

Andrzej CHMIELA, Marek WESOŁOWSKI, Daniel LEON GONZALEZ  
Politechnika Śląska, Gliwice

## EKSPLOATACJA PODZIEMNA ŁUPKÓW DACHÓWKOWYCH NA PRZYKŁADZIE KOPALNI „A FRAGÜIÑA” W HISZPANII

**Streszczenie.** Hiszpania jest największym na świecie producentem dachówki naturalnej. Eksploatacja jest prowadzona głównie systemami odkrywkowymi. Kopalnia „A Fragüiña” jest kopalnią podziemną. Metody wydobycia i wyposażenie techniczne należą do najnowocześniejszych na świecie. System podziemny powoduje minimalny wpływ tej eksploatacji na powierzchnię terenu.

## UNDREGROUND EXPLOITATION OF NATURAL ROOFING TILES, EXAMPLE OF „A FRAGÜIÑA” MINE IN SPAIN

**Summary.** Spain is the biggest producer of roofing tiles in the world. Mainly exploitation is performed with open pit methods. „A Fragüiña” mine is underground mine. Exploitations methods and technical equipment is very modern. Underground exploitation has minimal influence on surface.

### 1. Wstęp

W ostatnim okresie w Europie obserwuje się duże zainteresowanie dachówką naturalną, co można zaobserwować również w Polsce. Hiszpania jest największym producentem dachówki „pizarra” na świecie. Na tym rynku działa wiele przedsiębiorstw małych i dużych. Kopalnia „A Fragüiña” należy do przedsiębiorstwa CAFERSA grupującego kopalnie wydobywające łupki dachówkowe „pizarra”. Przedsiębiorstwo to tworzą kopalnie: „Cabanas”, „Ardemouro”, „A Camiña”, „Rozadais”, „Valdemiguel” i „A Fragüiña”. Wszystkie, oprócz „A Fragüiña”, są to kopalnie odkrywkowe. Produktem finalnym CAFERSA S.A. są płytki kamienne służące jako dachówki, kafelki ścienne i podłogowe czy blaty, parapety itp. Sama kopalnia specjalizuje się w produkcji dachówek naturalnych.

Produkuje na rynek krajowy, a przede wszystkim 90% na eksport do Niemiec, Francji, Belgii, Holandii, Luksemburga, Wielkiej Brytanii i Irlandii, a ostatnio również do Polski. Ze względu na bardzo dużą chłonność rynków, szczególnie zagranicznych, kopalnia przynosi znaczne zyski, dzięki czemu można zastosować tu najnowocześniejsze rozwiązania mechanizacyjne, niemniej ostatnia faza produkcji dachówek, rozbijanie klocków skalnych na poszczególne dachówki, ich selekcja i pakowanie odbywa się ręcznie.

## 2. Warunki górniczo-geologiczne

Kopalnia znajduje się na południowym wschodzie Galicji (północna Hiszpania) w prowincji Orense, w zagłębiu Valdeorras. Na powierzchni w obrębie kopalni znajduje się miejscowość Riodolas. Kopalnia znajduje się na wysokości ok. 800 m.n.p.m.

Geologicznie złożę to jest typowym złożem łupków dachówkowych odsłoniętych przez sieć dopływów rzeki Sil. Złożę należy do złóż asturiańsko-zachodnio-leoneskich Masywu Hesperyjskiego.

Kopalnia rozpoczęła eksploatację odkrywkową fałdów łupków dachówkowych o maksymalnej grubości 70 m już w latach siedemdziesiątych. Późniejsze badania geologiczne (1993) wykazały istnienie podobnych fałdów o bardzo dobrej jakości skały, niemniej ich głębokość zalegania uniemożliwiała eksploatację odkrywkową ze względu na zbyt wysokie koszty zdejmowania nadkładu oraz pewne problemy z wykupem gruntów. Z tych powodów zdecydowano się na eksploatację podziemną. Obecnie eksploatowany fałd ma ok. 90 m grubości, 60 – 90 m szerokości, ok. 650 m długości i znajduje się na głębokości 90 – 270 m.

Łupki dachówkowe są skałą nieprzepuszczalną i należy się liczyć z dopływami wody jedynie w rejonach uskoków i lokalnych stref spękań. Mimo że eksploatacja jest prowadzona ok. 70 m pod korytem rzeki, z kopalni pompuje się jedynie ok. 45 m<sup>3</sup> na godzinę. W tej ilości jest ok. 25 m<sup>3</sup> wody czystej dostarczanej z powierzchni do chłodzenia maszyn dołowych. Koszty wydobywania są powiększone o podwójny koszt instalacji wodnej. Jeden system służy do dostarczania wody a drugi do jej odpompowywania. Do odpompowywania wody na odległość 850 m i różnicy poziomów ok. 150 m służą trójstopniowy system odwadniania i rurociąg o średnicy 110 mm z ciśnieniem 10 atm. W miejscach lokalnego gromadzenia się wody instaluje się pompy pomocnicze. Jak widać, zagrożenie wodne praktycznie w kopalni nie istnieje.

Drugim istotnym zagrożeniem w kopalni jest zagrożenie odspajającymi się kawałkami skały, co przy wysokości komór dochodzącej do 70 m jest pewnym problemem.

Ostatnim istotnym zagrożeniem jest niebezpieczeństwo urazów wynikających z ruchu maszyn dołowych, głównie ciężarówek odstawy.

W celu zapewnienia wentylacji wykonano szybik na końcu komory 0. Szybik ma długość 150 m i średnicę 1800 mm. Zastosowano wentylację ssącą.

Przyjmuje się, że minimalna ilość powietrza w kopalni wynosi 40 litrów na osobę na sekundę.

### 3. Wyposażenie techniczne

W kopalni wykorzystuje się typowe wyposażenie techniczne stosowane w górnictwie odkrywkowym, ale eksploatacja podziemna wymaga dodatkowego stosowania maszyn do drążenia wyrobisk chodnikowych.

Do robót przygotowawczych i udostępniających w kopalni wykorzystuje się:

- Wozy wiertnicze
- Pneumatyczne ładowarki MW
- Koparki
- Samobieżne młoty udarowe
- Wiertnice
- Kotwiarki rotacyjne
- Pompy cementowe
- Naciągarki kotwi linowych
- Torkretownice
- Pompy do włączania betonu
- Zwyżki

W robotach eksploatacyjnych stosuje się:

- Maszyny do cięcia liną diamentową
- Wrębiarki
- Wiertnice
- Koparki czerpakowe
- Samobieżne pneumatyczne młoty udarowe

- Ładowarki
- Ciężarówki odstawcze
- Zwyżki

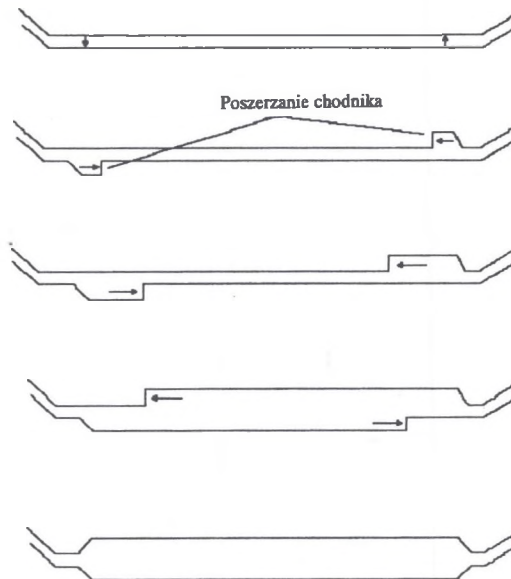
#### 4. Technologia wydobywania

- Roboty udostępniające i przygotowawcze

Roboty udostępniające polegały na wykonaniu sztolni dostępowej (Acceso Sur) i sztolni serwisowej (Acceso Norte). Roboty udostępniające i przygotowawcze są prowadzone robotami strzałowymi, gdyż łupki mają wytrzymałość ok. 105 MPa i stosowanie kombajnów chodnikowych byłoby bardzo utrudnione.

Sztolnie udostępniające mają wymiary 5x5 m z poszerzeniami o wymiarach 20x8 m w celu umożliwienia wymijania się pojazdów. Komory ze sztolnią są połączone wyrobiskami spiralnymi o nachyleniu 17%.

Roboty przygotowawcze polegają na wykonaniu chodników na całej długości komory przy jej stropie, a następnie chodniki te poszerzane są do pełnej szerokości komory. Obudowę wykonuje się wstępnie z kotwi krótkich (4m) i siatek stalowych. Następnie strop jest torkretowany. W kolejnym etapie wykonuje się obudowę ostateczną z kotew długich (12 i 16m) i ponownie torkretuje.



Rys. 1. Poszerzanie chodnika do pełnej szerokości komory  
 Fig. 1. Spreading of a gallery to full width of a chamber

Ocenia się, że każdy cykl urabiania w robotach udostępniających i przygotowawczych wynosi 3,2 m na dobę, co daje postęp miesięczny 110 m.

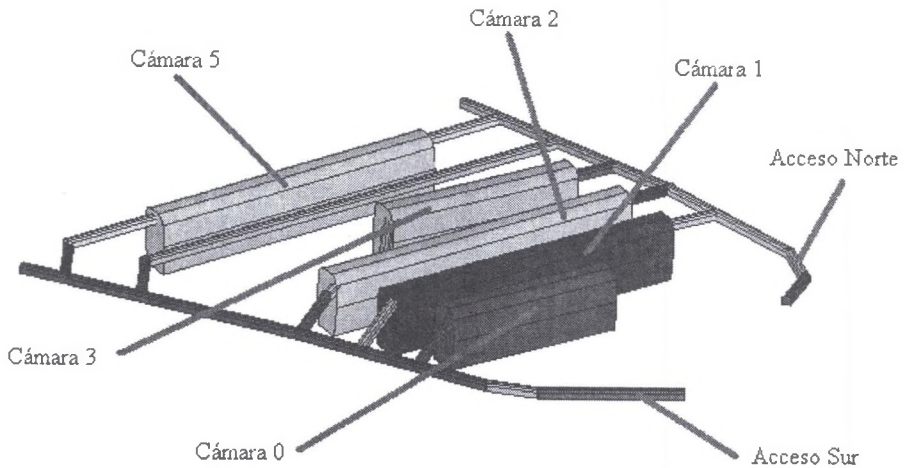
Zabezpieczenie stropu wykonuje się siecią kotwi linowych długości 12 m i o wytrzymałości 50 ton, zabudowanych co 2 m. Sieć kotwi długich jest powiązana z siecią kotwi krótkich (4 m). Przestrzeń pomiędzy kotwiami zabezpieczona jest siatką stalową wzmocnioną betonem torkretowym o grubości 10-15 cm. Dodatkowo jest konieczne zabudowanie po 2 pary kotwi linowych o długości 16 m po każdej stronie chodnika centralnego w komorze.

Dla wszystkich kopalń i wyrobisk podziemnych, w których stosuje się urabianie techniką strzelniczą, wymagane jest zastosowanie wentylacji lutniowej. Wymagane jest jej zastosowanie w wyrobiskach poziomych i prowadzonych po wzniosie, gdy długość wyrobiska przekracza 6 m, a w wyrobiskach prowadzonych po upadzie od długości 4 m.

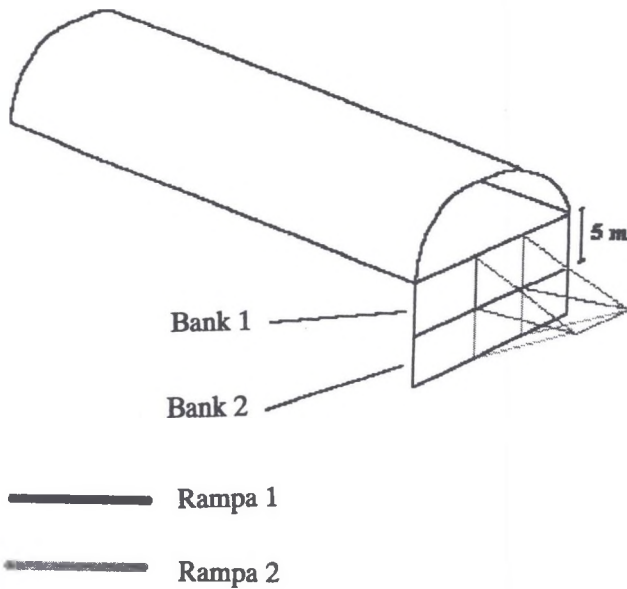
- Eksploatacja

W odróżnieniu od eksploatacji bardziej konwencjonalnych (węgiel, metale itp.) w eksploatacji łupków dachówkowych jest konieczne wydobycie skały w dużych blokach. Z tego powodu konieczne jest zabezpieczenie przestrzeni niezbędnej do wygodnego operowania maszynami o odpowiednio dużych rozmiarach, niemniej działających z dużą precyzją. Prace eksploatacyjne mają za zadanie wydobycie bloków łupku, które zostaną następnie poddane na powierzchni dalszym procesom produkcyjnym dachówki. W samych komorach dla ochrony skały przed spękaniami roboty strzałowe ogranicza się do niezbędnego minimum.

Sposób eksploatacji jest bardzo prosty – system filarowo-komorowy. Zdecydowano się na komory poprzeczne do fałdu, a równoległe do skarpy kamieniołomu na powierzchni. W kopalni zaprojektowano 5 równoległych komór (Camara 0, 1, 2, 3, 4) połączonych dwoma sztolniami dostępowymi (Acceso Norte i Acceso Sur), dającymi po 2 wejścia do każdej komory. W chwili obecnej prowadzone są prace w sztolni serwisowej dla komór 2,3 i 4 (Acceso Norte), komora 0 jest w trakcie podsadzania (wypełniana skałą odpadową), prowadzi się eksploatację w komorze 1, a w komorach 2, 3 i 4 prowadzone są roboty przygotowawcze. Badania geotechniczne wykazały, że maksymalne rozmiary komór mogą wynosić 30x70 m. Każda komora o wymiarach  $28 \times 60 \times 120 = 201600 \text{ m}^3$  może być eksploatowana przy założonym przez kopalnię wydobywaniu 600 t produktu finalnego przez okres ok. 3 lat.



Rys. 2. Schemat kopalni „A Fragüña”  
Fig. 2. Schematic of „A Fragüña”mine



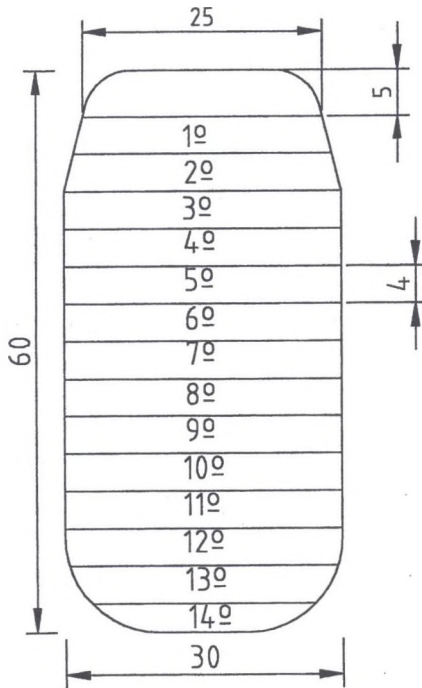
Rys. 3. Wykonywanie zjazdów do banków eksploatacyjnych  
Fig. 3. Preparation of ramps to the exploitation the banks

Cykl wykonywania komór obejmuje:

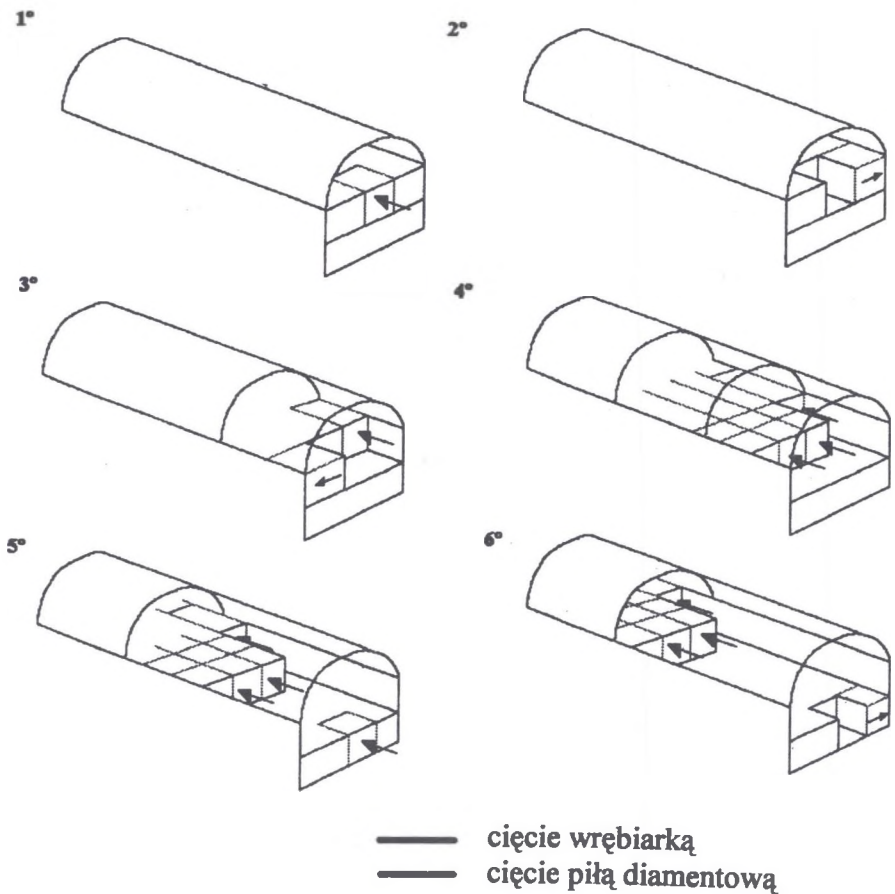
- Wiercenie otworów i roboty strzałowe
- Ładowanie urobku
- Obudowa
- Prace dodatkowe (przebudowa instalacji)



Roboty eksploatacyjne poprzedza wykonanie zjazdów i odsłonięcie drugiej płaszczyzny odsłonięcia pierwszego bloku (bloki te są nazywane przez Hiszpanów bankami). Mając osłonięte 2 płaszczyzny banku przystępuje się do wycinania bloku wzdłuż komory za pomocą liny diamentowej, a w poprzek i wzdłuż ociosów za pomocą wrębiarki. Po wycięciu wszystkich bloków w banku w podobny sposób udostępnia się kolejny bank. Nie wykonuje się cięcia poziomego, gdyż jest ono zbyt długotrwałe, a odpajanie poszczególnych fragmentów skały odbywa się z zgodnie z uławiceniem młotami udarowymi, koparkami lub ładowarkami.



Rys. 4. Banki eksploatacyjne w komorze  
Fig. 4. Exploitation banks in the chamber



Rys. 5. Wycinanie banków  
Fig. 5. Cutting out of the banks

Badania geotechniczne wykazały, że w celu uzyskania stabilności komór konieczne są samonośny kształt stropu (zbliżony do kołowego) i proste pionowe ociosy. Końcowe wymiary komór są następujące: wysokość 50 – 70 m, w zależności od lokalnej grubości fałdu, szerokość 25 – 30 m i długość 120 m. Wloty do komór są zabezpieczone stropem o kształcie samonośnym (zbliżonym do kołowego) o wymiarach 25x5 m.

Na każdy metr bieżący stropu, czyli na powierzchnię ok. 30 m<sup>2</sup> należy zabudować po 9 kotwi linowych długości 12 m, 4 kotwie linowe o długości 16 m, 12 kotwi stalowych o długości 4 m, 36 m<sup>2</sup> siatki stalowej i ok. 3,6 m<sup>3</sup> betonu torkretowego.

Zabezpieczenie ociosów jest realizowane przez zabudowę kotwi linowych o długości 12 m w siatce 2x2 m oraz kotwi stalowych długości 6 m również w siatce 2x2 m. Siatki te są ze sobą powiązane. Na każdy metr bieżący ociosów komory (liczonych podwójnie)



o wysokości 60 m zużywa się 28 kotwi linowych o długości 12 m, 28 kotwi stalowych o długości 6 m.

W pierwszej kolejności, tak w stropie jak i w ociosach, wykonuje się kotwienie kotwiami stalowymi, następnie wykonuje się otwory dla kotwi linowych. W gotowe otwory wkłada się kotwie linowe i cementuje się je. Po okresie od 24 do 48 godzin naciąga się kotwie linowe, zakłada podkładki i klinuje kotwie.

Koszt wykonania i zabudowy 1mb komory o wymiarach 25-30x60 m wynosi:

- Odślonięcie 1mb stropu komory – 2465€
- Zabudowanie 1mb stropu komory – 3764€
- Zabudowa 1mb ociosu komory – 7065€

Całkowity koszt wykonania 1mb komory to 13294€.

Urabianie skały odbywa się za pomocą koparek lub ładowarek. Maszyny te muszą z łatwością i dużą precyzją urabiać wycięte bloki, selekcjonować je i ładować. Maszyny te muszą być dostosowane do ładowania skały odpadowej. Gdy koparka czy ładowarka nie potrafi urobić zbyt dużego bloku skalnego, używa się samobieżnego młota pneumatycznego, który rozbija wielkie bloki zgodnie z ich uławiceniem.

Do odstawy urobku stosuje się 16 samochodów ciężarowych. Wydobywają one skałę przeznaczoną do dalszej obróbki jak również i skałę odpadową. Skała odpadowa lokowana jest w wyeksploatowanych komorach.

Koszt wydobywania 1 m<sup>3</sup> skały z banku w komorze wynosi 23,05€, co daje 68,61€ kosztu wydobywania jednej tony urobku finalnego z kopalni.

W kopalni zatrudnionych jest 50 osób pod ziemią i 150 osób w zakładzie przerobczym, z czego 40% stanowią kobiety.

## 5. Wnioski

Kopalnia „A Fragtiña” jest pionierem i poligonem doświadczalnym w eksploatacji podziemnej łupków dachówkowych. Za zastosowaniem tego sposobu wydobywania przemawiało kilka powodów. Najważniejszą przyczyną była sama ekonomia. Odkryte w tym rejonie złoża łupków, bardzo dobrej jakości są przykryte nadkładem, którego zdjęcie przewyższałoby wartość złoża. Kolejnym aspektem były ograniczenia ekologiczne. W przypadku eksploatacji odkrywkowej na jedną tonę produktu finalnego trzeba przenieść 99

ton skały płonej i odpadów, czyli wydajność wynosi ok. 1%. Eksploatacja podziemna powoduje 10-krotnie mniejszą emisję odpadów, czyli wpływ eksploatacji na dewastację powierzchni jest znacznie mniejszy, tym bardziej, że całość odpadów jest lokowana pod ziemią w wyeksploatowanych komorach. Kolejnym czynnikiem były kłopoty z wykupem gruntów pod ewentualną eksploatację odkrywkową. Nie bez znaczenia jest też fakt, że wydobywanie odbywa się ok. 70 m pod korytem rzeki. Eksploatacja odkrywkowa wymagałaby zmiany biegu tej rzeki, co w rejonie górzystym jest praktycznie niemożliwe. Zastosowane w kopalni rozwiązania techniczno-organizacyjne pozwoliły na ekonomicznie uzasadnioną eksploatację łupków do niezbędnego minimum ograniczając jej negatywny wpływ na środowisko.

## LITERATURA

1. Castaño M. MA: Investigación Geológica de la estructura completa del NPZ1 de Fragüiña. Campaña de sondeos 2002 – 2003.
2. Castaño M. MA: Estudio Geológico-Minero de la zona sur de la concesión minera “A Fragüiña”, 2001.
3. Cornejo A. L. y Antón S. E.: Proyecto de explotación del yacimiento de pizarras “A Fragüiña” mediante minería subterránea, 1995.
4. Gonzalez A. JM.: Línea en media tensión, centros de transformación e instalación eléctrica en baja tensión para extracción de pizarra en mina, 1996.
5. Hoek E. y Brown E.T.: Underground Excavations in rock, 1980.
6. I.G.M.E.: Pizarras de España, 2001.
7. López J.C.: Manual de Rocas Ornamentales, 2000.
8. López J. C.: Manual de Túneles y Obras Subterráneas, 2003.
9. Martí R. J. y Mayoral G. F.: Mecánica de fluidos, 1999.
10. PLA O U.F: Cursos de laboreo, 2003.
11. Sanchidrián JA y Muñiz E.: Curso de explosivos, 1999.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Sikora