



Uwarunkowania wykorzystania odpadów i mieszaniny odpadów do technicznej rekultywacji terenu

Conditions of waste and waste mixture utilization in technical land reclamation

Zuzana VIESTOVÁ ¹⁾, Miluše HLAVATÁ ²⁾, Anna WILKOSZ ³⁾

¹⁾ DIAMO, state enterprise, Plant Ostrava; Sirotcí 1145/7, 703 86 Ostrava – Vítkovice, Czech Republic; e-mail: viestova@diamo.cz

²⁾ Institute of Environmental Engineering, Faculty of Mining and Geology, VŠB – Technical University of Ostrava,; 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava – Poruba, Czech Republic; e-mail: miluse.hlavata@vsb.cz; tel.: (+420) 597 323 516

³⁾ Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH – Akademia Górniczo-Hutnicza; Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; Polska; e-mail: anna.wilkosz@gmail.com

RECENZENCI: Doc. Ing. Vladimír ČABLIK, Ph.D.; Dr hab. inż. Barbara TORA, prof. AGH

Streszczenie

Trendy rekultywacji i rewitalizacji terenu oraz określenie kierunku rozwoju zmierzają w kierunku ustalenia bardziej realistycznych celów i metod rekultywacji. Podstawą ma być rzeczywista ocena lokalnego zagrożenia oraz oszacowanie barier rekultywacji, jak również określanie ograniczeń prawnych. Każda miejscowość charakteryzuje się specyfiką zarówno pod względem zanieczyszczeń jak i lokalizacji i wymaga odpowiedniego trybu postępowania w procesie rekultywacji.

Słowa kluczowe: rekultywacja terenu, odpady, stabilizator, popiół lotny, żużel

Wprowadzenie

W okręgu śląsko-morawskim znajduje się kilka tzw. „ekologicznych nisz”. Na przestrzeni ostatnich lat ich lokalizacje zostały naniesione na mapę, a cechy charakterystyczne opisane w opracowaniach. W określonych przypadkach prac rekultywacyjnych zebrano odpowiednią dokumentację i spośród ofert wybrano wykonawcę. Podsumowując, środki poprawy można ująć w dwóch punktach:

1. wprowadzenie własnych prac modernizacyjnych przy użyciu różnych metod,
2. wykonanie wcześniejszego planu rekultywacji terenu zgodnie z ustaleniami.

Najczęściej stosowane do rekultywacji terenu po eksploatacji górniczej były odpady skalne (nadkład). W czasie trwania procesu legislacyjnego dopuszczono, prócz nadkładu, także odpady innego rodzaju. Na wybór materiałów mają wpływ warunki geologiczne oraz opinie eksperckie.

Coll.) preferowanym sposobem Na podstawie Ustawy o odpadach (Ust. nr 185/2001 pozbywania się odpadów jest ich utylizacja. Ma to bezpośredni wpływ na rekultywację i ochronę środowiska. Badane jest

Summary

All trends in the remedial work and land reclamation determine the direction of development in the near future and have contributed to the current efforts to set more realistic targets for land reclamation, i.e. on the basis of real local risk evaluation and taking into account the objectives of the future improved area or its legislative restrictions. Every such locality is specific both in terms of its pollution as well as placement in the region and requires different improvement measures.

Keywords: land reclamation, waste, stabilize, fly ash, slag

Introduction

In the Moravia-Silesian Region there are several sites with so-called “old ecological burdens”. These localities have been mapped in the past years and described in general features in partial studies. In certain cases relevant project documentation was compiled and a tender followed to choose a supplier for the reclamation work. In general, improvement measures can be summarized into two points:

1. Implementation of the own improvement work by means of various methods,
2. Execution of the final arrangement of the area – land reclamation with regard to the target state of the area.

It was waste rock that used to be applied the most for improvement and land reclamation work in the localities affected by mining. Along with the progress in environmental legislation there are more materials that are used, apart from waste rock, including waste. The choice of materials arises from geological conditions as well as environmental authorities' statements.

Subject to Act No. 185/2001 Coll. on waste, material utilization of waste is the preferred disposal of waste and has a direct impact on the improvements of

potencjalne wykorzystanie szerokiego spektrum odpadów.

Wymagania dotyczące utylizacji odpadów na powierzchni określone są w zarządzeniu nr 294/2005 Coll. z dnia 11 lipca 2005 dotyczącym warunków składowania odpadów i ich utylizacji na powierzchni terenu oraz przez zmienione zarządzenie nr 383/2001 Coll., dotyczące szczegółów wywozu odpadów (tabele 10.1 i 10.2).

Identyfikacja typów odpadów

Z uwagi na fakt zwiększającej się ilości i rodzajów odpadów, które mogą być wykorzystane do rekultywacji powierzchni, podjęto decyzję o zredukowaniu liczby potencjalnych „wypełniaczy” do trzech:

- odpady z procesów metalurgicznych (żużel wielkopiecowy),
- odpady z elektrowni (płynny popiół lotny),
- odpady z przemysłu chemicznego (produkcja bieli tytanowej).

Procedury przygotowania próbek

Proporcje poszczególnych materiałów zostały wstępnie przetestowane w laboratorium, następnie wybrano z nich mieszaniny do testów pilotażowych. Kolejnym etapem było wyselekcjonowanie mieszanin, które zostały poddane analizom chemicznym w celu określenia ich właściwości fizyczno-mechanicznych. Wynikiem działań miało być zidentyfikowanie najodpowiedniejszej, do wykorzystania na powierzchni, mieszaniny i uzyskanie dla niej certyfikatu (materiał odpowiedni do rekultywacji). Certyfikat pomoże w uproszczeniu fazy przygotowawczej rekultywacji i procesu kształtowania terenu.

W tabeli 1 pokazano podsumowanie laboratoryjnych testów początkowych, po których mieszaniny zostały wybrane i zweryfikowane w teście pilotażowym.

Przegląd składników przedstawionych w tabeli 1 można podsumować następująco:

1. przygotowano 41 próbek, z czego 7 bez wody,
2. wydobyte z form próbki, z wyjątkiem 3/1 i 3/2, były zwarte i sztywne,
3. próbki z nadmiarem stabilizatora Prestab z dodaną wodą w większości utworzyły czerwono-brązowe błoto, które nie stwardniało po odwirowaniu,
4. próbki z nadmiarem popiołu lotnego były szaro-czarne i stwardniały podczas odwirowania,
5. obecność wody w próbkach żużlu z Prestab i popiołem lotnym nie miała wpływu na utwardzenie,
6. test na ściskanie został przeprowadzony na wyselekcjonowanych próbkach za pomocą wałka, twardość sprawdzono szpatułką laboratoryjną.

the environment. Potential utilization of a wide spectrum of secondary raw materials is studied.

The requirements for waste utilization on the ground surface are determined by Regulation No. 294/2005 Coll. of 11 July 2005 on conditions of waste disposal in disposal sites and their utilization on the ground surface, and by amended Regulation No. 383/2001 Coll., on details on waste disposal, Tables 10.1 and 10.2 in particular.

Identification of suitable types of waste

With regard to the fact that there are more and more types of waste that can be used on the ground surface, the selection of samples for the “future” filling material was narrowed to three commodities:

- refuse from metallurgy (blast-furnace slag),
- waste from power engineering (fluid fly ash),
- waste from the chemical industry (titanium white production).

Sampling procedure

The proportions of the individual commodities were first tested in a laboratory. Proportions for a pilot test were selected from such prepared mixtures. Next, from the pilot tests I chose mixtures which underwent chemical analyses and tests to determine their physical-mechanical properties. The objective was to identify the most appropriate mixture which could be further used on the ground surface and possibly certified as a material suitable for technical land reclamation. Issuing a certificate would contribute to the simplification of the preparatory phase of the ground shaping and reclamation structures.

The table 1 gives a brief overview of all the laboratory input tests after which mixtures were selected to be verified in a pilot test.

The overview from the table 1 can be described in the following points:

1. overall 41 samples were prepared, out of which 7 were free of water,
2. having knocked out the samples from the moulds, they were compact and stiff, apart from two of them – No. 3/1, No. 3/2,
3. the samples with excess Prestab with added mixing water mostly formed reddish-brown mud which did not solidify when stirred,
4. the samples with excess fly ash were grey-black and solidified when stirring,
5. the slag in the samples with Prestab and fly ash having added mixing water did not have a decisive impact on solidification,
6. the compression test was carried out with selected samples by means of a roller, the solidness was verified on a subjective basis by a laboratory spatula.

Tabela 1
Przegląd proporcji mieszanin w warunkach laboratoryjnych
Prestab –mieszanka gipsu z wodą, specjalny dodatek do
rekultywacji

Table 1
An overview of mixture proportions in laboratory conditions
Prestab – mixture of the gypsum with water, special additive for
the reclamation

Nr próbki Sample No.	Proporcje materiałów commodities proportion	opis próbki sample description
Próbka nr 1 – prestab (1) + popiół lotny (2) Samples No. 1 – prestab (1) + fly ash (2)		
A	25g (1) + 25g (2)	50% Prestab, woda 25 ml, kolor żółto-brązowy 50% Prestab, water 25 ml, yellow-brown colour
B	30g (1) + 20g (2)	60% Prestab, woda 30 ml, kolor szaro-brązowy 60% Prestab, water 30 ml, grey-brown colour
C	35g (1) + 15g (2)	70% Prestab, woda 25 ml, kolor szaro-brązowy 70% Prestab, water 5 ml, grey-brown colour
D	40g (1) + 10g (2)	80% Prestab, woda 17 ml, czerwono-brązowy 80% Prestab, water 17 ml, reddish-brown
E	20g (1) + 30g (2)	40% Prestab, woda 37 ml, kolor szary 40% Prestab, water 37 ml, grey colour
F	15g (1) + 35g (2)	30% Prestab, woda 34 ml, kolor szaro-brązowy 30% Prestab, water 34 ml, grey-brown colour
Próbka nr 2 – prestab (1) + popiół lotny (2) + żużel (3) Samples No. 2 – prestab (1) + fly ash (2) + slag (3)		
2/1	20g (1) + 20g (2) + 20g (3)	woda 24 ml water 24 ml
2/2	25g (1) + 15g (2) + 20g (3)	woda 21 ml, brązowo-czerwony water 21 ml, brown-reddish
2/3	30g (1) + 10g (2) + 20g (3)	woda 18 ml water 18 ml
2/4	35g (1) + 5g (2) + 20g (3)	woda 15 ml water 15 ml
2/5	30g (1) + 5g (2) + 25g (3)	woda 21 ml (nadmiar wody) water 21 ml (excess of water)
2/6	20g (1) + 10g (2) + 30g (3)	woda 12 ml water 12 ml
2/7	20g (1) + 15g (2) + 25g (3)	woda 18 ml water 18 ml
2/8	40g (1) + 5g (2) + 15g (3)	bez dodatku wody przygotowany do testu ścisłości no added water, preparation for a compression test
Próbka nr 3 – żużel (1) + prestab (2) Samples No. 3 - slag (1) + prestab (2)		
3/1	blind sample	100% żużel, woda 21 ml, nadmiar wody 100% slag, water 21 ml, excess of water
3/2	45g (1) + 5g(2)	90% żużel, woda 8 ml, czerwono-brązowy 90% slag, water 8 ml, reddish-brown
3/3	40g (1) + 10g(2)	80% żużel, woda 4,5 ml, trudny do mieszania 80% slag, water 4,5 ml, hard to mix
3/4	35g (1) + 15g(2)	70% żużel, woda 5 ml, czerwono-brązowy 70% slag, water 5 ml, reddish-brown
3/5	30g (1) + 20g(2)	60% żużel, woda 8 ml 60% slag, water 8 ml
3/6	25g (1) + 25g(2)	50% żużel, woda 7 ml 50% slag, water 7 ml
3/7	20g (1) + 30g(2)	40% żużel, woda 8 ml 40% slag, water 8 ml
3/8	15g (1) + 35g(2)	30% żużel, woda 10 ml, czerwony 30% slag, water 10 ml, reddish mud
3/9	10g (1) + 40g(2)	20% żużel, woda 8 ml, czerwony 20% slag, water 8 ml, reddish
3/10	5g (1) + 45g(2)	10% żużel, woda 12 ml, czerwony 10% slag, water 12 ml, reddish

Tabela 1 – cd
Przegląd proporcji mieszanin w warunkach laboratoryjnych

Table 1 – cont
An overview of mixture proportions in laboratory conditions

Nr próbki Sample No.	Proporcje materiałów commodities proportion	opis próbki sample description
Próbka nr 4 – popiół lotny (1) + żużel (2) Samples No. 4 – fly ash (1) + slag (2)		
4/1	blind sample	100% popiół lotny, woda 50 ml 100% fly ash, mixing water 50 ml
4/2	45g (1) + 5g(2)	90% popiół lotny, woda 46 ml 90% fly ash, mixing water 46 ml
4/3	40g (1) + 10g(2)	80% popiół lotny, woda 38 ml 80% fly ash, mixing water 38 ml
4/4	35g (1) + 15g(2)	70% popiół lotny, woda 32 ml 70% fly ash, mixing water 32 ml
4/5	30g (1) + 20g(2)	60% popiół lotny, woda 29 ml 60% fly ash, mixing water 29 ml
4/6	25g (1) + 25g(2)	50% popiół lotny, woda 25 ml 50% fly ash, mixing water 25 ml
4/7	20g (1) + 30g(2)	40% popiół lotny, woda 21 ml 40% fly ash, mixing water 21 ml
4/8	15g (1) + 35g(2)	30% popiół lotny, woda 15 ml 30% fly ash, mixing water 15 ml
4/9	10g (1) + 40g(2)	20% popiół lotny, woda 11 ml 20% fly ash, mixing water 11 ml
4/10	5g (1) + 45g(2)	10% popiół lotny, woda 8 ml 10% fly ash, mixing water 8 ml
Wybrane próbki bez domieszki wody Selected samples free of mixing water		
2/4	5g (Prestab) + 5g (popiół lotny) + 20g (żużel) 5g (Prestab) + 5g (fly ash) + 20g (slag)	kruchy, trudny do mieszania fragile, hard to mix
2/5	30g (Prestab) + 5g (popiół lotny) + 25g (żużel) 30g (Prestab) + 5g (fly ash) + 25g (slag)	kruchy, trudny do mieszania fragile, hard to mix
2/6	20g (Prestab) + 10g (popiół lotny) + 30g (żużel) 20g (Prestab) + 10g (fly ash) + 30g (slag)	bardzo kruchy, prawie nie wiąże very fragile, almost unsealable
2/8	40g (Prestab) + 5g (popiół lotny) + 15g (żużel) 40g (Prestab) + 5g (fly ash) + 15g (slag)	po próbie ściskania tendencja do pęknięcia after pressing tends to crack
3/6	25g (żużel) + 25g (Prestab) 25g (slag) + 25g (Prestab)	wiąże, ale mniej zwięzły sealable, but less compact
3/7	20g (żużel) + 35g (Prestab) 20g (slag) + 30g (Prestab)	szttywny, pęka po odkształceniu mechanicznym stiff, cracks after mechanical failure
3/8	15g (żużel) + 35g (Prestab) 15g (slag) + 35g (Prestab)	szttywny, pęka po odkształceniu mechanicznym stiff, cracks after mechanical failure

Jak wyżej wykazano, próbki z lotnym popiołem i wodą stwardniały szybciej. Z drugiej strony próbki ze zwiększonym udziałem *Prestab* uformowały błotnistą masę i potrzebowały więcej czasu do utwardzenia.

Żużel wykazywał dobre właściwości podczas testu na ściskanie tylko w próbkach bez dodatku wody. W przypadku zwiększonego udziału *Prestabu*, próbki były bardziej zwarte i mocniejsze.

As said above, the samples with fly ash and added mixing water solidify better and faster. On the contrary, the samples with excess *Prestab* form muddy mass and take a longer time to solidify.

Slag was effective only in the samples without added mixing water when the samples underwent a compression test. In the case of excess *Prestab*, the samples were more compact and stronger.

Z uwagi na trudność w mieszaniu próbek z wodą zdecydowano skupić się na próbkach bez wody. Przetestowano także wariant mieszaniny popiołu lotnego „stabilizowanego” przy użyciu substancji pomocniczych „Křivý důl” i Prestab. Stabilizatorem popiołu lotnego jest mieszanina płynnego popiołu lotnego i wody.

Test pilotażowy

Na podstawie wyników badań laboratoryjnych, do testów pilotażowych wykorzystano trzy rodzaje próbek.

Prestab, żużel:

Próbka 1 1 : 1 (te same ilości)

Próbka 2 1 : 1.5 (nadmiar żużla)

Próbka 3 1.5 : 1 (nadmiar Prestabu)

Prestab, stabilizator popiołu lotnego:

Próbka 4 1 : 1 (te same ilości)

W tabeli 2 przedstawiono dane wejściowe testów pilotażowych.

Stopniowo wszystkie składniki były mieszane w maszynie CAT M31, wyodrębniły się kawałki materiału inertnego o wielkości ok. 1,5 m. Tak wyselekcjonowane próbki przeszły test wykonany w dozowniku CAT D6H.

Próbka 1 – w przypadku identycznych proporcji obydwu materiałów zestalanie w transporcie jest możliwe, ale nie idealne. Spychacz lekko zapadał się i był w stanie zgnieść zmieszany materiał przy trzecim przejściu.

Próbka 2 – przy zwiększonym udziale *Prestabu* kompresja była prawie niemożliwa. Podczas pracy na hałdzie z przygotowanego materiału spychacz utonął a jego pasy wyślizgnęły się.

Próbka 3 – w przypadku zwiększonej ilości żużla kompresja w transporcie zaszła bezproblemowo. Spychacz skompresował materiał do warstwy wysokości 0,9 m, na której można układać kolejne.

Próbka 4 – z dodatkowym stabilizatorem kompresja

With regard to the difficult sample stirring with added water in normal operation, it was decided to focus on samples free of such water. I also tested a variant of a mixture of fly ash stabilizate “Křivý důl” and Prestab. The fly ash stabilizate is a mixture of fluid fly ash and water.

Pilot test

On the basis of the obtained information from the laboratory, a pilot test with the three samples was carried out.

Prestab, slag:

Sample 1 1 : 1 (identical proportion)

Sample 2 1 : 1.5 (excess of slag)

Sample 3 1.5 : 1 (excess of Prestab)

Prestab, fly ash stabilizate:

Sample 4 1 : 1 (identical proportion)

Table 2 gives details on the input values of the pilot test.

Gradually, all the proportions were stirred by a CAT M318 machine. The stirring provided separate pieces of inert material approximately 1.5 m high. Such prepared stirred volumes underwent a compaction test by a dozer, type CAT D6H.

Sample 1 – at identical proportions of both commodities compaction by travel is possible by not ideal. The dozer sank slightly and was able to compact the mixed material after the third travel.

Sample 2 – at excess Prestab compaction was almost impossible, when running on the heap with the prepared material the dozer sank and its belts slipped.

Sample 3 – at excess slag compaction by travel was trouble-free. The dozer compacted the material to the layer of about 0.9 m, onto which it was possible to place further layers.

Sample 4 – at excess stabilizate compaction was almost smooth. The dozer sank a little, but after

Tabela 2
Ilość użytych materiałów w teście pilotażowym

Table 2
Quantity of used materials in the pilot test

	Proporcje składników Material proportions	Ilość Prestabu Qty of Prestab		Ilość żużla Qty of slag		Ilość całkowita Total qty	
		[t]	[m ³]	[t]	[m ³]	[t]	[m ³]
Próbka nr 1 Sample No. 1	1 : 1	60	43	60	30	120	73
Próbka nr 2 Sample No. 2	1,5 : 1	75	53	50	25	125	78
Próbka nr 3 Sample No. 3	1 : 1,5	50	36	75	38	125	74
Próbka nr 4 Sample No. 4	1 : 1,5	50	36	75	35	125	71

była prawie idealna. Spychacz lekko zapadł się, ale potem był w stanie skompresować warstwę do ok 0,9 – 1,0 m.

Na podstawie danych uzyskanych z przeprowadzonych testów mieszanina nr 3 z żużlem i *Prestabem* w proporcjach 1,5 : 1 (zwiększona ilość żużlu) oraz mieszanina nr 4 ze stabilizatora i *Prestabu* może być rekomendowana do użycia w procesie rekultywacji. W takich proporcjach mieszaniny wykorzystuje się bezproblemowo i są one odpowiednie w zakresie użycia i pozostawiania w terenie podczas robót rekultywacyjnych. Ostateczne podsumowanie i rekomendacja do ewentualnej certyfikacji będzie możliwa po ocenie odcieków wodnych i zawartości substancji szkodliwych w suchej masie i porównanie ich z dopuszczalnymi limitami.

Określenie zawartości procentowej składników w próbkach 3 i 4

Próbki zostały przesiane, a nadziarno zostało rozdrobione. Próbki o oryginalnej zawartości wilgoci zostały włożone do wcześniej zważonych pojemników. Ciężar materiału wynosił od 7,5 do 8,5 g. Próbki zostały osuszone w 60°C przez 2 godziny z następującym po tym procesie dodatkowym suszeniem w 105°C przez 4 godziny.

Zmierzone wartości przedstawiono w tabeli 3 i porównano z wymaganymi limitami.

a while it managed to compact the layer to about 0.9 – 1.0 m.

Based on the acquired information through the carried out tests it is possible to recommend the mixture No. 3 with slag and Prestab proportion 1.5 : 1 (excess slag) and the mixture No.4 of stabilizate and Prestab for operation. At such proportions the mixtures appear trouble-free and suitable in terms of handling as well as dumping in the terrain within improvement-reclamation work. The final statement and recommendation for potential certification will be possible having evaluated the analyses of water extracts and harmful substances in the dry matter and having compared them with admissible limits.

Determination of dry matter percentage in the selected samples 3 and 4

The samples were sieved and those not corresponding with the required grain-size were crushed. A sample with original moisture content was inserted into a pre-weighed weighing bottle. The charge ranged from 7.5 to 8.5 g. The samples were dried at the temperature of 60°C for 2 hours with follow-up finish drying at 105°C for 4 hours.

The observed values are stated in Table 3 below and are compared with required limits.

Tabela 3
Zawartości składników w suchej masie w próbkach 3 i 4

Składnik Substance	Jedn. miary Unit	Zawartość dopuszczalna Limit value	Zawartość w próbce 3 Observed value of sample No.3	Ocena próbki 3 Evaluation of sample No. 3	Zawartość w próbce 4 Observed value of sample No. 4	Ocena próbki 4 Evaluation of sample No. 4
As	mg/kg	10,00	3,05	odpowiedni suitable	<4,00	odpowiedni suitable
Cd	mg/kg	1,00	0,575	odpowiedni suitable	<0,5	odpowiedni suitable
Cr total	mg/kg	200,00	1655	nieodpowiedni unsuitable	62,6	odpowiedni suitable
Hg	mg/kg	0,80	0,071	odpowiedni suitable	0,06	odpowiedni suitable
Ni	mg/kg	80,00	16,85	odpowiedni suitable	26,900	odpowiedni suitable
Pb	mg/kg	100,00	10,1	odpowiedni suitable	16,10	odpowiedni suitable
V	mg/kg	180,00	1010	nieodpowiedni unsuitable	138,00	odpowiedni suitable
BTEX	mg/kg	0,40	0,3	odpowiedni suitable	<0,2	odpowiedni suitable
PAU	mg/kg	6,00	0,5	odpowiedni suitable	<0,5	odpowiedni suitable
EOX	mg/kg	1,00	0,75	odpowiedni suitable	<0,5	odpowiedni suitable
C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg	300,00	55	odpowiedni suitable	<10	odpowiedni suitable
PCB	mg/kg	0,20	0,055	odpowiedni suitable	<0,10	odpowiedni suitable

Table 3
Observed values of dry matter percentage in Samples 3 and 4

Określenie ekstraktu wodnego w próbkach 3 i 4

Przeprowadzono proces ługowania w naczyniu laboratoryjnym z mieszalnikiem, do którego włożono próbkę analityczną, dodano ilość wody określoną na podstawie obliczeń. Ługowanie trwało 24 godziny w stałej temperaturze, przy prędkości 10 obr/min.

Po procesie ługowania zawartość naczynia z próbką została pozostawiona na 15 minut, aby nastąpił proces sedymentacji. Następnie strącono osad i prze-filtrowano przez filtr membranowy z porami wielkości 5 µm. Uzyskana woda została podzielona na próbki do dalszych analiz chemicznych.

Wyniki zostały przedstawione w tabeli 4 i porównane z określonymi wcześniej limitami.

Determination of water extract in the selected samples 3 and 4

The leaching process took place in a sample bottle into which I put a calculated amount of analytical sample and added a quantity of water also determined by computation. The own leaching lasted 24 hours under constant temperature, at the speed – 10 rev/min.

After the leaching process, the content of the sample bottle was left to sediment for 15 minutes. Then it was decanted and filtered through a membrane filter with a pore size of 5 µm. The obtained water extract was divided into the required number of fractional analytical samples for the relevant chemical analyses.

The observed values are given in the following Table 4 and are compared with required limits.

Tabela 4
Zaobserwowane zawartości w ekstraktach wodnych w próbkach 3 i 4

Table 4
Observed values of the water extract in Samples 3 and 4

Obszerowany wskaźnik Observed index	Jedn. miary Unit	Zawartość dopuszczalna Limit value	Zawartość w próbce 3 Observed value of sample No.3	Evaluation of sample No. 3	Zawartość w próbce 4 Observed value of sample No. 4	Evaluation of sample No. 4
DOC	mg/l	80	1,6	odpowiedni suitable	1,8	odpowiedni suitable
Wskaźnik fenolowy Phenolic index	mg/l	–	–	odpowiedni suitable	<0,005	odpowiedni suitable
Chlorides	mg/l	1500	16,00	odpowiedni unsuitable	15	odpowiedni suitable
Fluorides	mg/l	15	3,05	odpowiedni suitable	2,5	odpowiedni suitable
Sulphates	mg/l	2000	975,00	odpowiedni suitable	877	odpowiedni suitable
As	mg/l	0,20	0,03	odpowiedni suitable	<0,05	odpowiedni suitable
Ba	mg/l	10,00	0,69	odpowiedni unsuitable	0,0656	odpowiedni suitable
Cd	mg/l	0,10	0,03	odpowiedni suitable	0,0160	odpowiedni suitable
Cr total	mg/l	1,00	0,04	odpowiedni suitable	0,1080	odpowiedni suitable
Cu	mg/l	5,00	0,02	odpowiedni suitable	<0,001	odpowiedni suitable
Hg	mg/l	0,02	0,00	odpowiedni suitable	<0,005	odpowiedni suitable
Ni	mg/l	1,00	0,02	odpowiedni suitable	0,0440	odpowiedni suitable
Pb	mg/l	1,00	0,01	odpowiedni suitable	<0,01	odpowiedni suitable
Sb	mg/l	0,07	0,00	odpowiedni suitable	<0,001	odpowiedni suitable
Se	mg/l	0,05	0,00	odpowiedni suitable	<0,001	odpowiedni suitable
Zn	mg/l	5,00	0,05	odpowiedni suitable	0,0117	odpowiedni suitable
Mo	mg/l	1,00	0,03	odpowiedni suitable	<0,05	odpowiedni suitable
Substancje rozpuszcz. Dissolved substances	mg/l	6000	2278,50	odpowiedni suitable	2892	odpowiedni suitable
ekotoksyczność Eco-toxicity				negatywny negative		negatywny negative
pH		≥6	14,43	odpowiedni suitable	9,33	odpowiedni suitable

Testy fizyko - mechaniczne

Tylko próbka 4 (mieszanka *Prestabu* i zwiększonej ilości popiołów lotnych) przeszła testy stabilności. Jak wykazano wcześniej dwie wartości dla próbki nr 3 (*Prestab*, dodatkowy żużel) nie są zgodne z graniczną wartością ilości zanieczyszczeń w suchej masie. Stwierdzono obecność chromu i wanadu, zaobserwowano, że zawartość chromu przekroczyła około 8 razy dopuszczalną wartość, a wanadu około 5 krotnie.

Podczas badania właściwości mechanicznych próbki nr 4 właściwości gleby – podatność na kompaktowanie – zostały zbadane testem Proctor oraz testem CBR (California Bearing Ratio).

Wyniki badania próbki nr 4 przedstawiono w tabeli 5 i na rysunku 1.

Test nośności próbki nr 4 został określony poprzez CBR (bearing capacity ratio – proporcja wydajności do wytrzymałości gleby). Badanie wykonuje się na zągę-

Physical-mechanical tests

A static bearing test was carried out with the mixture labelled sample No. 4 only, which is the mixture of *Prestab* and excess fly ash stabilizate. As documented above two values of the sample No. 3 (*Prestab* and excess slag) did not comply with the limit values of pollutant content in the dry matter. It was the content of chromium and vanadium; in case of chromium the observed value exceeded the limit approximately 8 times and in case of vanadium it was about 5 times.

Within the examination of mechanical properties of the sample No. 4 compactibility of the soil was examined by a Proctor – standard and CBR test (California Bearing Ratio).

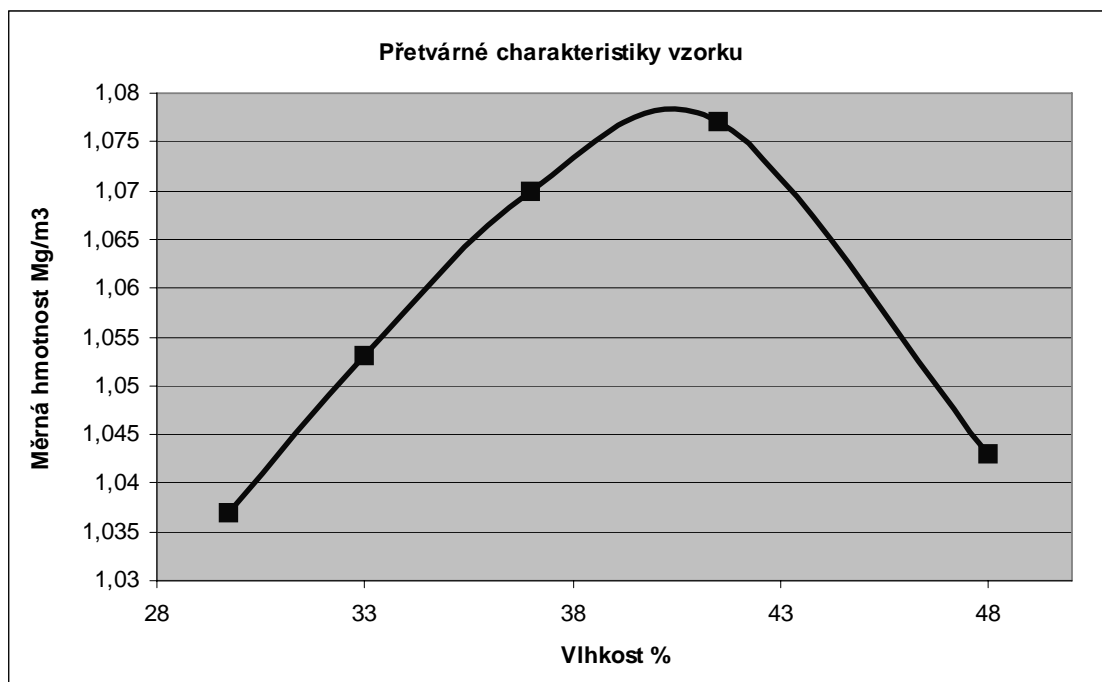
The particular values for the examined sample No.4 are stated in Table 5 and Fig. 1 below.

The bearing capacity test of sample No. 4 was determined by the soil bearing capacity ratio (CBR). The test is grounded in the compaction of a sample to

Tabela 5
Wartości standardu Proctor

Table 5
Values Proctor – standard

Gęstość [Mg/m^3] Bulk density [Mg/m^3]	1,037	1,053	1,070	1,077	1,043
Wilgotność [%] Moisture content [%]	29,7	33,0	37,0	41,5	48,0



Rys. 1
Cechy odkształceń próbki nr 4

Fig. 1
Deformable characteristics of Sample No. 4

szczonej do maksymalnej wartości próbce gleby pobranej z gruntu, wielkość próbki 20 cm² i zadanej wilgotności (od 1 do 3% większa od wilgotności) optymalnej. Na rysunku 2 przedstawiono procentową wartość siły w zależności od wartości CBR określonej na podstawie obliczeń zgodnie z normą.

Uzyskane wartości zostały przedstawione w tabeli 6.

Wnioski

Pierwotna ilość 34 przygotowanych próbek z dodatkiem wody zarobowej, oraz 7 bez dodatku wody została przetestowana laboratoryjnie. Przebieg i informacje na temat badań wybranych próbek zostały przedstawione w kolejnych tabelach, 4 próbki zostały wybrane do testu pilotażowego, który został przeprowadzony w miejscu projektowanych prac rekultywacyjnych o nazwie „rekultywacja stawu osadowego Nový York”. Z 4 próbek tylko dwie mieszaniny spełniały wymagania – *Prestab* z dodatkowym żużlem oraz *Prestab* z dodatkowym stabilizatorem popiołów lotnych. Z dwóch mieszanin została pobrana próbka, która przeszła analizy zgodnie z rozporzą-

the maximum bulk density of the soil at suggested moisture content (by 1 to 3% higher than optimal moisture content) and in the penetration of a 20 cm² spike into the sample surface. From the work Fig.2 of force in dependence on spike penetration, the CBR values in per cents are determined by a calculation according to the standard.

The taken values are provided in the following Table 6.

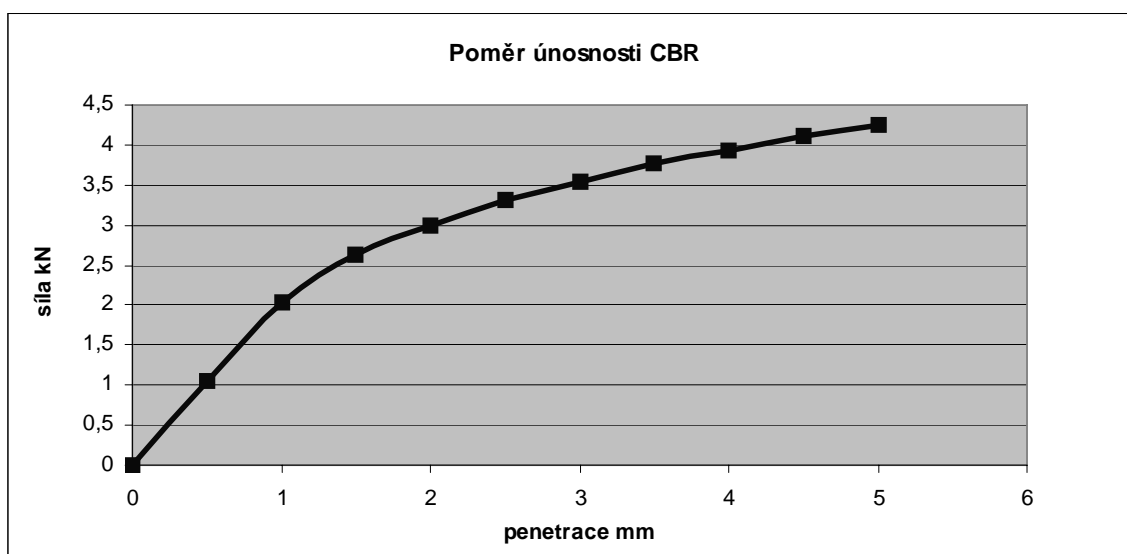
Conclusion

Out of the original number of 34 samples with added mixing water, further 7 samples without any added water were laboratory tested. The course and information on the tests were put down and out of all the implemented samples, 4 samples were selected for a pilot test. This was carried out in a locality of land reclamation project “Improvement of the slurry pond Nový York”. From the 4 samples only two mixtures met the requirements – *Prestab* with excess slag and *Prestab* with excess fly ash stabilizate. Out of the two mixtures I took samples that underwent analyses subject to Regulation 294/2005 Coll. and compared them with admissible limits. The mixture

Tabela 6
Wartości uzyskane do określenia testu nośności próbki nr 4

Table 6
Taken values to determine the bearing capacity of Sample No. 4

Przenikanie [mm] Penetration [mm]	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Siła [kN] Force [kN]	0	1,05	2,03	2,63	3,0	3,32	3,55	3,76	3,94	4,11	4,25



Rys. 2
Wykres zależności siły na penetracji próbki nr 4

Fig. 2
Chart of force dependence on penetration of Sample No. 4

dzeniem 294/2005 Coll. Wyniki porównano z dopuszczalnymi limitami. Mieszanina zawierająca żużel nie spełniała wartości Cr_{total} , która jako wartość graniczna została przekroczona 8 razy, a zawartość wanuadu przekroczona została 5,5 razy. Po przeprowadzeniu analiz, jedyną odpowiednią mieszaniną z wyselekcjonowanych odpadów była mieszanina *Prestab* i zwiększonej ilości popiołu lotnego, co było zgodne z wynikami analiz fizyko-chemicznych, a także testami wytrzymałościowymi.

Na podstawie przedstawionych wyników, powinno się rozważyć warunki procesu certyfikacji tej mieszaniny jako materiału do wypełniania terenów do rekultywacji. Równocześnie konieczne jest wzięcie pod uwagę czynników ekonomicznych, które często stanowią poważne ograniczenie.

comprising slag did not comply as for Cr_{total} content as its limit value was exceeded 8 times and the vanadium content was exceeded 5.5 times. After all the carried out analyses, the sole suitable mixture out of the selected wastes was the mixture of *Prestab* and excess fly ash stabilizate, which complied in terms of physical-chemical analyses as well as mechanical tests.

On the basis of the presented results a potential certification of this mixture as filling material for land reclamation work should be considered. At the same time, it is necessary to take into account the economic factors which, unfortunately, are often the limits.

Literatura – References

- 1 *Metodický pokyn k hodnocení vyluhovatelnosti odpadů. Věstníku MŽP ČR. 2002, roč. XII, č. 12, pp. 1–20.*
- 2 *Metodický pokyn odboru odpadů ke stanovení ekotoxicity odpadů. Věstník MŽP. 2007, roč. XVII, č. částka, pp. 1–28.*
- 3 *Hlavatá, M. Refuse from hard coal mining and its utilization in the Ostrava-Karviná district. In Environmental protection in industrial agglomerations. 1. Katowice : Central mining Institute, 2007. s. 27–39. ISBN 978-83-61126-00-3.*
- 4 *Hlavatá, M.; Viestová, Z.; Čablík, V. Utilization of waste for land reclamation purposes. In: Ecology and new building materials and products, XIth International Conference of Research Institute of building Materiels, Telč, VUSTA, 2007, s. 80–83. ISBN 978-80-239-9347-9.*
- 5 *Hlavatá, M; Viestová, Z. Utilization of the waste and its mixtures in the technical land reclamation. Mineralia Slovaca. 2010, 42, 3, p. 348. ISSN 0369-2086.*
- 6 *Hlavatá, M.; Čablík, V.; Fečko, P.; Tora, B.: Mining Industry Wastes – legal regulations in the Czech Republik with focus on black coal mining. Inżynieria mineralna. 2010, XI, 1–2, pp. 27–32. PL ISSN 1640-4920.*