

Mirosław CHUDEK, Józef SZTELAK

ZASADY WYZNACZANIA FILARÓW OCHRONNYCH PRZY EKSPLOATACJI SOLI OTWORAMI WIERTNICZYMI

1. Słowo wstępne

W ramach komisji działającej przy WUG dla wyznaczania zasięgu wpływu eksploatacji soli otworami wiertniczymi przedstawiono zasady wyznaczania filarów ochronnych dla tego systemu eksploatacji [1]. Zasięg deformacji, jak i jej wielkości uzależnione są przede wszystkim od budowy geologicznej poszczególnych złóż soli oraz własności geomechanicznych skał nadległych, a przy wysadach solnych także od własności geomechanicznych skał otaczających.

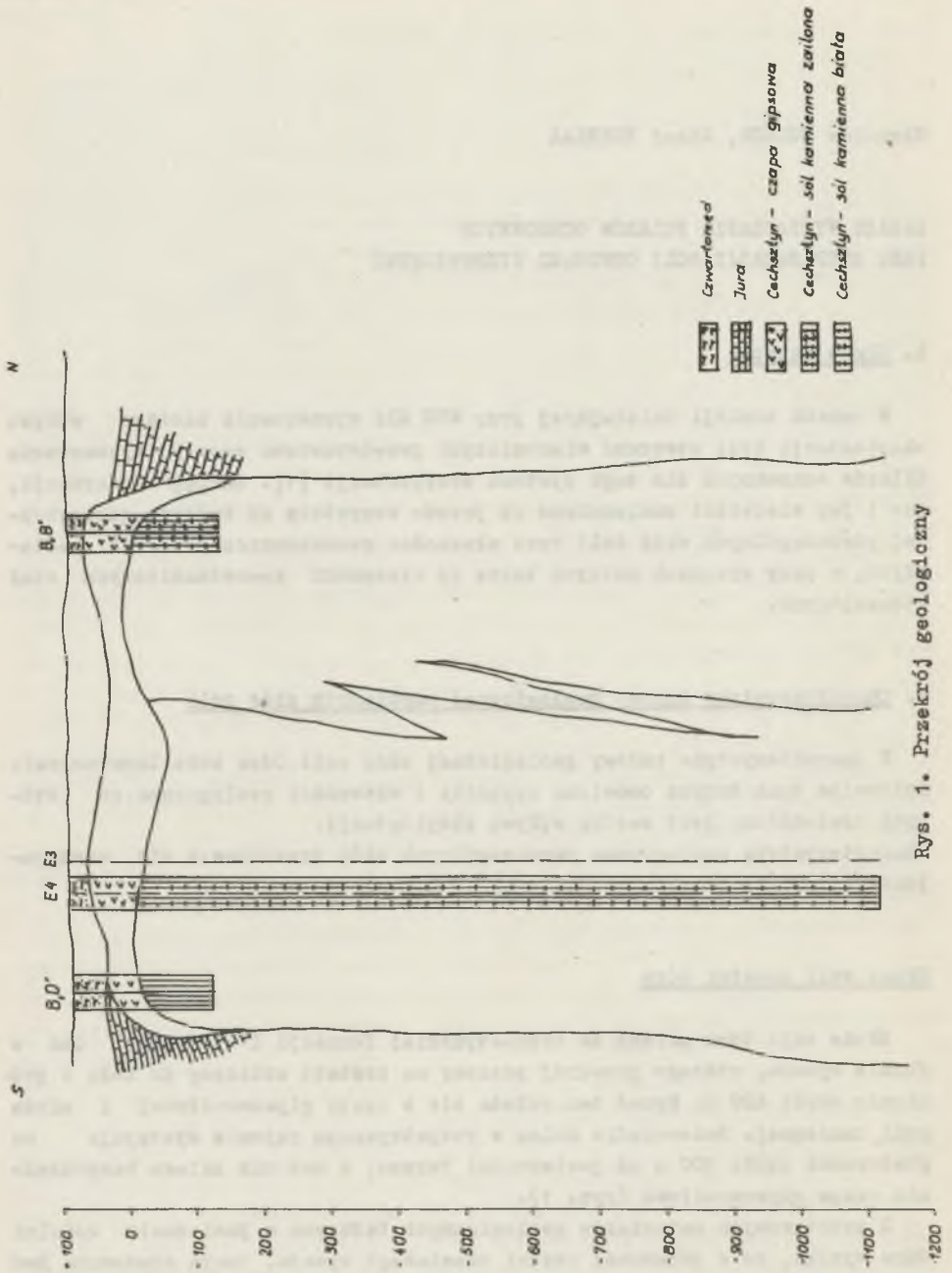
2. Charakterystyka budowy geologicznej omawianych złóż soli

W charakterystyce budowy geologicznej złóż soli Góra koło Inowrocławia, Łęzkowice oraz Barycz omówiono czynniki i własności geologiczne, od których uzależniony jest zasięg wpływu eksploatacji. Charakterystyka geologiczna poszczególnych złóż przedstawia się następująco:

Złoże soli kopalni Góra

Złoże soli Góra należy do cechsztyńskiej formacji i występuje ono w formie wysadu, którego przekrój poziomy ma kształt zbliżony do koła o promieniu około 400 m. Wysad ten składa się z czapy gipsowo-izłowej i złoża soli kamiennej. Zwierciadło solne w rozpatrywanym rejonie występuje na głębokości około 100 m od powierzchni terenu, a nad nim zalega bezpośrednio czapa gipsowo-izłowa (rys. 1).

Z podstawowych materiałów geologicznych będących w posiadaniu kopalni Góra wynika, że w północnej części omawianego wysadu, czapa zbudowana jest z osadów ilastych, a środkowa i północna jej część składa się głównie z gipsów. Kąt wewnętrzznego tarcia skał wchodzących w skład czapy gipsowej waha się w granicach od 45° do 70° . Miąższość omawianej czapy jest w gra-



Rys. 1. Przekrój geologiczny

nicach 60 do 80 m. W czapie tej miejscami występują leje krasowe wypełnione osadami czwartorzędowymi. Na przykład lej krasowy został stwierdzony w otworze nr 5, którego głębokość dochodzi do zwierciadła solnego. Omawiana czapa gipsowo-iłowa zalega bezpośrednio pod osadami czwartorzędowymi. Osady te pod względem litologicznym wykształcone są w postaci glin, pyłów i piasków. Przewagę w wykształceniu litologicznym stanowią gliny, których kąt wewnętrznego tarcia wynosi około 20° . Miąższość osadów czwartorzędowych waha się w granicach od 25 m - 40 m, a w lejach krasowych, o czym już wspomniano wyżej, dochodzi do 100 m.

Wokół wysadu solnego zalegają utwory jurajskie zbudowane z dolomitów wapieni, a przypuszczalnie także piaskowców o kącie wewnętrznego tarcia około 70° .

Na utworach jurajskich zalegają bezpośrednio osady czwartorzędowe, których skład litologiczny został omówiony powyżej.

Złoże soli Łęzkowice

Złoże soli Łęzkowice należy do formacji trzeciorzędowej. Złoże to w części centralnej występuje w formie fałdów, a w części północnej i południowej w formie pokładowej. Zaleganie złoża w rozpatrywanym rejonie przedstawia rys. 2.

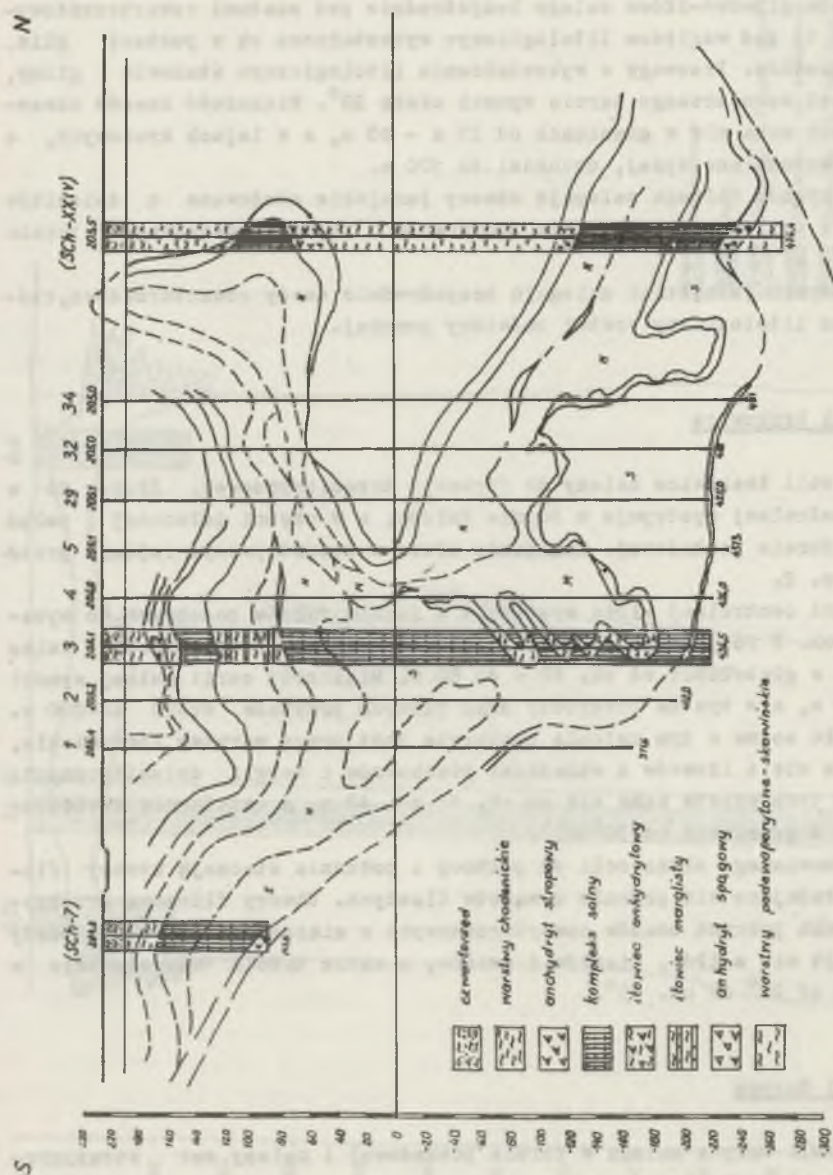
W części centralnej złoże występuje w formie fałdów podobnych do wysadów solnych. W rozpatrywanej części obszaru górniczego zwierciadło solne występuje w głębokości od ok. 40 m do 80 m. Miąższość serii solnej wynosi około 380 m, a w tym na przerosty skał płonnych przypada około 40-200 m. Zwierciadło solne w tym rejonie przykryte jest przez warstwy chodonickie, składające się z iłowców z wkładkami piaskowców i margli dolomitycznych. Miąższość tych warstw waha się od ok. 14 m - 40 m, a kąt tarcia wewnętrznego jest w granicach od 30° - 45° .

Fałd omawianego złoża soli od północy i południa otaczają utwory fliszowe, składające się głównie z warstw ilastych. Utwory fliszowe przykryte są cienką pokrywą osadów czwartorzędowych o miąższości ok. 20 m. Osady te składają się z iłów, piasków i żwirów, o kącie tarcia wewnętrznego w granicach od 20° do ok. 35° .

Złoże soli Barycz

Złoże soli Barycz zalega w formie pokładowej i należy ono stratygraficznie do utworów trzeciorzędowych.

W południowej części obszaru górniczego kopalni Barycz miąższość serii solnej waha się w granicach od 15 m + 30 m (wraz z przerostami skał płonnych), a spąg jej występuje na głębokości około 270 m. Miąższość pokładu czystej soli kamiennej waha się od 0-25 m.



Rys. 2. Przekrój geologiczny przez złóżę Żędkowice

W północno-wschodniej części omawianego obszaru górniczego, miąższość serii solnej wraz z przerostami skał płonych waha się w granicach od 20 ÷ 70 m. Spąg złoża solnego zalega tu na głębokości około 280 m.

Z powyższego wynika, że pokład soli w omawianych rejonach jest nieciągły i zmienny pod względem miąższości. Taka forma zalegania pokładu soli jest bardzo niekorzystna z punktu widzenia deformacji powierzchni terenu, gdyż w tych warunkach będą występować deformacje nieciągłe typu zapadli-skowego.

Nadkład nad rozpatrywanym złożem solnym zbudowany jest głównie z warstw ilastych, wśród których występują przewarstwienia piaskowców i margli. Miąższość tych warstw waha się w granicach od 230 do ok. 280 m, a ich kąt wewnętrzny tarcia wynosi około 40°.

Omawiane warstwy przykryte są cienką pokrywą osadów czwartorzędowych o grubości około 10 m.

Zaleganie pokładu soli na kopalni Barycz. Ilustruje przekrój geologiczny, rys. 3.

3. Warunki górnicze

W rejonie analizowanych złóż w obszarach kopalń: Góra, Łęzkowice i Barycz warunki górnicze przedstawiają się następująco:

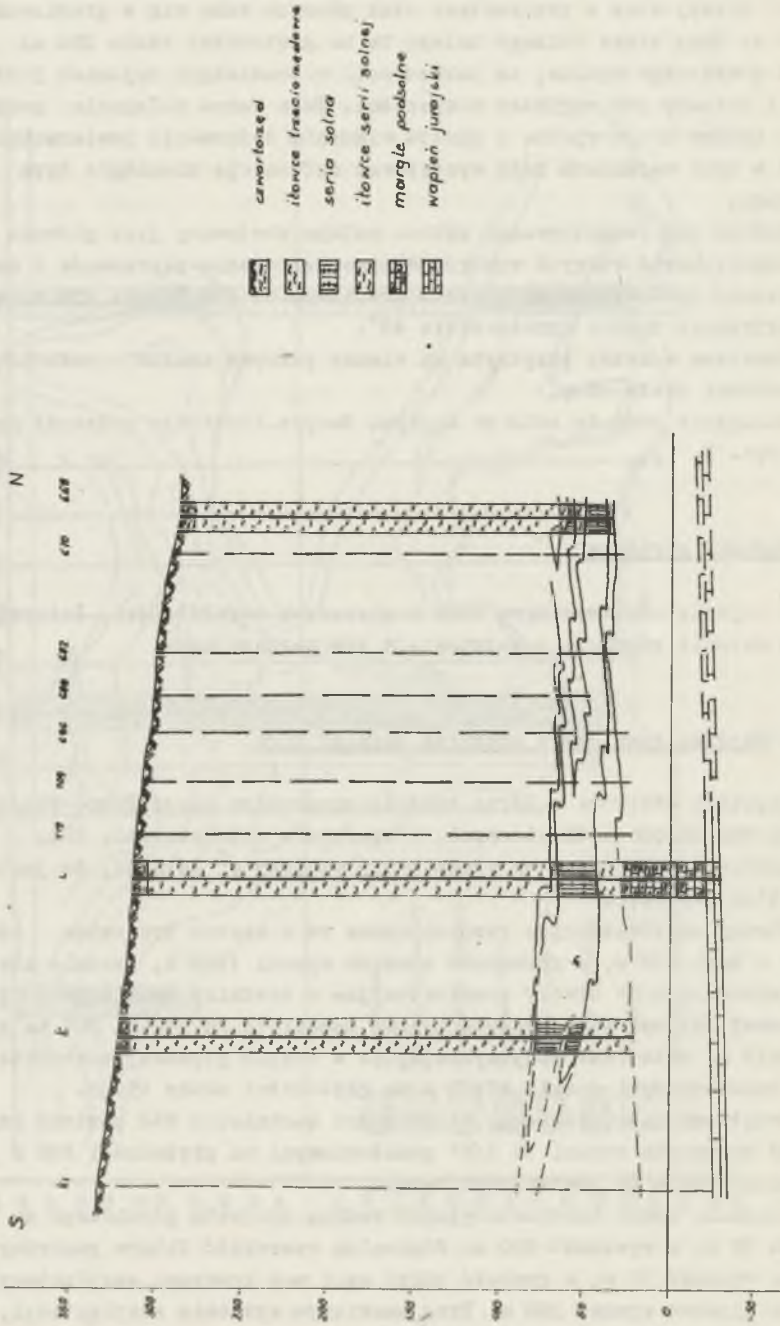
3.1. Warunki górnicze w obszarze kopalni Góra

Kopalnia otworowa w Górze została opracowana przez Biuro Projektów Kopalnictwa Surowców Chemicznych, w oparciu o doświadczenia RRL. Docelowa produkcja kopalni Góra ma wynosić 3,3 miliony m³ solanki, to jest około 1 milion ton soli.

Otwory eksploatacyjne rozmieszczone są w siatce trójkątów równobocznych o boku 100 m, a głębokość otworów wynosi 1200 m, łącznie zostało zaprojektowanych 44 otwory eksploatacyjne o średnicy początkowej 590 mm, a końcowej 252 mm. Wody czwartorzędowe zamknięte są rurami 20" na głębokości 5÷10 m, natomiast wody występujące w czapie gipsowej zamknięto rurami 16" posadowionymi w soli 40÷50 m na głębokości około 150 m.

Dodatkowe zabezpieczenie szczelności zamknięcia wód poziomu czapy gipsowej zamknięto rurami 13 3/8" posadowionymi na głębokości 300 m przez ich zacementowanie do powierzchni terenu.

Średnica komór eksploatacyjnych według projektu górniczego ma wynosić około 50 m, a wysokość 900 m. Minimalna szerokość filara pomiędzy komorami ma wynosić 50 m, a grubość półki soli nad komorami eksploatacyjnymi pod czapą gipsową wynosi 200 m. Przy omawianym systemie eksploatacji, stopień wykorzystania złoża ma wynosić 20%.



Rys. 3. Przekrój geologiczny przez złożo solne Barycz

3.2. Warunki górnicze w obszarze kopalni Łęzkowice

Otwory eksploatacyjne w polu górniczym Łęzkowice są rozmieszczone w siatce trójkątów równobocznych o boku 35 m. Głębokość otworów eksploatacyjnych w centralnej partii złoża Łęzkowice wynosi około 400 m. Eksploatację prowadzi się od dołu do góry do poziomu 120 m, licząc od powierzchni terenu. W ten sposób nad wyeksploatowanymi komorami w części centralnej omawianego złoża, nadkład wynosi około 120 m. Nadkład ten składa się z czwartorzędu, którego grubość wynosi około 20 m z warstw chodonickich o grubości w granicach od 14±50 m i półki złoża solnego o grubości 50±80 m.

Jak już wspomniano wyżej w rozdziale dotyczącym warunków geologicznych, złożo soli Łęzkowice w części centralnej występuje w formie fałdów, co w uproszczeniu forma ta odpowiada wysadowi. "Wysad" ten jest otoczony warstwami chodonickimi o stosunkowo niskich własnościach mechanicznych. Stopień wykorzystania złoża ma wynosić przypuszczalnie około 18%.

3.3. Warunki górnicze w obszarze kopalni Barycz

Otwory eksploatacyjne na kopalni Barycz są wiercone w siatce 30 m. Głębokość otworów eksploatacyjnych dochodzi do 280 m. Pokład soli w omawianym rejonie jest nieciągły, a miąższość jego w części południowej waha się w granicach od 0±25 m, a w części północnej od 0±70 m. Nadkład nad złożem solnym posiada niskie własności mechaniczne, a miąższość jego wynosi około 280 m. Stopień wykorzystania złoża wynosi ok. 30%.

4. Proponowany sposób i zasady wyznaczania filarów ochronnych

Podstawę przy wyznaczaniu filarów ochronnych dla obiektów chronionych przy otworowej eksploatacji soli, stanowią takie czynniki jak:

- 1) forma zalegania złoża soli i jego miąższość,
- 2) ciągłość złoża solnego i zmienność jego miąższości,
- 3) skład litologiczny skał nadkładowych i skał otaczających złożo,
- 4) geomechaniczne własności skał nadkładowych, a w przypadku wysadów solnych, także i własności mechaniczne skał otaczających wysad solny,
- 5) wielkość komór eksploatacyjnych,
- 6) stopień wykorzystania złoża.

Omawiane złoża solne z punktu widzenia ich formy zalegania można podzielić na dwie grupy.

Do grupy pierwszej zaliczono złoża występujące w formie wysadów solnych i fałdów solnych. W związku z przyjętą zasadą do grupy pierwszej zaliczyliśmy złożo Góra oraz centralną część Łęzkowice.

W jednym i drugim przypadku formy zalegania złoże są do siebie zbliżone. Do drugiej grupy złożeń zaliczono złoże o formie pokładowej takiej jak: złoże soli Barycz oraz północną i południową część złoże Łęzkowice.

W pierwszej grupie złożeń po wyeksploatowaniu soli tworzą się na kopalni Góra komory o wysokości około 900 m, a na kopalni Łęzkowice o wysokości około 300 m. Na komory te będą działały siły pionowe, wywołane przez ciężar skał nadkładu oraz siły boczne, spowodowane parciem skał otaczających wysad solny. Dominującą rolę będą tu odgrywały siły boczne, które dążyć będą do zaciskania komór solnych o wysokości 300 i 900 m.

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że maksymalny zasięg deformacji terenu jest uzależniony od kąta tarcia wewnętrznego skał otaczających wysad i wysokości komór eksploatacyjnych. Zasięg ten można obliczyć na podstawie wzoru:

$$R = \frac{H}{\operatorname{tg} \phi}$$

gdzie:

H - głębokość eksploatacji,

$\operatorname{tg} \phi$ - odpowiada tg kąta tarcia wewnętrznego skał otaczających wysad solny.

Wielkość kąta tarcia wewnętrznego skał uzależniony jest głównie od składu litologicznego skał budujących górotwór. Ogólnie można stwierdzić, że kąt tarcia wewnętrznego dla skał jurajskich w rejonie wysadu solnego Góra wynosi około 70° , a dla skał trzeciorzędowych w rejonie Łęzkowice około 45° . Przy wyznaczaniu filarów kąty te należy wyznaczyć na podstawie przeprowadzonych badań.

Wielkość osiadania powierzchni terenu w rozpatrywanych warunkach będzie niewielka i można ją określić po rozwiązaniu wzoru:

$$\frac{1}{3} = \left(\frac{H}{\operatorname{tg} \phi} + \frac{a}{2} \right)^2 = \frac{b \cdot \Delta \sigma_1}{E} \cdot \frac{\pi a^2}{4} + \frac{a}{2} \cdot \frac{\Delta \sigma_2}{E} \cdot a \cdot \pi \cdot b$$

skąd otrzymano:

$$w = \frac{3b \cdot a^2 \pi}{2E} \left(\frac{\Delta \sigma_1}{2} + \Delta \sigma_2 \right) : \left(\frac{H}{\operatorname{tg} \phi} + \frac{a}{2} \right)^2$$

gdzie:

w - maksymalne osiadanie,

H - głębokość eksploatacji,

a - średnica wysadu solnego,

b - wysokość komór,

E - stała sprężystości osłabionego słupa wysadu solnego przez komory

$$E = 100\ 000\ \text{kG/cm}^2 - \text{dla soli,}$$

$\Delta\sigma_1$ - wzrost naprężeń pionowych w soli między komorami,

$\Delta\sigma_2$ - wzrost naprężeń poziomych w soli między komorami.

Wielkość $\Delta\sigma_1$ można określić w sposób przybliżony po rozwiązaniu zależności:

$$\gamma \cdot H_s \cdot \frac{c^2}{0,58} = (\gamma \cdot H_s \Delta\sigma_1) \left(\frac{c^2}{0,58} - \frac{d^2 \gamma}{4} \right)$$

gdzie:

γ - średni ciężar objętościowy skał i słupa soli,

H_s - średnia głębokość eksploatacji komory soli,

$$H_s = H - \frac{b}{2}$$

c - odległość między komorami (30 lub 100 m),

d - średnica komory (10 lub 50 m).

Wzrost naprężeń $\Delta\sigma_2$ poziomych można obliczyć w sposób przybliżony po przekształceniu wzoru

$$\frac{\gamma \cdot H_s}{m - 1} \cdot c = \frac{\gamma \cdot H_s + \Delta\sigma_2}{m - 1} \cdot 2 (c-d)$$

gdzie:

m - średnia liczba Poissona skał na zewnątrz słupa solnego $m = 3$.

Podane wzory zostały opracowane przy głównym założeniu, że komory solne wypełnione solanką nie ulegną zawaleniu, a tylko czasowemu zaciskaniu. Obliczone wielkości osiadania według podanych wzorów są małe i można je w praktyce pominąć. Niebezpieczny stan mógłby wystąpić jeśli komory uległyby zawaleniu, wówczas powstałoby na powierzchni duże nieciągłe osiadanie w granicach projektowanego do wyznaczenia filara ochronnego. Szczególnie duże niebezpieczeństwo powstawania zapadlisk istnieje podczas eksploatacji złoża soli Barycz, które zalega stosunkowo płytko, nieregularnie i posiada stosunkowo słaby nadkład.

Dla zalegania złoża w formie pokładów występują deformacje podobne do tych jakie występują przy płytkiej eksploatacji grubych pokładów węgla. Filary ochronne w tym przypadku proponuje się wyznaczać w sposób podobny jak dla kopalni węgla.

LITERATURA

- [1] CHUDEK M., SZTELAK J., ŚLIZOWSKI K., GOJKOWSKI W., WÓJCIK J.: Opracowanie dotyczące zasięgu wpływu eksploatacji soli otworami wiertniczymi.

ПРИНЦИПЫ ОБОЗНАЧЕНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ СОЛИ БУРОВЫМИ СКВАЖИНАМИ

Р е з ю м е

В рамках комиссии действующей при ГУГН для обозначения дальности влияния разработки соли буровыми скважинами, показано принципы обозначения предохранительных целиков для данной системы разработки (1). Дальность деформации, как её размер зависят прежде всего от геологического строения соответствующих залежей соли и геомеханических свойств покрывающей породы, а при соляных куполах, также от геомеханических свойств вмещающей породы.

THE PRINCIPLES OF DETERMINING SAFETY PILLARS DURING SALT WINNING
BY MEANS OF DRILL HOLES

Introduction:

Within the activities of the Board which works together with the District Mining Office on defining the influence range of winning salt by means of drill holes there have been presented the principles of determining safety pillars for that particular winning system 1.

Deformation range as well as its values will mainly depend on the geological structure of particular salt deposits as well as the geomechanical properties of overlying rocks; as far as salt domes are concerned also on the geomechanical properties of burrs (deads).