



# Rekultywacja Hałdy Centralnej w kopalni Jana Švermy w Žaclěř

## Rehabilitation of Central Tailing Heap of Jan Šverma Mine in Žaclěř

Vlastimil HUDEČEK<sup>1)</sup>, Kristýna ČERNÁ<sup>2)</sup>, Zdeněk ADAMEC<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Prof., Ing., CSc.; Institute of Mining Engineering and Safety, Faculty of Mining and Geology, VŠB – Technical University of Ostrava 17.listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba, Czech Republic; e-mail: vlastimil.hudecek@vsb.cz, tel.: (+420) 597 323 150

<sup>2)</sup> Ing.; Institute of Mining Engineering and Safety, Faculty of Mining and Geology, VŠB – Technical University of Ostrava 17.listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba, Czech Republic; e-mail: kristyna.cerna@vsb.cz, tel.: (+420) 597 321 274

<sup>3)</sup> Ing., Ph.D.; GEMEC-UNION, JSC, 542 01 Žaclěř

### Streszczenie

W niniejszej pracy autorzy zaznają czytelnika z zakończoną sukcesem odnową Hałdy Centralnej w kopalni Jana Švermy w miejscowości Žaclěř. Opisana jest tutaj krótko okolica kopalni, a czytelnicy zostają wdrożeni w proces odnowy przeprowadzony przez firmę GEMEC-UNION, JSC. Opisano w pierwszej kolejności metody odnowy i usprawniania, a następnie proces wprowadzania rekultywacji na hałdzie centralnej głównie poprzez obsiewanie trawą przy użyciu metody hydroobsiewu. Praca zawiera również wyniki próbnego siewu z zastosowaniem różnego rodzaju nawozów oraz kondycjonerów glebowych.

Słowa kluczowe: rekultywacja, odnowa, hałda, obsiewanie, hydroobsiewanie, mata kokosowa

### Wprowadzenie

Kopalnia Jana Švermy w Žaclěř jest jedną z najstarszych kopalń węgla kamiennego w Republice Czeskiej. Obecnie jednostka ta jest obsługiwana przez kompanię GEMEC-UNION, JSC, która przejęła kierownictwo nad kopalnią od przedsiębiorstwa państwowego Kopalnie Węgla Czech Wschodnich w celu przygotowania ostatecznej części związanej z zamknięciem kopalni tj. rekultywacji zniszczeń spowodowanych przez działalność kopalni. Oprócz powyższych zabiegów, dokonano również innych tj. wypełnienie pustych wyrobisk za pomocą mieszanek niewymywalnych produkowanych na bazie popiołu, popiołu lotnego z procesów energetycznych, produkcji surówki itp. Górnictwo Žaclěř jest usytuowane w północno-wschodniej części zarządu miasta Žaclěř, bliżej granicy z Polską. Firma GEMEC-UNION, JSC, zapewnia na mocy umowy ramowej z VUD oraz SOE prace rekultywacyjne i odnowę Hałdy Centralnej, Hałdy Małej oraz Hałdy Eliska powstałych na skutek działalności kopalni. [1] W artykule tym autorzy opisują metodę odnowy Hałdy Centralnej, które poddana została wielkim przemianom

### Summary

In this contribution the authors make the reader familiar with the successful rehabilitation of the Central Tailing Heap of Jan Šverma Mine in Žaclěř. The locality of Jan Šverma Mine is described here in brief and readers are also acquainted with the company GEMEC-UNION, JSC carrying out the rehabilitation. At first, restoration and rehabilitation methods and subsequently, the process and implementation of rehabilitation on the Central Heap, namely by grassing, using the hydroseeding method, are described here. The contribution also contains results of trial seeding with applications of various fertilisers and soil conditioners.

Keywords: restoration, rehabilitation, heap, grassing, hydroseeding, coconut mats

### Introduction

The Jan Šverma Mine in Žaclěř is one of the oldest hard coal mines in the Czech Republic. At present, the plant is operated by the company GEMEC – UNION, JSC, which took charge of it from the East Bohemian Coal Mines, state enterprise, (VUD, SOE) in Trutnov to perform the final part of closure, i.e. remediation of damage caused by past mining activities. Among other matters, mine remediation work, i.e. filling the excavation voids with hydraulic non-elutable mixtures produced on the basis of mainly ash, fly ash from energy processes, from ironmaking, etc. was done here. The Žaclěř mining claim is situated north-east of the municipality of Žaclěř, near the frontier with the Polish Republic. The company GEMEC-UNION, JSC, ensures in the framework of agreement with VUD, SOE remediation and rehabilitation work in the localities of Central Tailing Heap, Small Tailing Heap and Eliška Heap produced by the activities of the mine concerned. [1] In this article, the authors describe the method of rehabilitation of Central Tailing Heap that has undergone great changes in



Rys. 1  
Hałda Centralna [1]

Fig. 1  
Central Tailing Heap [1]

w ostatnich latach. Procedura wdrażania oraz wyników odnawiania Hałdy Centralnej zostały opisane w pracy.

### **Możliwości rekultywacji i odnowy**

Generalnie celem rekultywacji i odnawiania jest przywrócenie terenom dotkniętym działalnością górnictwa wyglądu krajobrazowego co oznacza przygotowanie takiej metody, która zapewni regenerację funkcji naturalnych ekosystemu i jednocześnie całkowite wykorzystanie terenów poddanych procesom odnowy [4].

Rekultywacja i odnowa odnoszą się do następujących zabiegów:

- powrót do stanu pierwotnego (rekultywacja pierwotnej rzeźby terenu), gdy pierwotne funkcje terenu są odnawiane np. gospodarka rolna i urządzenie terenów leśnych,
- częściowa rekultywacja pierwotnej rzeźby terenu, gdy występuje częściowa rekultywacja funkcji pierwotnych i pojawiają się nowe czynności,
- urozmaicenie pierwotnej rzeźby terenu, gdy obszar jest na nowo wykorzystany i tworzy się nowe elementy krajobrazu [2].

### **Procedura rekultywacji obszarów**

- rekultywacja pustych przestrzeni eksploatacyjnych włączając w to wszystkie obszary dotknięte działalnością górnictwa, które jest odzwierciedleniem całości procesów takich jak przygotowanie projektu zagospodarowania zwałów, hałd, wyrobisk, nachyleń wyrobisk, szybów, gruntów nasypanych materiałami wypełniającymi, stworzenia

recent years. The procedure of implementation and the result of rehabilitation of the Central Tailing Heap will be described in the article.

### **Possibilities of restoration and rehabilitation**

Generally, the purpose of restoration and rehabilitation is to recover and functionally incorporate lands affected by mining back into the landscape and the environment, which means to perform such final treatment of an area affected by mining that will ensure the recovery of natural functions of the ecosystem and simultaneously the complete utilization of the land affected by mining [4].

Restoration and rehabilitation lead to the following treatment in the area:

- Returning into the original state (restoration of the original relief), when original functions of the area are renewed, e.g. farming and forest management,
- Partial restoring of the original relief, when the partial renewal of original functions occurs and new activities will arise,
- The origin of new landscape relief, when the area is utilized newly and a new landscape element is created. [2].

### **Procedure for the recovery of lands**

- Restoration of exploitation voids, including all lands affected by mining, which represents an overall treatment, design of spoil tips, heaps, closing benches, closing slopes of excavation, residual shafts, made-ground of filling materials, creation of artificial elements – protective

elementów sztucznych – obwałowań ochronnych, barier i innych,

- odnowa inżynierska – odnowienie gleby nieużytecznej, kształtowanie terenu przy użyciu spycharek, buldożerów, pługów oraz bron rotacyjnych,
- bioodnowa – nawożenie i dodatek substancji odżywczych do gleby, modyfikacja właściwości fizycznych i chemicznych gleby (kwasowość gleby, struktura), pomiary agrotechniczne i uprawa roślinności. Przywrócenie życia w odnawianych obszarach [2].

## Hałdy w kopalni Jana Švermy w Žaclěř oraz proces ich odnawiania

### *Hałda Eliška*

Hałda usytuowana jest w północno-zachodniej zabudowie kopalni Jana Švermy w pobliżu przebiegającej drogi. Hałda Eliška zawiera pozostałości z przemysłu wydobywczego. Osadzenie odpadów miało miejsce w latach 1867 – 1920. W połowie lat siedemdziesiątych dwudziestego wieku nastąpiło samorzutne spalanie w hałdzie. U góry hałdy o powierzchni 20x20 m temperatura znacznie różni się od reszty otoczenia – podczas zimowych miesięcy nie odnotowuje się w tym miejscu płaszcza śniegu. Obecnie zwałowisko pokryte jest samosiewnymi drzewami i krzewami z przewagą drzew brzoźowych. Obszar jest strzeżony częściowo przez odgrodzenie go zapobiegające wstępowi osób nieupoważnionych. [1]

embankments, barriers, and others,

- engineering rehabilitation – soil usefulness renewal, ground shaping using dozers, bulldozers, trench ploughs and ditch rotary hoes. Groundwork (spreading of top soil and matrices),
- biorehabilitation – fertilisation and adding of nutrients to soils, modification in soil physical and chemical properties (soil acidity, structure), agrotechnical measures and plant breeding. Return of life into a restored and rehabilitated area [2].

## Tailing heaps in the Jan Šverma mine in Žaclěř and rehabilitation of them

### *Eliška Heap*

The Heap is situated north-north-west of the premises of Jan Šverma Mine near an approach road. The Eliška Heap consists of tailings from extractive industries and bands in hard coal. Deposition took place in the years 1867 – 1920. In the mid-seventies of the 20<sup>th</sup> century, spontaneous combustion occurred in the Heap. At the top of the Heap, an area about 20 x 20 m in size still exists, where temperature differs evidently from that in the surroundings – during the winter months any mantle of snow does not remain here. At present, the heap is covered with self-seeding trees and shrubs with the prevalence of birch trees. The area is secured partially by fencing to prevent unauthorized persons from entering. [1]



Rys. 2  
Hałda Eliška [1]

Fig. 2  
Eliška Heap [1]

### **3.2. Hałda Mała**

Podrozdział dotyczy hałdy, na której pozostałości odkładane były szczególnie w sezonach zimowych gdy ciężarówki transportujące odpady nie były w stanie dotrzeć na strome zbocze Hałdy Centralnej. Woda pochodząca z opadów deszczowych spływając z Małej Hałdy do strumienia Lamperický potok powodowała agradację kanału. Przeprowadzono obszerny drenaż tego terenu co jest przedmiotem dyskusji [1].

### **Hałda Centralna**

Hałda Centralna powstała w roku 1930 kiedy materiały zaczęły być spiętrzane na hałdzie manualnie dzięki samochodom, później w latach czterdziestych i pięćdziesiątych, hałda kształtowana była stożkowo; wysokość hałdy od dna wynosi 64 m [1].

### **Obsiewanie trawą Hałdy Centralnej w kopalni Jana Švermy**

W tym rozdziale autorzy koncentrują się wyłącznie na Hałdzie Centralnej, ponieważ prace na niej okazały się być najbardziej przełomowe.

### **Proces obsiewania trawą Hałdy Centralnej**

Czynności przeprowadzone na Hałdzie Centralnej składały się z dwóch części, mianowicie technicznej i biologicznej.

W pierwszej kolejności należało tak ukształtować zwałowisko, aby uzyskać możliwą stabilność zapobiegającą niekontrolowanemu spływaniu wody podczas długotrwałych bądź intensywnych opadów deszczu. W tym celu wykorzystano ciężki sprzęt (koparki, spycharki) dzięki któremu uformowano powierzchnie wypoziomowane i nachylone [1].

Drugim krokiem było przeprowadzenie części biologicznej. Podstawowym jej celem była odnowa roślinności na zwałowisku tj. wiązanie powierzchni przez zastosowanie plonów zdolnych do wzrostu na hałdzie.

Pierwsze próby zasiewu trawy Hałdzie Centralnej podjęte zostały na północno-zachodnim zboczu hałdy w roku 2005; niemniej jednak drobiny z części skrajnej zajmujące razem obszar 18 hektarów nie przyjęły się przez co proces odnowy roślinności nie powiódł się. Z tego powodu wiosną 2009 roku powstał zespół specjalistów mających za zadanie stworzenie odpowiednich warunków do zasiewu trawy na Hałdzie Centralnej. Metodologia została zaproponowana po długich dyskusjach i w maju 2007 roku przeprowadzono eksperyment w małej skali na zboczu Hałdy Centralnej.

Okolica usytuowana jest w łagodnym regionie klimatycznym ze średnią roczną temperaturą wynoszącą 6°C. Średnie roczne opady deszczu wynoszą

### **Small Tailing Heap**

It is the case of a tailing heap on which tailings were deposited prevalingly in winter seasons, when trucks transporting the tailings were not able to reach the top of steep slope of the Central Heap. The rainfall water runs down the Small Heap to the stream, Lamperický potok, and causes thus channel aggradation. The comprehensive drainage of the area is being dealt with, and this issue is the subject matter being discussed [1].

### **Central Tailing Heap**

The Central Heap was constructed in the year 1930, when materials began to be piled up on the Heap manually by means of cars, and later in the 40's and the 50's, the Heap was shaped conically; the height from heap bottom is 64 m [1].

### **Grassing the Central Tailing Heap of Jan Šverma Mine**

In this chapter, the authors will be concerned with the Central Tailing Heap because works on it is the most conspicuous feature of rehabilitation.

### **Process of grassing the Central Heap**

Activities carried out on the Central Heap consist of two parts, namely technical and biological.

At first it was necessary to shape the heap so that stability might be achieved and the uncontrolled running down of water during prolonged or heavy rains might be prevented. For this purpose, heavy machines were utilized (loading shovels, dozers) by means of which levels and sloping surfaces were formed [1].

As the second step the biological part was carried out. The fundamental objective of it was the revegetation of the heap, i.e. binding the surface by crops able to grow on the heap.

The first attempts to grass the Central Tailing Heap were made on the north-west slope of the heap in the year 2005; nevertheless, particularities of an extraordinarily extreme site occupying altogether the area of 18 hectares were not probably respected, and this revegetation failed completely. For these reasons a team of specialists with a view to determining conditions for the successful grassing of the heap of Central Tailing Heap was built in the spring of the year 2009. To that end, a methodology was proposed after long discussions and in the May of the year 2007, a small-scale site, multifactor experiment was set up directly on the slope of the heap of Central Tailing Heap.

The locality is situated in a mild climate region with a mean annual temperature of 6°C. The long-term annual average precipitation amount has a value



Rys. 3  
Maszyny pracujące na Hałdzie Centralnej [1]

Fig. 3  
Machines in operation on the Central Heap [1]



Rys. 4  
Maszyny na Hałdzie Centralnej [1]

Fig. 4  
Machines on the Central Heap [1]

905 mm, a w najwyższej części – szczyt zwałowiska – wynoszą 629,5 mm. Przed rozpoczęciem eksperymentu, pobrano próbkę z rejonu zwałowiska. Wyniki analizy chemicznej próbki na zawartość składników odżywczych nie były sprzyjające dla przyszłego zasiewu trawy na tym obszarze [1].

of 905 mm and the highest place– top of the heap is at the altitude of 629.5 m. Before the commencement of the experiment, a soil sample was taken from the locality. The results of chemical analysis of the sample for the content of nutrients were not favourable to carrying out the grassing of the heap [1].



Tabela 1  
Wynik analizy gleby na zawartość składników odżywczych  
(w odniesieniu do Morgana, Mehlicha III) [1]

Table 1  
Result of soil analysis for nutrient content (according to  
Morgan, Mehlich III) [1]

pH/KCI	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)
7,8	0	152	317	678

Z powyższych rezultatów (Tab. 1) wynika, że zerowa zawartość fosforu będącego niezbędnym składnikiem do zakorzenienia roślin jest problematyczna. Niedomiar fosforu jest przyczyną niższego stopnia kiełkowania oraz niewielkiego rozwoju roślin jednoliściennych; ciemnozielony kolor liści stopniowo zmienia się w kolor czerwono-fioletowy. Odkryto również wysokie zawartości magnezu w glebie, która może w przypadku terenów trawiastych wahać się w granicach od 40 do 90 mg/kg [1].

Na podstawie wiedzy dotyczącej poszczególnych właściwości terenu zaproponowano model eksperymentu opierający się na wykorzystaniu mieszanki trawy koniczynowej odpornej na susze. Mieszanka zawiera następujące składniki:

- Kostrzewa owcza – 30%,
- Kostrzewa czerwona – 15%,
- Kostrzewa rozpięchła czerwona krótka – 10%,
- Kostrzewa rozpięchła czerwona – 15%,
- Tomka wonna – 10%,
- Życica – 5%,
- Koniczyna – 15%,

It follows from the above-mentioned results (Tab. 1) that it is especially the zero content of phosphorus being of importance to plant rooting that is problematic at the site. A shortage of phosphorus causes the lower sprouting, short and poorly developed blades in monocot species; the dark green colour of leaves gradually changes to red-violet. What was found was a high value of magnesium content in soil, which should in the case of grassland move depending upon the matrix granularity in the range from 40 to 90 mg/kg [1].

On the basis of knowledge of specific properties of the site, a drought proof clover-grass mixture for extensive non-agricultural utilization was proposed for the model experiment. The composition of the mixture is as follows:

- Sheep's fescue – 30%,
- Tufted red fescue – 15%,
- Short creeping red fescue – 10%,
- Creeping red fescue – 15%,
- Sweet vernal grass – 10%,
- Rye-grass – 5%,
- Clover crops – 15%,



Rys. 5  
Przykład mieszanki trawy koniczynowej  
i nawozu sztucznego [1]

Fig. 5  
An example of clover-grass mixture  
and fertiliser [1]

Mieszanka ta została obsiana na eksperymentalnym obszarze 3×3 m (w ilości 30 g/m<sup>2</sup>) 3 maja 2007 roku; obszary zostały wyznaczone bezpośrednio na zboczu Hałdy Centralnej, a przez zasiewem zastosowano siedem różnych wariantów nawozów sztucznych i kondycjonerów glebowych:

1. Granulat B.A. (100 g/m<sup>2</sup>),
2. Fertiliser Floranid Permanent (30g/m<sup>2</sup>), B.A. root concentrate (22.2 ml/m<sup>2</sup>),
3. Agrosil LR (150 g/m<sup>2</sup>), Granulat B.A. (100 g/m<sup>2</sup>), B.A. root concentrate (22,2 ml/m<sup>2</sup>),
4. Agrosil LR (150 g/m<sup>2</sup>), Floranid Permanent (30 g/m<sup>2</sup>), B.A.S-90 (22,2 ml/m<sup>2</sup>),
5. Granulat B.A. (100 g/m<sup>2</sup>), B.A.S-90 (22,2 ml/m<sup>2</sup>),
6. Floranid Permanent (30 g/m<sup>2</sup>), B.A.S-90 (22,2 ml/m<sup>2</sup>),
7. Granulat B.A. (100 g/m<sup>2</sup>), B.A. root concentrate (22 ml/m<sup>2</sup>).

W toku selekcji nawozów sztucznych i kondycjonerów glebowych, a w następstwie różnych wariantów ich kombinacji położono nacisk głównie na dodatek fosforu, na dostarczenie elementów niezbędnych do rozwoju systemu korzeniowego, na aktywację i wzrost wydajności gleby oraz na polepszeniu kruchliwej struktury glebowej. Biorąc pod uwagę powyższe aspekty wybrano Agrosil LR oraz nawóz sztuczny Floranid Permanent do eksperymentu [1].

#### ***Wdrażanie procesu obsiewania trawy na Hałdzie Centralnej***

16 sierpnia 2007, 105 dni od zasiewu na obszarach eksperymentalnych oszacowano pokrycie przez trawę koniczynową w przypadku poszczególnych wariantów. Z przedstawionych wyników (patrz Tab. 2) widoczne jest, że czynnikiem ograniczającym wzrost roślin oraz ich zakorzenienie na zboczu hałdy jest niedobór składników odżywczych, głównie fos-

Tabela 2  
Ocena pokrycia stanowiska w przypadku poszczególnych wariantów [1]

Experimental variant Wariant doświadczenia	Stand coverage Pokrycie stanowiska
1. B.A. Granulate	5%
2. Floranid Permanent, B.A. root concentrate	15%
3. Agrosil LR, B.A. Granulate, B.A. root concentrate	35%
4. Agrosil LR, Floranid Permanent, B.A. S-90	45%
5. B.A. Granulate, B.A. S-90	10%
6. Floranid Permanent, B.A. S-90	20%
7. B.A. Granulate, B.A. root concentrate	10%

This clover-grass mixture was seeded on 3×3 m experimental plots (in the amount of 30g/m<sup>2</sup>) on the 3<sup>rd</sup> May 2007; the plots had been delineated directly on the slope of the Central Tailing Heap, and the following seven variants of fertilisers and soil conditioners had been applied to them before the seeding:

1. B.A. Granulate (100 g/m<sup>2</sup>),
2. Fertiliser Floranid Permanent (30g/m<sup>2</sup>), B.A. root concentrate (22.2 ml/m<sup>2</sup>),
3. Agrosil LR (150 g/m<sup>2</sup>), B.A. Granulate (100g/m<sup>2</sup>), B.A. root concentrate (22.2 ml/m<sup>2</sup>),
4. Agrosil LR (150 g/m<sup>2</sup>), Floranid Permanent (30 g/m<sup>2</sup>), B.A.S-90 (22.2 ml/m<sup>2</sup>),
5. B.A. Granulate (100 g/m<sup>2</sup>), B.A.S-90 (22.2 ml/m<sup>2</sup>),
6. Floranid Permanent (30 g/m<sup>2</sup>), B.A.S-90 (22.2 ml/m<sup>2</sup>),
7. B.A. Granulate (100 g/m<sup>2</sup>), B.A. root concentrate (22 ml/m<sup>2</sup>).

In the course of selection of fertilisers and soil conditioners, and subsequently of various variants of their combinations, an emphasis was put especially on the adding of phosphorus and trace elements to the vegetation profile, on the support provided to the development of a root system, on the activation and increasing of a soil capacity and on the improving of formation of a crumbly soil structure. Considering these aspects, preparations based on bioalginates, Agrosil LR and the fertiliser Floranid Permanent were selected for this experiment. [1]

#### ***Implementation of grassing the Central Heap***

After 105 days from seeding the stand on experimental plots, clover-grass mixture coverage was evaluated in the framework of individual variants on the 16<sup>th</sup> August 2007. From the presented results (see Tab. 2) it is evident that the limiting factor for the growth of plants and the incorporation of the stand at the site is a shortage of nutrients, especially of phosphorus, which is proved by results

Table 2  
Evaluation of stand coverage in the case of individual variants [1]

foru, co udowodniły warianty 3 i 4, gdzie zastosowano Agrosil LR i gdzie pokrycie drzewostanem było również najwyższe – 35% i 45% [1].

Inną znaczącą informacją jest zmiana składu gatunkowego drzewostanu, ponieważ większość pokrywy roślinnej na poletkach doświadczalnych była reprezentowana, po 105 dniach od zasiewu, przez koniczynę, mimo, że stanowiła ona zaledwie 15% oryginalnego składu wysianej mieszanki.

#### ***Przebieg wysiewu trawy na Hałdzie Centralnej***

Na podstawie wiedzy uzyskanej z eksperymentu przeprowadzonego na małym obszarze zaproponowano hydroobsiew w celu stopniowego obsiewania całej powierzchni Hałdy Centralnej. Ta technologia umożliwia jednocześnie poszerzenie obsiewu, nawozu sztucznego oraz wszystkich proponowanych kondycjonerów glebowych na danym obszarze; czynniki te mogą być równomiernie zaaplikowane w trudno dostępnych miejscach.

Po zastosowaniu na powierzchni powstaje nieprzerwana warstwa zaaplikowanej mieszanki wraz z elastyczną warstewką chroniącą przed erozją. Hałda Centralna ma najwyższy gradient wynoszący 28 stopni, a hydroobsiew mógłby być prowadzony dzięki drogom zaprojektowanym ze względów praktycznych wzdłuż obwodu [1].

of variants 3 and 4, where Agrosil LR was applied, and where stand coverage has also the highest values – 35% and 45% [1].

Another significant piece of knowledge is a change in species composition of the stand, because the majority of vegetation cover of experimental plots was represented, after 105 days from the seeding, by clover crops, although clover crops formed merely 15 percent of the original composition of the mixture seeded.

#### ***Dealing with grassing the Central Heap***

On the basis of knowledge obtained in the small plot experiment, a hydroseeding technology was proposed for the gradual grassing of the whole area of Central Tailing Heap. This technology makes it possible to spread simultaneously seed, fertiliser and all proposed soil conditioners on the site; these components will be applied evenly also to less accessible places.

After application, a continuous layer of a sprayed mixture with an elastic film of admixture for erosion prevention will be formed on the soil surface. The Central Tailing Heap has the highest gradient of 28 degrees and hydroseeding could be carried out by means of ways constructed for practical reasons along the circumferential contour [1].



Rys. 6  
Hałda Centralna po hydroobsiewie  
i zastosowaniu mat kokosowych [1]

Fig. 6  
Central Heap after hydroseeding  
and coconut mats [1]



Skład domieszki stosowanej w celu ochrony przez erozją został zmodyfikowany pod względem potrzeby przyspieszonego pokrywania powierzchni gleby na zboczach, aby tomka wodna została usunięta z pierwotnej mieszanki, a sama mieszanka została wzbogacona o kostrzewę wysoką i włoską życicę zapewniające szybki rozwój, a które z kolei mogłyby stopniowo zanikać w przyszłości i byłyby zastępowane przez gatunki roślin wieloletnich; udział koniczyny w mieszance został zmniejszony z 15% do 11%. Skład użytej mieszanki po modyfikacjach przedstawiał się następująco:

- Kostrzewa wysoka – 10%,
- Kostrzewa owcza – 30%,
- Kostrzewa czerwona – 24%,
- Życica włoska – 10%,
- Życica – 15%,
- Wiciokrzew – 5%,
- Czarnuszka siewna – 3%,
- Trawa wysuszona – 3%.

Z zaobserwowanych wariantów kombinacji wyników otrzymanych z substancji glebowych pomocniczych wybrano wariant 4, przez wzgląd na otrzymane wyniki. Wariant ten obejmował zastosowanie następujących czynników: Agrosil LR o stężeniu 150 g/m<sup>2</sup>, długoterminowy nawóz sztuczny Floranid Permanent o stężeniu 30 g/m<sup>2</sup> oraz bioalginian B.A. S-90 o stężeniu 22,2 ml/m<sup>2</sup> [1].

The composition of admixture for erosion protection was modified with regard to the need for accelerated covering the surface of soil on the slopes so that sweet vernal grass was removed from the original composition and the mixture was enriched with tall fescue and Italian rye-grass ensuring rapid initial development, which would gradually disappear in the future and would be replaced with more perennial species; the proportion of clover crops in the mixture was decreased from 15% to 11%. The composition of the used mixture after modifications made was as follows:

- Tall fescue – 10%,
- Sheep's fescue – 30%,
- Red fescue – 24%,
- Italian rye-grass – 10%,
- Ray-grass – 15%,
- Honeysuckle grass – 5%,
- Black seed – 3%,
- Ayseed – 3%.

From the observed variants of combinations of effects of selected auxiliary soil substances, a variant under the number 4 was selected with regard to results obtained. In this variant, Agrosil LR at a rate of 150g/m<sup>2</sup>, a long-term fertiliser Floranid Permanent at a rate of 30g/m<sup>2</sup> and bioalginat B.A. S-90 at a rate of 22.2 ml/m<sup>2</sup> were applied [1].



Rys. 7  
Wyniki hydroobsiewu po około 2 miesiącach [1]

Fig. 7  
Results of hydroseeding after about 2 months [1]

Warunki glebowe i ich polepszenie dzięki kondycjonerom glebowym na Hałdzie Centralnej musiały zgadzać się z opracowaną mieszanką składników i również w odniesieniu do niebezpieczeństwa erozji zboczy hałdy w praktyce, a przez to zespół badaczy zalecił wykorzystanie stabilizatora powierzchniowego Terra-Control w technologii hydroobsiewu aby chronić nasiona trawy przed szkodliwym działaniem erozyjnym wody i wiatru. Pomocniczy preparat glebowy Terra-Control jest rozpuszczalnym w wodzie polioktanem winylu. Dzięki jest zdolności do formowania trójwymiarowej sieci strukturalnej w górnej strefie gleby i zdolności wiązania nasion na powierzchni gleby na długi czas, chroni on glebę od zmywania i przez to staje się możliwe znaczące zwiększenie efektywności wzrostu roślin na obszarach problematycznych.

Najbardziej strome miejsca pokryte zostały matą kokosową importowaną ze Sri Lanki. Są one przewiązane w celu uniknięcia większych obsunięć. Maty ulegają rozkładowi po kilku latach, a ich funkcja zostaje zastąpiona przez stopniowy wzrost roślinności. [1]

#### **Metoda hydroobsiewu**

Hydroobsiew jest jedną z zaawansowanych i bardzo postępujących form zasiewu gleb odpowiednio dobraną mieszanką nasion traw bądź roślin i/lub

Specifics of soil conditions and their improvement by means of soil conditioners on the heap of Central Tailing Heap had to be respected in the formulation of mixture composition and also, in relation to the danger of erosion on the slopes of the heap, in practical realization, and thus the research team recommended the utilization of soil surface stabiliser Terra-Control in the hydroseeding technology to protect grass seed on the soil surface from water and wind erosion. The auxiliary soil preparation Terra-Control is water-dilutable polyvinyl acetate dispersion. By its ability to form a three-dimensional net structure in the topsoil and to fix seed on the soil surface for a long time it protects the soil from erosion washing away, and thus makes it possible to increase very significantly the effectiveness of greening at problematic sites.

The steepest places were covered with coconut mats imported from Sri Lanka. They are fastened through oak bolts to avoid rather large local landslides. These mats will decay in several years and the function of them will be replaced gradually by greenery grown. [1]

#### **Method of hydroseeding**

Hydroseeding is one of advanced and very progressive forms of seeding of soil localities with a suitably chosen mixture of grass seed or plant and/or



Rys. 8  
Maty kokosowe [1]

Fig. 8  
Coconut mats [1]

gatunków drzew. Ponadto jest on przeprowadzany w transporcie, gospodarce wodnej, placówkach przemysłowych i sportowych, w przypadku różnych rodzajów krajobrazów oraz oczywiście w procesie odnawiania terenów zrujnowanych przez przemysł i inne czynniki. Hydroobsiew jest szczególnym przypadkiem obsiewu terenów, gdzie mieszanka nasion, wody, nawozów sztucznych, materii organicznej oraz domieszek przeciw erozji jest rozpylana na określonym obszarze. Jest on używany głównie w celu zasiewu trawy. Postępowanie to ma na celu polepszenie vegetacji roślin dzięki formowaniu nieprzerwanej pokrywy powodującej przede wszystkim twardnienie obszaru będącego obiektem zasiewu co z kolei pozwala na uniknięcie erozji i powstawania pyłów. Hydroobsiew może być również stosowany do polepszenia vegetacji dzięki ziołom i gatunkom drzewiastym (drzewa i krzewy). Ten sposób zalesiania może zaspokoić wszystkie ekologiczne, estetyczne i mikroklimatyczne funkcje [1].

Sprzęt użyty do rozpylania mieszanki dostarczony był przez USA pod nazwą FINN HYDROSEEDER; zamontowany jest on jako odłączalna nadbudowa na podwoziu samochodu ciężarowego. Hydroobsiewacz posiada zbiornik oraz zespół mieszalników, które mieszają wszystkie składniki, pompę w celu generowania wymaganego ciśnienia oraz pomost roboczy z monitorem. Pojemność zbiornika wynosi 6600 l i wystarcza

woody species. Above all it is carried out on transport, water management, industrial and sports structures, in the course of various types of landscaping and landscape gardening and in the course of rehabilitation of land resources in areas devastated due to industrial and other activities. Hydroseeding is a special way of seeding of areas, in the course of which a mixture of seed, water, fertiliser, organic matter and admixtures for erosion control is sprayed over the area determined. It is used mostly for the purpose of grassing. This is the manner of vegetation improvement by means of grass assemblage with a rather small share of other herbs, forming a continuous cover, the aim of which is above all the hardening of area being seeded against erosion and also improvement in appearance and prevention of dust formation. Hydroseeding can also be used for vegetation improvement by means of herbs and woody species (trees and shrubs). This way of greenery can fulfil all ecological, aesthetic and also microclimatic functions [3].

Equipment used for spraying the mixture was supplied from the U.S.A. under the name FINN HYDROSEEDER; it is mounted as detachable superstructure on a truck chassis. The hydroseeder has a tank and an agitator assembly that mixes perfectly all components, a pump for required pressure generation and a working platform with a monitor. The volume of the tank is dimensioned at 6600 l of



Rys. 9  
Maszyna do hydroobsiewu [1]

Fig. 9  
Equipment – Hydroseeder [1]

ona na rozpylenie mieszanki na obszarze 2000–3000 m<sup>2</sup>. Zasięg rozpylania wynoszący 60 m umożliwia dotarcie mieszanki do obszarów trudno dostępnych; na większych odległościach stosuje się węże [3].

### **Wnioski**

Obecnie proces odnowy jest ukończony na 11 spośród 18 hektarów branych pod uwagę. Do wykonania pozostała jeszcze część, która usytuowana jest na południowej stronie hałdy; zasiew trawy będzie kontynuowany w tym roku. W przyszłości planuje się inne wykorzystanie hałdy np. wybudowanie w tym miejscu letniego ośrodka sportowego lub wyciągu narciarskiego.

Artykuł został przygotowany dzięki wsparciu projektu grantowego VaV CBU No. 42-05.

mixture and with one fill, about 2000–3000 m<sup>2</sup> of the area can be sprayed. The range of spraying of 60 m enables application in inaccessible places; for larger distances, hoses are available [3].

### **Conclusion**

At present, rehabilitation work is finished on 11 of 18 hectares of the area concerned. What remains to be done is the part of the heap that is situated on the south side of the heap; grass seeding will continue this year. In future, another utilization of the heap is considered, e.g. the construction of summer sports ground or a ski lift and a piste.

The article was prepared thanks to support from the grant project VaV ČBÚ No. 42-05.



Rys. 10  
Hałda Centralna obsiana trawą, lipiec 2009 [1]

Fig. 10  
Central Heap after grassing, July 2009 [1]



Rys. 11  
Widok z góry na Hałdę Centralną pokrytą trawą,  
lipiec 2009 [1]

Fig. 11  
A view from the top of grassed Central Heap,  
July 2009 [1]

### Literatura – References

- 1 *Materials supplied by the company GEMEC-UNION, JSC*
- 2 *Kryl V., Frölich E., Sixta J.: Zahlázení hornické činnosti a rekultivace. Ostrava 2002, 79 pp.*
- 3 *Internet presentation of the company Gabriel, Ltd.[online]. Updated 2010-04-21 [cit. 2010-04-21]. Available on WWW: < <http://www.gabriel.cz/default.asp> >.*
- 4 *Dirner V. a kolektiv: Ochrana životního prostředí. Ministerstvo životního prostředí a VŠB-TU Ostrava, ISBN 80-7078-490-3, 332 pp.*
- 5 *Šimáčková H., Nejedlík M., Vyvážil M., Jančová J., Ledererová J., Svoboda M., Čablík V., – Economic view of possibilities of CCPs utilization in building products. Inzynieria Mineralna, 2011, , No 1(27), p. 11–21.*
- 6 *Kitczak T., Czyż H.: Przydatność osadów komunalnych i mieszanek trawnikowych do zadarniania gruntów bezglebowych. Rocznik Ochrona Środowiska, T. XI, str.. 465-472*



## Katedra Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców

Wydział Górnictwa i Geoinżynierii  
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE  
tel.: 0-12-617-35-06  
e-mail: [kisips@agh.edu.pl](mailto:kisips@agh.edu.pl)  
strona www: <http://www.kisips.agh.edu.pl/>

### Kierownictwo Katedry



**Kierownik Katedry**  
prof. zw. dr hab.inż.  
Maciej Mazurkiewicz



**Zastępca Kierownika Katedry  
ds. Naukowo-Badawczych**  
prof. dr hab. inż.  
Stanisław Wasilewski



**Zastępca Kierownika Katedry  
ds. Dydaktyki**  
dr inż.  
Tomasz Niedoba

Zakres działalności Katedry obejmuje zarówno zagadnienia związane z przeróbką kopalin i innych surowców, jak również szeroko rozumianej inżynierii środowiska.

- Metody wydzielenia i koncentrowania składników cennych lub toksycznych z wód i ścieków
- Badania podstawowe i technologiczne procesów klasyfikacji, rozdrabniania i wzbogacania surowców mineralnych
- Modelowanie procesów przeróbczych
- Badanie składu ziarnowego i powierzchni właściwej materiałów głównie metodami przepływowymi
- Badania w zakresie zbierania danych przemysłowych, ich obróbki oraz systemów automatyzacji procesów w zakładach przeróbczych
- Zagospodarowanie odpadów
- Gospodarka odpadami komunalnymi (technologie odzysku i unieszkodliwiania), zarządzanie odpadami (organizacja systemów zbiórki odpadów w gminie, plany gospodarki odpadami)
- Gospodarka mineralnymi odpadami przemysłowymi (odpady z górnictwa węgla, rud metali nieżelaznych, odpady energetyczne, odpady hutnicze), technologie ich odzysku w różnych przemysłach.
- Odzysk odpadów w technologiach górniczych
- Problematyka podziemnych składowisk odpadów niebezpiecznych,
- Problematyka odpadów niebezpiecznych, a w szczególności popiołów ze spalarni odpadów z uwzględnieniem ich odzysku
- Problematyka sekwestracji CO<sub>2</sub>
- Formalna i nieformalna edukacja ekologiczna w Polsce i innych krajach UE oraz kreowanie postaw proekologicznych
- Rewitalizacja terenów poprzemysłowych
- Monitoring środowiska z wykorzystaniem metod pomiarów elektronicznych

W katedrze funkcjonują laboratoria:

- |  |  |
|--|--|
| - Laboratorium Chemii Organicznej i Fizycznej          | - Laboratorium sporządzania zawiesin popiołowo-wodnych |
| - Laboratorium rozdrabniania i przesiewania            | - Laboratorium chemii ogólnej i analitycznej           |
| - Laboratorium klasyfikacji przepływowej i odwadniania | - Laboratorium chromatografii gazowej i cieczowej      |
| - Laboratorium flotacji i procesów grawitacyjnych      | - Laboratorium mikrobiologiczne                        |
| - Laboratorium fizycznych metod wzbogacania            | - Laboratorium mikromerytyki                           |
| - Laboratorium właściwości odpadów                     |  |