádrovce a záměsovou vody REA – As, B .....	91
Graf 24: Výsledky série II s 15% zastoupením energosádrovce a záměsové vody REA – pH .....	92
Graf 25: Výsledky série II s 30% zastoupením energosádrovce a záměsové vody REA – Cl, F .....	93
Graf 26: Výsledky série II s 30% zastoupením energosádrovce a záměsové vody REA – Ba, Al, Mo.....	94
Graf 27: Výsledky série II s 30% zastoupením energosádrovce a záměsové vody REA – Sb, Se, V .....	95
Graf 28: Výsledky série II s 30% zastoupením energosádrovce a záměsové vody REA – As, B .....	96
Graf 29: Výsledky série II s 30% zastoupením energosádrovce a záměsové vody REA – pH .....	97
Graf 30: Výsledky série II s 60% zastoupením energosádrovce a záměsové vody REA – Cl, F .....	99
Graf 31: V Výsledky série II s 60% zastoupením energosádrovce a záměsové vody REA – Ba, Al, Mo.....	100
Graf 32: Výsledky série II s 60% zastoupením energosádrovce a záměsové vody REA – Sb, Se, V .....	101



Graf 33: Výsledky série II s 60% zastoupením energosádrovce a záměsové vody REA – As, B .....	102
Graf 34: Výsledky série II s 60% zastoupením energosádrovce a záměsové vody REA – pH .....	103
Graf 35: Výsledky doplňkové série s vápnem dodaným 2. 11. 2018 a záměsovou vodou RO:REA 1:1 - Cl .....	104
Graf 36: Výsledky doplňkové série s vápnem dodaným 2. 11. 2018 a záměsovou vodou RO:REA 1:1 - F.....	105
Graf 37: Výsledky doplňkové série s vápnem dodaným 2. 11. 2018 a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – Ba, Al.....	105
Graf 38: Výsledky doplňkové série s vápnem dodaným 2. 11. 2018 a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – Mo.....	106
Graf 39: Výsledky doplňkové série s vápnem dodaným 2. 11. 2018 a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – Se, V.....	106
Graf 40: Výsledky doplňkové série s vápnem dodaným 2. 11. 2018 a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – As, B .....	107
Graf 41: Výsledky doplňkové série s vápnem dodaným 2. 11. 2018 a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – pH .....	108
Graf 42: Výsledky doplňkové série s vápnem dodaným 3. 12. 2018 a záměsovou vodou RO:REA 1:1 - Cl .....	109
Graf 43: Výsledky doplňkové série s vápnem dodaným 3. 12. 2018 a záměsovou vodou RO:REA 1:1 - F.....	109
Graf 44: Výsledky doplňkové série s vápnem dodaným 3. 12. 2018 a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – Ba, Al.....	110
Graf 45: Výsledky doplňkové série s vápnem dodaným 3. 12. 2018 a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – Mo.....	111
Graf 46: Výsledky doplňkové série s vápnem dodaným 3. 12. 2018 a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – Se, V.....	111
Graf 47: Výsledky doplňkové série s vápnem dodaným 3. 12. 2018 a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – As, B .....	112
Graf 48: Výsledky doplňkové série s vápnem dodaným 3. 12. 2018 a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – pH .....	113

Graf 49: Výsledky doplňkové série s pojivem Sorfix a záměsovou vodou RO:REA 1:1 - Cl.....	114
Graf 50: Výsledky doplňkové série s pojivem Sorfix a záměsovou vodou RO:REA 1:1 - F .....	114
Graf 51: Výsledky doplňkové série s pojivem Sorfix a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – Ba, Al.....	115
Graf 52: Výsledky doplňkové série s pojivem Sorfix a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – Mo .....	116
Graf 53: Výsledky doplňkové série s pojivem Sorfix a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – Se, V .....	116
Graf 54: Výsledky doplňkové série s pojivem Sorfix a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – As .....	117
Graf 55: Výsledky doplňkové série s pojivem Sorfix a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – B.....	118
Graf 56: Výsledky doplňkové série s pojivem Sorfix a záměsovou vodou RO:REA 1:1 – pH.....	119