

DLOUHODOBÝ MONITORING STAVEBNĚ REKULTIVAČNÍCH SMĚSÍ

Abstrakt

Cílem dlouhodobého monitoringu stavebně rekultivačních směsí na bázi upravených pevných produktů spalování – granulátů – z klasického vysokoteplotního spalování i fluidního spalování a jejich směsí s výsypkovými zeminami MUS a.s., je zjistit kvalitativní parametry těchto směsí v interakci s přirozeným geologickým prostředím, kde nejsou ohroženy zájmy ochrany životního prostředí a zdraví lidu při variantním velkoobjemovém báňsko – technologickém využití v oblasti povrchových dolů, resp. energetice.

Klíčová slova: popílek, dlouhodobý monitoring, stavebně rekultivační směsi

Úvod

V rámci úkolu **V003 „Navrhnout a ověřit nové a dosud neaplikované způsoby využití vedlejších energetických produktů pro ostatní odvětví průmyslu“** výzkumného centra „Centrum výzkumu integrovaného systému využití vedlejších produktů z těžby, úpravy a zpracování energetických surovin“ byl v roce 2007 vypracován harmonogram prací s návrhem receptur stavebněrekultivačních směsí, které byly laboratorně vyrobeny a dle harmonogramu prací testovány. V rámci dlouhodobého úkolu sledování vývoje kvalitativních znaků technologicky upravených pevných produktů spalování - granulátů - z klasického vysokoteplotního i fluidního spalování vč. jejich směsí s výsypkovými zeminami povrchových uhelných lomů bylo v roce 2007 realizováno stanoviště kontrolního sledování – monitoringu, s cílem získat následně průkazný soubor výsledků, který by dokladoval, že ve vazbě na přirozené geologické prostředí nejsou ohroženy zájmy ochrany životního prostředí a zdraví lidu při variantním velkoobjemovém báňsko – technologickém využití v oblasti povrchových uhelných dolů resp. energetice. Výstupy z laboratorního testování jsou postupně zahrnovány do informační databáze výsledků kvalitativních ukazatelů, která je průběžně doplňována o údaje získané z modelových zkoušek a dlouhodobého monitoringu kvalitativních ukazatelů trvanlivostních a odolnostních.

Navržené směsi a uložení

Bylo vybudováno 6 monitorovacích stanovišť, do kterých byly umístěny stavebně rekultivační směsi dle následujícího harmonogramu.

- **Stanoviště S1**
 - náplň : **granulát z United Energy a.s. Komořany**
 - otevřeno atmosférickým vlivům (nekrytá)

- **Stanoviště S2**
 - náplň : technologická směs **G** - granulát z United Energy a.s. Komořany a výsypkových zemin (**Z**) v přibližném objemovém poměru **G : Z 1 : 2**
 - otevřeno atmosférickým vlivům (nekrytá)

- **Stanoviště S3**
 - náplň : **granulát z United Energy a.s. Komořany**
 - stanoviště překryto zhutněnou vrstvou výsypkových zemin **DJŠ** ve vrstvě tl. cca **0,15 m**

- **Stanoviště S4**
 - náplň : **granulát z elektrárny Mělník (EMĚ)**
 - otevřeno atmosférickým vlivům (nekrytá)

- **Stanoviště S5**
 - náplň : technologická směs **G** - granulát z elektrárny Mělník a výsypkových zemin (**Z**) v přibližném objemovém poměru **G : Z 1 : 2**
 - otevřeno atmosférickým vlivům (nekrytá)

- **Stanoviště S6**
 - náplň : **granulát z elektrárny Mělník (EMĚ)**
 - stanoviště překryto zhutněnou vrstvou výsypkových zemin **DJŠ** ve vrstvě tl. cca **0,15 m**

Laboratorní testování

Laboratorní testování bylo prováděno podle platných doporučujících ČSN a schválených interních metodických předpisů (IMP) akreditované laboratoře testování hornin VÚHU, a.s. Výsledky laboratorního testování jsou uvedeny v dalším textu. Prvotní seznam prováděných zkoušek je uveden v následujícím přehledu :

Fyzikálně - mechanické parametry

vlhkost
objemová hmotnost sytná suchá
zdánlivá hustota pevných částic
pórovitost
stupeň nasycení
objemová hmotnost po zhutnění PS 100%
objemová hmotnost po zhutnění PS 50%
objemová hmotnost setřesená
parametry smykové pevnosti efektivní
propustnost
pevnost v prostém tlaku

Zdravotně - ekologické parametry

zkoušky vyluhovatelnosti dle Vyhlášky MŽP č. 294/2005 Sb.

Vzorky jsou odebírány dle vypracovaného plánu vzorkování, první odběr (referenční) byl v 10/2007 a následující odběry jsou vždy po 30 dnech.

Výsledky

Cílem tohoto výzkumu je získat kvalitativní parametry sledovaných stavebně rekultivačních směsí v závislosti na interakci s přirozeným prostředím získané v poloprovozních podmínkách. V souladu s harmonogramem prací jsou z jednotlivých stanovišť odebírány vzorky, které jsou následně laboratorně testovány. Získaná data jsou postupně ukládána do databáze. V tabulce 1 a 2 jsou uvedeny fyzikálně – mechanické parametry stavebně rekultivačních směsí z monitorovacího stanoviště S1, resp. S4., kde jsou uloženy směsi ovlivněny atmosférickými vlivy. Tabulky 3 a 4 obsahují fyzikálně – mechanické parametry uložených směsí ze zakrytých stanovišť S3 a S6. Tyto stanoviště jsou překryty vrstvou zeminy, aby nedošlo k přímé interakci uložených směsí s atmosférickými vlivy.

Tabulka 1. Fyzikálně – mechanické vlastnosti, stanoviště S1

| Parametr | Jednotka | | Monitorovací stanoviště S1 | | | |
|---|-----------------|--------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | REF | 121 dnů | 152 dnů | 183 dnů |
| Fyzikální vlastnosti | | | | | | |
| Přirozená vlhkost hmot. | w | % | 38,1 | 41,2 | 47,5 | 45,1 |
| Sypná hmotnost | ρ_{ss} | kg.m ⁻³ | 780 | 730 | 620 | 635 |
| Měrná hmotnost | ρ_s | kg.m ⁻³ | 2810 | 2390 | 2510 | 2550 |
| Pórovitost | n | % | 72,1 | 69,4 | 75,3 | 75 |
| Stupeň nasycení | S _r | % | 40 | 43,4 | 39,1 | 40 |
| Technologické objemové hmotnosti | | | | | | |
| Objem. hm. po zhutnění PS100% | ρ_{PS100} | kg.m ⁻³ | 1394 | 1283 | 1324 | 1400 |
| Objem. hm. po zhutnění PS50% | ρ_{PS50} | kg.m ⁻³ | 1310 | 1211 | 1201 | 1220 |
| Objem. hm. setřesená | $\rho_{setř}$ | kg.m ⁻³ | 1130 | 820 | 820 | 842 |
| Smyková pevnost | | | | | | |
| Soudržnost vrcholová | C _{ef} | MPa | 0,010 | 0,021 | 0,014 | 0,018 |
| Úhel vrcholový | α_{ef} | ° | 32,64 | 29,49 | 30,36 | 29,94 |
| Propustnost | | | | | | |
| Koeficient filtrace | k | m.s ⁻¹ | 4,94.10 ⁻⁷ | 5,13.10 ⁻⁷ | 6,40.10 ⁻⁷ | 5,60.10 ⁻⁷ |
| Pevnost | | | | | | |
| V prostém tlaku | ρ_c | MPa | 0,091 | 0,090 | 0,057 | 0,063 |

Tabulka 2. Fyzikálně – mechanické vlastnosti, stanoviště S4

| Parametr | Jednotka | | Monitorovací stanoviště K4 | | | |
|-----------------------------|----------|---|----------------------------|---------|---------|---------|
| | | | REF | 121 dnů | 152 dnů | 183 dnů |
| Fyzikální vlastnosti | | | | | | |
| Přirozená vlhkost hmot. | w | % | 31,8 | 31,6 | 35,6 | 36,4 |

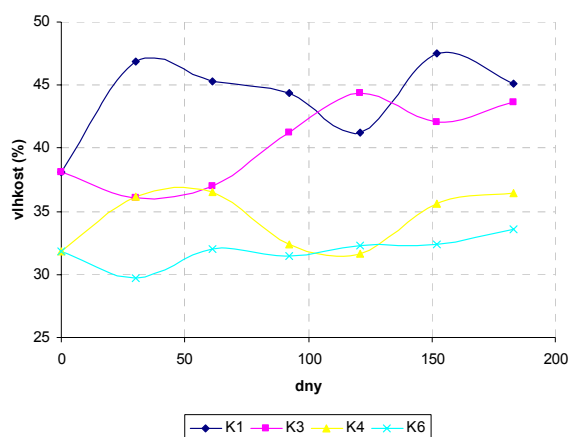
| | | | | | | |
|---|-------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Sypná hmotnost | \square_{ss} | kg.m ⁻³ | 951 | 1000 | 986 | 1010 |
| Měrná hmotnost | \square_s | kg.m ⁻³ | 2420 | 2430 | 2390 | 2410 |
| Pórovitost | n | % | 60,7 | 58,8 | 60,4 | 59,6 |
| Stupeň nasycení | S _r | % | 49,7 | 53,8 | 56,7 | 60,1 |
| Technologické objemové hmotnosti | | | | | | |
| Objem. hm. po zhutnění PS100% | \square_{PS100} | kg.m ⁻³ | 1439 | 1469 | 1504 | 1550 |
| Objem. hm. po zhutnění PS50% | \square_{PS50} | kg.m ⁻³ | 1383 | 1419 | 1437 | 1486 |
| Objem. hm. setřesená | $\square_{setř}$ | kg.m ⁻³ | 853 | 1040 | 1020 | 1035 |
| Smyková pevnost | | | | | | |
| Soudržnost vrcholová | C _{ef} | MPa | -0,007 | 0,010 | 0,005 | 0,009 |
| Úhel vrcholový | \square_{ef} | ° | 31,65 | 29,52 | 30,46 | 29,67 |
| Propustnost | | | | | | |
| Koeficient filtrace | k | m.s ⁻¹ | 1,45.10 ⁻⁶ | 1,15.10 ⁻⁶ | 3,51.10 ⁻⁶ | 5,15.10 ⁻⁷ |
| Pevnost | | | | | | |
| V prostém tlaku | \square_c | MPa | 0,050 | 0,048 | 0,042 | 0,063 |

Tabulka 3. Fyzikálně – mechanické vlastnosti, kazeta K3

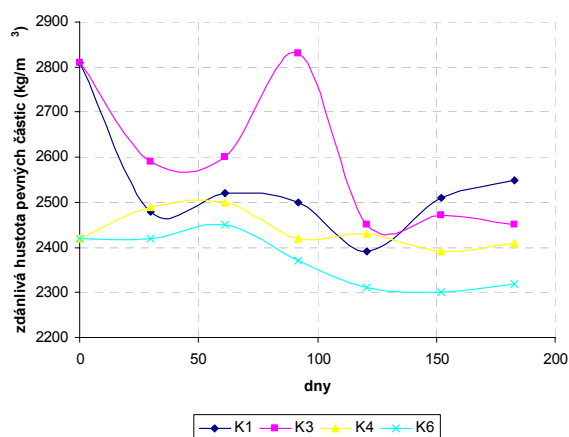
| Parametr | Jednotka | a | Monitorovací stanoviště K3 | | | |
|---|-------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | REF | 121 dnů | 152 dnů | 183 dnů |
| Fyzikální vlastnosti | | | | | | |
| Přirozená vlhkost hmot. | w | % | 38,1 | 44,4 | 42,1 | 43,6 |
| Sypná hmotnost | \square_{ss} | kg.m ⁻³ | 780 | 790 | 779 | 785 |
| Měrná hmotnost | \square_s | kg.m ⁻³ | 2810 | 2450 | 2470 | 2450 |
| Pórovitost | n | % | 72,1 | 67,7 | 67,1 | 66,4 |
| Stupeň nasycení | S _r | % | 40 | 51,9 | 48,9 | 50,1 |
| Technologické objemové hmotnosti | | | | | | |
| Objem. hm. po zhutnění PS100% | \square_{PS100} | kg.m ⁻³ | 1394 | 1545 | 1510 | 1560 |
| Objem. hm. po zhutnění PS50% | \square_{PS50} | kg.m ⁻³ | 1310 | 1453 | 1397 | 1415 |
| Objem. hm. setřesená | $\square_{setř}$ | kg.m ⁻³ | 1130 | 1030 | 1055 | 1050 |
| Smyková pevnost | | | | | | |
| Soudržnost vrcholová | C _{ef} | MPa | 0,010 | 0,013 | 0,009 | 0,014 |
| Úhel vrcholový | \square_{ef} | ° | 32,64 | 30,5 | 33,14 | 31,58 |
| Propustnost | | | | | | |
| Koeficient filtrace | k | m.s ⁻¹ | 4,94.10 ⁻⁷ | 5,75.10 ⁻⁶ | 8,04.10 ⁻⁶ | 2,35.10 ⁻⁷ |
| Pevnost | | | | | | |
| V prostém tlaku | \square_c | MPa | 0,091 | 0,048 | 0,049 | 0,065 |

Tabulka 4. Fyzikálně – mechanické vlastnosti, kazeta K6

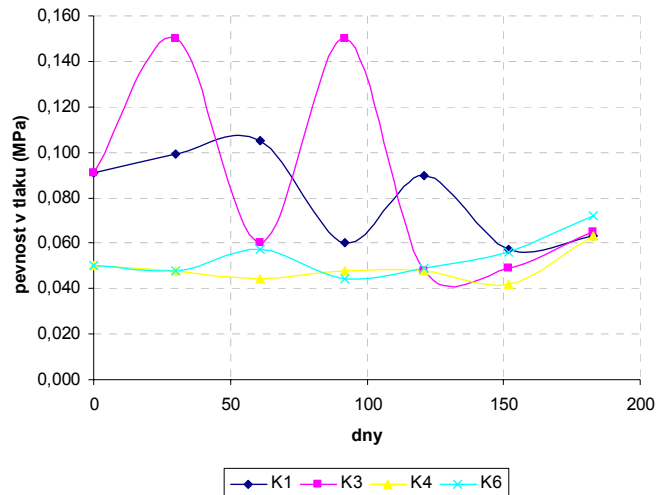
| Parametr | Jednotka | | Monitorovací stanoviště K6 | | | |
|---|-------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | a | | REF | 121 dnů | 152 dnů | 183 dnů |
| Fyzikální vlastnosti | | | | | | |
| Přirozená vlhkost hmot. | w | % | 31,8 | 32,3 | 32,4 | 33,6 |
| Sypná hmotnost | \square_{ss} | kg.m ⁻³ | 951 | 970 | 970 | 1000 |
| Měrná hmotnost | \square_s | kg.m ⁻³ | 2420 | 2310 | 2300 | 2320 |
| Pórovitost | n | % | 60,7 | 58 | 57,4 | 57,9 |
| Stupeň nasycení | S _r | % | 49,7 | 54 | 52,1 | 53 |
| Technologické objemové hmotnosti | | | | | | |
| Objem. hm. po zhutnění PS100% | \square_{PS100} | kg.m ⁻³ | 1439 | 1443 | 1394 | 1405 |
| Objem. hm. po zhutnění PS50% | \square_{PS50} | kg.m ⁻³ | 1383 | 1405 | 1376 | 1389 |
| Objem. hm. setřesená | $\square_{setř}$ | kg.m ⁻³ | 853 | 1010 | 950 | 980 |
| Smyková pevnost | | | | | | |
| Soudržnost vrcholová | C _{ef} | MPa | -0,007 | 0,022 | 0,004 | 0,019 |
| Úhel vrcholový | \square_{ef} | ° | 31,65 | 27,65 | 31,06 | 28,14 |
| Propustnost | | | | | | |
| Koeficient filtrace | k | m.s ⁻¹ | 1,45.10 ⁻⁶ | 1,09.10 ⁻⁶ | 8,96.10 ⁻⁶ | 2,06.10 ⁻⁷ |
| Pevnost | | | | | | |
| V prostém tlaku | \square_c | MPa | 0,050 | 0,049 | 0,056 | 0,072 |



a) vlhkost částic



b) zdánlivá hustota pevných částic



c) pevnost v prostém tlaku

Graf 1. Fyzikální vlastnosti

Závěr

Cílem výzkumu je získání kvalitativních parametrů dlouhodobého monitoringu, kdy jsou etapovitě odebrány dílčí vzorky, které jsou testovány dle uvedeného rozsahu. Z podrobné analýzy všech sledovaných parametrů vyplývá, že granulát z hlediska zdravotně-ekologických hledisek nepřináší do přirozeného geologického prostředí povrchových uhelných lomů při jejich velkoobjemovém využití žádné další škodlivé látky, které by přirozené poměry tohoto prostředí jednoznačně zhoršily. Z hlediska fyzikálně-mechanických parametrů byla dokladována dlouhodobá kvalitativní stálost materiálu, která zajišťuje s ohledem na parametry granulátu zlepšující vliv stabilitních poměrů zemních výsypkových těles povrchových dolů při směsném i separátním ukládání granulátu.

Tato práce vznikla jako součást řešení a finanční podpory MŠMT projektu č. 1M06007.