Zygmunt ŁUKASZCZYK

POZYSKIWANIE I GOSPODARCZE WYKORZYSTANIE METANU ZE ZLIKWIDOWANYCH KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ
GLIWICE 2019

MONOGRAFIA

Zygmunt ŁUKASZCZYK

POZYSKIWANIE I GOSPODARCZE WYKORZYSTANIE METANU ZE ZLIKWIDOWANYCH KOPALŃ WĘGLA KAMIENNEGO

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ
GLIWICE 2019

Opiniodawcy
Dr hab. inż. Eugeniusz KRAUSE
Dr hab. inż. Stanisław TRENCZEK, prof. Instytutu Techniki Górniczej KOMAG

Kolegium redakcyjne
REDAKTOR NACZELNY – Prof. dr hab. inż. Andrzej BUCHACZ
REDAKTOR DZIAŁU – Dr hab. inż. Piotr BAŃKA, prof. PŚ
SEKRETARZ REDAKCJI – Mgr Jolanta NIDERLA-WITKOWSKA

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Śląskiej

Projekt okładki
Karolina MIŁKOWSKA

ISBN 978-83-7880-673-8

© Copyright by
Wydawnictwo Politechniki Śląskiej
Gliwice 2019

Korzystamy z bogactw martwej przyrody w takim stopniu, o jakim nie marzyli nasi przodkowie, ale marnotrawimy jak dzicy ludzie.

Karol Adamiecki (1866-1933)

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE…… 11
2. EMISJA METANU ZE ZŁOŻA WĘGLOWEGO PODCZAS PROWADZENIA ROBÓT GÓRNICZYCH W TRAKCIE I PO LIKWIDACJI KOPALNI……... 16
   - 2.1. Wydzielanie się metanu do środowiska ścian w pokładach metanowych..... 19
   - 2.2. Prognozowanie wydzielania się metanu do likwidowanej kopalni…. 26
   - 2.3. Zbiorniki gazu (metanu) w zlikwidowanych kopalniach……. 30
     - 2.3.1. Technologia eksploatacji gazu (metanu) z podziemnego zbiornika gazu kopalni węgla kamiennego PZGKL…… 33
     - 2.3.2. Podziemny zbiornik gazu kopalni „1 Maja”…….. 34
     - 2.3.3. Podziemny magazyn gazu złoża „Moszczenica”…… 34
   - 2.4. Niektóre parametry techniczno-technologiczne dla podziemnych zbiorników gazu kopalń zlikwidowanych…… 35
   - 2.5. Proces wypełniania zbiornika gazu wodą……. 37
   - 2.6. Szacowanie zasobów metanu pokładów węgla……. 39
3. ZASOBY METANU ORAZ BILANS WYDZIELANIA SIĘ METANU W KOPALNIACH CZYNNYCH ORAZ ZLIKWIDOWANYCH…… 41
   - 3.1. Zasoby metanu w Polsce……... 41
   - 3.2. Wydzielanie się metanu, ujęcie i jego wykorzystanie w kopalniach czynnych…… 45
   - 3.3. Pozyskiwanie metanu z kopalń zlikwidowanych……. 54
   - 3.4. Stwierdzenia i wnioski……... 56
4. LIKWIDACJA KOPALŃ……... 58
   - 4.1. Wykorzystanie likwidowanych zakładów górniczych……. 67
   - 4.2. Etapy likwidacji kopalń...…….. 69
   - 4.3. Technologie likwidacji części podziemnej kopalni oraz szybów…… 72
5. SPOSOBY UJĘCIA METANU Z KOPALŃ ZLIKWIDOWANYCH…….. 76
   - 5.1. Sposoby pozyskiwania metanu ze zbiorników gazu…… 76

5.2. Technologie wiertnicze……. 81
5.2.1. Urządzenia wiertnicze…….. 83
5.2.2. Przykładowa charakterystyka otworu wiertniczego do zrobów…….. 84
6. SPOSOBY WYKORZYSTANIA METANU Z KOPALŃ ZLIKWIDOWANYCH……... 87
6.1. Wykorzystanie metanu z kopalni zlikwidowanej, podawanego do sieci gazowniczej……... 88
6.2. Wykorzystanie mieszaniny gazowej jako paliwa w silnikach gazowych……... 88
6.3. Wykorzystanie metanu z kopalni zlikwidowanej jako paliwa CNG.. 89
7. ZBIORNIK GAZU PO ZLIKWIDOWANEJ KOPALNI „MORCINEK”… 91
7.1. Likwidacja kopalni „Morcinek”…….. 93
7.2. Zbiornik metanu…… 94
7.2.1. Geologiczne i górnicze uwarunkowania akumulacji metanu w złożu..... 96
7.2.2. Charakterystyka kolektora metanu wolnego…… 96
7.2.3. Przebieg rozpoznania warunków gazowych złoża…….. 97
7.3. Odwiercenie otworu dla pozyskania metanu……. 99
7.4. Odwadnianie zbiornika gazu……. 103
8. ZBIORNIK GAZU PO ZLIKWIDOWANEJ KOPALNI „1 MAJA”…… 104
8.1. Likwidacja kopalni…… 104
8.2. Zbiornik metanu…… 104
8.3. Odwiercenie otworów dla pozyskania metanu……. 109
9. ZBIORNIK GAZU PO ZLIKWIDOWANEJ KOPALNI „ŻORY”…….. 110
9.1. Likwidacja kopalni…… 111
9.2. Zbiornik metanu…… 112
9.3. Eksploatacja metanu z otworu M-1……. 116
10. ZBIORNIK GAZU PO ZLIKWIDOWANEJ KOPALNI „ANNA”…….. 119
10.1. Likwidacja kopalni…… 119
10.2. Zasoby metanu…….. 120
10.3. Prace geologiczne poszukiwawcze i rozpoznawcze zasobów metanu……... 121
10.4. Projekt wierceń otworu badawczego T-1……. 125
10.5. Wykonanie otworu badawczego T-1…… 127

10.6. Test eksploatacyjny oraz wyniki pomiarów składu gazów w otworze T-1……. 133
10.7. Projekt prac naprawczych otworu badawczego T-1…… 135
11. ZBIORNIK GAZU PO ZLIKWIDOWANYCH KOPALNIACH „MOSZCZENICA" I „JASTRZĘBIE"……... 137
11.1. Likwidacja kopalni…… 137
11.2. Zbiornik metanu…… 139
11.3. Odmetanowanie zbiornika gazu „Jas-Mos"…… 140
11.4. Obecne i perspektywiczne wykorzystanie metanu……. 143
12. PODSUMOWANIE…….. 145
12.1. Zasoby metanu…….. 145
12.2. Rekomendacje perspektywicznych kierunków działań…….. 146
12.3. Metan – szanse i zagrożenia……. 147
BIBLIOGRAFIA……. 150
Streszczenie……. 159

CONTENTS

1. INTRODUCTION...…… 11
2. METHANE EMISSION FROM A COAL DEPOSIT DURING MINING WORKS DURING AND AFTER MINE CLOSURE…… 16
   - 2.1. Separation of methane into the environment of walls methane seams 19
   - 2.2. Forecasting the release methane to the liquidated mine…… 26
   - 2.3. Gas (methane) tanks in closed mine…….. 30
     - 2.3.1. Technology of gas (methane) exploitation from underground tank of PZGKL coal mine…… 33
     - 2.3.2. Underground tank with gas in „1 Maja" mine……. 34
     - 2.3.3. Underground store of gas in „Moszczenica" deposit……. 34
   - 2.4. Selected technical and technological parameters for underground tanks with gas in closed mines…….. 35
   - 2.5. Process of filling gas tank with water…… 37
   - 2.6. Evaluating methane resources in coal beds…….. 39
3. METHANE RESOURCES AND THE BALANCE OF METHANE RELEASE IN ACTIVE AND CLOSED COAL MINE……. 41
   - 3.1. Methane resources in Poland…… 41
   - 3.2. Methane release, intake and its use in active mines…… 45
   - 3.3. Obtaining methane from closed coals…….. 54
   - 3.4. Conclusions……... 56
4. CLOSURE OF MINES……... 58
   - 4.1. The use of closing down mines……. 67
   - 4.2. Stages of closing down mines……... 69
   - 4.3. Technologies of closedown of underground part of mines and shafts 72
5. METHODS OF OBTAINING METHANE FROM CLOSED COAL MINES…… 76
   - 5.1. Ways of obtaining methane from gas tanks……. 76
   - 5.2. Drilling techniques…… 81

5.2.1. Drilling rigs…….. 83
5.2.2. Exemplary description of a drilling hole in gobs…… 84

6. METHODS OF UTILIZING METHANE FROM CLOSED COAL MINES 87
6.1. Supplying gas grid with methane from a closed mine…….. 88
6.2. Gas mixture as fuel in gas engines…… 88
6.3. Methane from a closed mine as CNG fuel…… 89
7. GAS TANK IN THE CLOSED „MORCINEK" MINE……. 91
7.1. Closing down „Morcinek" mine…… 93
7.2. Methane tank……. 94
7.2.1. Geological and mining conditions for methane storage in a deposit…… 96
7.2.2. Description of free methane collector……. 96
7.2.3. Recognition of gaseous conditions in the deposit…….. 97
7.3. Drilling a hole to obtain methane…….. 99
7.4. Dehydration of gas tank……. 103
8. GAS TANK IN THE CLOSED „1 MAJA" MINE……. 104
8.1. Closure of the mine…… 104
8.2. Methane tank……. 104
8.3. Drilling a hole to obtain methane…….. 109
9. GAS TANK IN THE CLOSED „ŻORY" MINE…… 110
9.1. Closure of the mine…… 111
9.2. Methane tank……. 112
9.3. Methane exploitation from the hole M-1……. 116
10. GAS TANK IN THE CLOSED „ANNA" MINE……... 119
10.1. Closure of the mine…… 119
10.2. Methane resources……. 120
10.3. Geological works – searching and identifying methane resources… 121
10.4. Drilling project for the test hole T-1……. 125
10.5. Drilling the test hole T-1……... 127
10.6. Operational test and measurement results for gas composition in the hole T-1……. 133
10.7. Project of repair works in the test hole T-1…….. 135
11. GAS TANK IN THE CLOSED „MOSZCZENICA" AND „JASTRZĘBIE" MINES…… 137
11.1. Closure of the mine……... 137

11.2. Methane tank……. 139
11.3. Demethanization of gas tank in „Jas-Mos”..... 140
11.4. Current and perspective utilization of methane…… 143
12. CONCLUSIONS……..... 145
12.1. Methane resources……. 145
12.2. Recommendations for perspective actions…… 146
12.3. Methane – chances and threats…….. 147
BIBLIOGRAPHY……. 150
Abstract……. 161

1. WPROWADZENIE

Wydobycie węgla kamiennego w Polsce osiągnęło w 1979 roku swoją rekordową wielkość około 200 mln ton [90]. Liczba ta w stosunku do potrzeb w zmieniających się uwarunkowaniach polityczno-gospodarczych początku lat 90. była zbyt wysoka. Od tego też czasu w polskim górnictwie węgla kamiennego trwają permanentne działania restrukturyzacyjne, mające na celu dostosowanie tej gałęzi przemysłu do potrzeb funkcjonowania w warunkach gospodarki rynkowej oraz zwiększenia konkurencyjności polskiego górnictwa na światowych rynkach. Konieczność podjęcia działań naprawczych wynikała przede wszystkim ze zmian politycznych, jakie nastąpiły w Polsce w roku 1989 (przejście do gospodarki rynkowej), ale także z wystąpienia w tym okresie wielu niekorzystnych dla polskiego górnictwa węgla kamiennego zjawisk gospodarczych, w tym m.in. odchodzenie gospodarek wielu krajów od węgla, w tym również w pewnym stopniu polskiej, na rzecz innych nośników energii [15, 16].

W ostatnich 30 latach realizowanych było wiele różnych programów dostosowywania górnictwa węgla kamiennego w Polsce do warunków gospodarki rynkowej, a tym samym do trwałego konkurowania na globalnym rynku [17, 69]. Dynamikę przeobrażeń, jakie nastąpiły w górnictwie węgla kamiennego w Polsce w ostatnim trzydziestoleciu, przedstawiono w tabeli 1.1. W tym czasie zlikwidowano blisko 50 kopalń, zmniejszono o 114 mln ton wydobycie, zwiększono blisko dwukrotnie wydajność, zmniejszono pięciokrotnie zatrudnienie, zwiększono ponaddwukrotnie średnią głębokość wydobycia. Wraz ze schodzeniem z eksploatacją na coraz większe głębokości kopalnie eksploatujące pokłady zalegające w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym stały się kopalniami silnie metanowymi.

Tabela 1.1

Podstawowe dane dotyczące zmian zachodzących w górnictwie węgla kamiennego w Polsce w latach 1989-2018

Lata	1989	2017	2018
Liczba kopalń węgla kamiennego	70	21	21
Liczba pracowników	415 700	82 717	82 843
Wydobycie [mln ton] (% produkcji światowej)	177,4 (5%)	65,48 (0,95%)	63,4 (0,95%)
Wydajność [t/prac./rok]	426,75	790,65	765,3

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych zebranych z Agencji Rozwoju Przemysłu S.A. Oddział Katowice oraz Euracoal Statistics.

Wraz z głębokością nastąpił wzrost metanonośności węgla w pokładach, wymuszając potrzebę zwiększenia intensywności odmetanowania. W przypadku jego stosowania zostaje zachowany aspekt bezpieczeństwa, jednakże pozostaje kwestia zagospodarowania metanu po jego ujęciu i odprowadzeniu na powierzchnię. Istotne zagadnienie stanowi również metan, którego nie udało się ująć przez odmetanowanie. Gaz ten wraz ze zużytym powietrzem wentylacyjnym jest odprowadzany do atmosfery. Z kolei metan wydzielający się do zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego wypełnia przestrzenie poeksploatacyjne, w szczególności zroby, chodniki i szyby, tworząc podziemny zbiornik gazu (metanu). Metan ten może też migrować do sąsiednich kopalń czynnych oraz na powierzchnię. Podobnie jak metan zawarty w powietrzu wentylacyjnym czynnych kopalń wpływa on negatywnie na zmiany klimatyczne, gdyż jest gazem cieplarnianym o potencjale 23 razy większym od dwutlenku węgla [86].

Wraz ze zmianą spojrzenia na zmiany klimatu i z wprowadzeniem polityki klimatycznej metan z czynnych i zlikwidowanych kopalń stał się przedmiotem większego zainteresowania i wykorzystania. Na metan w kopalniach węgla kamiennego należy patrzeć nie tylko jak na zagrożenie dla bezpieczeństwa i klimatu, lecz także pod kątem jego wartości energetycznej. Metan ujmowany odmetanowaniem w czynnych kopalniach od kilkudziesięciu lat jest wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej i ciepła, a w kogeneracji także do produkcji chłodu.

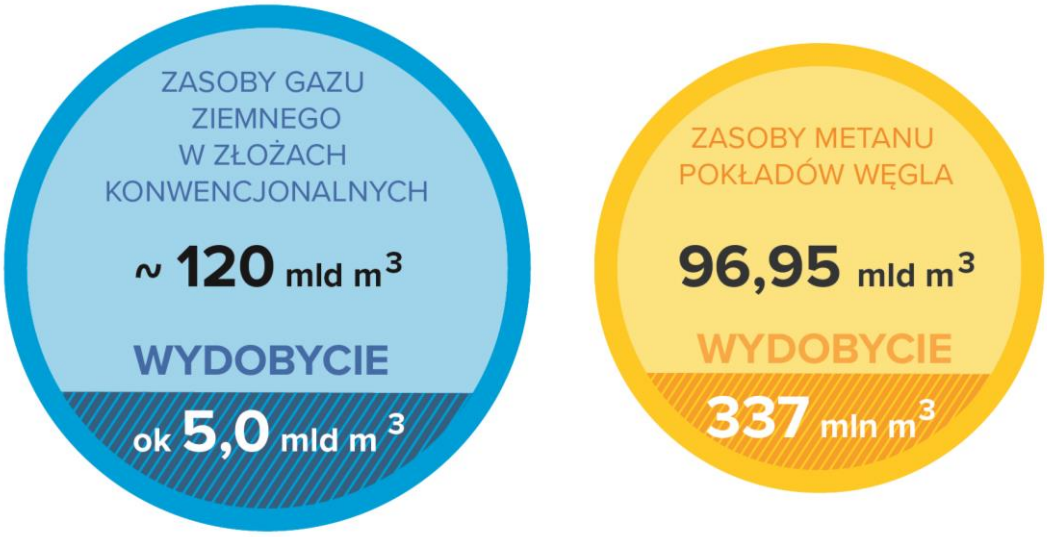
Pierwsze informacje o wykorzystaniu gazu (metanu) ze zlikwidowanych kopalń pochodziły z lat 50. ubiegłego wieku z Wielkiej Brytanii, a przykładem może być pozyskany metan z zamkniętej kopalni Old Boston, wykorzystywany m.in. do podgrzewania wody w łaźni pracowniczej. W okresie późniejszym metan ujęty odmetanowaniem z innej kopalni – Avon – tłoczono do sieci gazowniczej [61].

W kopalniach metanowych w Polsce od początku lat 80. ubiegłego wieku metan coraz częściej był postrzegany jako cenny surowiec energetyczny. Chociaż jego udział w łącznym mikście energetycznym jest nadal niewielki, metan z pokładów węgla ma duży potencjał energetyczny. Oczekuje się, że w części uzupełni konwencjonalne dostawy gazu ziemnego. W dobie zapotrzebowania na zrównoważone paliwo metan z pokładów węgla ma znaczący potencjał jako źródło czystej energii, a obecnie duże jego ilości pozostają uwięzione w zbiornikach gazu zlikwidowanych kopalń. Zamykanie brytyjskich, czeskich, niemieckich i polskich metanowych kopalń węgla kamiennego inspirowało do m.in. intensywniejszego ujęcia i zagospodarowania metanu w instalacjach do produkcji energii elektrycznej i cieplnej w silnikach oraz turbinach gazowych. Sprzyjają temu restrykcyjna polityka klimatyczna oraz szybkie odchodzenie od węgla w energetyce. Obecnie na świecie pozyskuje się maksymalnie około 1 mld m^3 metanu ze zlikwidowanych kopalń [82]. W stosunku do tkwiącego
w nim potencjału oraz odchodzenia od paliw kopalnych jest to wielkość zbyt mała.

W Polsce zasoby bilansowe metanu pokładów węgla na koniec 2017 roku zostały oszacowane na blisko 97 mld m^3, co wobec ocenianych tylko na około 120 mld m^3 zasobów złóż konwencjonalnych stanowi dużą liczbę (rys. 1.1) [92].

Należy nadmienić, że z uwagi na niską przepuszczalność gazową pokładów węgla w złożach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wyklucza się praktycznie możliwość prowadzenia odmetanowania wyprzedzającego bez wprowadzenia technologii upodatniającej pokłady.

Problematyka pozyskania metanu z czynnych i zlikwidowanych kopalń metanowych była przedmiotem wielu badań i analiz.



Rys. 1.1. Porównanie wielkości zasobów gazu ziemnego i metanu pokładów węgla
Fig. 1.1. Compared deposit quantities of natural gas and methane from coal bed
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego, według stanu na koniec roku 2017.

Rozwiązanie problemu wymaga niestety opracowania i wdrożenia efektywnej technologii jego wydobycia. Istnieją jednak zasoby metanu wolnego, uwolnionego z węgla, którego pozyskanie może być znacznie prostsze – chodzi tutaj o metan ujmowany ze zbiorników zlikwidowanych kopalń. W Polsce problematyka zagrożenia metanowego i odmetanowanie w czynnych kopalniach było i jest przedmiotem wielu badań naukowych oraz doświadczeń praktycznych, natomiast problematyka ujęcia i wykorzystania metanu z kopalń zlikwidowanych jest analizowana i badana fragmentarycznie. W niewielkim zakresie badana jest emisja metanu z kopalń zlikwidowanych do atmosfery. Pozyskany gaz z zamkniętej kopalni najefektywniej jest wykorzystać na miejscu do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła za pomocą silników gazowych zabudowanych w kontenerach, pozwalających na zmianę lokalizacji przy zaniku jego ujęcia. Obecnie zagospodarowanie metanu gromadzącego się w zrobach zlikwidowanych kopalń metanowych w Polsce jest niewielkie.

Na świecie metan z pokładów węgla z kopalń zlikwidowanych jest intensywnie wykorzystywany, o czym świadczą wieloletnie doświadczenia m.in. w Czechach i Niemczech [65].

W Polsce pierwsze projekty pozyskania i gospodarczego wykorzystania metanu z kopalni zlikwidowanej uruchomiono na początku lat 2000. ze zlikwidowanej kopalni „Morcinek" w Kaczycach. Ponadto obecnie operatorzy koncesji pozyskują metan ze zlikwidowanych kopalń: „Żory" (firma Gazkop-1 sp. z o.o.), „Krupiński",

„Moszczenica” i „Śląsk”, należących do Spółki Restrukturyzacji Kopalń S.A. (SRK S.A.). Należy nadmienić, że większość zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego charakteryzowała się złożem węglowym, w którym metan nie występował lub słabo metanowych. W świetle powyższego możliwość efektywnego ujęcia i wykorzystania metanu odnosiła się do zlikwidowanych kopalń silnie metanowych.

Koncesje na poszukiwanie zasobów metanu ze zrobów mają również firmy: Termospec Sp. z o.o. – na terenie Wodzisławia Śląskiego i Pszowa (koncesja Anna), oraz czeski Green Gas DPB – w Żorach i na obszarze dawnej kopalni „Dębieńsko” w Czerwionce-Leszczynach (koncesje Czerwionka-Leszczyny i Dębieńsko). Tak ujęty metan przynosi bezpośrednie efekty ekonomiczne, energetyczne oraz ekologiczne, natomiast w warunkach nieprowadzenia jego ujęcia przedostający się do atmosfery metan na terenach pogórniczych przynosi negatywne skutki dla środowiska. W okresie podejmowanych działań ukierunkowanych na obniżenie zanieczyszczenia powietrza szczególną uwagę należy zwrócić na realizacje przedsięwzięć związanych z szerokim wykorzystaniem metanu nie tylko ujętego odmetanowaniem z kopalń czynnych, lecz także metanu uwalnianego do przestrzeni zamkniętych kopalń. Silną motywacją dla właścicieli kopalń, przedsiębiorców oraz jednostek samorządu terytorialnego powinien być czas, bo z każdą chwilą od zamknięcia kopalni metan na terenach pogórniczych zlikwidowanych kopalń bezpowrotnie przepływa do atmosfery.

Przedstawiona monografia jest podsumowaniem osiągnięć naukowych i praktycznych doświadczeń dotyczących pozyskania i gospodarczego wykorzystania metanu z kopalń zlikwidowanych. Niniejszą publikację dedykuję zarówno naukowcom, praktykom, jak i przedsiębiorcom, aby stała się ona przyczynkiem do dalszych pogłębionych badań i rozwoju nowych technologii w zakresie nie tylko pozyskania metanu z pokładów węgla, lecz nade wszystko efektywnego zagospodarowania tego cennego surowca.

Żywię ponadto nadzieję, że lektura mojej publikacji znajdzie również odbiorców wśród studentów i działaczy gospodarczych, samorządowych i rządowych, zajmujących się tą problematyką, oraz pobudzi do refleksji, a także dyskusji.

Monografia nie powstałaby, gdyby nie wsparcie Przyjaciół Górników oraz wieloletnich praktyków zajmujących się metanem, którym pragnę podziękować.

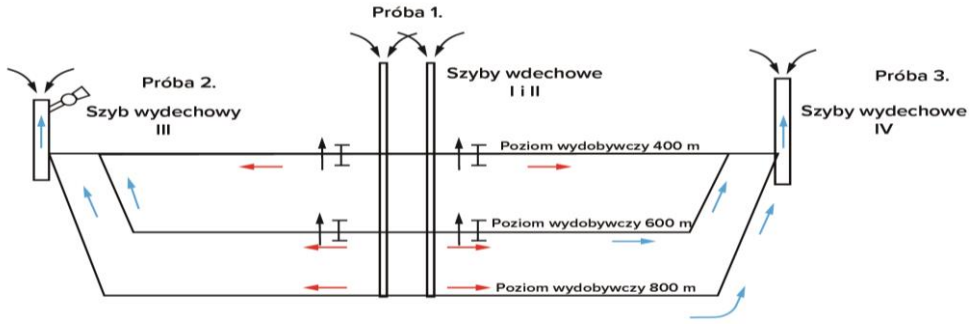
2. EMISJA METANU ZE ZŁOŻA WĘGLOWEGO PODCZAS PROWADZENIA ROBÓT GÓRNICZYCH W TRAKCIE I PO LIKWIDACJI KOPALNI

Podziemne kopalnie węgla kamiennego są przewietrzane opływowymi prądami powietrza wytwarzanymi przez wentylatory zabudowane przy szybach wydechowych. Wentylatory główne ssące wymuszają przepływ powietrza w wyrobiskach wchodzących w strukturę wyrobisk podziemnych sieci wentylacyjnej. W zależności od liczby szybów wydechowych w strukturze sieci wentylacyjnej tworzą się podsieci wentylacyjne, a przepływ powietrza wyrobiskami łączącymi podsieci wentylacyjne są nazywane przekątnymi prądami powietrza.

Powietrze świeże, sprowadzane z powierzchni szybami wdechowymi na poziomy wydobywcze kopalni, przewietrza rejony prowadzonych robót górniczych, w tym eksploatacyjnych, oraz komory funkcyjne, najczęściej przewietrzane niezależnymi prądami powietrza.

Prądy świeżego powietrza na poziomach wydobywczych kopalni, przy szybach wdechowych, są grupowymi prądami świeżego powietrza, które po rozdzieleniu się od grupowego prądu świeżego powietrza stają się rejonowymi prądami powietrza.

Uproszczony schemat przestrzenny kopalni na dwa szyby wdechowe I i II oraz dwa szyby wydechowe III i IV przedstawiono na rys. 2.1.



Rys. 2.1. Uproszczony schemat przewietrzania kopalni na dwie podsieci wentylacyjne szybów wydechowych III i IV

Fig. 2.1. Simplified diagram of ventilation of the mine into two ventilation sub-loops of exhaust shafts III and IV

Źródło: opracowanie własne.

Skład gazów w powietrzu płynącym szybami wdechowymi I i II nie jest zależny od wartości wydatków powietrza płynącego tymi szybami do kopalni. Wydatki powietrza w szybach I i II z uwagi na pracujące urządzenia wyciągowe mogą się zmieniać i są mierzalne na poziomach kopalni. Wydatki powietrza zużytego są mierzalne w grupowych prądach powietrza odprowadzanego na poziomach kopalni do szybów wydechowych III i IV. Na szybach III i IV dodatkowo uwzględniane są ucieczki powietrza ze zrębu szybów III i IV. Ze względu na temperaturę powietrza kopalnianego, rosnącą wraz z głębokością i ze wzrostem temperatury pierwotnej skał, ilość powietrza w sieci wentylacyjnej nieznacznie się zwiększa w prądach wylotowych odprowadzanych szybami wentylacyjnymi na powierzchnię.

Przy obliczeniach wydatków powietrza przepływającego przez sieć podziemną od sumy wydatków powietrza na szybach wdechowych I i II odejmuje się straty zewnętrzne powietrza na zrębach tych szybów.

Przyrosty poszczególnych gazów w zużytym prądzie powietrza odprowadzanego szybami wydechowymi III i IV w stosunku do zawartości tych gazów w prądzie świeżego powietrza sprowadzanego szybami wdechowymi I i II pozwalają przeprowadzić bilans gazów wydzielających się szybami wydechowymi do atmosfery.

Próby powietrza pobrane w świeżym prądzie powietrza sprowadzanego szybami wdechowymi I i II oraz próby powietrza pobrane w dwóch szybach wydechowych pozwalają na obliczenie bezwzględnych przyrostów gazów kopalnianych, wydzielających się z czynnej kopalni węgla kamiennego.

Obliczenia bezwzględnych przyrostów gazów prowadzi się oddzielnie dla podsieci wentylacyjnych szybów III i IV. Wydatki powietrza i wartości stężenia gazów w powietrzu wentylacyjnym odprowadzanym szybami wydechowymi są inne i mogą być zmienne w czasie. Przyrost bezwzględnej ilości danego gazu w powietrzu wentylacyjnym oblicza się wzorem (1):

$$\Delta V_{gazu} = 0{,}01\ (\%\ \text{zawartości gazu w szybie wydechowym} - \%\ \text{zawartości gazu w szybie wdechowym}) * Q_{pow}\ [m^3\text{gazu/min}] \quad (1)$$

gdzie:

% – zawartość gazu z analizy chemicznej powietrza pobranego w szybie wydechowym III lub IV (próba 2. lub 3.),

% – zawartość gazów w prądzie świeżego powietrza sprowadzanego szybami wdechowymi I lub II (próba 1.),

Q_{pow} – wydatek powietrza odpowiednio w szybie III lub IV.

W rejonowych prądach zużytego powietrza skład gazów kopalnianych w powietrzu jest inny niż w rejonowych prądach świeżego powietrza. Zmiana składu powietrza kopalnianego następuje w wyniku dopływu do prądu powietrza płynącego w wyrobiskach takich gazów jak metan, dwutlenek węgla lub tlenek węgla, przyczyniając się do zmiany objętościowej ich składu w powietrzu kopalnianym.

Źródła zmian składu gazów w powietrzu kopalnianym według wagi wpływu na występujące objętościowe zmiany związane są:

- z otoczeniem ścian eksploatowanych, usytuowanych w pobliżu złoża węglowego słabo lub silnie metanowego,
- z obecnością zrobów poeksploatacyjnych odizolowanych tamami izolacyjnymi od czynnych wentylacyjnie wyrobisk kopalni,
- z drążonymi wyrobiskami korytarzowymi z wentylacją odrębną oraz czynnymi wyrobiskami korytarzowymi z wentylacją opływową.

Poniżej omówiono czynniki kształtujące zmiany składu objętościowego gazów, w szczególności metanu, w powietrzu w kopalniach metanowych.

Podstawowym źródłem wydzielania się metanu do wyrobisk podziemnych metanowej kopalni węgla kamiennego są eksploatowane pokłady metanowe oraz metan uwalniany do środowiska ścian w wyniku odgazowania się odprężonych eksploatacją pokładów podebranych i nadebranych.

Wydzielanie się metanu do środowiska eksploatowanych ścian kształtują dwa zasadnicze strumienie metanu, a mianowicie:

- metan wydzielający się z pokładu eksploatowanego głównie podczas urabiania,
- metan wydzielający się do zrobów w wyniku odgazowania się pokładów podebranych i nadebranych.

Objętość metanu wydzielającego się ze zrobów ścian eksploatowanych z pokładów podebranych i nadebranych ma największą wagę w ilości wydzielającego się metanu podczas oraz po zakończeniu eksploatacji i zależy od:

- objętości węgla w strefie odprężenia i odgazowania w wyniku prowadzenia ściany,
- metanonośności pokładów odgazowujących się w strefie odprężenia eksploatacyjnego,
- odległości pokładów podebranych i nadebranych od pokładu eksploatowanego, która kształtuje stopień ich odgazowania.

Do zrobów środowiska eksploatowanej ściany metan wydziela się zarówno w trakcie prowadzenia eksploatacji, jak i po zakończeniu oraz odizolowaniu rejonu.

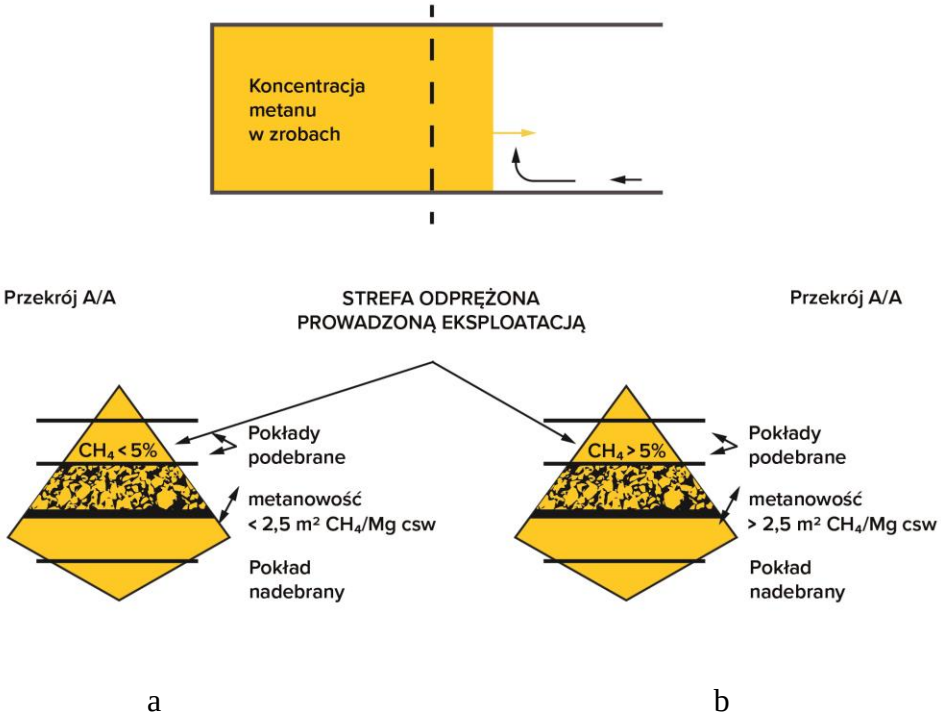
Objętościowa ilość wydzielającego się metanu w trakcie eksploatacji ściany kształtuje poziom zagrożenia metanowego w wyrobiskach podczas eksploatacji ściany oraz po jej likwidacji. Czynniki kształtujące ilość wydzielającego się metanu do środowiska ściany podczas eksploatacji wpływają na ilościowe wydzielanie się metanu przez okres około 15 lat po zlikwidowaniu ściany. W warunkach prowadzenia eksploatacji w otoczeniu złoża o metanonośności poniżej 2,5 m^3CH_4/Mg_{CSW} w zrobach ścian w trakcie eksploatacji oraz po jej zakończeniu nie występują niebezpieczne nagromadzenia metanu. Przy metanonośności złoża węglowego w otoczeniu ściany powyżej 2,5 m^3CH_4/Mg_{CSW} występują niebezpieczne nagromadzenia metanu w zrobach w trakcie likwidacji oraz po zlikwidowaniu rejonu eksploatacyjnego [27].

2.1. Wydzielanie się metanu do środowiska ścian w pokładach metanowych

Prowadzenie eksploatacji, a następnie likwidacja rejonów eksploatacyjnych w otoczeniu silnie metanowego złoża węglowego będzie się charakteryzowała możliwością występowania niebezpiecznych wybuchowych nagromadzeń metanu w zrobach oraz w czynnych wyrobiskach na kontakcie ze zrobami poeksploatacyjnymi.

Należy nadmienić, że prowadzenie likwidacji kopalni metanowej o metanonośności złoża powyżej 2,5 m^3CH_4/Mg_{CSW} będzie się cechowało występowaniem wysokiego poziomu zagrożenia metanowego w zależności od kształtowania metanonośności pokładów podebranych i nadebranych prowadzoną ścianą.

Reasumując, należy zauważyć, że podstawowym kryterium występowania niebezpiecznych nagromadzeń metanu w zrobach jest wartość metanonośności pokładów podebranych i nadebranych większa od wartości 2,5 m^3CH_4/Mg_{CSW}. Na rys. 2.2 przedstawiono kształtowanie się stężeń metanu w zrobach ścian w zależności od wartości metanonośności pokładów podebranych i nadebranych odgazowujących w strefie odprężenia eksploatacyjnego.



a b

Rys. 2.2. Koncentracje metanu w zrobach oraz w otoczeniu eksploatowanych pokładów metanowych: a) przekrój A/A przez złoże węglowe w rejonie ściany o metanonośności nieprzekraczającej wartości 2,5 m^3CH_4/Mg_{csw}, b) przekrój A/A przez złoże węglowe w rejonie ściany o metanonośności przekraczającej 2,5 m^3CH_4/Mg_{csw}.

Fig. 2.2. Concentrations of methane in gobs and in the vicinity of methane deposits: a) A/A cross-section through a coal deposit in the area of wall with a methane content not exceeding 2,5 m^3 CH_4/Mg_{CSW}, b) A/A cross-section through a coal deposit in the area of wall with methane content exceeding 2,5 m^3 CH_4/Mg_{CSW}

Źródło: opracowanie na podstawie materiałów [27].

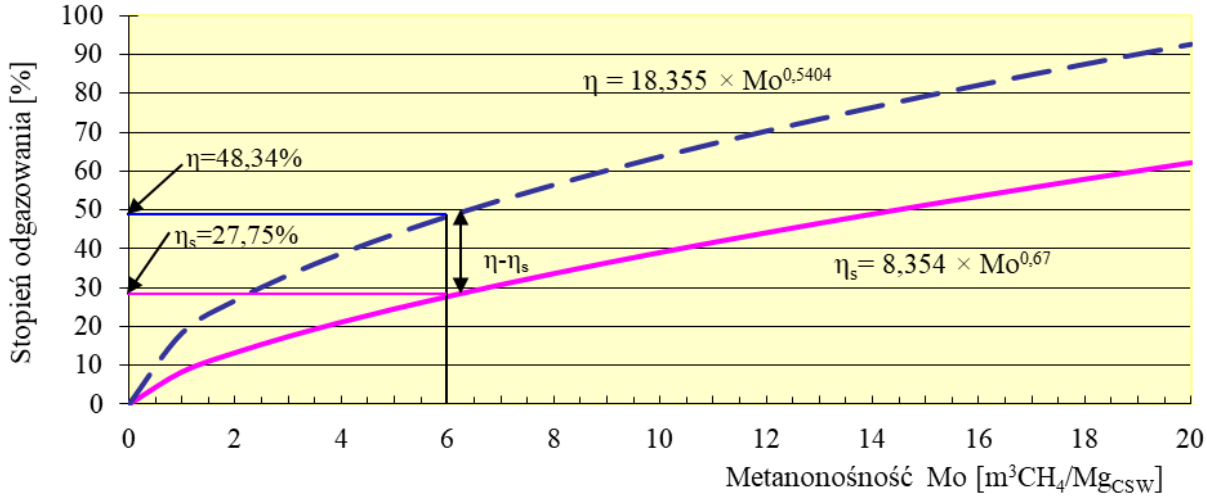
Występowanie lub niewystępowanie w zrobach ścian w trakcie eksploatacji oraz po jej zakończeniu niebezpiecznych nagromadzeń metanu należy oprzeć na podstawowym kryterium, jakim jest wartość metanonośności 2,5 m^3CH_4/Mg_{CSW}.

Występowanie w zrobach poeksploatacyjnych kopalń zlikwidowanych nagromadzeń metanu powyżej 5% również wynika z tej kryterialnej wartości metanonośności pokładów odprężonych eksploatacją.

Reasumując, można stwierdzić, że zasadniczy strumień metanu wydzielający się do zlikwidowanej kopalni pochodzi z odgazowywania się odprężonych pokładów podebranych i nadebranych w trakcie wcześniej prowadzonej eksploatacji.

Objętość metanu wydzielającego się do wyrobisk środowiska ściany jest zależna od metanonośności pokładu eksploatowanego oraz pokładów odgazowujących się, objętych strefą odprężenia, a także ich odległości od pokładu eksploatowanego.

Metan wydzielający się z pokładu eksploatowanego podczas urabiania prowadzoną ścianą przedstawia rys. 2.3.



Rys. 2.3. Stopień odgazowania η_s węgla pokładu eksploatowanego po urabianiu kombajnem w zależności od jego metanonośności M_0

Fig. 2.3. Degasification degree of the extracted seam according to its methane content

Źródło: Krause E.: Prognozowanie wydzielania metanu do ścian przy urabianiu kombajnem, Przegląd Górniczy, nr 3-4, 2009b.

Objętość wydzielającego się metanu z urabianego węgla w czole ściany zależy od jego nasycenia metanem (metanonośności pokładu eksploatowanego), które wpływa na stopień odgazowania oraz ilość urabianego węgla w jednostce czasu.

Pokład eksploatowany przed czołem ściany w wyniku częściowego odgazowania charakteryzuje się metanonośnością mniejszą niż oznaczona badaniami wartość metanonośności pierwotnej M_o w czasie drążenia wyrobisk przygotowawczych okonturowujących parcelę projektowanej ściany. Podstawę prognoz wydzielania się metanu do ściany stanowi zależność funkcyjną stopnia odgazowania pokładu eksploatowanego w zależności od jego metanonośności pierwotnej M_o (linia przerywana, rys. 2.3) [25].

Funkcja opisująca stopień odgazowania pokładu eksploatowanego w zależności od jego metanonośności, stosowana w metodzie prognozowania metanowości bezwzględnej ścian, została opracowana w Kopalni Doświadczalnej „Barbara” [23].

Stopień odgazowania pokładu eksploatowanego η według wzoru (2) stanowi sumaryczną procentową ilość metanu uwalnianego z pokładu eksploatowanego zarówno podczas urabiania kombajnem, jak i w pozostałym czasie (przerwy technologiczne oraz postojowe ściany).

$$\eta = 18{,}355\, M_o^{0{,}5404} \tag{2}$$

Prognozowaną ilość metanu wydzielającego się w jednostce czasu podczas cyklu urabiania kombajnem zgodnie z metodą prognozowania oblicza się według wzoru:

$$\dot{V}_{CH_4} = \frac{L_s\, m_e\, \gamma\, z\, M_o\, \eta}{100\, t} \tag{3}$$

gdzie:

$\dot{V}_{CH_4}$ – strumień objętości metanu wydzielanego do ściany, $m^3\, CH_4/min$;

L_s – długość ściany, m;

m_e – wysokość eksploatowanej ściany, m;

γ – gęstość węgla, Mg/m^3;

z – głębokość zabioru kombajnem, m;

M_o – metanonośność pierwotna pokładu eksploatowanego, $m^3\, CH_4/Mg_{csw}$;

η – stopień odgazowania pokładu eksploatowanego, %;

t – czas trwania cyklu urabiania, min.

Do obliczenia za pomocą wzoru (3) prognozowanej wartości $\dot{V}_{CH_4}$ przyjmuje się oznaczoną metanonośność pierwotną pokładu M_o oraz stopień odgazowania η, obliczony według wzoru (2). Projektowana do eksploatacji ściana mogła zostać odprężona i częściowo odgazowana w wyniku przeprowadzonej wcześniej eksploatacji w pokładzie wyżej lub niżej leżącym i charakteryzować się zmniejszoną metanonośnością (wtórną). W takim przypadku wartość metanonośności pierwotnej M_o przyjmuje we wzorach (2) i (3) wartość metanonośności wtórnej.

Przyjmowanie do obliczania prognoz wydzielania się metanu do ściany podczas urabiania kombajnem stopnia odgazowania η było niewłaściwe, ponieważ powoduje zawyżanie prognozowanej ilości metanu uwolnionego w jednostce czasu.

Na podstawie wyników badań rozkładu metanonośności w pokładach eksploatowanych przed czołem ściany [26] oraz badań wykonanych podczas urabiania węgla wyznaczono funkcję stopnia odgazowania pokładu eksploatowanego η_s podczas urabiania kombajnem [25] w zależności od metanonośności pierwotnej M_o, którą wyraża wzór:

$$\eta_s = 8{,}354\, M_o^{0{,}67} \tag{4}$$

Zależność funkcyjną stopnia odgazowania η_s pokładu eksploatowanego od metanonośności pierwotnej M_o podczas urabiania kombajnem przedstawia linia ciągła na rys. 3.3.

Analizując zależności funkcyjne (2) i (4), należy stwierdzić, że prognozowana ilość metanu wydzielającego się do środowiska ściany z każdego megagramu węgla pokładu eksploatowanego wynosi $\eta\ M_o$, natomiast ilość metanu wydzielającego się bezpośrednio do ściany podczas urabiania kombajnem wynosi $\eta_s\ M_o$. Zależność przedstawiona za pomocą wzoru (4) pozwala na obliczanie prognozowanego wydzielania się metanu do ściany z każdego megagramu węgla podczas urabiania kombajnem w zależności od metanonośności pokładu eksploatowanego M_o. Przy uwzględnieniu powyższego wzór (3), za pomocą którego obliczano prognozowaną ilość metanu wydzielającego się do wyrobiska ścianowego w jednostce czasu podczas cyklu urabiania kombajnem, został zweryfikowany wzorem (5) przez wprowadzenie do niego właściwie obliczonej wartości stopnia odgazowania η_s według wzoru (4).

Ilość metanu wydzielającego się do ściany podczas urabiania kombajnem w jednostce czasu oblicza się za pomocą wzoru:

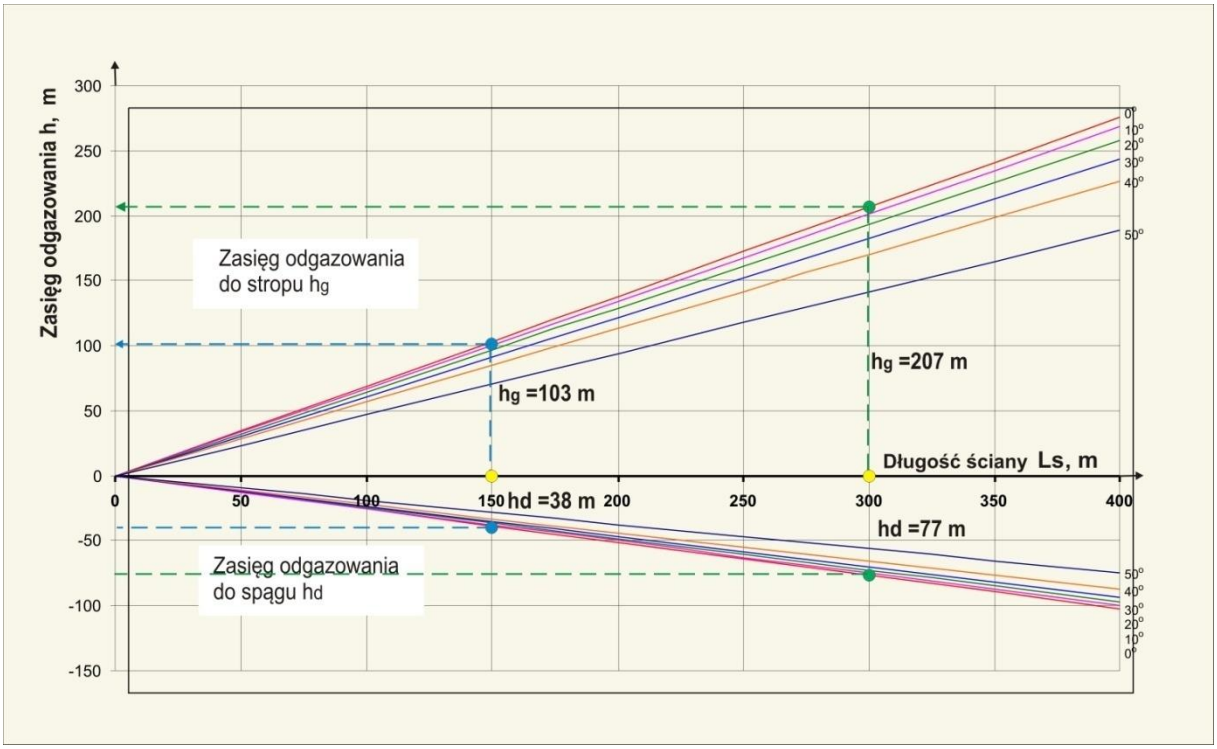
$$\dot{V}_{CH_4} = \frac{L_s\ m_e\ \gamma\ z\ M_o\ \eta_s}{100\,t} \tag{5}$$

gdzie L_s, m_e, γ , z i M_o – jak we wzorze (3), natomiast η_s – zgodnie ze wzorem (4).

Przedstawiona metodyka umożliwia obliczenie wydzielania się metanu do ściany podczas urabiania kombajnem. Na rys. 3.3 dla oznaczonej metanonośności pierwotnej M_o pokładu eksploatowanego wynoszącej 6 m^3 CH_4/Mg_{CSW} odniesiono wartości stopnia odgazowania η i η_s, przyjmujące odpowiednio wartości 48,34% i 27,75%, obliczone za pomocą wzorów (2) i (4).

Wydzielanie się metanu do zrobów ściany zależy od zasięgu strefy odprężenia i odgazowania pokładów podebranych i nadebranych w otoczeniu ściany, a zasięg ten jest zależny od długości ściany oraz jej nachylenia.

Zasięgi odprężenia eksploatacyjnego dla długości ścian do 400 metrów oraz nachyleń do 50^o przedstawiają nomogramy na rys. 2.4.

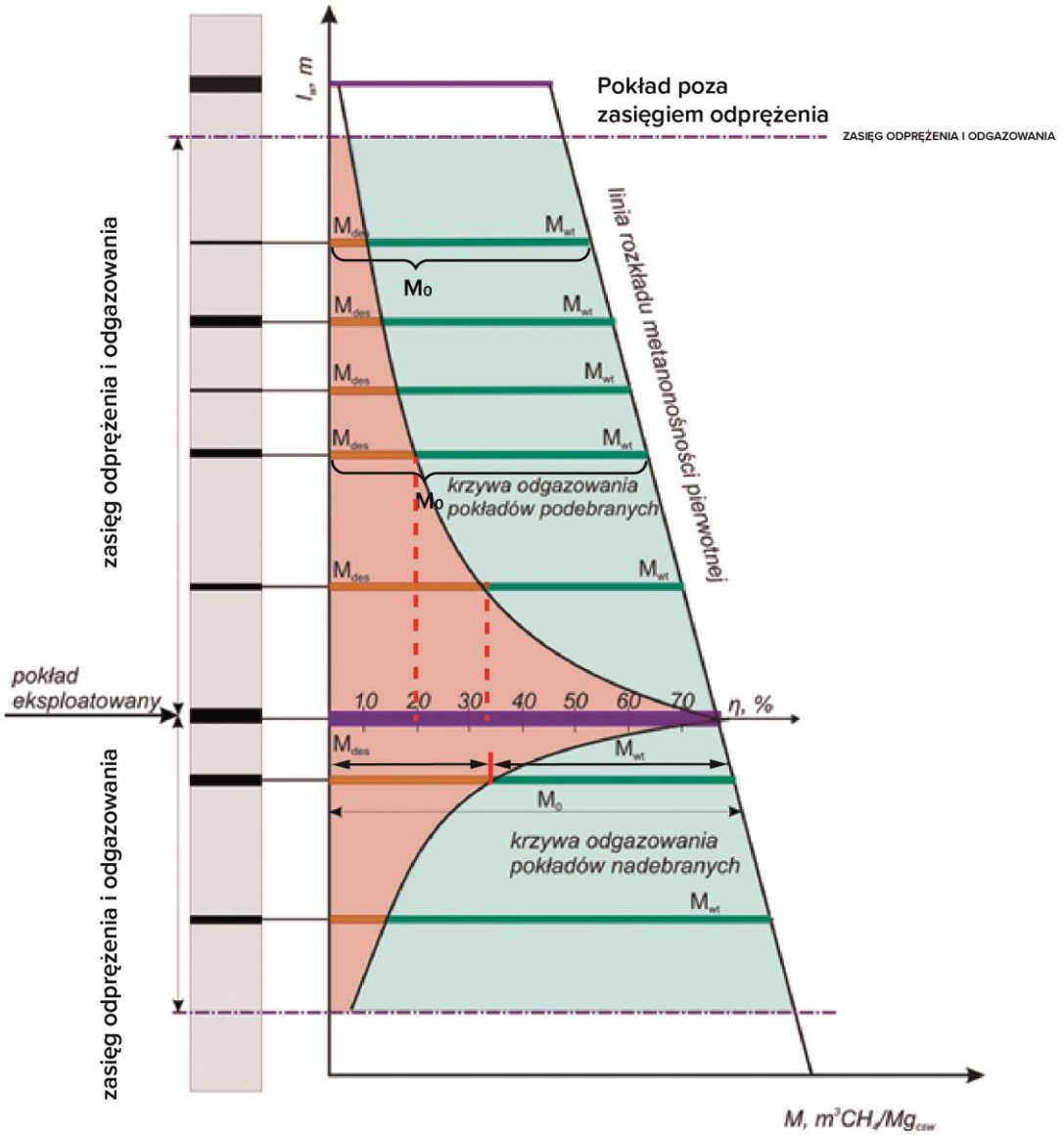


Rys. 2.4. Zasięg odgazowania warstw podbieranych i nadbieranych w zależności od długości ściany i kąta jej nachylenia

Fig. 2.4. Degasification range of underworked and overworked layers according to the longwall length and angle of its inclination

Źródło: Krause E., Łukowicz K.: Dynamiczna prognoza metanowości bezwzględnej ścian. Poradnik Techniczny. Instrukcje GIG, 14, Katowice 2000.

Stopień odgazowania pokładów podebranych i nadebranych objętych zasięgiem odprężenia eksploatacyjnego przedstawiono poglądowo na rys. 2.5. Na pionowy rozkład metanonośności złoża w zasięgu odprężenia eksploatacyjnego naniesiono krzywe stopnia odgazowania, umożliwiające zidentyfikowanie obniżenia się metanonośności pokładów podebranych i nadebranych objętych strefą odprężenia eksploatacyjnego. Zasięg odprężenia i odgazowania się pokładów podebranych i nadebranych eksploatowaną ścianą jest wprost proporcjonalny do długości ściany oraz odwrotnie proporcjonalny do jej nachylenia. Na rys. 2.4 poglądowo przedstawiono zasięgi odgazowania do stropu i spągu dwóch ścian o długości $l_s = 150$ metrów i $l_s = 300$ metrów.



Rys. 2.5. Poglądowe przedstawienie stopnia odgazowania pokładów podebranych i nadebranych eksploatowaną ścianą w zasięgu odprężania eksploatacyjnego

Fig. 2.5. A look degasification degree of seams underworked and overworked by the extracted longwall

Źródło: Krause E., Pokryszka Z.: Investigation of methane emission from flooded workings of closed coal mines. Journal of Sustainable Mining, 12 (2), 2013.

Prognozowana eksploatacja systemem ścianowym z zawałem stropu powoduje odprężenie złoża węglowego niewyeksploatowanego w otoczeniu ściany, co przyczynia się do jego odgazowania. Na skutek odgazowania się złoża występuje migracja metanu do zrobów i wyrobisk zarówno w trakcie prowadzenia eksploatacji, jak i po jej zakończeniu. Na rys. 2.5 poglądowo na strefę odprężenia eksploatacyjnego ściany naniesiono krzywe stopnia odgazowania się pokładów podebranych

i nadebranych w zasięgu odprężenia eksploatacyjnego. Dodatkowo naniesiono linię rozkładu metanonośności pierwotnej pokładów w stropie i spągu ściany. Prowadzona eksploatacja powoduje odgazowanie się pokładów podebranych i nadebranych, uwalniając desorbowalne zasoby metanu. W wyniku odgazowania obniża się zawartość metanu w pokładach odprężonych z wartości metanonośności pierwotnej M_o do wtórnej M_{wt}. Odgazowanie powoduje wydzielanie się metanu o wartości M_{des}. Pokłady podebrane i nadebrane odgazowują się w zależności od odległości od pokładu eksploatowanego (pole czerwone na rys. 2.5). Pozostała wartość metanu w pokładach podebranych i nadebranych (pole zielone na rys. 2.5) ulega dalszemu odgazowaniu w trakcie eksploatacji kolejnego pokładu lub może ulegać odgazowaniu w okresie do 15 lat po likwidacji rejonu i kopalni. Poglądowo rys. 2.5 przedstawia zasięg odgazowania pokładów podebranych i nadebranych nad i pod eksploatowaną ścianą oraz stopień ich odgazowania. W warunkach likwidacji kopalni silnie metanowej w okresie do 15 lat po zakończeniu eksploatacji ściany następuje odgazowanie pokładów podebranych i nadebranych. Prognozowaną ilość wydzielającego się metanu do środowiska ściany po zakończeniu jej eksploatacji przedstawiono w rozdziale 2.2. Bilans prognozowanego wydzielania się metanu do zlikwidowanej kopalni jest sumą obliczonych wartości prognoz dla poszczególnych ścian, których eksploatację zakończono w okresie do 15 lat od fizycznej likwidacji kopalni. Tak więc prognozowane wydzielanie się metanu do zlikwidowanej kopalni zależy od objętości odprężonego złoża węglowego w otoczeniu prowadzonej wcześniej eksploatacji, jego metanonośności oraz upływu czasu od zakończenia prowadzenia eksploatacji w odniesieniu do ścian.

2.2. Prognozowanie wydzielania się metanu do likwidowanej kopalni

W trakcie prowadzenia robót likwidacyjnych w podziemnej kopalni węgla kamiennego i po ich zakończeniu występują uwarunkowania stwarzające możliwość wystąpienia zagrożenia gazowego w wyrobiskach w trakcie likwidacji oraz w strefie przypowierzchniowej na terenie pogórniczym kopalni zlikwidowanej. Zagrożenie gazowe w gruncie w strefie przypowierzchniowej jest następstwem występowania takich gazów jak metan i dwutlenek węgla nasycający pokłady w obszarze górniczym kopalni podziemnej. Zawartość metanu i/lub dwutlenku węgla pochodzenia naturalnego kształtuje ich gazowość bezwzględną w kopalni podziemnej w trakcie eksploatacji oraz po jej zakończeniu. Brak nasycenia naturalnego dwutlenkiem węgla pokładów nie eliminuje występowania tego gazu w kopalni, ponieważ tworzy się

w następstwie przebiegających procesów utleniania. Dwutlenek węgla w kopalni podziemnej może tworzyć się m.in. w zrobach poeksploatacyjnych, w których pozostały resztki węgla po eksploatacji. W obecności tlenu o określonej zawartości w powietrzu zrobowym następuje niskotemperaturowe utlenianie pozostawionego węgla w zrobach, tworzące tlenek węgla, a następnie po przyłączeniu cząsteczki tlenu tworzące dwutlenek węgla. Obecność objętościowa metanu i dwutlenku węgla w powietrzu kopalnianym czynnej kopalni węgla kamiennego w zasadniczym stopniu jest kształtowana przez naturalne nasycenie złoża węglowego tymi gazami. W kopalniach eksploatujących pokłady nasycone metanem o metanonośności powyżej 2,5 m^3 CH_4/Mg_{CSW} zaznacza się rosnący objętościowy udział metanu w powietrzu kopalnianym odprowadzanym szybami wentylacyjnymi do atmosfery. Objętościowa ilość wydzielającego się metanu do wyrobisk kopalni podziemnej, tzw. metanowość bezwzględna całkowita, wyraża się w metrach sześciennych metanu na minutę (w przeliczeniu na 100% zawartość metanu). Metanowość bezwzględna całkowita w warunkach prowadzenia odmetanowania kształtuje metanowość bezwzględną wentylacyjną kopalni, tzn. jest to objętościowa ilość metanu odprowadzana szybami wydechowymi na powierzchnię. W trakcie likwidacji kopalni zmniejsza się sukcesywnie ilość metanu uwalnianego do powietrza wentylacyjnego.

Po zakończeniu eksploatacji złoża węglowego w kopalni przeznaczonej do likwidacji następuje wydzielanie się metanu z pokładów odprężonych w strefie odprężeń wytworzonych przez wyeksploatowane ściany. Stopień odgazowania złoża węglowego w otoczeniu ściany i wydzielania się metanu do zrobów poeksploatacyjnych przedstawia rys. 2.5. W zależności od nasycenia metanem pokładów podebranych i nadebranych, objętych strefą odprężenia eksploatacyjnego ściany, oraz ich odległości od pokładu eksploatacyjnego następuje uwolnienie desorbowanych zasobów metanu do otoczenia eksploatacyjnych ścian i jego odprowadzenie z powietrzem wentylacyjnym wyrobiskami do szybów wydechowych lub jego częściowe ujęcie odmetanowaniem. Po zakończeniu prowadzenia ściany następuje przywrócenie równowagi w odprężonych i częściowo odgazowanych pokładów podebranych i nadebranych. Zawartość metanu w pokładach częściowo odgazowanych jest nazywana metanonośnością wtórną M_{wt}. Po zakończeniu eksploatacji w okresie około 15 lat następuje wydzielanie się metanu, a wartość prognozowanego wydzielania można obliczyć według wzoru (6) [28]:

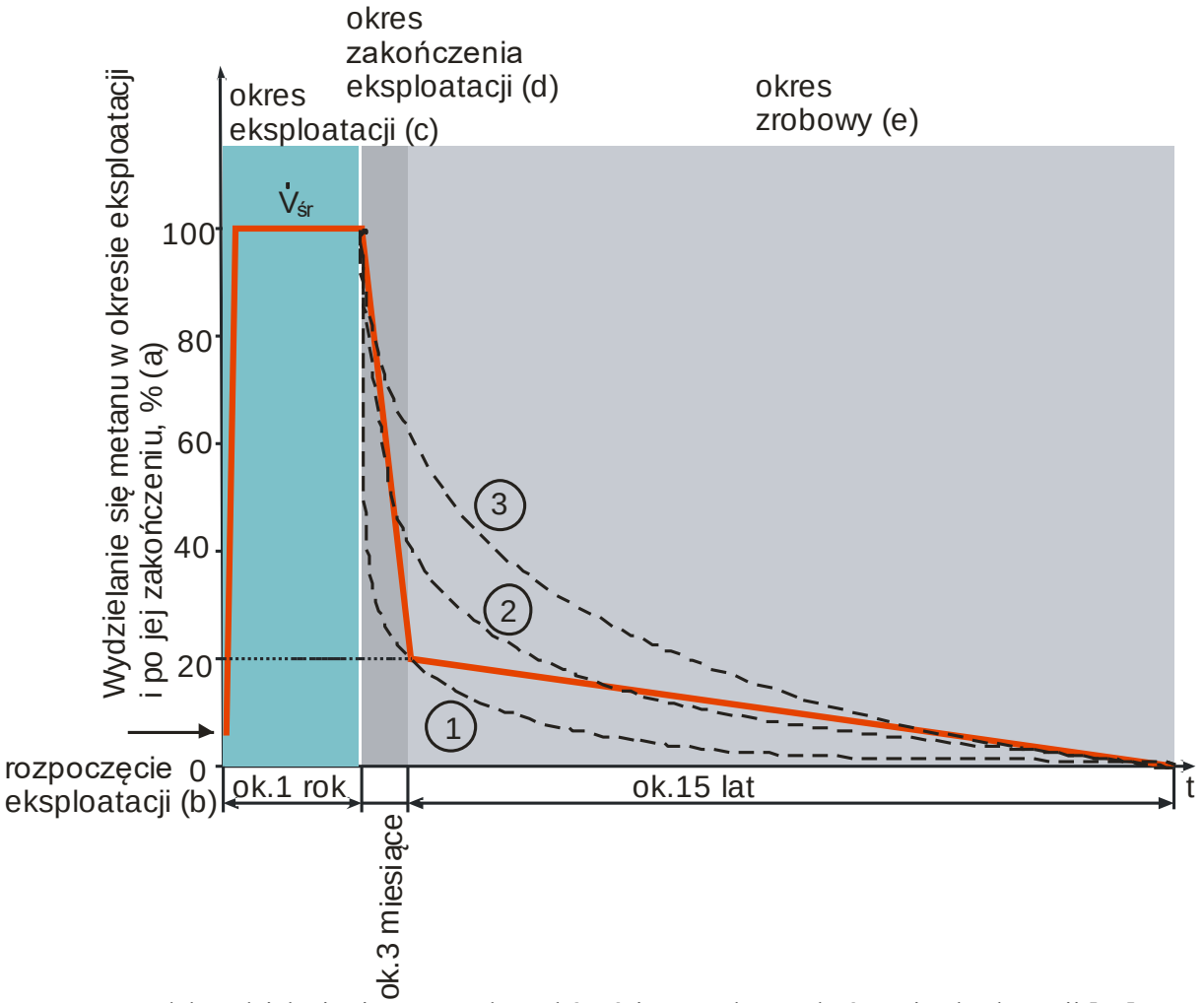
$$V_{zr} = 0{,}2 \cdot \dot{V}_{M_{śr}} \left(1 - \frac{u}{15}\right) \quad (6)$$

gdzie:

$\dot{V}_{M_{śr}}$ – średnia metanowość bezwzględna całkowita z okresu eksploatacji, m^3CH_4/min;

u – liczba lat od zakończenia eksploatacji ściany.

Szacunkowo ilość wydzielania się metanu w okresie 15 lat od zakończenia eksploatacji oblicza się wzorem (6) na podstawie opracowanego w Głównym Instytucie Górnictwa modelu wydzielania się metanu do zrobów – rys. 2.6 [28, 7].



Rys. 2.6. Model wydzielania się metanu do zrobów ścianowych po zakończeniu eksploatacji [28]
Fig. 2.6. Model of methane emissions from longwall gobs after extraction

Wydzielanie się metanu po zakończeniu prowadzenia eksploatacji w kopalni czynnej jest zależne od średniej metanowości bezwzględnej ścian, które były eksploatowane w okresie 15 lat poprzedzającym jej likwidację. Szacunkową

prognozowaną wielkość wydzielania się metanu do zlikwidowanej kopalni [26] można obliczyć wzorem (7):

$$\dot{V}_{zlik} = \sum_{i=1}^{n} \dot{V}_{zr_i} \quad (7)$$

gdzie:

$\dot{V}_{zr_i}$ – prognozowane wydzielanie się metanu do „i-tej" ściany w danym roku po likwidacji (wzór (1));

i – liczba ścian objętych analizą wydzielania w danym roku po likwidacji $i = 1 - n$.

Prognozowane wydzielanie się metanu do wyrobisk i zrobów zlikwidowanej kopalni V_{zlik} będzie malejące w kolejnych latach po likwidacji kopalni. Rzeczywista ilość wydzielającego się metanu będzie zależna od czasu podnoszenia się poziomu wody w trakcie zatapiania kopalni. Oszacowanie prognozowanych ilości wydzielającego się metanu do wyrobisk i zrobów zlikwidowanej kopalni wymaga obliczeń prognoz wydzielania się metanu do poszczególnych ścian, które powinny zostać objęte analizą. Prognozowane ilości wydzielającego się metanu po zlikwidowaniu kopalni w zasadniczym stopniu będą wpływać na emisję metanu do gleby w strefie przypowierzchniowej. Ostatnim zasadniczym etapem działań w trakcie likwidacji zakładu górniczego jest podsadzenie materiałem rur szybowych, a następnie wykonanie szczelnych zamknięć szybów na powierzchni płytami żelbetowymi. Podstawowym celem podsadzania materiałami szybów jest zapewnienie stabilności obudowy szybowej i ograniczenie oraz eliminacja w wieloletniej przyszłości możliwości zniszczenia obudowy, w wyniku czego możliwe byłoby osunięcie gruntu na powierzchni do szybu. Sytuacja taka spowodowałaby powstanie zagrożenia powszechnego dla obiektów powierzchniowych i ich użytkowników. Znane są przypadki, w tym w Polsce, uszkodzenia obudów szybowych oraz osunięcia się do szybu gruntów powierzchniowych.

Z kolei szczelność zasypu w szybie ogranicza możliwości migracji gazów ze zbiornika podziemnego na powierzchnię i dalej do atmosfery. W innym przypadku może się to przyczynić do wystąpienia zagrożenia na powierzchni zlikwidowanej kopalni. W zamknięciach zlikwidowanych szybów zainstalowane są kominki dla odprowadzania ewentualnie wydzielającego się metanu z szybu oraz odrębnymi przepisami nadzoru górniczego wymagana jest kontrola wielkości emisji metanu i jego zawartości w powietrzu, co jest istotne dla zapewnienia bezpieczeństwa powszechnego na powierzchni.

Szczelność podziemnego zbiornika gazowego może być utracona w przypadku wystąpienia szczelin i dróg migracji gazów w nadkładzie, co może być następstwem prowadzonej wcześniej eksploatacji zawałowej. Na terenie pogórniczym po zlikwidowaniu kopalni metanowej może występować zagrożenie gazowe na powierzchni, zależne od wielu uwarunkowań, które będą kształtowały możliwości migracji metanu do gleby w strefie przypowierzchniowej.

Znane są przypadki migracji metanu do obiektów na powierzchni, np. piwnic, co może przyczynić się do wystąpienia zagrożenia wybuchem metanu [24].

Badania prowadzone przez Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie oraz Główny Instytut Górnictwa w rejonie Wałbrzycha wykazały występowanie znacznych zawartości metanu w studniach wody, piwnicach i w kontrolnych rurach pomiarowych zainstalowanych w glebie.

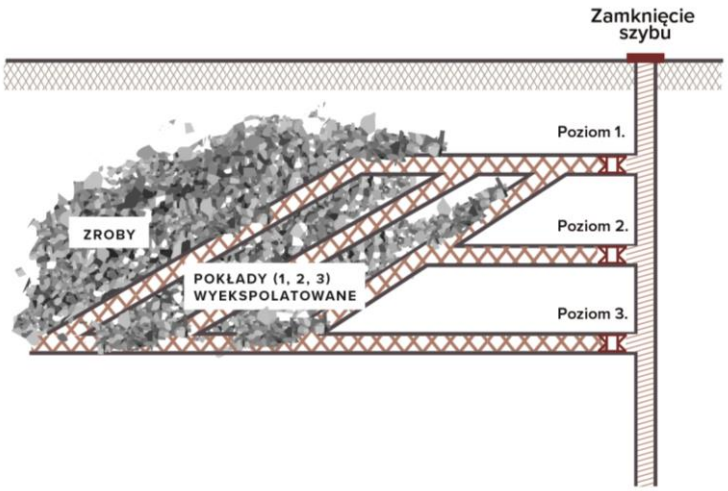
Z kolei w Czechach, w Orłowej, nastąpił dopływ metanu do piwnicy budynku, który został zapalony iskrą elektryczną, w wyniku czego nastąpił wybuch. Ten wypadek był przyczynkiem do opracowania i wprowadzenia do przepisów górniczych wymogu kontroli zawartości metanu w glebie na terenach objętych eksploatacją górniczą [33].

Identyczne problemy wystąpiły w czasie prac związanych z budową zbiornika gazu ziemnego w kopalni Nowa Ruda w Wałbrzychu, gdzie nadkład był nieszczelny i było to jedną z głównych przyczyn nieukończenia tego projektu [5].

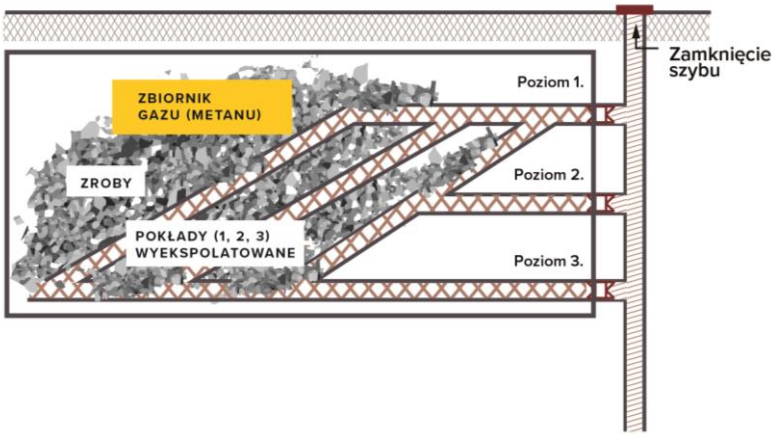
2.3. Zbiorniki gazu (metanu) w zlikwidowanych kopalniach

Zlikwidowane silnie metanowe kopalnie charakteryzują się występowaniem odgazowania złoża węglowego odprężonego eksploatacją, co zostało przedstawione w podrozdziałach 2.1 i 2.2. Przez podziemne zbiorniki gazu kopalni zlikwidowanej (PZGKL) rozumie się wolne objętości podziemnych wyrobisk górniczych i zrobów powstałe w wyniku ich otamowania i wypełnione gazami, w tym głównie metanem i azotem [18]. W czasie zmian ciśnienia może zachodzić zjawisko dyfuzyjnego dopływu desorbowanego metanu z węgla do zbiornika.

PZGKL kopalń zlikwidowanych powinny być szczelnie odizolowane od innych kopalń czynnych i powierzchni lub mogą mieć połączenia z czynnymi kopalniami przez zroby i nieciągłości geologiczne, jak uskok (np. kopalnie: „Anna” – Południe, „1 Maja”, „Żory”, „Warszowice”, „Pole Moszczenica”). Idee zbiornika metanu w kopalni zlikwidowanej przedstawiają rys. 2.7 i 2.8.



Rys. 2.7. Zroby i wyrobiska zlikwidowanej kopalni
Fig. 2.7. Goafs and pits in a closed mine
Źródło: opracowanie własne.



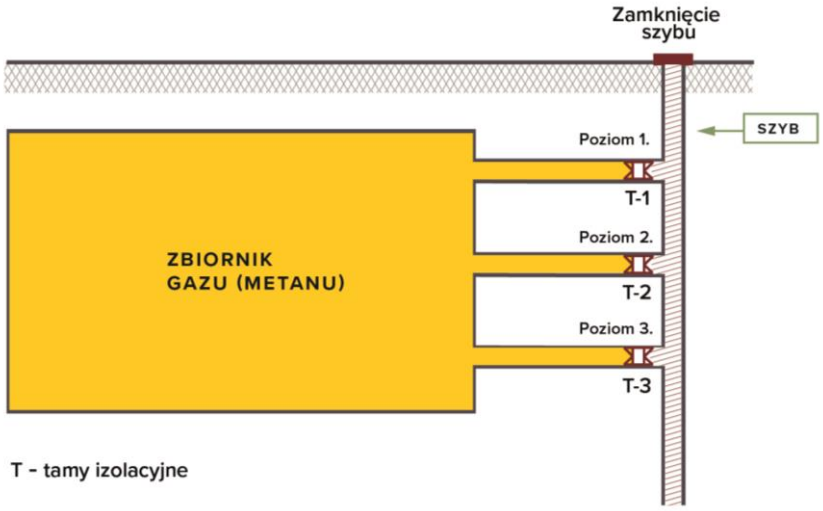
Rys. 2.8. Podziemny zbiornik gazu (metanu) w zrobach i wyrobiskach zlikwidowanej kopalni
Fig. 2.8. Underground tank with gas (methane) in old excavations and pits in a closed mine
Żródło: opracowanie własne.

Podnoszenie się poziomu lustra wody w zlikwidowanej kopalni zamyka źródła dopływu metanu z pokładów odprężonych prowadzoną wcześniej eksploatacją. Podnoszenie się poziomu wody zatopionej kopalni powoduje wzrost ciśnienia gazu z tendencją do jego migracji w rejonie szybów oraz do strefy przypowierzchniowej, a następnie na powierzchnię.

Pod względem ciśnienia gazu w PZGKL można wyróżnić zbiorniki gazu o wysokim nadciśnieniu (rzędu 0,1 – 0,2 MPa, np. w kopalni „Morcinek") i o niskim nadciśnieniu (rzędu do kilku tysięcy paskali, np. w kopalni „Moszczenica") [10].

PZGKL (np. 2.9) w kopalniach muszą być odpowiednio zaprojektowane, tak aby spełniały wszelkie wymogi bezpieczeństwa powszechnego przed wybuchem,

a jednocześnie wymogi techniczno-technologiczne umożliwiające eksploatację metanu przez urządzenia powierzchniowe.



Rys. 2.9. Zbiornik gazu (metanu) w zlikwidowanej kopalni
Fig. 2.9. Gas (methane) tank in closed mine
Źródło: opracowanie własne.

Praktycznie każdy zlikwidowany podziemny zakład górniczy eksploatujący wcześniej silnie metanowe pokłady węgla kamiennego staje się podziemnym zbiornikiem gazu. Zbiornik może zawierać różne gazy, w tym głównie azot, metan, dwutlenek węgla. W zależności od wielkości zasobów metanu obejmujących metan wolny i związany z węglem (desorbowany) ma określoną wartość gospodarczą. W związku z tym metan z pokładów węgla jest zaliczany, zgodnie z Prawem geologicznym i górniczym, do węglowodorów – kopalin podstawowych, i podlega procedurze koncesjonowania. Zidentyfikowanie zbiornika metanu w kopalni zlikwidowanej, z której metan można wykorzystać gospodarczo, charakteryzuje podstawowe kryterium, czyli średnia wartość metanonośności złoża węglowego naruszonego eksploatacją w obszarze górniczym zlikwidowanej kopalni. Jak wspomniano wcześniej, wartość metanonośności złoża węglowego poniżej 2,5 m^3 CH_4/MG_{CSW} nie rokuje możliwości powstania zbiornikowych objętości metanu, który można efektywnie gospodarczo wykorzystać. Tak więc złoże węglowe w zlikwidowanej kopalni silnie nasycone metanem stwarza potencjalną możliwość jego gospodarczego wykorzystania. Wraz ze wzrostem metanonośności eksploatowanych pokładów w kopalni czynnej przed jej likwidacją występują okoliczności stwarzające warunki do intensywnego wydzielania się metanu po zakończeniu eksploatacji oraz w okresie po likwidacji kopalni. Wielkość wydzielania

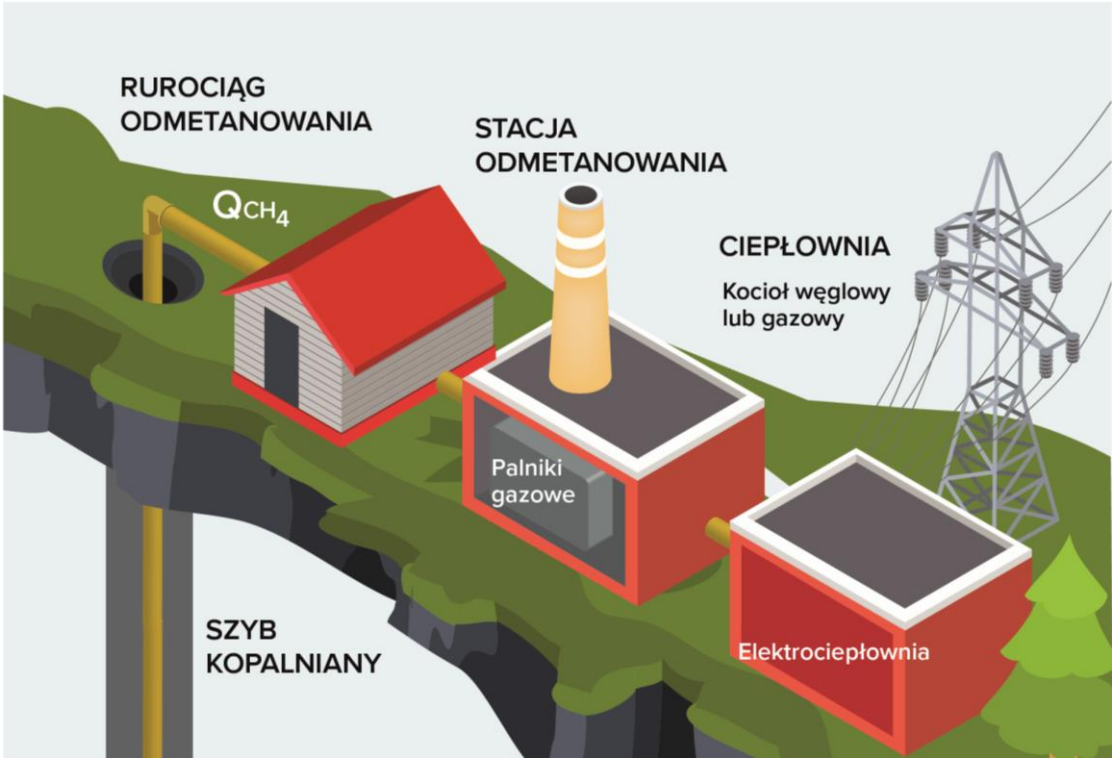
się metanu do zlikwidowanej kopalni jest zależna od objętości odprężonego złoża węglowego oraz jego metanonośności. Prognozując wydzielanie się metanu do zlikwidowanej kopalni, można w przybliżeniu zbilansować objętość metanu w objętości zrobów i wyrobisk podziemnych. Nie bez znaczenia jest wartość stężenia metanu w zbiorniku podziemnym zlikwidowanej kopalni, która jest funkcją wartości średniej metanonośności.

2.3.1. Technologia eksploatacji gazu (metanu) z podziemnego zbiornika gazu kopalni węgla kamiennego PZGKL

Technologia eksploatacji gazu (metanu) polega w głównej mierze na:

- otamowaniu wszystkich połączeń (głównie przez szyby), wyrobisk i zrobów likwidowanej kopalni i utworzeniu zbiornika podziemnego gazu (metanu pokładów węgla),
- wykonaniu otworu wiertniczego z powierzchni do podziemnego zbiornika gazu (możliwe jest także wykorzystanie pozostawionego w podsadzonym materiałami sypkimi lub płynnymi w szybie rurociągu, aczkolwiek jest to trudne technicznie),
- zabudowie instalacji ssącej gaz ze zbiornika,
- skierowaniu gazu przez powierzchniową stację odmetanowania do urządzeń ciepłowniczo-energetycznych, w których jest on wykorzystany jako paliwo.

Utworzenie zbiornika gazu (PZGKL) umożliwiłoby jego eksploatację w celu dostarczenia gazu do instalacji energetyczno-ciepłowniczych [2, 8]. Zasadę tę przedstawiono na rys. 2.10.



Rys. 2.10. Schemat instalacji do wykorzystania metanu ze zlikwidowanej kopalni
Fig. 2.10. Installation diagram for methane use from a closed mine
Źródło: opracowanie własne.

2.3.2. Podziemny zbiornik gazu kopalni „1 Maja”

KWK „1 Maja” została postawiona w stan likwidacji, polegający na otamowaniu wyrobisk górniczych oraz zamknięciu szybów na powierzchni przez wykonanie pokryw zamykających po ich podsadzeniu.

W związku z tym, że otamowane wyrobiska KWK „1 Maja” nie mają połączeń z innymi zakładami górniczymi (z wyjątkiem szczelnie otamowanego połączenia z KWK „Marcel”), istniała możliwość utworzenia w wyrobiskach i zrobach byłej kopalni zbiornika gazu (PZGKL).

Z wstępnych oszacowań wynika, że objętość wyrobisk i zrobów w kopalni „1 Maja” jest bardzo duża – sięga ponad 100 milionów metrów sześciennych [53]. Firma GAZKOP-1 przeprowadziła prace geologiczne i udokumentowała opłacalne ekonomicznie zasoby metanu pokładów węgla – według stanu z lutego 2019 roku oczekiwano na decyzję ministra środowiska o udzieleniu koncesji na eksploatację.

2.3.3. Podziemny magazyn gazu złoża „Moszczenica”

Złoże „Moszczenica” jest położone w południowej części Obszaru Górniczego Jastrzębie I i zostało wyodrębnione ze złoża „JAS-MOS” w związku z zaprzestaniem wydobycia i decyzją Zarządu JSW S.A. Dokumentacja geologiczna złoża

„Moszczenica” obejmuje obszar o powierzchni 13,1 km^2. Złoże to jest zaliczone do złóż silnie metanowych. W trakcie eksploatacji złoża przez kopalnię „JAS-MOS”, a wcześniej (przed 1995 rokiem) przez kopalnię „Moszczenica”, następowało silne wydzielanie się metanu do wyrobisk górniczych, wynikające z wysokiej metanonośności pokładów. Oszacowana wielkość zasobów metanu sorbowanego w złożu „Moszczenica” według stanu na 31.12.2007 rok wynosiła 155,976 mln m^3 [14].

2.4. Niektóre parametry techniczno-technologiczne dla podziemnych zbiorników gazu kopalń zlikwidowanych

W ślad za postępującą eksploatacją górniczą tworzone są zroby, które ulegają w czasie wielu zmianom. Mogą one mieć charakter niestacjonarny i stacjonarny.

Pełne i jednoznaczne parametryczne scharakteryzowanie przestrzeni zrobowych (zbiorników) i zjawisk chemiczno-fizycznych zachodzących w nich jest bardzo trudne, szczególnie ze względu na ograniczoną dostępność metrologiczną. Podstawowymi parametrami charakterystycznymi dla zrobów są:

- geometryczna objętość zrobów,
- porowatość zrobów (niewypełniona skałami objętość zrobów),
- gazoprzepuszczalność zrobów,
- skład chemiczny gazów zrobowych,
- ciśnienie, temperatura i gęstość gazów zrobowych,
- temperatura pierwotna górotworu,
- prędkość i wydatek przepływu gazów zrobowych,
- opór aerodynamiczny zrobów.

Zroby tworzą strukturę porowatą o dużej przepuszczalności, w której zachodzą procesy związane m.in.:

- z absorbcją gazów i desorbcją gazów z odprężonych pokładów węgla,
- ze wzrostem stężenia metanu i jego ciśnienia.

Układ strukturalny jest bardzo skomplikowany ze względu na różnorodność przestrzenną kanałów przepływowych – mikro- i makroszczeliny w górotworze, przepływy metanu w ośrodku porowatym oraz w szczelinach i przestrzeniach uskoków geologicznych oraz przepływy w niezlikwidowanych wyrobiskach. Przedstawiony układ elementów tworzy skomplikowaną sieć przepływową gazów, w której występują opory rozłożone i lokalne, np. przez powstałe zawały skał, zagniecenia wyrobisk i tamy izolacyjne.

Istotną sprawą jest zmienność jakościowa gazów w zrobach. Oczywiście zbiorniki wypełniają gazy zrobowe, których składniki są różnorodne, obejmujące gazy złożowe (metan i dwutlenek węgla, azot i siarkowodór), gazy technologiczne (dwutlenek węgla, tlenek węgla, tlenki azotu, siarkowodór) i pożarowe (dwutlenek węgla, tlenek węgla, wodór, etylen, propylen i acetylen).

W czasie eksploatacji pokładów węgla kamiennego systemem ścianowym z zawałem stropu powstaje przestrzeń górotworu odprężona, obejmująca:

- zawał bezpośredni, czyli załamanie skał zalegających za przestrzenią roboczą ściany o wysokości 4-5 wartości furty eksploatacyjnej,
- zawał zasadniczy, czyli spękane przestrzenie skalne nad zawałem bezpośrednim o zasięgu, który wyznacza nomogram na rys. 3.4.

Objętość zrobów to suma objętości wyeksploatowanego pokładu w iloczynie ze współczynnikiem 0,3, uwzględniającym osiadania terenu.

Ważnym czynnikiem jest rodzaj skał zawałowych, charakteryzujących się różnymi parametrami fizykomechanicznymi, decydującymi o porowatości zawału, która przesądza o możliwości rozkładu stężeń gazów w zrobach.

Wolną przestrzeń zarobową zbiornika gazu można określić jako objętość zbiornika gazu kopalni zlikwidowanej, pomnożoną przez współczynnik porowatości zawału, powiększony o przestrzenie niezlikwidowane, jak niektóre pozostawione wyrobiska udostępniające i przygotowawcze.

Przestrzenie te także mogą być ograniczone w następstwie zatopienia ich wodą złożową.

W zrobach przebiegają skomplikowane procesy termodynamiczne związane z ruchem płynów w ośrodkach porowatych (woda, gazy zrobowe), wymianą ciepła, wymianą masy płynów oraz ze zmianą ciśnienia i objętości gazów zrobowych.

Skład oraz stężenia gazów w przestrzeniach otamowanych i zrobach ulegają zmianom. Zmiany te są wynikiem działania wielu czynników, m.in. dopływu metanu z otaczającego górotworu, dopływu lub odpływu produktów samozagrzewania węgla pozostawionego w zrobach.

Skład gazów w zbiornikach zlikwidowanych kopalń ulega zmianom w czasie i przestrzeni pod wpływem następujących czynników:

- naturalnych (złożowych) – dopływ z górotworu metanu lub dwutlenku węgla, charakteryzujący się parametrami zależnymi od nasycenia gazami bez możliwości regulacji,

- wewnętrznych – dopływy i odpływy gazów zrobowych oraz dopływ produktów procesu samozagrzewania się węgla w zrobach,
- zmian ciśnienia atmosferycznego, kształtujących dopływ metanu do zrobów z odprężonych wcześniej eksploatacją pokładów podebranych i nadebranych, oraz migracji gazów zrobowych z metanem w otoczeniu tam izolacyjnych i do strefy przypowierzchniowej na terenie górniczym zlikwidowanej kopalni.

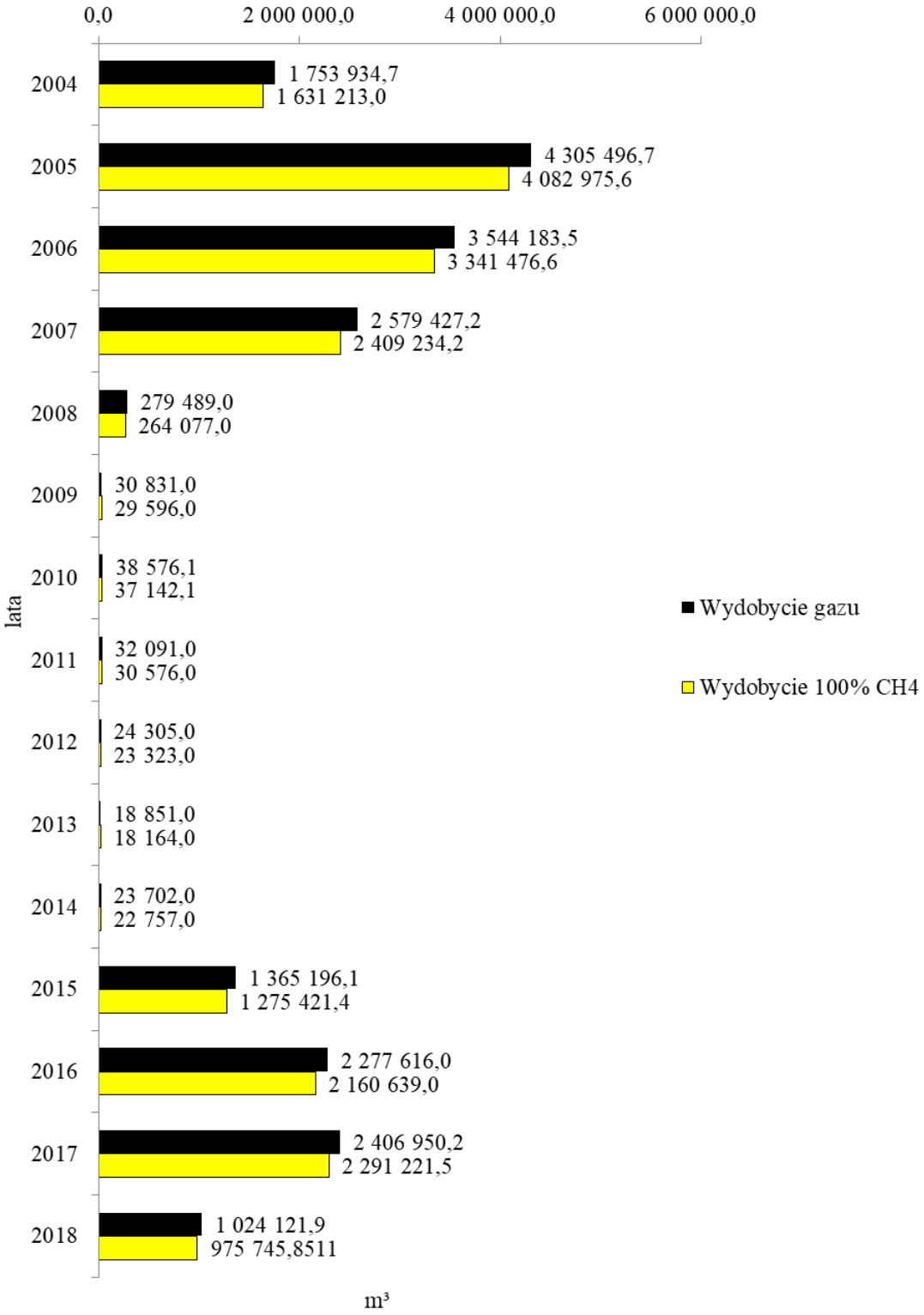
2.5. Proces wypełniania zbiornika gazu wodą

W czasie budowy kopalń i eksploatacji węgla do kopalń następuje dopływ z górotworu wód, które są ujmowane do systemów odwadniania, a następnie odprowadzane na powierzchnię.

W przypadku zlikwidowania kopalni następuje zatrzymanie przewietrzania i systemu odwadniana, co prowadzi do sukcesywnego zatapiania przestrzeni w kopalni. Podnoszenie się poziomu wody po zatrzymaniu odwadniania w zlikwidowanej kopalni może powodować:

- zagrożenie dopływem wody do zakładów sąsiednich w przypadku występowania połączenia hydraulicznego w obszarze górniczym,
- zagrożenie metanowe na powierzchni – pod wpływem podnoszenia się poziomu wody w zlikwidowanej kopalni sprężanie gazów, w tym metanu, który może migrować na powierzchnię, powodując zagrożenie gazowe na powierzchni terenu pogórniczego.

Proces zatapiania zlikwidowanych kopalń skutkuje tym, że w zależności od wielkości dopływu wody następuje zmniejszanie się pojemności podziemnego zbiornika metanu na skutek oddziaływania wody. Ciśnienie hydrostatyczne (słupa wody) znacznie ogranicza wydzielanie się metanu ze złoża odprężonego prowadzoną wcześniej eksploatacją. Wpływ ciśnienia przy podnoszeniu się poziomu wody w zatopionej kopalni na wielkość emisji metanu przedstawiono w publikacji [27]. Ciśnienie hydrostatyczne (słupa wody) w kopalni zlikwidowanej przez zatopienie w zasadniczy sposób ogranicza emisje metanu z odprężonego złoża węglowego. Z kolei odpompowywanie wody powoduje wydzielanie się metanu do wielkości porównywalnych z tymi sprzed zatopienia kopalni. Zależność tę przedstawiono na rys. 2.11 na przykładzie zlikwidowanej kopalni „Morcinek”.



Rys. 2.11. Zależność wydobycia metanu od dopływu wody w KWK „Morcinek”
Fig. 2.11. Relationship between methane exploitation and water inflow
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych w toku analizy badawczej.

Czas zatapiania jest różny, a uzależniony głównie od wielkości dopływu wód podziemnych oraz wielkości przestrzeni zrobowej, i może wahać się od kilku do

kilkudziesięciu lat. Po tym okresie następuje stan, w którym niemożliwe jest pozyskanie metanu ze zbiornika kopalni zlikwidowanej. Takim przykładem może być zatopienie kopalni „Morcinek" do głębokości 600 m, powodujące zatopienie warstw karbonu po 10 latach od czasu jej likwidacji i zaprzestania odwadniania. Niemożliwe było także odmetanowanie specjalnie wykonanym otworem z powierzchni. Utworzenie otworów odwadniających z kopalni CSM do zlikwidowanej KWK „Morcinek" pozwoliło obniżyć poziom wody w kopalni „Morcinek" i prowadzić dalszą eksploatację metanu.

W celu niedopuszczenia do zatopienia sąsiednich czynnych kopalń z kopalniami zlikwidowanymi prowadzone jest odwadnianie pompami głębinowymi przez Centralny Zakład Odwadniana Kopalń (CZOK) w Czeladzi.

2.6. Szacowanie zasobów metanu pokładów węgla

W pracach poszukiwawczych i rozpoznawczych, a także w czasie eksploatacji złóż kopalin użytecznych bardzo ważne jest oszacowanie – ocenienie ich zasobów. Istnieje wiele metod bilansowania zasobów kopalin użytecznych, różniących się dokładnością.

Bilans zasobów kopalin użytecznych jest wymagany przez Prawo geologiczne i górnicze [74], które stanowi:

Art. 101. 1. Przedsiębiorca prowadzi ewidencję zasobów złoża kopaliny, ustalając ich zmiany spowodowane:

- dokładniejszym rozpoznaniem złoża,
- eksploatacją złoża i powstałymi wskutek niej stratami.

W ramach prowadzonej ewidencji zasobów złoża kopaliny sporządza się corocznie, w terminie do dnia 28 lutego, według stanu na dzień 31 grudnia poprzedniego roku, operat ewidencyjny zasobów złoża kopaliny, zwany dalej „operatem ewidencyjnym". Operat ewidencyjny sporządza się na podstawie:

- obmiaru wyrobisk – dla zasobów złóż kopalin stałych,
- pomiarów wydajności odwiertów – dla zasobów złóż kopalin gazowych i płynnych.

Art. 103. 1. Na podstawie dokumentacji geologicznej oraz ewidencji zasobów złóż kopalin państwowa służba geologiczna corocznie, w terminie do dnia 30 czerwca, sporządza krajowy bilans zasobów złóż kopalin. Bilans, o którym mowa w ust. 1, wymaga akceptacji ministra właściwego do spraw środowiska wykonującego zadania administracji geologicznej przy pomocy Głównego Geologa Kraju.

Bilansowanie – oszacowanie zasobów kopalin stałych, jak np. węgiel, jest w zasadzie proste. Dużo większe problemy występują z oszacowaniem kopalin płynnych – cieczy i gazów, ze względu na dużą zmienność parametrów, takich jak np. ciśnienie gazu, skład chemiczny gazów i ich stężenia.

Problemem jest także dokładne ocenienie – oszacowanie – zasobów metanu pokładów węgla, i to zarówno:

- jako kopaliny towarzyszącej w czasie eksploatacji węgla,
- jako kopaliny podstawowej w czasie poszukiwania, rozpoznania i eksploatacji metanu.

Dla przeprowadzenia odpowiednich obliczeń w celu oszacowania zasobów metanu pokładów węgla może być wykorzystanych wiele metod analitycznych, różniących się dokładnością i pracochłonnością wykonania [47].

Istnieje wiele metod szacowania zasobów metanu, m.in.:

- metodyka statyczna szacowania zasobów metanu pokładów węgla – tzw. „metodyka dla danych rozproszonych” [9],
- metoda dynamiczna szacowania zasobów metanu za pomocą pakietu programów symulacyjnych do symulacji przepływów w ośrodkach porowatych ECLIPSE firmy GeoQuest Schlumberger. Program pozwala na prognozowanie eksploatacji metanu z zawodnionych i niezawodnionych pokładów węgla za pomocą otworów zarówno pionowych, jak i poziomych oraz ukośnych.

  Zlikwidowana kopalnia metanowa o metanonośności złoża węglowego poniżej 2,5 m^3 CH_4/Mg_{CSW} z punktu widzenia gospodarczego wykorzystania metanu nie powinna być przedmiotem rozważań. Na dzisiaj brak jest obiektywnych kryteriów umożliwiających efektywne pozyskanie metanu z kopalni zlikwidowanej.

3. ZASOBY METANU ORAZ BILANS WYDZIELANIA SIĘ METANU W KOPALNIACH CZYNNYCH ORAZ ZLIKWIDOWANYCH

W Polsce zasoby metanu w pokładach węgla kamiennego są bardzo duże. Metanonośność pokładów węgla rośnie wraz z głębokością zalegania pokładów węgla.

W czasie wieloletniej eksploatacji pokładów węgla część zasobów metanu w nich zawarta została ujęta przez odmetanowanie oraz została odprowadzona z kopalń z powietrzem wentylacyjnym do atmosfery.

Po zlikwidowaniu kopalni węgla kamiennego jej otamowana przestrzeń staje się zbiornikiem metanu, do którego wydziela się metan z niewyeksploatowanych, odprężonych pokładów węgla. Wielkość zasobów metanu jest określona w czasie prowadzenia prac geologicznych poszukiwawczych i rozpoznawczych, co pozwala określić ich przydatność do podjęcia eksploatacji.

Prawo geologiczne i górnicze określa zasady poszukiwania i eksploatacji, koncesjonowania oraz ewidencjonowania zasobów metanu pokładów węgla.

3.1. Zasoby metanu w Polsce

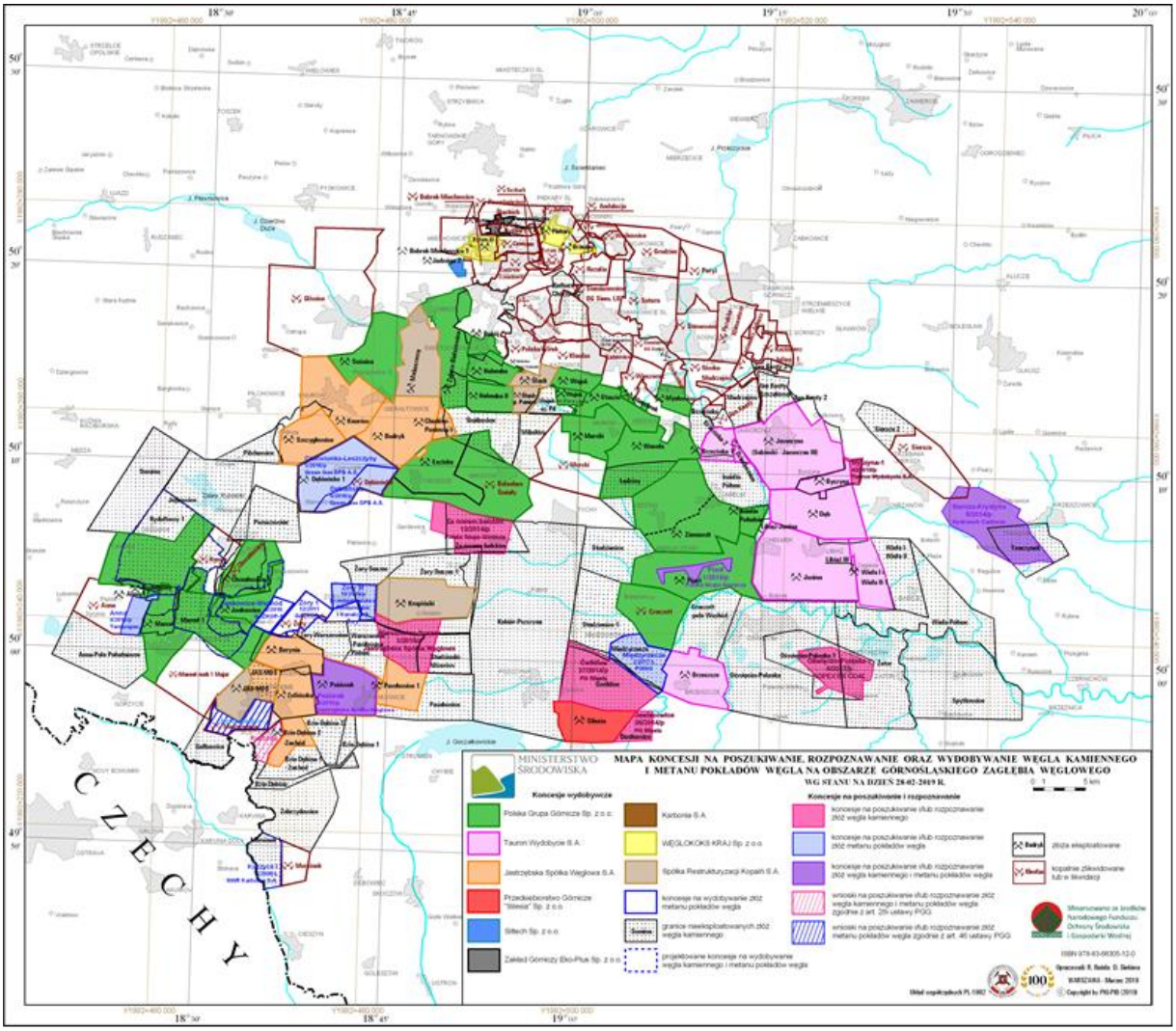
Największe udokumentowane zasoby metanu pokładów węgla (MPW) występują w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW).

Udokumentowane zasoby bilansowe wydobywalne MPW występują w 62 złożach w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i według stanu na 31.12.2017 roku wynosiły 96,95 mld m³ (w tym zasoby zagospodarowane 41,82 mld m³, a w niezagospodarowanych złożach rezerwowych lub w strefie złóż głębokich o głębokości poniżej 1000 m wynoszą około 55 mld m³) i wzrosły o blisko 994 mln m³ w porównaniu z rokiem 2016.

Zdecydowaną większość zasobów bilansowych metanu stanowią zasoby rozpoznane w kategorii C (89,95%), które wynoszą 87 201,06 mln m^3. Zasoby w kategoriach rozpoznania A i B – 9 746,61 mln m^3 – to jedynie 10,05% zasobów bilansowych w Polsce.

Zasoby pozabilansowe metanu udokumentowano w 8 złożach i wynoszą one 11 411,53 mln m³, z czego 11 316,43 mln m³ to zasoby w kategorii C (99,17%

wszystkich zasobów pozabilansowych metanu), a tylko 95,10 mln m³ – zasoby w kategoriach A i B (0,83%) [45]. Mapę koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie oraz wydobywanie węgla kamiennego i metanu pokładów węgla na obszarze GZW według stanu na 28.02.2019 roku przedstawiono na rys. 3.1.



Rys. 3.1. Obszary koncesyjne
Fig. 3.1. Concession areas
Źródło: Internet [97].

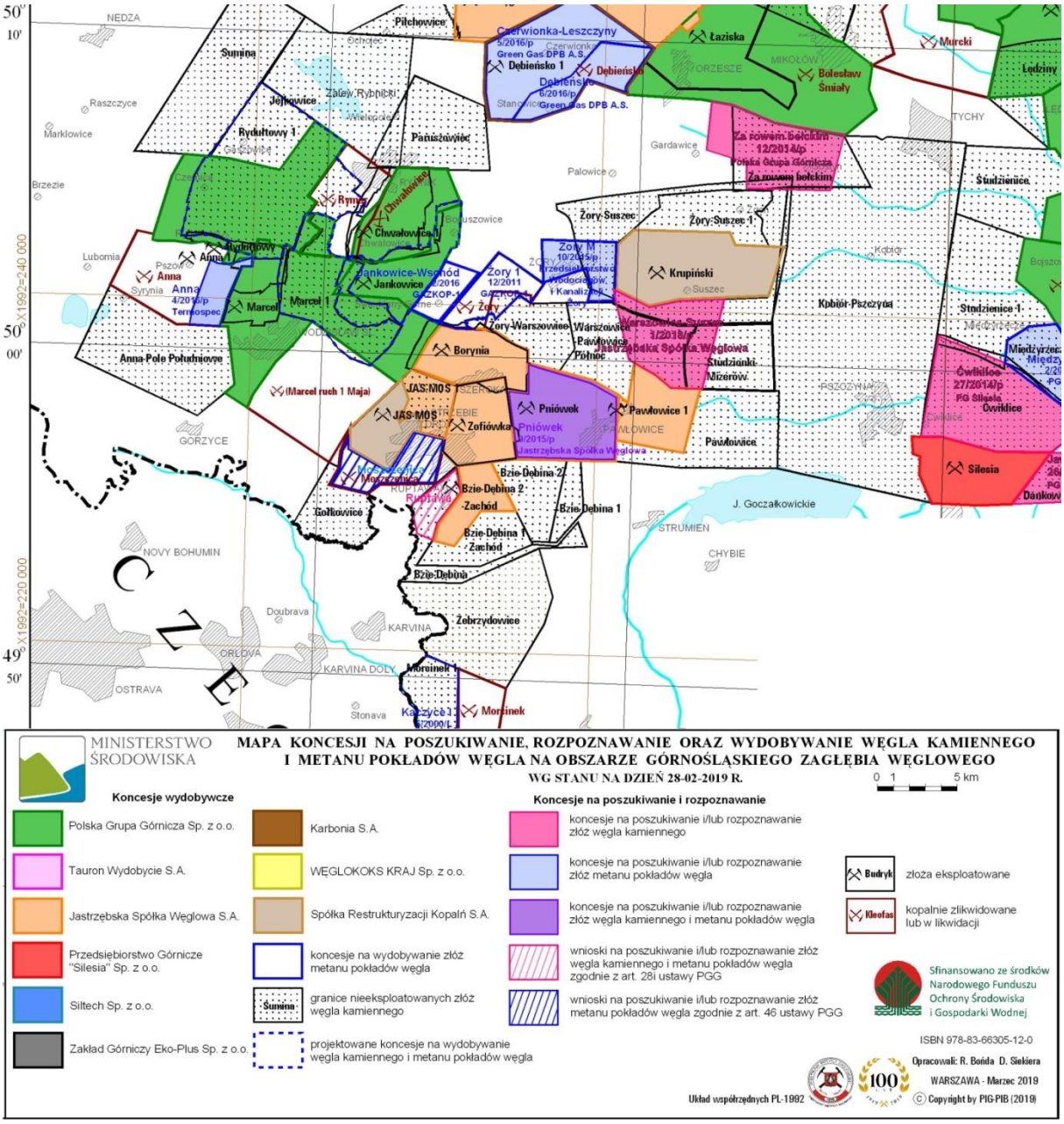
Obszar GZW ma zdecydowanie perspektywiczny charakter pod względem pozyskania metanu ze zrobów. Trwająca tu nieprzerwanie od połowy XVIII wieku eksploatacja pokładów węgla kamiennego w okresie ostatnich 50 lat była związana z koniecznością zwalczania zagrożenia metanowego. Obecnie potencjalne zasoby metanu z pokładów węgla są szacowane na 230-250 mld m^3 [91].

Z kolei szacunki dotyczące emisji metanu ze zrobów pozwalałyby w pewnym stopniu na określenie zasobów tego cennego surowca w Polsce. Napotyka się tutaj

jednak problemy natury metodologicznej, gdyż Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy przyjmuje inne zasady kwalifikacji i klasyfikacji złóż metanu z pokładów węgla na podstawie parametrów natury geologicznej, dzieląc je na trzy kategorie:

- w obszarach eksploatowanych złóż węgla kamiennego,
- poza obszarami eksploatacji złóż,
- złoża metanu jako kopaliny głównej w złożu.

Metan ze zlikwidowanych kopalń należy zaliczyć do trzeciej z tych kategorii, jednak jest ona znacznie szersza i mieści zarówno złoża nieobjęte jeszcze działalnością górniczą, jak i takie, na których jest ona prowadzona. Mapę koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie i wydobywanie MPW w południowej części GZW przedstawiono na rys. 3.2.



Rys. 3.2. Mapa koncesji w południowej części GZW
Fig. 3.2. Map of concession area in a southern part of GZW
Źródło: internet [96].

W klasyfikacji złóż metanu jako kopaliny głównej ujęto 10 złóż o łącznych zasobach możliwych technicznie do wydobycia wynoszących blisko 29 mld m^3, co przedstawiono w tabeli 3.1. Szacunki te mogą być jednak obarczone dużym błędem.

Tabela 3.1

Zasoby metanu z pokładów węgla

Kategoria	Zasoby geologiczne [mln m^3]	Zasoby przemysłowe [mln m^3]
W obszarach eksploatowanych złóż węgla kamiennego (2015)	43 705,73	5 718,92
Poza obszarami eksploatacji złóż węgla kamiennego (2015)	20 973,09	0,00
Złoża metanu jako kopaliny głównej w złożu (2016)	28 878,62	111,19

Źródło: MIDAS 2017, PIG 2016 [69, s. 28-29].

Według stanu na marzec 2017 roku na 11 udzielonych koncesji 6 było związanych z metanem ze zrobów [32]. Lista koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie oraz wydobywanie metanu pokładów węgla przedstawia tabela 3.2.

Tabela 3.2

Wykaz koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie i wydobywanie MPW

Lp.	Nazwa	Oznaczenie	Koncesjobiorca	AMM
1	Kaczyce I	5/2000/L	NWR Karbonia S.A.	tak
2	Wilchwy	63/2009/p	Gazkop-Wilchwy	tak
3	Anna	4/2016/p	Termospec	tak
4	Jankowice-Wschód	2/2016	CETUS Energetyka Gazowa	tak
5	Żory 1	12/2011	GAZKOP-1	tak
6	Dębieńsko	6/2016/p	Green Gas A.S.	tak
7	Międzyrzecze	2/2017/L	PGNiG	nie
8	Olza-Czyżowice-Godów	16/99/L	Pol-Tex-Methane	nie
9	Żory M	10/2015/p	Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Żory	nie
10	Żory-Rybnik	2/2015/p	Green Gas DPB	nie
11	Czerwionka-Leszczyny	5/2016/p	Green Gas A.S.	nie

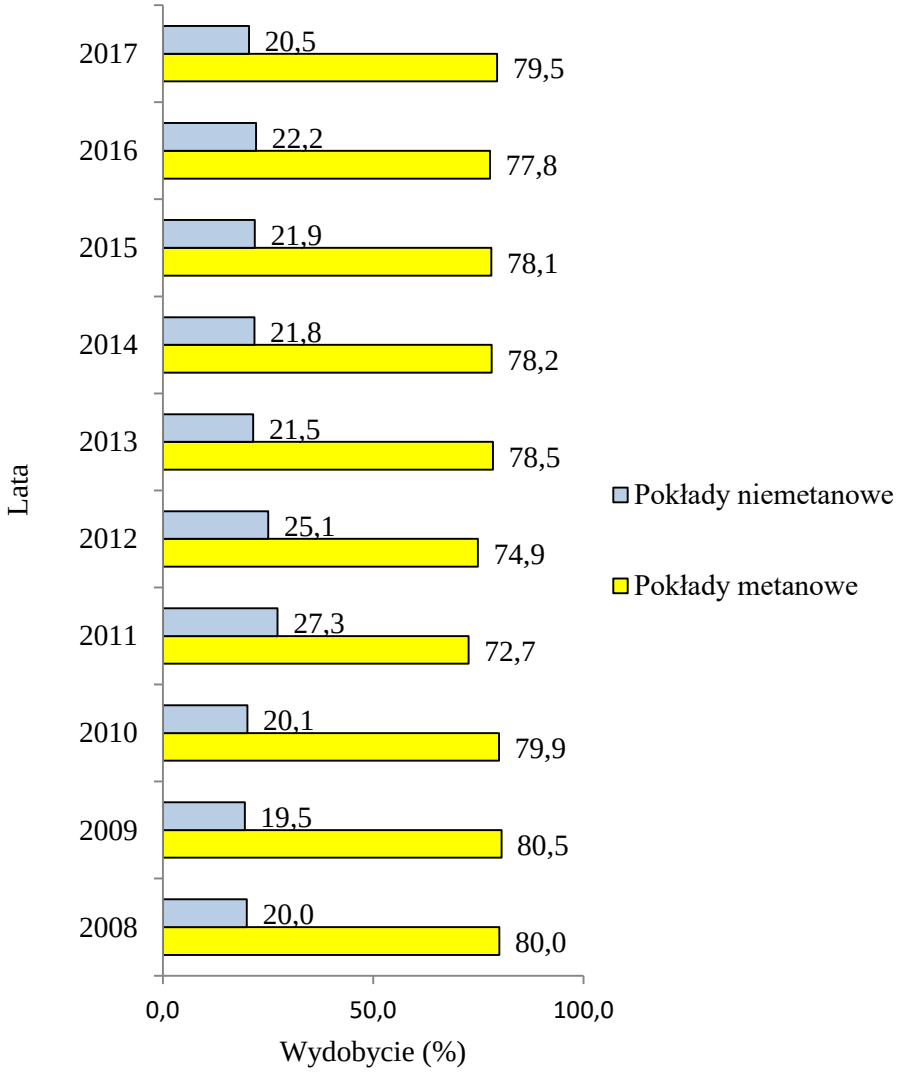
Źródło: Labuda W., Analiza opłacalności eksploatacji metanu ze zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego w Polsce. Praca licencjacka, SGH, Warszawa 2017, s. 33.

3.2. Wydzielanie się metanu, ujęcie i jego wykorzystanie w kopalniach czynnych

Zagrożenie metanowe w Polskich kopalniach węgla jest wysokie. W 2017 roku 79,5% rocznego wydobycia węgla kamiennego pozyskano z pokładów metanowych, a tylko 20,5% z niemetanowych.

W 2017 roku w kopalniach węgla kamiennego eksploatację prowadzono 168 ścianami, z czego aż 136 ścian (81%) - w pokładach metanowych. Średnie

procentowe wydobycie węgla kamiennego w ostatnich 10 latach z pokładów metanowych wyniosło 78% [59], co przedstawiono na rys. 3.3.



Rys. 3.3. Procentowy udział wydobycia węgla kamiennego w latach 2008-2017 z pokładów metanowych i niemetanowych

Fig. 3.3. Percentage extraction of hard coal from methane and non-methane deposits in 2008-2017

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych w toku analizy badawczej (WUG, GIG).

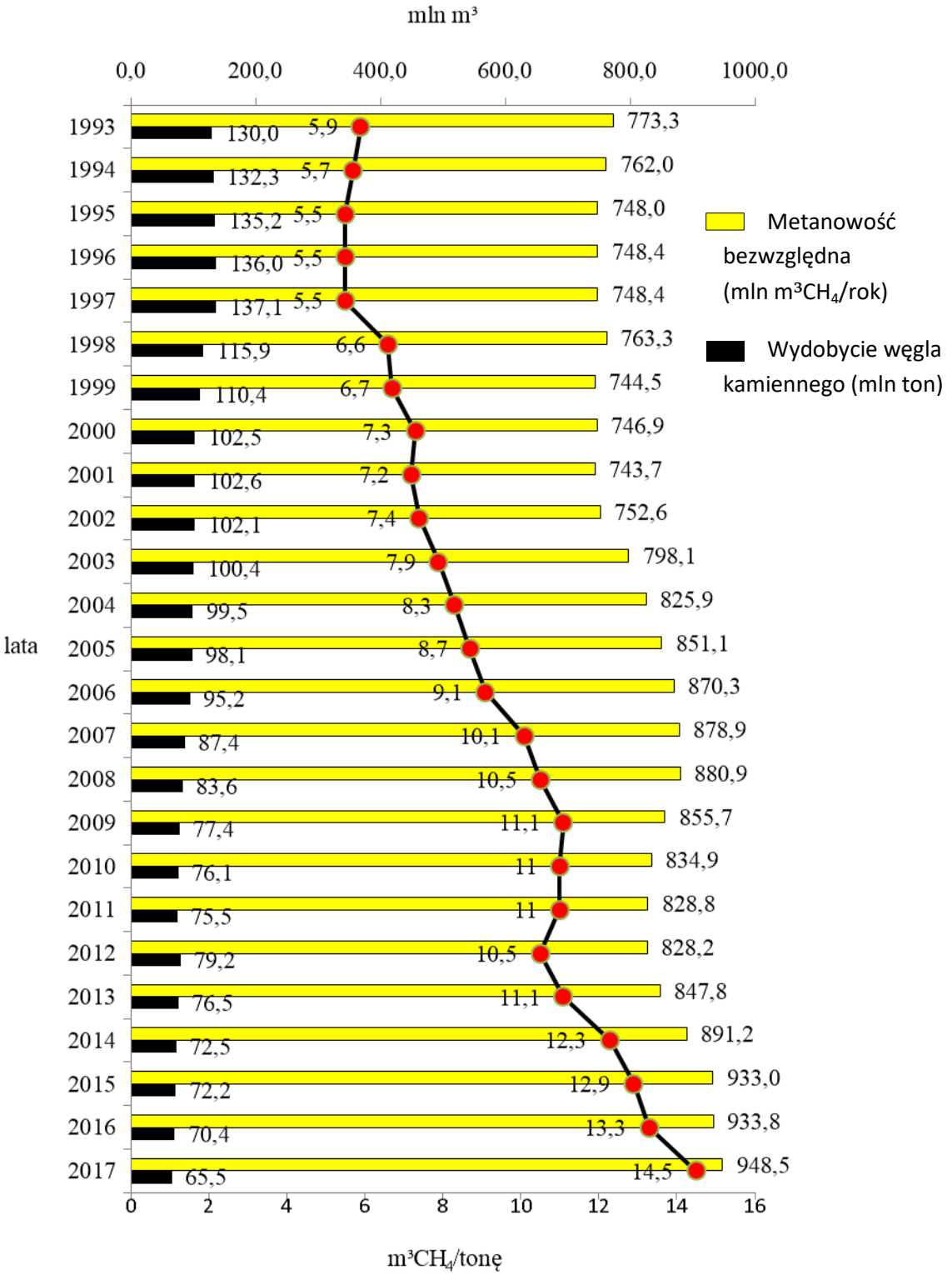
Ze złóż węglowych kopalń czynnych, objętych wpływami eksploatacji w 2017 roku wydzieliło się blisko 948,5 mln m³ metanu (metanowość bezwzględna wynosiła 1808,82 m^3 CH^4/min) [60]. Wielkość wydobycia węgla oraz wydzielania się metanu do kopalń węgla kamiennego w Polsce w latach 1993-2017 przedstawiono na rys. 6.4. Ponadto wartości kształtowania się metanowości bezwzględnej w kolejnych latach, tzn. ilość metanu w przeliczeniu na tonę wydobycia, odwzorowano na osi odciętych.

Obliczone wartości metanowości względnej na rys. 6.4 przedstawiają czerwone punkty i obrazują one tendencję wzrostu wielkości wydzielania się metanu z każdej wydobytej tony węgla.

Czynnikami wzrostu ilości wydzielającego się metanu z każdej wydobytej tony węgla są:

- rosnąca metanonośność eksploatowanych pokładów węgla kamiennego oraz odprężonych eksploatacją pokładów podebranych i nadebranych,
- rosnąca koncentracja wydobycia realizowana głównie przez zwiększenie długości ścian, co przekłada się na sukcesywne zwiększanie się objętości odprężonego złoża w otoczeniu środowiska ścian.

Tendencja do kształtowania się metanowości względnej w latach 2993-2017 przedstawiona na rys. 3.4 potwierdza, że w tym okresie nastąpił wzrost wydzielanego metanu z każdej wydobytej tony węgla 2,5-krotnie.

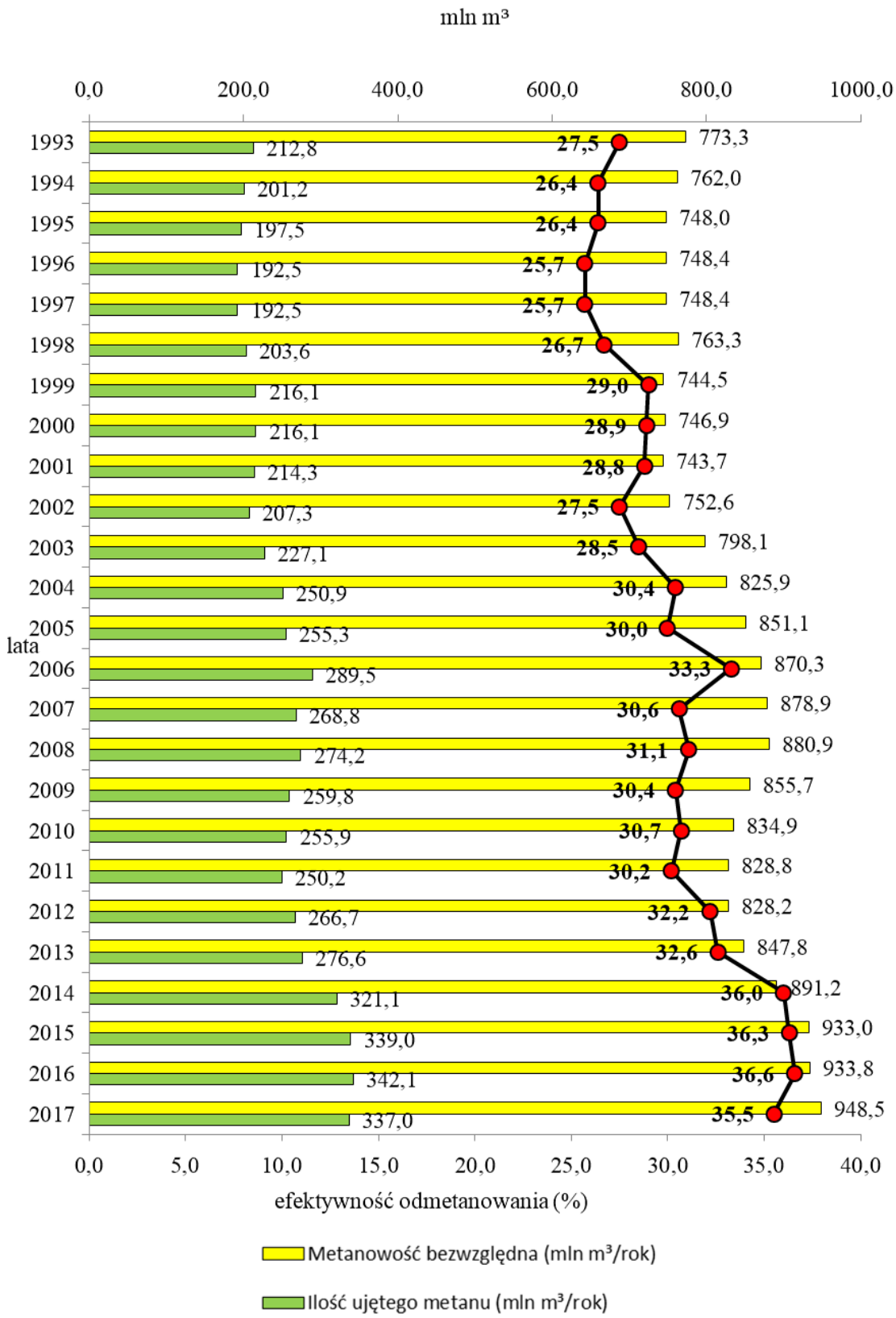


Rys. 3.4. Metanowość bezwzględna i względna w latach 1993-2017
Fig. 3.4. Absolute methane content
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych w toku analizy badawczej (WUG, GIG).

Ujęcie metanu podziemnym odmetanowaniem wyniosło w 2017 roku 337 mln m^3 CH_4, z czego ujęcie odmetanowaniem wyprzedzającym tylko niespełna 5%. Efektywność odmetanowania w 2017 roku wynosiła 35,5%. Wentylacyjnie odprowadzono do atmosfery 611,5 mln m^3 CH_4. Zestawienie tych wielkości w latach 1993-2017 przedstawiono na rys. 3.5. Podstawową przyczyną tego stanu jest m.in. niska gazoprzepuszczalność skał oraz złoża węglowego na dużych głębokościach, uniemożliwiająca prowadzenie odmetanowania wyprzedzającego, przedeksploata-cyjnego. Odmetanowanie wyprzedzające stosowano na wielką skalę w latach 60. i 70. ubiegłego wieku w silnie metanowych kopalniach, wchodzących aktualnie w skład Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Obecnie odmetanowanie wyprzedzające jest prowadzone w ramach profilaktyki w zwalczaniu zagrożenia wyrzutami gazów i skał w kopalniach JSW S.A. „Pniówek", „Zofiówka", „Szczygłowice-Knurów" i „Budryk". Przyczyną ograniczonej efektywności odmetanowania jest zmniejszająca się przepuszczalność poniżej wartości granicznej, wynoszącej $3{,}10^{-15}$ m^2, tj. milidarcy.

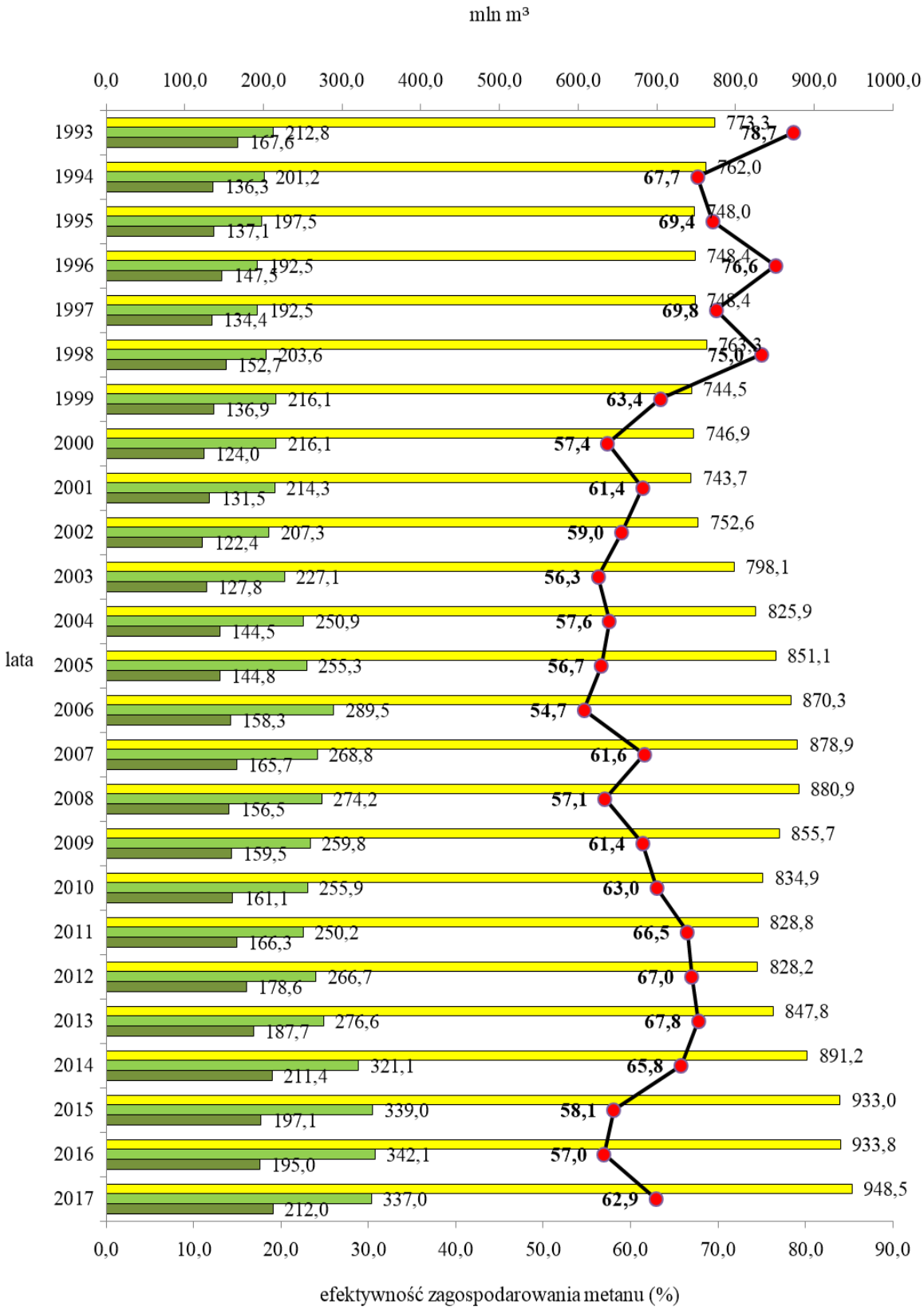
Ujęcie metanu odmetanowaniem wyprzedzającym przedeksploatacyjnym poniżej głębokości 400 metrów w kopalniach GZW jest nieefektywne. W stanie nienaruszonym sukcesywne obniżanie się przepuszczalności gazowej wraz z głębokością zalegania złoża praktycznie wyklucza możliwość prowadzenia tej metody odmetanowania.

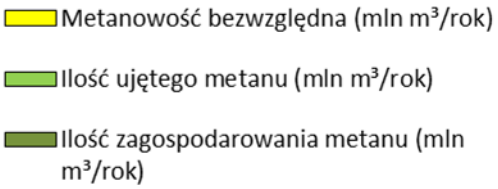
Reasumując, należy stwierdzić, że w okresie 1993-2017 nastąpił wzrost efektywności odmetanowania kopalń o 29%, co w warunkach wzrostu metanowości względnej, która zwiększyła się w tym okresie ponad 2,5-krotnie, jest wielkością niewielką. Wzrost efektywności odmetanowania kopalń jest następstwem wprowadzenia technologii odmetanowania eksploatacyjnego opartej na drenażu nadległym w rejonach eksploatacyjnych, charakteryzujących się wysoką efektywnością odmetanowania do około 85%. W warunkach schodzenia z eksploatacją na coraz większą głębokość wzrost efektywności odmetanowania jest możliwy przez wprowadzenie technologii ukierunkowanych na ujęcie metanu ze stref odprężenia eksploatacyjnego. Obecnie we wszystkich metanowych kopalniach węgla kamiennego w GZW eksploatacja złoża jest prowadzona poniżej głębokości 400 metrów, co ogranicza możliwość prowadzenia odmetanowania wyprzedzającego przedeksploatacyjnego.



Rys. 3.5. Efektywność odmetanowania
Fig. 3.5. Effectiveness of methane drainage
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych w toku analizy badawczej (WUG, GIG).

Warto zaznaczyć, że wskaźnik średniego poziomu wykorzystywania ujętego odmetanowaniem metanu w ostatniej dekadzie wyniósł około 63%. Powyższe wyniki można uznać za zadowalające. Pozostaje kwestia zagospodarowania blisko 37-procentowej ilości ujętego metanu, która w rezultacie częstego braku zapotrzebowania jest emitowana ze stacji odmetanowania do atmosfery, co przy poniesionych już kosztach byłoby opłacalnym przedsięwzięciem zarówno ekologicznym, jak i ekonomicznym. Wymaga to poszukiwania szczegółowych nowych rozwiązań w aspekcie wykorzystania tego nośnika energii, stosownych porozumień w tym zakresie pomiędzy przedsiębiorcami a potencjalnymi odbiorcami metanu i wspólnych inwestycji. Efektywność zagospodarowania metanu w latach 1993-2017 przedstawiono na rys. 3.6.


mln m³
0,0
100,0
200,0
300,0
400,0
500,0
600,0
700,0
800,0
900,0
1000,0
lata
1993 212,8 167,6 773,3 78,7
1994 201,2 136,3 762,0 67,7
1995 197,5 137,1 748,0 69,4
1996 192,5 147,5 748,4 76,6
1997 192,5 134,4 748,4 69,8
1998 203,6 152,7 763,3 75,0
1999 216,1 136,9 744,5 63,4
2000 216,1 124,0 746,9 57,4
2001 214,3 131,5 743,7 61,4
2002 207,3 122,4 752,6 59,0
2003 227,1 127,8 798,1 56,3
2004 250,9 144,5 825,9 57,6
2005 255,3 144,8 851,1 56,7
2006 289,5 158,3 870,3 54,7
2007 268,8 165,7 878,9 61,6
2008 274,2 156,5 880,9 57,1
2009 259,8 159,5 855,7 61,4
2010 255,9 161,1 834,9 63,0
2011 250,2 166,3 828,8 66,5
2012 266,7 178,6 828,2 67,0
2013 276,6 187,7 847,8 67,8
2014 321,1 211,4 891,2 65,8
2015 339,0 197,1 933,0 58,1
2016 342,1 195,0 933,8 57,0
2017 337,0 212,0 948,5 62,9
0,0
10,0
20,0
30,0
40,0
50,0
60,0
70,0
80,0
90,0
efektywność zagospodarowania metanu (%)



Rys. 3.6. Kształtowanie się wykorzystania ujętego metanu na tle metanowości bezwzględnej oraz efektywność zagospodarowanego metanu w kopalniach węgla kamiennego
Fig. 3.6. Methane utilization with reference to absolute methane content and effective management of methane in hard coal mines
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych w toku analizy badawczej (WUG, GIG).

W analizowanym okresie największy wolumen zagospodarowanego metanu wystąpił w 2017 roku i wyniósł 212 mln m^3 (rys. 3.7).

Rys. 3.7. Całkowita emisja metanu i jej zagospodarowanie w 2017 roku
Fig. 3.7. Total emission of methane and its management in 2017
Źródło: opracowanie własne.

Przedstawiony materiał wykazuje, że w Polsce w 2017 roku:

- ujęcie metanu w procesie odmetanowania kopalń wyniosło około 35% i powinno być zwiększone – zwłaszcza podczas prowadzenia odmetanowania eksploatacyjnego lub wprowadzenia nowych technologii odmetanowania wyprzedzającego,
- 125 mln m³ ujętego odmetanowaniem metanu wyemitowano do atmosfery (wielkość ta powinna być bezwzględnie wykorzystana gospodarczo). Można szacować, że wartość tego niewykorzystanego paliwa wynosiła od 60 do 160 mln zł,

- łącznie wyemitowano do atmosfery około 736 mln m^3 metanu o szacunkowej wartości od 360 do 960 mln zł, z tym że większość nie da się ująć odmetanowaniem,
- nie prowadziło się do tej pory w skali przemysłowej żadnych przedsięwzięć zmierzających do utylizacji i wykorzystania metanu z powietrza wentylacyjnego.

3.3. Pozyskiwanie metanu z kopalń zlikwidowanych

Obecnie w Polsce prowadzone jest efektywne pozyskanie metanu tylko w 5 ze zlikwidowanych kopalń („Morcinek", „Żory", „Moszczenica", „Śląsk" i „Krupiński"), choć zasoby metanu w zbiornikach gazu kopalń zlikwidowanych są szacowane przez autorów publikacji [10] na kilka miliardów metrów szcześciennych. Przykładowo ilość pozyskanego i zagospodarowanego energetycznie 100% metanu tylko z 3 zlikwidowanych kopalń: „Morcinek", „Żory" i „Moszczenica", w 2017 roku wyniosła blisko 13,5 mln m^3, co stanowi prawie 6,5% pozyskanego i zagospodarowanego metanu z kopalń czynnych w tym samym roku, co przedstawiono w tabelach 3.3, 3.4, 3.5.

Tabela 3.3

Wydobycie metanu ze złoża „Żory-1"

Rok	Całkowity przepływ mieszanki gazu w warunkach normalnych (m^3)	Całkowity przepływ metanu (CH_4) w warunkach normalnych (m^3)
od czerwca 2010	1 949 675	1 720 792
2011	4 176 419	3 605 518
2012	2 962 958	2 417 751
2013	3 653 349	3 082 983
2014	2 880 554	2 544 416
2015	4 180 928	3 632 825
2016	4 401 523	3 661 553
2017	6 477 242	3 244 990
2018	6 785 894	2 697 649
Razem narastająco	37 468 542	26 608 477

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych z firmy GAZKOP-1 sp. z o.o.

Tabela 3.4

Wydobycie metanu ze złoża „Kaczyce 1”

Data	Wydobycie gazu	Wydobycie 100% CH_4
	(m^3)	(m^3)
od czerwca 2004	1 753 934,70	1 631 213,01
2005	4 305 496,70	4 082 975,56
2006	3 544 183,50	3 341 476,55
2007	2 579 427,20	2 409 234,18
2008	279 489,00	264 076,98
2009	30 831,00	29 596,00
2010	38 576,10	37 142,09
2011	32 091,00	30 576,00
2012	24 305,00	23 323,00
2013	18 851,00	18 164,00
2014	23 702,00	22 756,99
2015	1 365 196,10	1 275 421,41
2016	2 277 616,00	2 160 639,01
2017	2 406 950,20	2 291 221,49
do października 2018	1 024 121,90	975 745,85
Suma narastająco	19 704 771,40	18 593 562,11

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych z firmy Karbonia S.A.

Tabela 3.5

Wydobycie metanu ze złoża „Moszczenica”

Rok	Ujęcie odmetanowaniem	
	Mieszanka (m^3)	Metan 100% (m^3)
2008	14 819 400	9 303 500
2009	15 987 300	9 591 800
2010	15 436 000	9 844 300
2011	14 547 800	9 118 800
2012	11 900 200	8 701 600
2013	12 044 200	8 756 800
2014	12 669 300	9 039 900
2015	12 641 300	9 049 900
2016	10 397 100	7 339 800
2017	11 551 000	7 586 200
2018	13 786 300	8 732 300
W sumie:	145 779 900	97 064 900

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych z SRK S.A. – Oddział Jastrzębie.

Bardzo ważnym aspektem jest wykorzystanie metanu ze zbiorników powstałych po zlikwidowaniu kopalń, a proces ten powinien być już uwzględniony i opracowany na etapie projektu likwidacji kopalni. Stopień wykorzystania ujęcia metanu z kopalń zlikwidowanych w Polsce jest niewielki, co jest spowodowane m.in. długotrwałymi i uciążliwymi, z punktu widzenia administracyjnego, procedurami na pozyskiwanie przez przedsiębiorców koncesji na poszukiwanie, rozpoznanie i eksploatację metanu z tych kopalń.

3.4. Stwierdzenia i wnioski

- Metan z pokładów węgla stwarza zagrożenie podczas prowadzenia robót górniczych w kopalniach węgla kamiennego, jednocześnie jest bardzo wartościowym paliwem.
- Zasoby metanu w pokładach węgla w Polsce są duże i powinny być częściowo pozyskane, m.in. za pomocą:
  - odmetanowania czynnych kopalń,
  - pozyskania ze zbiorników zlikwidowanych kopalń,
  - z powietrza wentylacyjnego (VAM).
- W czynnych kopalniach węgla kamiennego powinno być zintensyfikowane odmetanowanie:
  - otworami kierunkowymi z wyrobisk podziemnych,
  - otworami z powierzchni, które jest trudne do zrealizowania w GZW.
- Bardzo ważne jest wykorzystanie metanu ze zbiorników powstałych po zlikwidowaniu kopalń (technologia ujęcia metanu powinna być przygotowana na etapie projektu likwidacji kopalni).
- W Polsce prowadzone jest skuteczne odmetanowanie tylko z 5 zlikwidowanych kopalń („Morcinek”, „Żory”, „Moszczenica”, „Śląsk” i „Krupiński”). Należałoby przeanalizować możliwość ujęcia metanu z innych obszarów górniczych zlikwidowanych kopalń.
- Zachodzi też potrzeba:
  - nowelizacji Prawa geologicznego i górniczego – w zakresie dalszego uproszczenia procedury „open door” na pozyskiwanie przez przedsiębiorców koncesji na poszukiwanie, rozpoznanie i eksploatację metanu z pokładów węgla. W tym celu należałoby uprościć i przyspieszyć proces koncesyjny, realizowany w Ministerstwie Środowiska,

- wspierania technologii ukierunkowanych na wiercenia kierunkowe dla pozyskania metanu z pokładów węgla,
- wprowadzenia ujętego metanu z pokładów węgla do systemu wspierania paliw i energetyki bezemisyjnej,
- uruchomienia przemysłowych instalacji wytwarzania sprężonego gazu ziemnego – metanu pokładu węgla (CNG – MPW) dla wykorzystania:
  - w komunikacji,
  - w energetyce,
  - w gazownictwie wyspowym.

4. LIKWIDACJA KOPALŃ

Podobnie jak przedsiębiorstwa w gospodarce rynkowej, także i każda kopalnia podziemna (zakład górniczy) przechodzi przez kolejne fazy budowy, dochodzenia do osiągnięcia planowanej zdolności produkcyjnej, następnie utrzymywania jej pełnej wydajności, aż w końcu dochodzi do etapu jej likwidacji. Restrukturyzacja górnictwa węgla kamiennego w Polsce wymagała ostatecznie podjęcia także decyzji o przeprowadzeniu fizycznej likwidacji kopalń węgla kamiennego. Głównymi przyczynami podjęcia decyzji o likwidacji kopalń węgla kamiennego po 1991 roku były m.in. [71]:

- kończące się udostępnione zasoby węgla, niejednokrotnie przy znacznym rozproszeniu zasobów pozostałego złoża, często na dużym obszarze górniczym, a inwestowanie w udostępnianie nowych zasobów (w porównaniu z innymi kopalniami czynnymi) było wysoce nieekonomiczne,
- eksploatacja prowadzona w resztkowych partiach pokładów (ograniczone parcele eksploatacyjne pocięte uskokami, wzrastające zanieczyszczenie skałą płonną eksploatowanych i przewidywanych do eksploatacji pokładów węgla),
- pogarszające się z roku na rok wyniki finansowe, wynikające głównie z wysokich kosztów wydobycia węgla,
- ekstremalnie trudne i uciążliwe warunki górniczo-geologiczne zalegania złóż (niskie, stromo zalegające i nieregularne pokłady węgla),
- zagrożenia naturalne, w tym szczególnie zagrożenia tąpaniami oraz wyrzutami gazów i skał,
- brak możliwości zastosowania mechanizacji robót wybierkowych,
- ewentualna konieczność prowadzenia stosunkowo płytkiej eksploatacji pod zwartą zabudową miejską,
- wystąpienie trwałej nierentowności, spowodowanej czynnikami wewnętrznymi, np. zużycie moralne (techniczne) kopalni, złe zarządzanie, czy też zewnętrznymi, np. trwała dekoniunktura na rentowną sprzedaż surowca.

Działania likwidacyjne kopalni były poprzedzone wieloma analizami techniczno-technologicznymi, handlowymi, ekonomicznymi oraz społecznymi, które stały się dla

organów właścicielskich podstawą do podjęcia decyzji o postawieniu w stan likwidacji kopalni (zakładu górniczego). Problem likwidacji kopalń w Polsce był i jest nadal przedmiotem trudnych dyskusji pomiędzy organem właścicielskim (obecnie Ministerstwo Energii) a związkami zawodowymi (organizacjami społecznymi) oraz często z władzami samorządowymi. Opinie stron dotyczące decyzji o postawieniu kopalni w stan likwidacji są wielokrotnie rozbieżne i prowadzą do powstawania licznych napięć społecznych.

W Polsce poligonem doświadczalnym w obszarze fizycznej likwidacji zakładów górniczych były kopalnie Dolnośląskiego Zagłębia Wałbrzyskiego [21, 22]. Dalsze doświadczenia uzyskano w trakcie likwidacji kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

Obecnie Prawo geologiczne i górnicze wymaga, aby to przedsiębiorca przeprowadził likwidację zakładu górniczego, w tym szybów kopalnianych, i rekultywację terenu kopalni. Zbędne szyby należy zlikwidować ze względu na zagrożenia dla czynnych wyrobisk górniczych, ochronę terenu powierzchni i znajdujących się na niej budowli oraz ze względu na bezpieczeństwo powszechne. Proces likwidacji kopalń węgla kamiennego w Polsce w latach 1990-2018 przebiegał bardzo intensywnie, co obrazują tabele 4.1 i 4.2.

W przypadku zlikwidowanych kopalń niemetanowych lub metanowych, w których pokłady były zaliczone do I kategorii zagrożenia metanowego, tj. o metanonośności do 2,5 m^3 CH_4/Mg_{CSW}, nagromadzenia metanu o niskich koncentracjach poniżej 5% CH_4 uniemożliwiają efektywne gospodarcze wykorzystanie metanu w obszarze zlikwidowanej kopalni. Ze wzrostem metanonośności złoża węglowego powyżej 2,5 m^3 CH_4/Mg_{CSW} do przestrzeni zlikwidowanej kopalni wydziela się metan o stężeniu stwarzającym możliwość jego energetycznego wykorzystania. Im większe jest nasycenie metanem pokładów w obszarze górniczym zlikwidowanej kopalni, tym większa jest potencjalna możliwość intensywnego ujęcia i wykorzystania. Sczerpywanie się złóż węglowych w kopalniach silnie metanowych w niedalekiej przyszłości przyczyni się do ich likwidacji, co w następstwie zwiększy rolę metanu wydzielającego się do przestrzeni zlikwidowanych kopalń.

Tabela 4.1

Terminy rozpoczęcia oraz zakończenia likwidacji kopalń całkowicie zlikwidowanych w latach 1990-2006, których likwidacja była finansowana ze środków budżetowych

Lp	KOPALNIA	Data wg. zaakceptowanego programu			data zakończenia likwidacji według umowy	stan obecny
		rozpoczęcia likwidacji	zakończenia wydobycia	zakończenia likwidacji		
Kopalnie likwidowane całkowicie						
1	**KWK w całkowitej likwidacji**					**działania wyk. po zakończ. likwidacji**
1.1	KWK Katowice - Kleofas	01.01.2005	14.11.2004	30.06.2006	30.06.2006	zlikwidowano
1.2	ZG Bytom II	01.01.2005	31.07.2004	31.12.2005	31.12.2006	zlikwidowano
1.3	KWK Wałbrzych - Nowa Ruda			31.12.2003	31.12.2003	zlikwidowano
	Wałbrzyskie KWK	*01.01.1991*	*31.10.1996*	*31.12.2001*	*31.12.2001*	zlikwidowano
	- KWK Wałbrzych	*01.01.1991*	*31.10.1996*	*31.12.2001*		zlikwidowano
	- ZG Chrobry	*01.09.1992*	*31.12.1994*	*31.12.1995*		zlikwidowano
	- ZG Victoria	*30.04.1993*	*31.12.1993*	*31.12.1994*		zlikwidowano
	- ZG Julia	*01.09.1992*	*31.10.1996*	*31.10.1997*		zlikwidowano
	- KWK Thorez	*31.12.1990*		*31.12.1995*		zlikwidowano
	KWK Nowa Ruda	*01.04.1992*	*31.01.2000*	*31.12.2002*	*31.03.2002*	zlikwidowano
1.4	KWK 1 Maja - Morcinek - Moszczenica			31.12.2004	31.12.2004	zlikwidowano
	KWK 1 Maja	*01.03.2001*	*28.02.2001*	*31.12.2003*	*31.12.2003*	zlikwidowano
	KWK Morcinek	*01.04.1998*	*01.11.1998*	*31.12.2000*	*31.12.2000*	zlikwidowano
	KWK Moszczenica	*01.02.2001*	*31.07.2000*	*30.09.2002*	*30.09.2002*	zlikwidowano
1.5	KWK Jan Kanty - Siersza			31.12.2002	31.12.2002	zlikwidowano
	KWK Jan Kanty	*01.01.2000*	*31.07.2000*	*30.06.2002*	*31.03.2002*	zlikwidowano
	KWK Siersza	*01.11.1999*	*31.10.1999*	*30.06.2002*	*31.03.2002*	zlikwidowano
1.6	KWK Czeladź- Sosnowiec					zlikwidowano
	KWK Sosnowiec	*01.01.1992*	*31.12.1997*	*30.06.2000*	*30.06.2000*	zlikwidowano
	KWK Saturn	*01.01.1992*	*31.12.1995*	*31.12.2000*	*31.12.2000*	zlikwidowano
	KWK Porąbka - Klimontów	*01.01.1998*	*31.12.1998*	*31.12.2000*	*31.12.2000*	zlikwidowano
2	KWK Powstańców Śląskich - Bytom I			31.12.2002	31.12.2002	zlikwidowano
2.1	KWK Powstańców Śląskich	01.02.1999	01.02.1999	31.12.2000	31.12.2000	zlikwidowano
	ZG Bytom I	*01.01.2001*	*30.06.2001*	*31.12.2002*		zlikwidowano
	KWK Bobrek - Miechowice (Ruch Miechowice)	*01.01.1997*	*31.07.1999*	*31.12.2000*	*31.12.2000*	zlikwidowano
	KWK Pstrowski - Jadwiga			*31.12.2001*	*31.12.2001*	zlikwidowano
	KWK Pstrowski	*01.02.1994*	*31.12.1995*	*31.12.2001*	*31.12.2001*	zlikwidowano
	ZWSM Jadwiga	*01.01.2000*	*30.06.2000*	*31.12.2001*	*31.12.2001*	zlikwidowano
	KWK Centrum - Szombierki (Ruch Szombierki)	*01.01.1996*	*31.05.1999*	*31.12.2000*	*31.12.2000*	zlikwidowano
	KWK Rozbark (dawna KWK "Łagiewniki")	*01.01.1997*		*31.12.1998*	*31.12.1998*	zlikwidowano
2.2	KWK Jowisz	01.12.1994	31.12.1997	31.12.2002	31.12.2002	zlikwidowano
	ZG Wojkowice	*01.04.2000*	*30.04.2000*	*30.04.2001*	*30.06.2000*	zlikwidowano
	KWK Paryż	*01.09.1993*	*30.06.1995*	*31.12.1999*	*31.12.1999*	zlikwidowano
	KWK Grodziec	*01.01.1999*	*31.12.1998*	*31.12.2000*	*31.12.2000*	zlikwidowano
	KWK Andaluzja	*01.02.1999*	*01.02.1999*	*31.12.2000*		zlikwidowano
	KWK Julian	*01.04.1999*	*31.05.1999*	*31.12.2000*		zlikwidowano
3	**KWK Katowice - Kleofas (ruch II Katowice)**	**01.05.1999**	**01.07.1999**	**02.07.2001**	**02.07.2001**	**zlikwidowano**
	KWK Katowice w całkowitej likwidacji	01.03.2001		31.12.2002	31.12.2002	zlikwidowano
4	**KWK Niwka Modrzejów**	**01.05.1999**	**01.07.1999**	**31.03.2002**	**31.01.2002**	**zlikwidowano**
5	**KWK Gliwice**	**01.01.1999**	**15.09.1999**	**31.12.2002**	**08.05.2001**	**zlikwidowano**
6	**KWK Dębieńsko**	**01.07.2000**	**17.10.2000**	**31.12.2001**	**31.12.2001**	**zlikwidowano**
7	**KWK Siemianowice - ZG Rozalia**			**31.12.2002**	**31.12.2001**	**zlikwidowano**
	- KWK Siemianowice	*15.07.1993*	*31.12.1995*	*30.09.2000*		zlikwidowano
	- ZG Rozalia	*01.07.1999*	*24.09.1999*	*31.12.2000*		zlikwidowano
8	**KWK Jaworzno**	**01.01.1999**	**31.01.1999**	**31.03.2000**	**31.05.2000**	**zlikwidowano**
9	**M-300**	**01.01.1996**	**30.06.1995**	**31.12.2000**	**31.12.2000**	**zlikwidowano**
10	**KWK Żory**	**01.09.1992**	**31.10.1996**	**31.12.1999**	**31.12.1999**	**zlikwidowano**
11	**ZWP Antracyt**	**01.08.1997**	**30.06.1998**	**30.06.1999**	**31.10.1999**	**zlikwidowano**
12	**KWK Barbara - Chorzów**	**15.07.1993**	**31.10.1993**	**31.12.1995**	**31.12.1995**	**zlikwidowano**
13	**CZOK** (Paryż, Saturn, Sosnowiec, Porąbka - Klimontów, Grodziec, Gliwice, Jan Kanty, Katowice, Dębieńsko, Siemianowice, Szombierki, Pstrowski, Niwka - Modrzejów, Powstańców Śląskich - Bytom I, Nowa Ruda)	-	-	-	-	**odwadnianie zlikwidowanych kopalń**

Źródło: dane Agencji Rozwoju Przemysłu S.A. Oddział Katowice.

Tabela 4.2

Terminy rozpoczęcia oraz zakończenia likwidacji kopalń częściowo likwidowanych (likwidacja ruchów) w latach 1994-2000, finansowanych ze środków budżetowych

Lp	KOPALNIA	Data wg. zaakceptowanego programu			data zakończenia likwidacji według umowy	stan obecny
		rozpoczęcia likwidacji	zakończenia wydobycia	zakończenia likwidacji		
1	KWK Polska - Wirek (Ruch Polska)	01.01.1997	11.10.1999	30.09.2000	30.11.2000	zlikwidowano
2	KWK Bielszowice (Ruch Poręba)	01.03.1996	01.09.1998	31.12.2000	31.03.2000	zlikwidowano
3	KWK Halemba (Ruch Halemba Płytka)	01.07.2000	30.06.2000	30.09.2001	31.12.2000	zlikwidowano
4	KWK Pokój (część ruchu Wawel) (Ruch Wawel)	01.01.1997	30.09.1996 31.01.2000	31.12.1998	31.12.1998	zlikwidowano
5	KWK "Rymer"	01.011994		31.12.1995	31.12.1995	zlikwidowano
6	KWK Chwałowice (Ruch Rymer)	01.01.1999	20.10.1999	30.09.2002	30.09.2002	zlikwidowano
7	KWK Sosnica (Pole Wschód)	01.07.1996	01.07.1996	30.06.1998	30.06,1998	zlikwidowano
8	KWK Brzeszcze (Ruch Jawiszowice)	01.01.1997	15.11.1995	31.12.1998	31.12.1998	zlikwidowano
9	KWK Wieczorek (Rejon Wilson) (Rejon Ligoń i Rejon szybu Wschodniego)	 01.01.1997 01.01.1997	 II kw. 1996 IV kw. 1996	 31.12.1998 31.12.1998	 31.12.1998 31.12.1999	zlikwidowano
10	KWK Katowice - Kleofas (Rejon Kleofas -Śródmieście) (Rejon Katowice - część)	01.01.1997		31.12.1999	31.12.1998	zlikwidowano
11	KWK Murcki (Ruch II)	01.01.1997	II kw. 1995	31.12.1998	31.12.1998	zlikwidowano
12	KWK Kazimierz - Juliusz (Ruch II - Juliusz)	01.01.1997	I kw. 1995	31.12.1998	31.12.1998	zlikwidowano
13	KWK Ziemowit (Ruch II dawna KWK Piast)	01.01.1997	III kw. 1997	31.03.1999	31.12.1998	zlikwidowano
14	KWK Janina (szyby Janina I, II)	01.04.1997		31.03.1998	31.12.1998	zlikwidowano
15	KWK Jas - Mos (Ruch Moszczenica)	01.01.1998	31.07.1999	30.06.2002	30.06.2001	zlikwidowano
16	KWK Anna (Rejon szybów Jedłowickich)	01.07.1997	-	30.06.1999	31.12.1998	zlikwidowano
17	KWK Wesoła (Rejon dawnej KWK Wesoła)	01.01.1997	08.03.1991	31.12.1998	31.12.1998	zlikwidowano
18	KWK Andaluzja (Rejon Bobrowniki)	01.01.1997	01.01.1997	31.12.1998	31.12.1998	zlikwidowano
19	KWK Powstańców Śląskich (Rejon Radzionków)	01.01.1996	31.12.1995	31.12.1998	31.12.1998	zlikwidowano
20	KWK Siersza (Partia A i B)	01.01.1997	III kw. 1996	31.12.1999	31.12.1998	zlikwidowano
21	KWK Jan Kanty (rejon płytkiej eksploatacji) III etap likwidacji	01.04.1994 01.01.1996 01.01.1998	I kw. 1994 30.09.1999	31.12.1995 31.12.1997 31.01.1999	31.12.1999	zlikwidowano
22	KWK Jaworzno (Ruch Kościuszko) I etap	15.06.1994	31.03.1995	31.12.1996	31.12.1996	zlikwidowano
	II etap	01.01.1997	31.03.1995	30.06.1999	30.06.1999	
23	KWK Żory (Pole Północne)	01.09.1992	31.12.1994	31.12.1995	31.12.1995	zlikwidowano
24	KWK Rozbark (była KWK Łagiewniki)	01.01.1997		31.12.1998	31.12.1998	zlikwidowano
25	KWK Rydułtowy (Ruch Ignacy)	01.01.1997	31.08.1995	31.12.1999	31.12.1999	zlikwidowano
26	KWK Marcel (Ruch 1 Maja)	01.01.1997	01.08.1995	31.12.1998	31.12.1998	zlikwidowano
27	KWK Krupiński (Rejon szybu IV)	01.011997		31.12.1998	31.12.1998	zlikwidowano
28	KWK Makoszowy (Rejon szybu Dorotka)	01.11.1997	30.11.1974	31.12.1999	31.12.1999	zlikwidowano
29	KWK "Porąbka-Klimontów" (Ruch Klimontów) (Ruch Mortimer)	01.01.1994 01.01.1996	31.08.1993 01.03.1995	31.12.1995 31.12.1997	31.12.1995 31.12.1997	zlikwidowano
30	KWK Grodziec (Partia D)	01.07.1998	01.07.1998	31.12.1999	31.12.1999	zlikwidowano

Źródło: dane Agencji Rozwoju Przemysłu S.A. Oddział Katowice.

Po 2007 roku pierwszą kopalnią, która została poddana procesowi całkowitej likwidacji, była w 2014 roku kopalnia Kazimierz-Juliusz, należąca do Katowickiego Holdingu Węglowego S.A. (KHW S.A.). Wykaz kopalń przejętych przez SRK S.A. od

spółek węglowych oraz terminy rozpoczęcia i zakończenia ich likwidacji przedstawiono w tabeli 4.3.

Tabela 4.3

Wykaz kopalń przejętych przez SRK S.A. w latach 2015-2018 w celu ich likwidacji

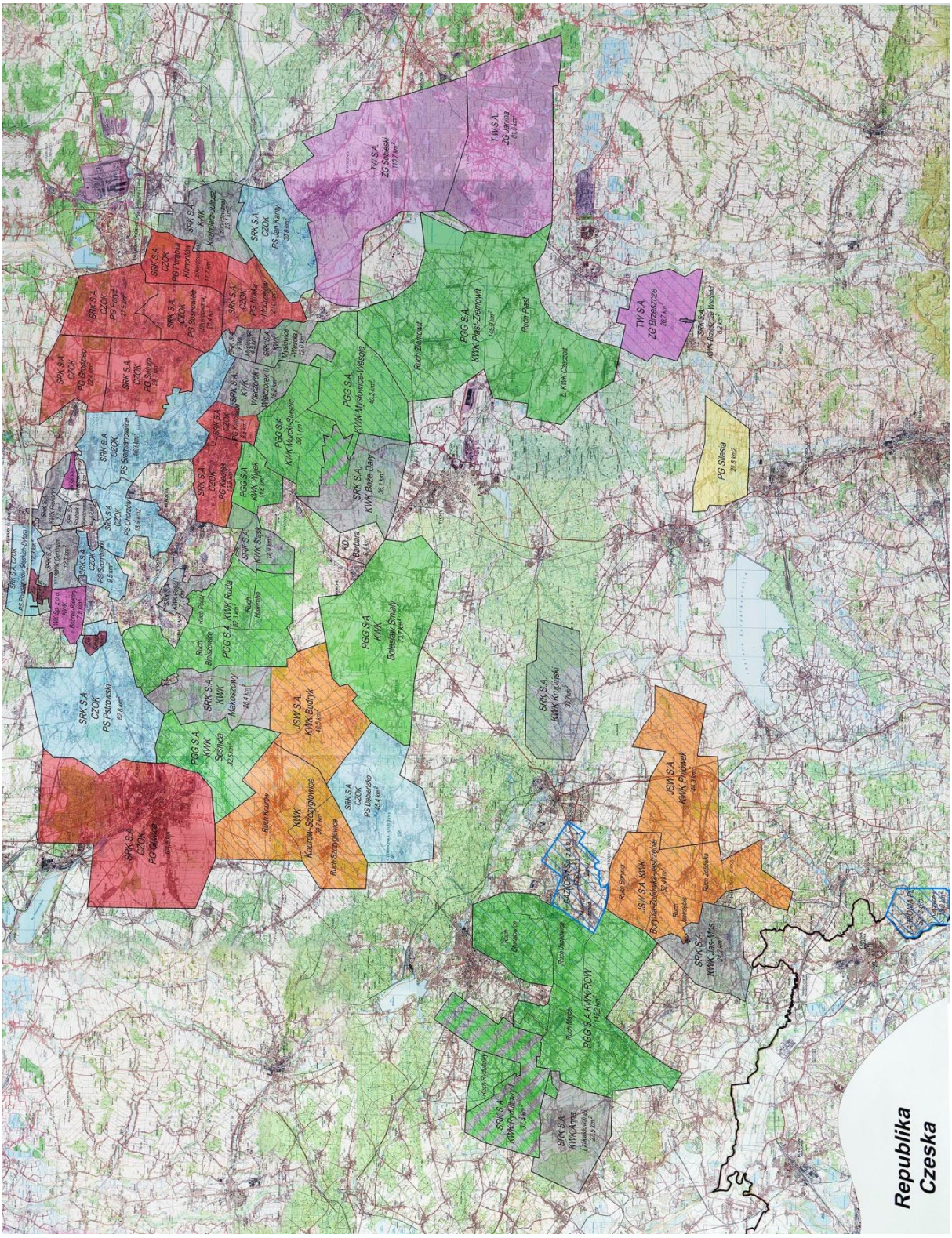
Lp	KOPALNIA	Data nabycia i nr aktu notarialnego	Data wg. zaakceptowanego programu		
			rozpoczęcia likwidacji	zakończenia wydobycia	zakończenia likwidacji
1	2	3	4	5	6
1	KWK "Centrum"	08.05.2015 r. nr 3307/2015	09.05.2015 r.	28.04.2015 r.	31.12.2020 r.
2	KWK "Kazimierz Juliusz"	31.05.2015 r. nr 4018/2015	01.12.2014 r.	31.05.2015 r.	31.12.2016 r.
3	KWK "Mysłowice"	31.05.2015 r. nr 4008/2015	01.06.2015 r.	07.11.2008 r.	31.12.2019 r.
4	KWK "Boże Dary"	30.06.2015 r. nr 4840/2015	01.07.2015 r.	30.06.2020 r.	31.12.2019 r.
5	KWK "Rozbark V"	10.11.2015 r. nr 8513/2015	13.11.2015 r.	IV kwartał 2013 r.	30.06.2017 r.
6	KWK "Brzeszcze"	31.12.2015 r. nr 10284/2015	05.01.2016 r.	31.10.2014 r.	31.12.2019 r.
7	KWK "Anna"	31.03.2016 r. nr 2786/2016	01.04.2016 r.	IV kwartał 2012 r.	31.12.2018 r.
8	KWK "JAS-Mos"	01.10.2016 r. nr 9722/2016	01.10.2016 r.	22.09.2016 r.	31.12.2021 r.
9	KWK "Pokój I"	31.12.2016 r. nr 12853/2016	02.01.2017 r.	08.11.2016 r.	31.12.2022 r.
10	KWK "Makoszowy"	30.04.2015 r. nr 3132/2015	01.01.2017 r.	31.12.2016 r.	31.12.2021 r.
11	KWK "Krupiński"	31.03.2017 r. nr 2223/2017	31.03.2017 r.	30.03.2017 r.	31.12.2020 r.
12	KWK "Wieczorek I"	31.03.2017 r. nr 2239/2017	01.04.2017 r.	30.10.2015 r.	31.12.2018 r.
13	KWK "Śląsk"	31.01.2018 r. nr 765/2018	31.01.2018 r.	31.12.2017 r.	31.12.2021 r.
14	KWK "Wieczorek II"	31.03.2018 r. nr 2829/2018	31.03.2018 r.	30.03.2018 r.	31.12.2020 r.
15	KWK "Piekary I"	01.12.2018 r. nr 3462/2018	01.12.2018 r	01.08.2011 r.	31.12.2022 r.
16	KWK "Rydułtowy I"	02.12.2018 r. nr 3498/2018	02.12.2018 r	21.12.2001 r.	31.12.2021 r.
17	KWK "Mysłowice - Wesoła I"	02.12.2018 r. nr 3483/2018	02.12.2018 r	02.10.2016 r.	31.12.2021 r.

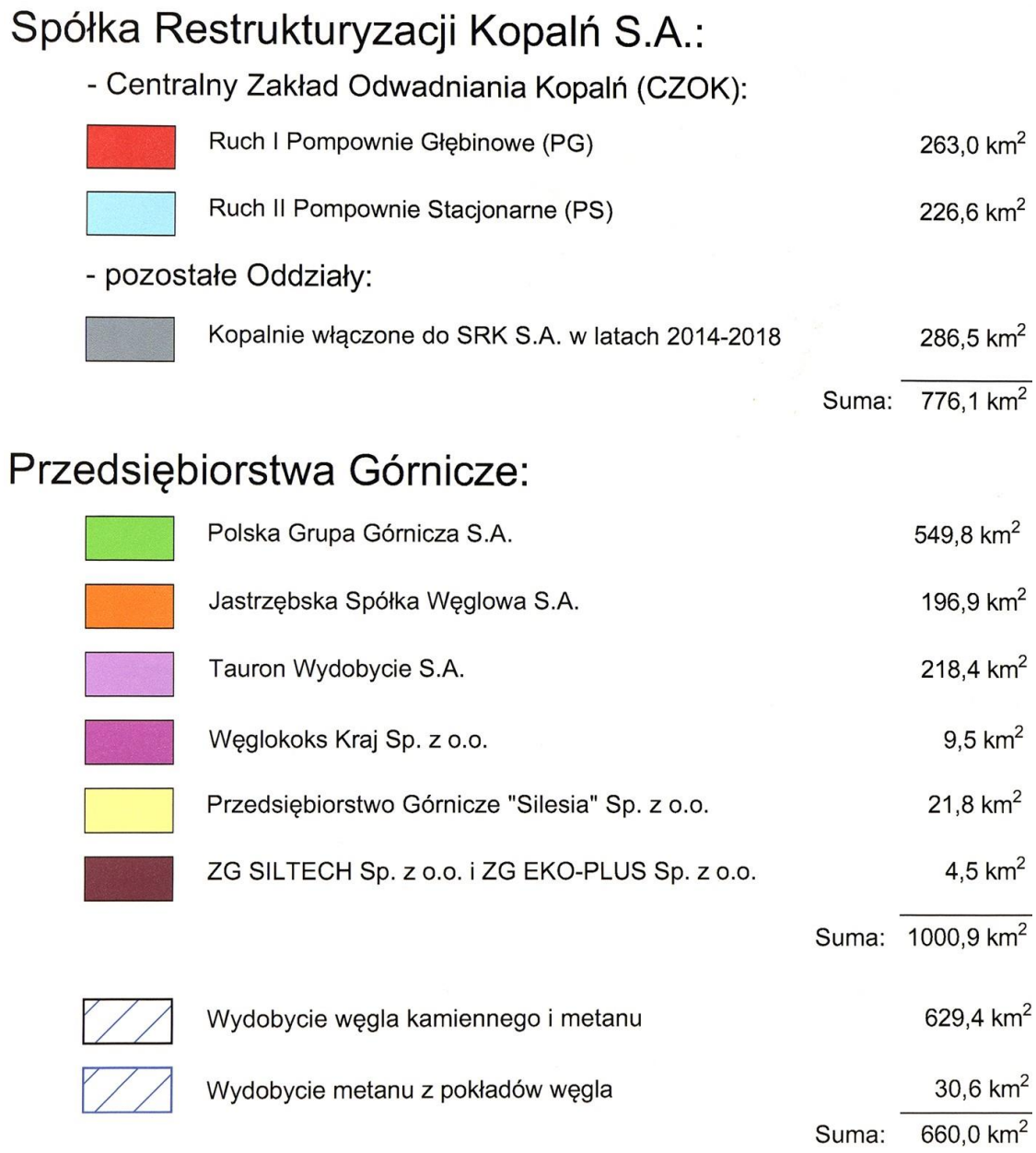
Źródło: dane Agencji Rozwoju Przemysłu S.A. Oddział Katowice.

Jak wspomniano wcześniej, wielkość nasycenia metanem pokładów węgla w obszarach górniczych kopalń zlikwidowanych stanowi o możliwości ujęcia i wykorzystania metanu. Kopalnie, które rokują możliwość pozyskania metanu po ich likwidacji oznaczono odpowiednio lp. 6, 7, 8, 11 i 13 w tabeli 4.3.

W ostatnim trzydziestoleciu sektor polskiego górnictwa węgla kamiennego był poddany głębokiej restrukturyzacji, której wynikiem były radykalna redukcja zdolności produkcyjnych i zmniejszenie zatrudnienia, co dostosowało strukturę branży

do sytuacji rynkowej. W tym czasie zlikwidowano blisko 50 kopalń (w tym 15 jest w trakcie likwidacji). Na koniec 2018 roku w Polsce było 21 kopalń (w tym 4 powstałe w wyniku połączenia – kopalnie zespolone), zgrupowanych w Polskiej Grupie Górniczej S.A. (PGG S.A.), Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A. (JSW S.A.), TAURON Wydobycie S.A., WĘGLOKOKS KRAJ sp. z o.o., Lubelski Węgiel „Bogdanka" S.A., 3 kopalnie prywatne [83]. Ich położenie oraz wielkości obszarów górniczych wydobycia węgla kamiennego i metanu oraz samego metanu z pokładów węgla na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego przedstawiono na rys. 4.1.


Republika Czeska



Rys. 4.1. Górnośląskie Zagłębie Węglowe wraz z wielkościami obszarów górniczych
Fig. 4.1. Upper Silesian Coal Basin and the size of mining areas
Źródło: opracowanie własne na podstawie zebranych danych ze spółek węglowych oraz z Wyższego Urzędu Górniczego.

Procesy likwidacji kopalń są bardzo kosztowne, a zgodę na udzielenie pomocy publicznej dla sektora w celu przeznaczenia środków z budżetu państwa na likwidację trwale nierentownych kopalń, w tym na osłony socjalne dla górników i systemową likwidację infrastruktury górniczej, musi każdorazowo wyrazić Komisja Europejska (KE). Dla przykładu w latach 2016-2018 łączna maksymalna wielkość pomocy publicznej dla górnictwa węgla kamiennego to ponad 7,2 mld zł [85].

Obecnie polskie przepisy prawne [73, 74, 77] dzielą proces przywracania użyteczności terenom poeksploatacyjnym (pogórniczym) na kilka etapów:

I. Będące obowiązkiem przedsiębiorcy górniczego:
   - likwidacja (art. 128-132 ustawy Prawo geologiczne i górnicze [74]),
   - rekultywacja sukcesywna (art. 20 Ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych [77], art. 126 Prawo ochrony środowiska [73]),
   - rekultywacja (art. 129.2 ustawy Prawo geologiczne i górnicze oraz art. 22 Ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych),

II. Leżące poza obowiązkami przedsiębiorcy górniczego – zagospodarowanie i rewitalizacja.

Przemysł górniczy w całym procesie restrukturyzacji współpracuje z jednostkami samorządu terytorialnego, dostosowując się do warunków panujących często w centrach miast. Współpraca ta na gruncie przepisów prawa zaowocowała tym, że wiele tysięcy hektarów terenów pokopalnianych zostało przekazanych na rzecz gmin górniczych, a następnie zagospodarowanych. Do przykładowych kierunków adaptacji tych terenów można zaliczyć zagospodarowanie przemysłowe, usługowe, sportowo-rekreacyjne, turystyczno-edukacyjne, na potrzeby obiektów kultury, osiedlowe, kompozycji krajobrazowych, do celów składowisk odpadów oraz o charakterze obiektów z zakresu szeroko rozumianej gospodarki komunalnej [35, 39, 81, 84].

Innym przykładem może być działalność na terenie zlikwidowanej kopalni „Żory" firmy Gazkop-1 sp. z o.o. Spółka ta zajmuje się górnictwem gazu ziemnego: wydobyciem i sprzedażą metanu z zasobów znajdujących się w zamkniętych (nieczynnych) kopalniach węgla kamiennego. Obecnie spółka ma koncesję eksploatacyjną na obszarze górniczym „Żory-1". W ramach koncesji „Żory-1" eksploatowany jest odwiert M1, przez który od marca 2012 roku wydobywany jest metan i sprzedawany odbiorcy wytwarzającemu z niego prąd elektryczny i ciepło w kogeneracji. Ciepło to jest wykorzystywane do ogrzewania pobliskiego osiedla Gwarków w Żorach – Roju [80].

W przypadku likwidacji zakładu górniczego w całości lub w części przedsiębiorca na podstawie ustawy Prawo geologiczne i górnicze [74] art. 129.1 jest zobowiązany, aby:

1. zabezpieczyć lub zlikwidować wyrobiska górnicze oraz urządzenia, instalacje i obiekty zakładu górniczego;

   1a) przedsięwziąć niezbędne środki chroniące sąsiednie złoża kopalin;

2. przedsięwziąć niezbędne środki chroniące wyrobiska sąsiednich zakładów górniczych;
3. przedsięwziąć niezbędne środki w celu ochrony środowiska oraz rekultywacji gruntów po działalności górniczej.

1. Do rekultywacji gruntów, o których mowa w ust. 1 pkt 5, stosuje się odpowiednio przepisy Ustawy z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych [77].
2. Do likwidacji zakładu górniczego stosuje się odpowiednio przepisy o ruchu zakładu górniczego.
3. Plan ruchu likwidowanego zakładu górniczego lub jego oznaczonej części określa również sposób wykonania obowiązków, o których mowa w ust. 1.
4. W uzasadnionych przypadkach właściwy organ nadzoru górniczego może, w drodze decyzji, nakazać przedsiębiorcy wykonanie obowiązku likwidacji zakładu górniczego lub jego oznaczonej części.
5. Decyzja, o której mowa w ust. 6, określa termin i sposób wykonania obowiązku likwidacji zakładu górniczego lub jego oznaczonej części. Decyzja ta może również upoważnić do korzystania z cudzej nieruchomości w zakresie niezbędnym do wykonania obowiązku likwidacji zakładu górniczego lub jego oznaczonej części.
6. W przypadku bezskutecznego upływu terminu, o którym mowa w ust. 7, właściwy organ nadzoru górniczego wszczyna postępowanie egzekucyjne.

4.1. Wykorzystanie likwidowanych zakładów górniczych

Likwidacja zakładu górniczego jest procesem złożonym i obejmującym kilka faz:

- projektowania procesu likwidacji,
- uzyskania odpowiednich zezwoleń prawnych wynikających m.in. z Prawa geologicznego i górniczego (Plan ruchu) oraz Prawa budowlanego [76],
- likwidacji fizycznej obiektów podziemnych i naziemnych zakładu górniczego oraz obiektów towarzyszących,
- rekultywacji terenów pogórniczych i ich rewitalizacji.

Oczywiście proces likwidacji fizycznej obiektów zakładu górniczego będzie zależał od wielu czynników:

- wielkości zakładu górniczego (długości wyrobisk górniczych, głębokości szybów itp.),
- występujących zagrożeń naturalnych, w tym w szczególności zagrożenia metanowego i wodnego),
- możliwości wykorzystania wyrobisk podziemnych dla innych funkcji niż wydobycie węgla, np. lokowania odpadów, magazynów specjalnych, lokowania ścieków i wód, zbiorników retencyjnych gazu zimnego (takie działanie zostało podjęte w przypadku kopalni Nowa Ruda w Wałbrzych) lub zbiorników dla metanu z pokładów węgla [5, 21, 63],
- przeznaczenia terenów pogórniczych dla celów rewitalizacji – zagospodarowania w przyszłości,
- wykorzystania wyrobisk podziemnych i obiektów powierzchniowych likwidowanej kopalni dla zbudowania instalacji przemysłowych. Bardzo ważną sprawą w tym procesie jest przeprowadzenie analizy i opracowania programu dalszego wykorzystania w stanie pierwotnym lub zmodernizowanym niektórych składników kopalni po jej likwidacji.

Złożoność likwidacji zakładu górniczego będzie wpływać bezpośrednio na czas realizacji i koszty przedsięwzięcia.

Zazwyczaj likwidacja zakładu górniczego kończy się przez podsadzenie materiałem skalnym szybów i zamknięciem ich na powierzchni płytami żelbetowymi, przez które wyprowadzone są na zewnętrz odpowiednie urządzenia kontrolno-pomiarowe (kontrola stanu zasypu w szybie, kontrola składu gazów pod płytą zamykającą szyb) [58].

Możliwe jest także zamknięcie szybów płytami żelbetowymi w przypadkach przewidywanego w przyszłości ponownego przywrócenia do użytkowania szybu kopalnianego – np. przez wiele lat zamknięte były płytami szyby I i II kopalni Anna – Południe czy szyb Marklowice I, wykorzystywany obecnie przez kopalnię ROW PGG S.A.

Znane są również projekty zastosowania pewnej infrastruktury kopalni obejmującej szyby i wyrobiska przyszybowe dla celów zbudowania elektrowni szczytowo-pompowej, co w połączeniu z innymi źródłami energii odnawialnej oraz pozyskanego metanu stanowi model gospodarki o obiegu zamkniętym (*circular economy*). Dla przykładu w Wielkiej Brytanii i Niemczech już na etapie projektowania likwidacji zakładów górniczych zakładało się wykorzystywanie metanu zgromadzonego

w zrobach (zbiornikach) zlikwidowanych i ujmowania go ze zrobów za pomocą rurociągów w podsadzonych szybach lub w otworach wiertniczych połączonych z powierzchniowymi stacjami odmetanowania, a ujmowany metan jako paliwo będzie wykorzystywany w instalacjach energetycznych (silniki gazowe, turbiny gazowe i inne) [1].

4.2. Etapy likwidacji kopalń

Proces likwidacji kopalń podziemnych jest uzależniony od warunków lokalnych i funkcji, jakie ma pełnić obiekt pokopalniany w przyszłości, w tym m.in.: zapewnienie bezpieczeństwa powszechnego, możliwości powrotu do eksploatacji w przypadku likwidacji czasowej, możliwości eksploatacji metanu ze zbiornika zrobowego. Proces likwidacji zakładu górniczego składa się zazwyczaj z kilku jego etapów:

- likwidacji podziemnych wyrobisk górniczych i budowli podziemnych, zakończony zazwyczaj ich otamowaniem,
- likwidacji szybów kopalnianych technologią uzależnioną od przyszłościowych funkcji, jakie będą one pełnić.

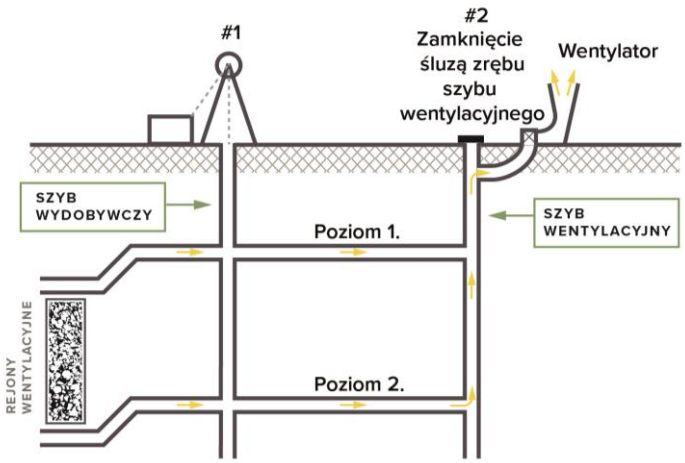
Likwidacja kopalni podziemnej przebiega na podstawie projektu zasadniczego likwidacji i projektów cząstkowych technologicznych dla poszczególnych budowli i wyrobisk górniczych.

Powszechnie stosowane są następujące sposoby likwidacji szybów:

- zamknięcie szybu płytą izolacyjną na powierzchni,
- wypełnienie przez podsadzenie szybów i zamknięcie płytą izolacyjną na powierzchni,
- zatopienie wodą (słodką lub słoną) szybów i posadowienie płyty izolacyjnej na powierzchni.

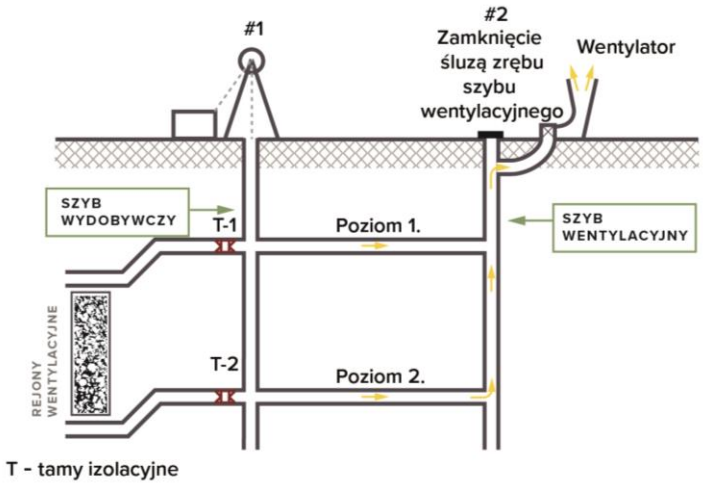
Schemat procesu likwidowanej kopalni przedstawiają kolejno rys. 4.2, 4.3, 4.4, 4.5.

Etap I obejmuje wytransportowanie nadającego się do dalszego użytkowania sprzętu, urządzeń i instalacji używanych w kopalni oraz odizolowanie tamami rejonów wentylacyjnych kopalń (rys. 4.2).



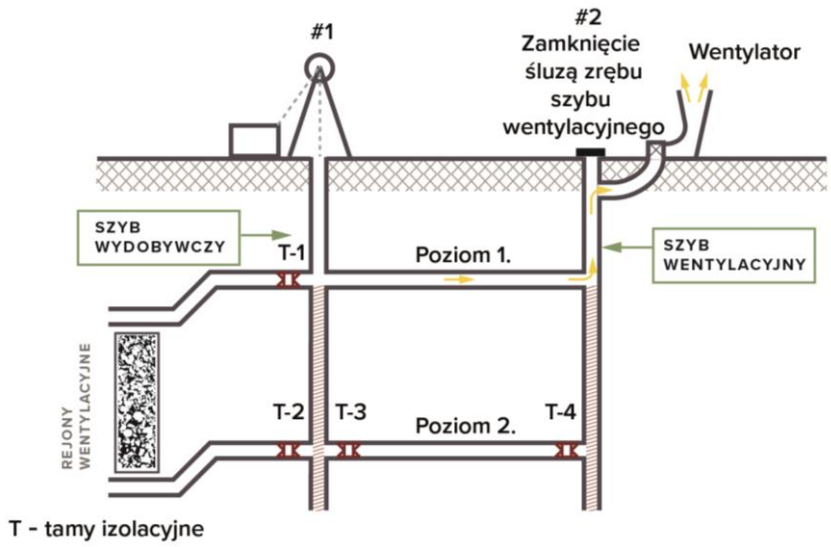
Rys. 4.2. Etap I likwidacji kopalni (stan wyjściowy)
Fig. 4.2. Mine closure – stage I
Źródło: opracowanie własne.

Etap II obejmuje likwidację wyrobisk kapitalnych na poszczególnych poziomach kopalni oraz odizolowanie ich tamami T-1 i T-2 w rejonie podszybii, co powoduje uproszczenie sieci wentylacyjnej kopalni do szybów i wyrobisk je łączących na poszczególnych poziomach (rys. 4.3).



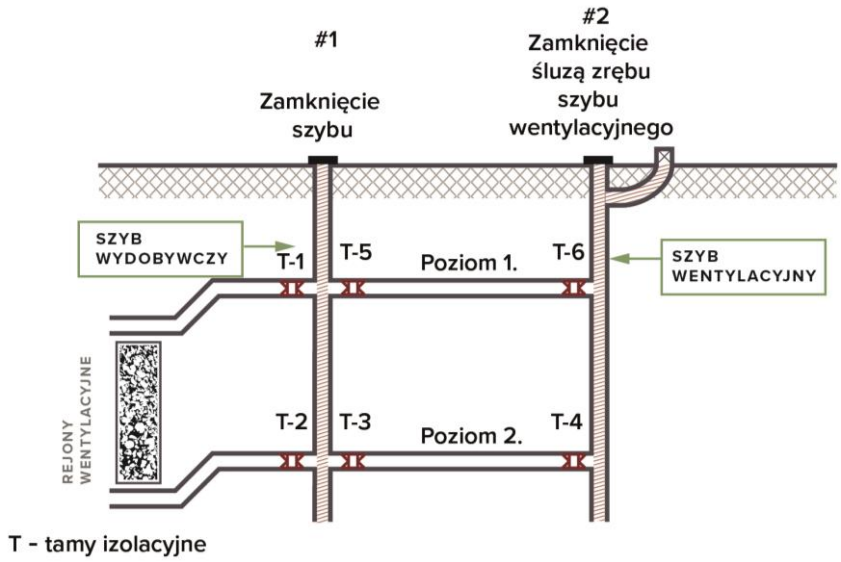
Rys. 4.3. Etap II likwidacji kopalni
Fig. 4.3. Mine closure – stage II
Źródło: opracowanie własne.

Etap III obejmuje odizolowanie wyrobisk tamami T-3 i T-4 na poziomie 2. oraz wypełnianie materiałami podsadzkowymi szybów kopalnianych do poziomu 1. (wentylacyjnego) (rys. 4.4).



Rys. 4.4. Etap III likwidacji kopalni
Fig. 4.4. Mine closure – stage III
Źródło: opracowanie własne.

Etap IV to wykonanie wcześniejsze tam ryglowych, izolacyjnych T-5 i T-6 z oknami wentylacyjnymi, wyłączenie wentylatora głównego, podsadzenie szybów i zamknięcie na zrębach płytami żelbetowymi (rys. 4.5).



Rys. 4.5. Etap IV likwidacja kopalni
Fig. 4.5. Mine closure – stage IV
Źródło: opracowanie własne.

Likwidacja szybów przez ich zasypanie i zabudowanie odpowiednich płyt zrębowych ma przyczynić się do zachowania bezpieczeństwa powszechnego, które to należy rozpatrywać przynajmniej w kilku aspektach przy uwzględnieniu następujących kryteriów:

- trwałe zamknięcie zrębu szybu zabezpieczające przed wpadnięciem ludzi, ale umożliwiające kontrolę stanu zasypów i ewentualne jego uzupełnianie,
- zagwarantowanie stateczności obudowy szybu,
- zaprzestanie wydostawania się do atmosfery gazów (metanu).

4.3. Technologie likwidacji części podziemnej kopalni oraz szybów

Kopalnia podziemna obejmuje zasadniczo wyrobiska eksploatacyjne, wyrobiska przygotowawcze, wyrobiska udostępniające na poszczególnych poziomach i szyby kopalniane łączące podziemne wyrobiska udostępniające z powierzchnią. Długość wyrobisk podziemnych jest zazwyczaj znaczna, od kilku do kilkudziesięciu kilometrów. Likwidacja kopalni głębinowej jest przedsięwzięciem niezwykle skomplikowanym zarówno pod względem techniczno-ekonomicznym, jak i ekologicznym. Do najskuteczniejszych i najbardziej bezpiecznych metod likwidacji wyrobisk poziomych (korytarzowych i komorowych) należy zaliczyć wypełnienie ich materiałem skalnym przez podsadzenie [12].

Najbardziej racjonalnym sposobem likwidacji szybu jest umiejętne jego wypełnienie materiałem stałym. Wypełnianie rury szybowej materiałem zasypowym może być prowadzone przy całkowitym lub częściowym usunięciu uzbrojenia technicznego w szybie. Zakres prac wyzbrojeniowych jest uwarunkowany czynnikami ekonomicznymi i technicznymi. Całkowite usunięcie zbrojenia w szybie jest przedsięwzięciem bardzo kosztownym i czasochłonnym, dlatego najczęściej zostają zdemontowane tylko urządzenia oraz wyposażenie szybu, które są niezbędne do zapewnienia prawidłowego prowadzenia robót likwidacyjnych oraz umożliwienia pełnego równomiernego rozkładu materiału zasypowego w rurze szybowej. Koszty odzysku złomu przy demontażu konstrukcji stalowych w szybach zazwyczaj nie równoważą kosztów ponoszonych na robociznę związaną z wyzbrojeniem.

Zasadniczo wyróżnia się następujące techniki likwidacji szybów:

- zasypanie urobkiem skalnym drobnoziarnistym (niesortem) – stosuje się w szybach, w których występuje nieznaczny dopływ wody,
- zasypanie urobkiem skalnym gruboziarnistym (16-40 mm) – stosuje się w przypadku dopływu wody do szybu,
- podsadzanie na mokro przez polewanie wodą materiału skalnego na zsypni do szybu,
- podsadzanie tworzywami betonopodobnymi lub mieszaninami popiołowo-wodnymi cechującymi się właściwościami wiążącymi – stosowane jest

w szybach, w których zachodzi konieczność uzyskania dużej hydroszczelności i gazoszczelności podsadzenia,

- zamknięcie płytą bez wypełniania rury szybowej – stosowane jest w przypadkach likwidacji szybików międzypoziomowych,
- zatopienie wodą szybu na całej jego długości – stosowane sporadycznie.

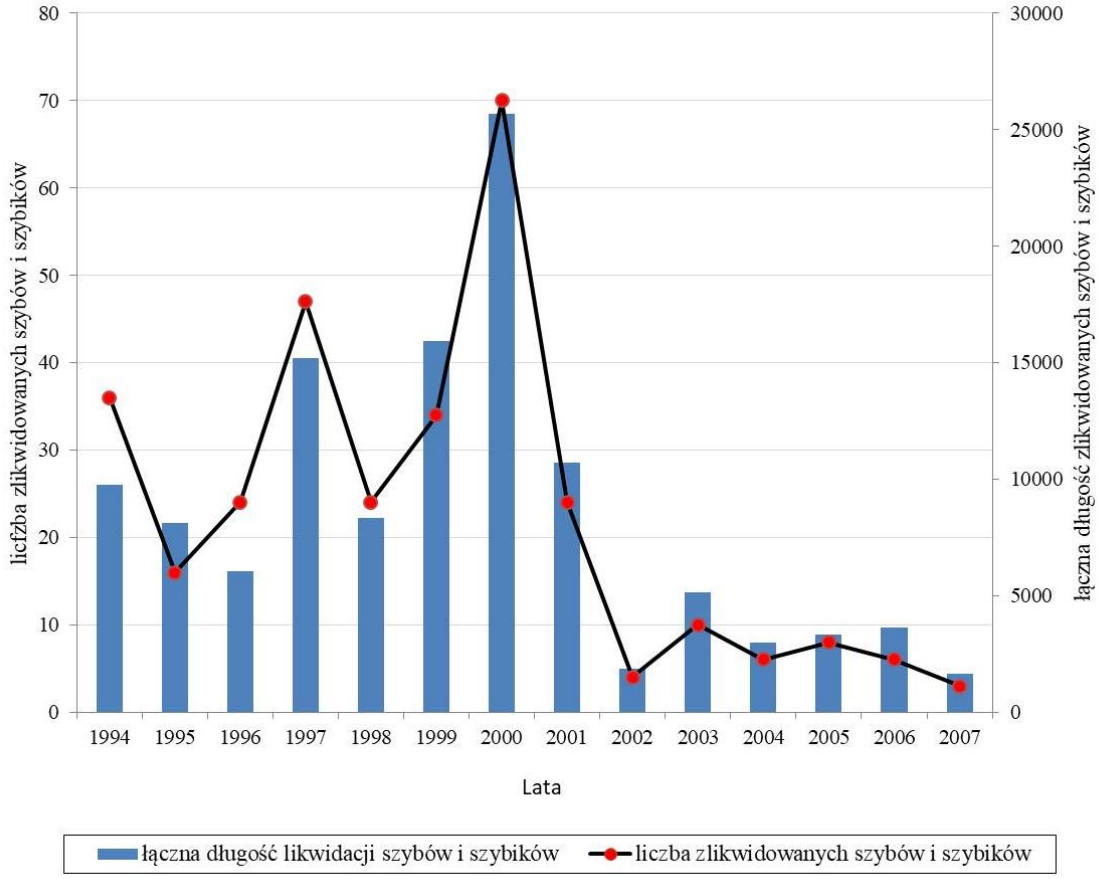
W górnictwie polskim preferowana jest technologia likwidacji szybów przez ich zasypywanie, która pozwala uzyskać długotrwałą stateczność obudowy szybu oraz dużą hydroszczelność i gazoszczelność. Zatopienie wodą szybu może spowodować uszkodzenie obudowy szybu, a podsadzanie niewłaściwymi materiałami może być przyczyną zniszczenia obudowy szybowej lub tam izolacyjno-oporowych na poziomach. Wskutek tego niewypełniona część rury szybowej może być zbiornikiem gazów lub wody. Niewypełniony szyb II kopalni „Kirkles" (Wielka Brytania) w roku 1955 uległ zawałowi, co spowodowało powstanie krateru o średnicy 80 m, do którego obsunęły się liczne obiekty powierzchniowe. Likwidacja szybu jest przeprowadzana przeważnie przez zasypanie rury szybowej po częściowym jej wyzbrojeniu. Samo zasypywanie polega na sypaniu materiału skalnego do kosza zasypowego zabudowanego na zrębie. Tak zasypano większość likwidowanych szybów w polskich i brytyjskich kopalniach. Doświadczenia niemieckie wskazują jednak na potrzebę większej precyzji i staranności w wykonywaniu tej operacji. W co najmniej 16 wypadkach likwidacji szybów przez zasypanie doszło w Niemczech do ucieczki materiału do wyrobisk poziomych. Podobne przypadki wystąpiły także w Polsce, np. w czasie likwidacji Szybu I w Kopalni „Morcinek" czy Szybu Chrobry w kopalni „Anna", dlatego szyby likwidowane ostatnio zasypywano z reguły kruszywem specjalnie dobranym (tłuczeń bazaltowy, odpady popłuczkowe itp.) [13]. Korzystne jest podawanie materiału zasypowego do szybu za pomocą rurociągu wielkośrednicowego, skracanego stopniowo na zrębie. Jednakże z przyczyn technologicznych i ekonomicznych podawanie materiału do szybu odbywa się powszechnie z poziomu zrębu szybu, co może powodować znaczne zniszczenia elementów obudowy i wyposażenia szybu.

Likwidacja kopalni podziemnej może być:

- częściowa – likwidowana jest część kopalni wraz ze związanymi z nią szybami,
- całkowita – likwidowana jest cała kopalnia, obejmująca wyrobiska podziemne i obiekty powierzchniowe.

Techniczna likwidacja kopalni jest procesem skomplikowanym ze względu na nietypowy zakres i technologie prac likwidacyjnych, np. podsadzanie szybów kopalnianych, oraz zmieniające się systemy wentylacji kopalni występujące

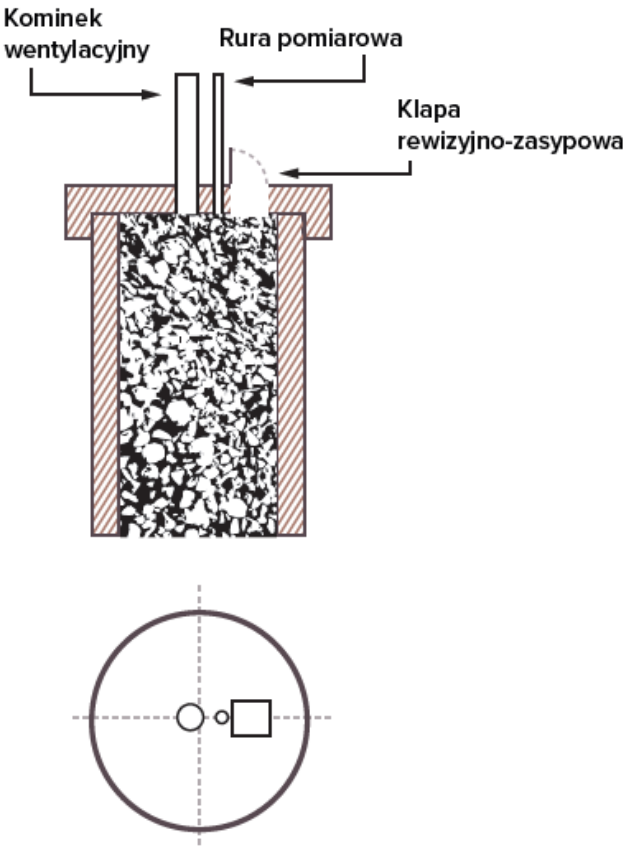
w poszczególnych etapach wentylacji, decydujące o bezpieczeństwie pracy (zagrożenie wybuchem metanu, zagrożenie powszechne). Przebieg procesu likwidacji szybów kopalń węgla kamiennego w Polsce w latach 1994-2007 przedstawiono na rys. 4.6.



Rys. 4.6. Długość zlikwidowanych szybów i szybików kopalń węgla kamiennego w latach 1994-2007
Fig. 4.6. Length of shafts and small shafts in coal mines closed in 1994-2007
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych w toku analizy badawczej.

Na podstawie analizy protokołów weryfikacji rocznych planów likwidacji szybów i szybików kopalń w latach 1994-2007 łączna ich długość wyniosła ponad 118 km, a sumaryczna ich liczba to 308. Wielkości te świadczą zarówno o wielkiej skali tego procesu, jak i o ogromnych kosztach ich likwidacji.

Na powierzchni szyby po ich zasypaniu są zazwyczaj zamykane specjalnymi płytami żelbetowymi o odpowiedniej wytrzymałości i gazoszczelności oraz są wyposażone w urządzenia kontrolno-pomiarowe (rys. 4.7). W Polsce technologia ta dominuje od lat 70. ubiegłego wieku.



Rys. 4.7. Typowe zamknięcie szybu płytą żelbetową z urządzeniami pomiarowymi i klapą rewizyjno-zasypową
Fig. 4.7. Typical shaft closure with reinforced concrete slab with measurement devices and review and charging gate
Źródło: opracowanie własne.

Wykonanie trwałego zamknięcia wlotu do szybu na powierzchni w postaci odpowiedniej nośnej płyty żelbetowej jest przedsięwzięciem obowiązkowym, wynikającym z aktualnych przepisów [6]. W środku płyty projektuje się zazwyczaj kominek wentylacyjny, rurę pomiarową służącą do kontroli wypływu gazów z szybu oraz klapę rewizyjno-pomiarową umożliwiającą kontrolę stanu zasypu i ewentualne jego uzupełnienie. Takie zamknięcie rury szybowej i zabezpieczenie zrębu szybu ma zagwarantować bezpieczeństwo powszechne. Zasypanie szybu ma również skutecznie zapobiec wydostawaniu się z opuszczonych zrobów dużych ilości gazów, zwłaszcza metanu do powietrza atmosferycznego. Z tego też powodu zlikwidowane kopalnie są poważnym zagrożeniem dla środowiska. Aby temu zapobiec, należy skutecznie dążyć do ujęcia metanu z kopalni zlikwidowanej i gospodarczego jego wykorzystania, dlatego też już na etapie projektowania likwidacji kopalni należy przewidzieć technologiczne możliwości ujęcia metanu po jej zakończeniu.

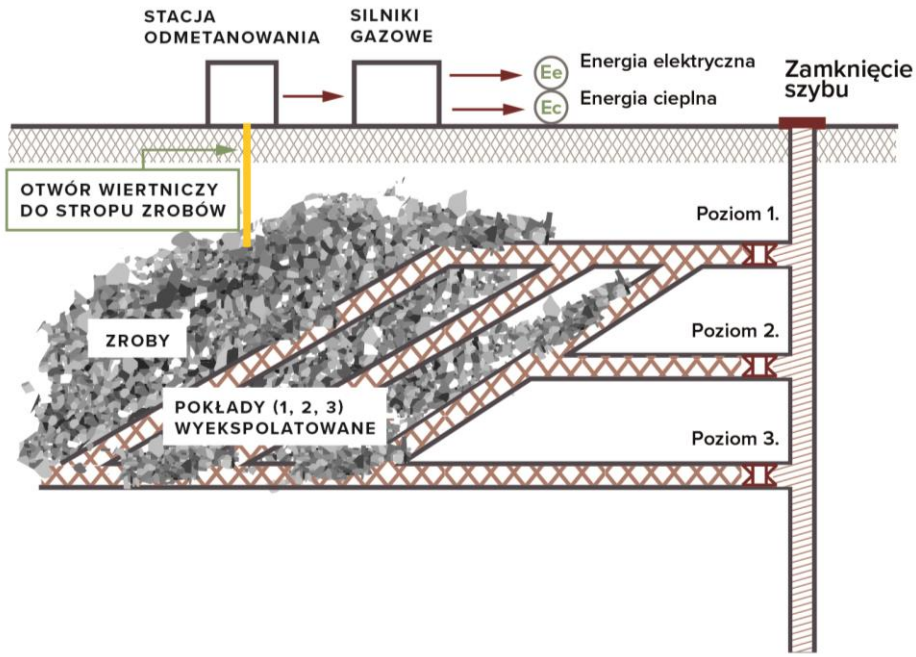
5. SPOSOBY UJĘCIA METANU Z KOPALŃ ZLIKWIDOWANYCH

Podstawowym problemem pozyskania gazu (metanu) jest sposób jego ujęcia z kopalni po przeprowadzeniu jej likwidacji. Zazwyczaj zbiornik metanu w kopalni zlikwidowanej jest odizolowany od powierzchni w wyniku podsadzenia szybów.

W Polsce, generalnie, zamknięte kopalnie nie są przygotowane w fazie ich likwidacji do prowadzenia w przyszłości eksploatacji metanu z powstałego zbiornika gazu, obejmującego jego poeksploatacyjne zroby. W ostatnim czasie w zlikwidowanej kopalni „Jastrzębie" został przygotowany system odmetanowania zrobów poeksploatacyjnych kopalni przez otwór przy szybie Jas 6. Z kolei w czasie likwidacji szybu II w kopalni „1 Maja" przeprowadzono prace zmierzające do wykorzystania istniejącego rurociągu o średnicy 300 mm dla celów odmetanowania zbiornika zrobowego kopalni. Niestety w czasie podsadzania szybu materiałami rurociąg uległ wyboczeniu i rozszczelnieniu, w wyniku czego został podsadzony. Przedstawiony przypadek świadczy o dużym ryzyku wykorzystania istniejących rurociągów w szybach dla celów odmetanowania zlikwidowanej kopalni.

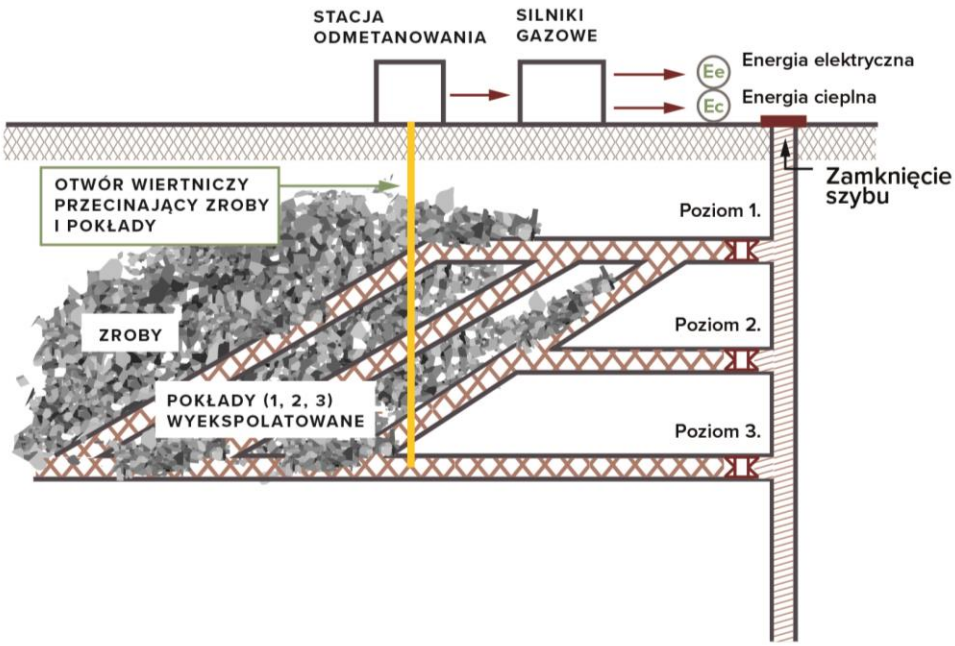
5.1. Sposoby pozyskiwania metanu ze zbiorników gazu

Pierwszym ze sposobów ujęcia gazu (metanu) ze zrobów i wyrobisk zlikwidowanej kopalni jest metoda przez otwór wiertniczy do stropu zrobów (rys. 5.1). Korzystne w tym przypadku jest wykonanie otworu do przestrzeni ponadzrobowej o dużej porowatości i przepuszczalności, powstałej w wyniku prowadzenia eksploatacji. Zasięg odprężenia eksploatacyjnego ścian można wyznaczyć na podstawie obliczeń i nomogramu – rys. 2.4. Przeprowadzenie syntetycznej analizy stref odprężenia prowadzonymi ścianami w przekroju pionowym przez wyeksploatowane odprężone złoże węglowe pozwoli wyznaczyć najbardziej zasadną lokalizację do wykonania odwiertu odmetanowania.



Rys. 5.1. Sposób pozyskania gazu (metanu) otworem wiertniczym do stropu zrobów
Fig. 5.1. Method of obtaining gas (methane) through a borehole to a goaf roof
Źródło: opracowanie własne.

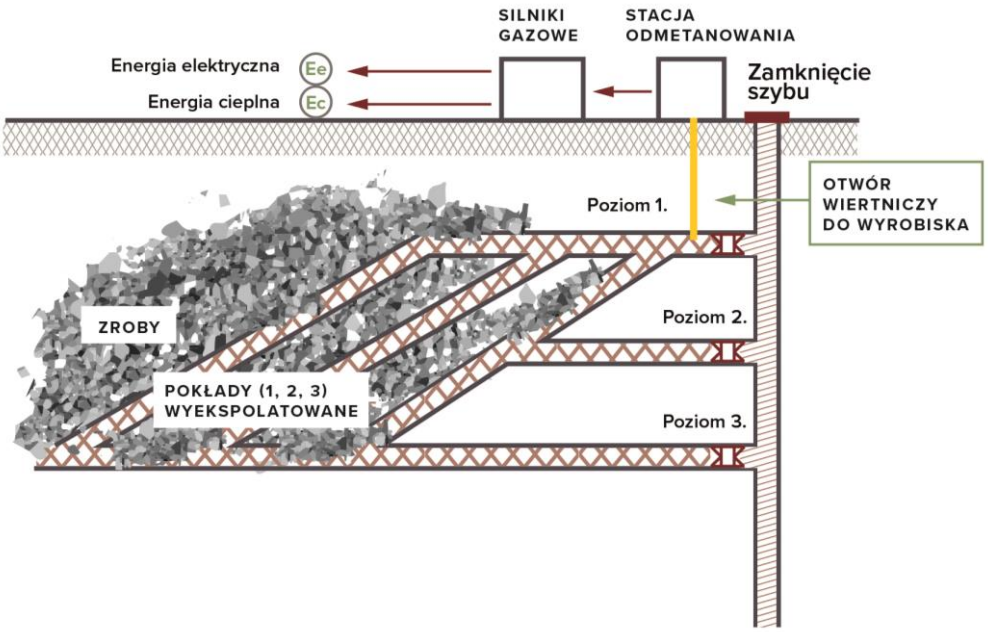
Do kolejnego sposobu należy zaliczyć utworzenie otworu wiertniczego przecinającego zroby. Metoda ta jednak ma wiele wad, do których należy zaliczyć w pierwszej kolejności trudności związane z wykonaniem otworu umożliwiającego pozyskanie metanu w całym przekroju zrobów i pokładów (rys. 5.2). W tym miejscu należy zaznaczyć, że oddziaływanie depresji cieplnej w zrobach kopalni zlikwidowanej powoduje migrację metanu po wznosie zrobów oraz połączeniu zrobów poeksploatacyjnych w kolejnych pokładach „w górę" pomiędzy zrobami, w kierunku warstw nadkładu karbonu. Wykonanie otworu odmetanowania przez zroby w kolejnych pokładach może się przyczynić do znacznego obniżenia się stężenia metanu w ujmowanym gazie przez wykonany otwór z powierzchni. Najwyższe stężenia metanu w gazie zrobowym będą występowały w zbiorniku połączonych zrobów na poziomie 1. (rys. 5.2).



Rys. 5.2. Sposób pozyskania gazu (metanu) otworem wiertniczym przecinającym zroby i pokłady
Fig. 5.2. Method of obtaining gas (methane) through a borehole crossing goafs and deposits
Źródło: opracowanie własne.

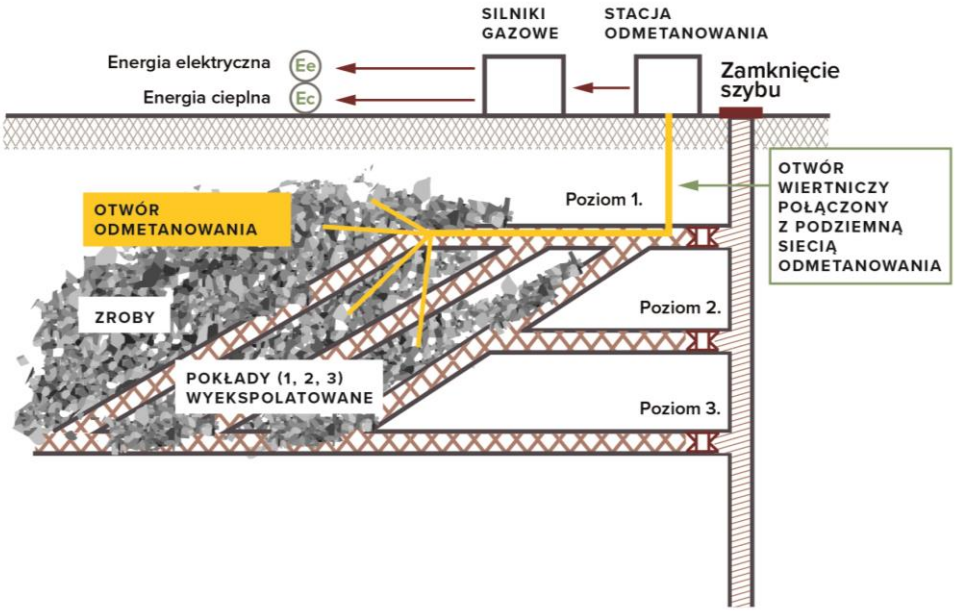
Ujęcie metanu pionowym otworem wierconym z powierzchni do przestrzeni zrobów jest metodą skomplikowaną z uwagi na trudności techniczne jego wykonania. Przecinanie zrobów i pokładów otworem wiertniczym może powodować podsadzenie przecinanych zrobów materiałem płuczki wiertniczej. Metodę tę należy uznać za mało efektywną.

Z kolei pozyskanie metanu ze zbiornika podziemnego gazu otworem wiertniczym do wyrobiska jest z punktu widzenia technicznego metodą prostą do wykonania i niewspółmiernie tańszą od innych sposobów eksploatacji gazu (rys. 5.3). W przypadku izolacji zrobów szczelnymi tamami izolacyjnymi i utworzenia otworu z powierzchni do otamowanej przestrzeni zrobów należy się liczyć z dużą efektywnością ujęcia metanu. Jednak wykonanie otworu z powierzchni do przestrzeni poza otamowane zroby spowoduje ograniczenie wydatku ujmowanego metanu.



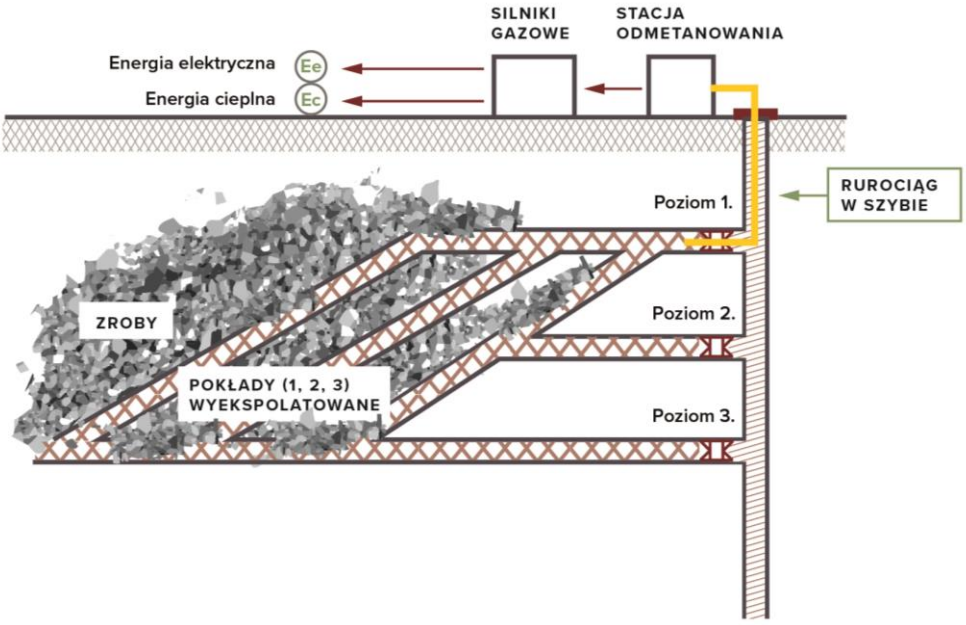
Rys. 5.3. Sposób pozyskania gazu (metanu) otworem wiertniczym do wyrobiska
Fig. 5.3. Method of obtaining gas (methane) through a borehole to excavation
Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym sposobem pozyskania metanu ze zlikwidowanej kopalni jest wykorzystanie istniejącej podziemnej sieci odmetanowania przez połączenie jej z otworem wiertniczym wykonanym z powierzchni. Korzystne jest także przyłączenie otworu do rurociągów byłej sieci odmetanowania, co wymaga wykonania tych prac przygotowawczych w fazie likwidacji kopalni. Metan ten jest ujmowany na powierzchnię do stacji odmetanowania, a następnie gospodarczo wykorzystywany (rys. 5.4). Zaprojektowanie sieci odmetanowania musi uwzględnić niwelację rurociągów eliminującą ich zawodnienie. Brak kontroli rurociągów odmetanowania w zlikwidowanej kopalni oraz wystąpienie stanu awaryjnego sieci odmetanowania może przyczynić się do przerwania ciągłości ujmowanego gazu.



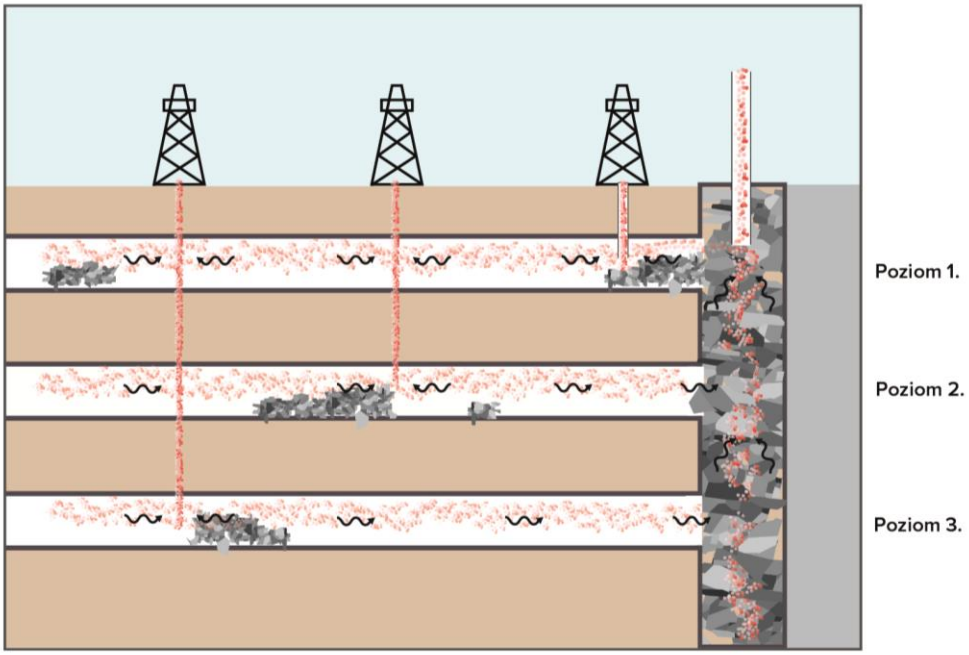
Rys. 5.4. Sposób pozyskania gazu (metanu) otworem wiertniczym połączonym z podziemną siecią odmetanowania
Fig. 5.4. Method of obtaining gas (methane) through a borehole connected with the underground demethanization system
Źródło: opracowanie własne.

Możliwe jest także ujęcie metanu z kopalni zlikwidowanej przez pozostawiony rurociąg odmetanowania lub zabudowany rurociąg w szybie (rys. 5.5). W przypadku podsadzania szybu materiałem należy liczyć się z dużym ryzykiem uszkodzenia rurociągu na skutek obsunięcia się materiału zasypowego w zlikwidowanym szybie.



Rys. 5.5. Sposób pozyskania gazu (metanu) za pomocą rurociągu w szybie
Fig. 5.5. Method of obtaining gas (methane) through a pipeline in a shaft
Źródło: opracowanie własne.

Doświadczenia innych krajów, które pozyskują metan ze zlikwidowanych kopalń, wskazują na korzystniejsze rozwiązania, wdrażane już na etapie ich likwidacji. Rozwiązania takie są stosowane – dla przykładu – w niemieckim górnictwie, gdzie wybrane kopalnie są przygotowywane do odmetanowania zaraz po zakończeniu podsadzenia szybów (rys. 5.6).



Rys. 5.6. Przykładowy schemat przygotowania niemieckiej kopalni do odmetanowania i energetycznego wykorzystania metanu
Fig. 5.6. Exemplary diagram of adjusting a German mine to demethanization and methane use for energy generation
Źródło: opracowanie własne.

W tym przypadku otwory wiertnicze wykonane w celu pozyskania metanu są prowadzone do każdego poziomu oddzielnie. Metoda ta nie powoduje komplikacji technologicznych, o jakich była mowa w przypadku wiercenia jednego otworu przez wszystkie poziomy do przestrzeni zrobów (rys. 5.2).

5.2. Technologie wiertnicze

W ostatnich latach światowe wiertnictwo głębinowe uległo znacznemu rozwojowi. Do metod wiertniczych otworami pionowymi (diagonalnymi) i poziomymi (horyzontalnymi) zostały opracowane metody wierceń kierunkowych i lateralnych (bocznych). W metodach tych wykorzystuje się:

– sprzęt wiertniczy (wiertnie, przewody i gryzery (koronki)),
– rury okładzinowe,

– płuczki wiertnicze,
– urządzenia do sterowania i kontroli wierceń.

Bardzo ważne w tym procesie jest opracowanie metod szczelinowania górotworu, np. łupków, co pozwoli na pozyskanie nowych zasobów gazu ziemnego.

Wszystkie te metody wiertnicze mogą być wykorzystane do wierceń dla pozyskania metanu z pokładów węgla, w tym szczególnie wiercenia otworami pionowymi z powierzchni. Wiertnictwo dysponuje obecnie wieloma wiertniami, które mogą wykonywać otwory różnej długości (głębokości otworu) i o różnych średnicach.

Dla uzyskania dostępu do zrobów pokładów węgla stosowane są zazwyczaj wiertnie małe i średniej wielkości – zazwyczaj przewoźne. Typ wiertnic do wierceń otworów będzie zależał od głębokości wiercenia, średnicy wiercenia oraz założonej kolumny rur okładzinowych. Eksploatacja otworów o niskiej różnicy ciśnień wymaga zwiększenia średnicy rurowania, do czego potrzebne są wiertnice o większym udźwigu.

Dostępność urządzeń wiertniczych na rynku jest bardzo duża. W Polsce i za granicą istnieje wiele firm, które mogą wykonać otwory z powierzchni. Utworzenie przedmiotowych otworów z uwagi na głębokości i warunki górniczo-geologiczne nie jest obecnie przedsięwzięciem skomplikowanym technicznie.

– Płuczka

Do wierceń używana jest zazwyczaj płuczka iłowa utworzona z bentonitu i wody, jako obojętna dla środowiska i skał przewierconych. W przypadku konieczności utrzymania drożności otworu ze zrobami korzystne jest stosowanie płuczki lekkiej, np. powietrznej.

– Rurowanie

Rurowanie otworu powinno być prowadzone z zamykaniem czwartorzędu, trzeciorzędu do stropu karbonu. Liczba kolumn rurowych może być większa w przypadku wierceń w miejscach stwierdzenia dodatkowych horyzontów wodnych w czwartorzędzie, trzeciorzędzie oraz karbonie. Kolumny nie powinny być cementowane do wierzchu.

– Parametry otworów wiertniczych – średnice, głębokości

Obecnie projektuje się średnice docelowe otworów o wymiarach ϕ75; ϕ95,3; ϕ128; ϕ143 mm w karbonie, gdzie przewiercane będą zroby i pokłady niewyeksploatowane. Większe średnice docelowe wiercenia powinny być stosowane przy długościach otworów powyżej 500 m.

– Oddziaływanie na środowisko

Znane są przypadki, kiedy nie przewiduje się oddziaływania na środowisko, gdyż w trakcie eksploatacji gazu nie będzie eksploatowana woda z otworu. Powstałe w trakcie wiercenia odpady popłuczkowe są odbierane przez wyspecjalizowane do tego firmy. Do wytworzenia płuczki używana jest woda słodka.

– Technologia wierceń

Wiercenia wykonywane metodą obrotową są procesem najcichszym. Ich zasadą jest wykonanie otworu odcinkami, np. wiercenie w czwartorzędzie i zamykanie rurami cementowanymi do wierzchu. Następnie odbywa się wiercenie w trzeciorzędzie i zamykanie trzeciorzędu kolumną rur cementowaną na całej długości. Przewiercanie karbonu powinno przebiegać już bez rurowania. W przypadku stwierdzenia obsypywania otworu w karbonie należy zastosować rury perforowane.

– Czas wierceń

Wykonanie otworu do głębokości 350 m przewiduje się w czasie od 1 do 2 miesięcy. Głębsze otwory są tworzone nawet do pół roku. Cały proces tworzenia głębszych otworów trwa nawet do pół roku, a jest podyktowany m.in. względami formalnoadministracyjnymi w urzędach oraz czasem przygotowania planu wierceń.

5.2.1. Urządzenia wiertnicze

Do wierceń mogą być użyte wiertnice [78, 79, 80] lekkie, typu URB (rys. 5.7), WIRTH lub wiertnice cięższe, typu GEFCO (rys. 5.8). Przewód wiertniczy do wierceń może być o średnicy $2\frac{3''}{8}$, $2\frac{7''}{8}$ oraz $3\frac{1''}{2}$.

Do wierceń nie trzeba typowych głowic zabezpieczających ze względu na niewystępowanie wysokiego ciśnienia w trakcie wiercenia. Mogą być używane zasuwy przelotowe z dławikami na przewód. Do wierceń nie jest potrzebna aparatura kontrolno-pomiarowa (AKP) z wyjątkiem pomiarów CH_4 i składu chemicznego gazu.

Rys. 5.7. Wiertnica URB
Fig. 5.7. Drilling rig URB
Źródło: Internet [88].

Rys. 5.8. Wiertnica GEFCO
Fig. 5.8. Drilling rig GEFCO
Źródło: Internet [89].

5.2.2. Przykładowa charakterystyka otworu wiertniczego do zrobów

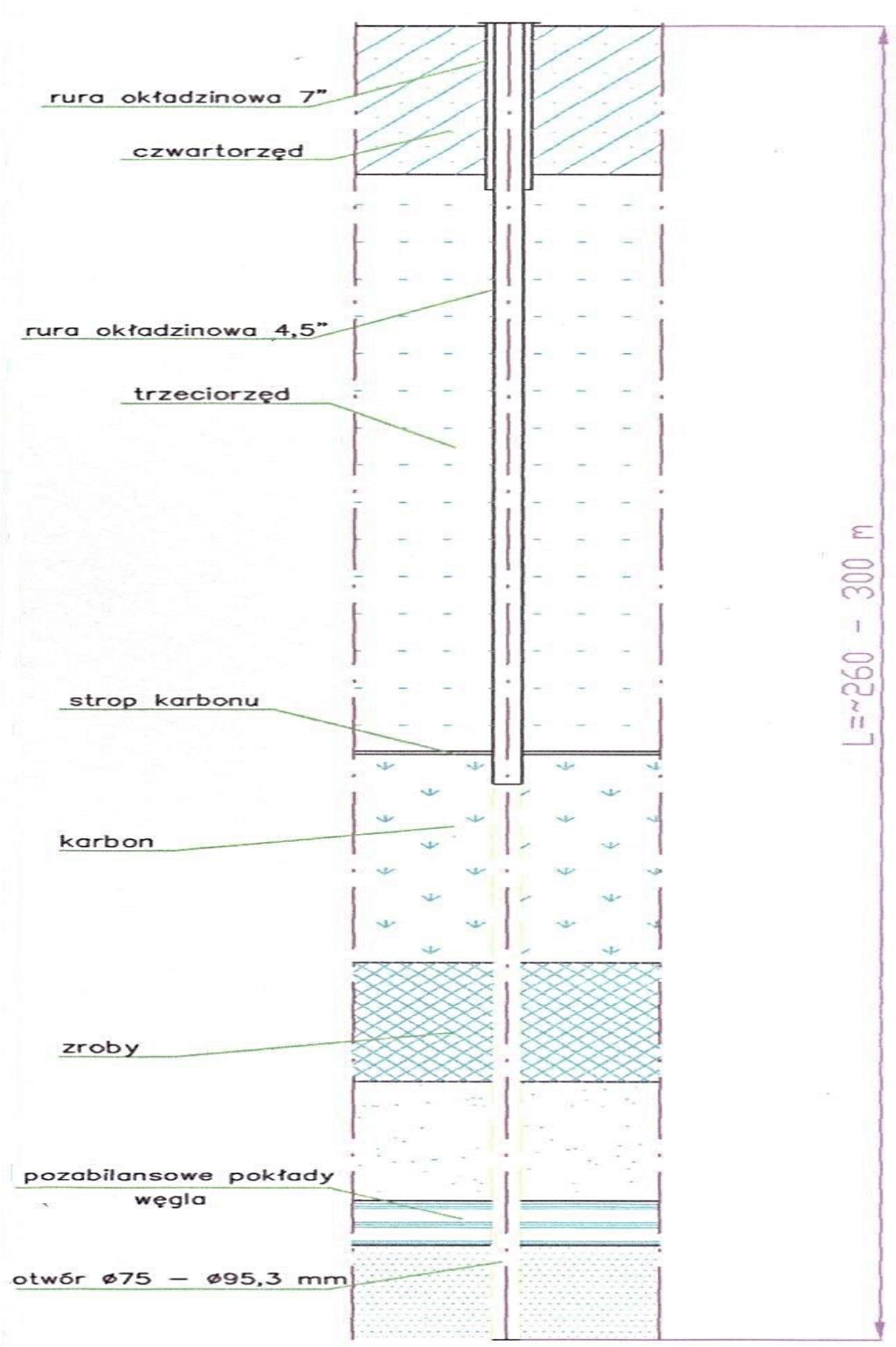
– Lokalizacja

Zroby w zbiorniku Moszczenica powinien udostępnić otwór 2/G zlokalizowany w obrębie Jastrzębia-Zdroju. W tym przypadku dla posadowienia urządzeń wiertniczych do dyspozycji powinien być plac o powierzchni od 1500 do 2000 m².

– Parametry otworu – głębokość, średnice, rurowanie

Przewidywana długość otworu to 260 m. Czwartorzęd będzie przewiercony świdrem ϕ 11” i zarurowany rurami 7”. Trzeciorzęd będzie przewiercony świdrem o średnicy ϕ 210 mm i zarurowany rurami 4”, cementowany do wierzchu. Karbon oraz zroby będą przewiercone świdrem o średnicy 95,3 mm.

Profil stratygraficzny otworu i konstrukcje rurowania przedstawiono na rys. 5.9



Rys. 5.9. Założenia projektowe otworu 2/G
Fig. 5.9. Conceptual design of the hole 2/G
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych w toku analizy badawczej.

- Urządzenia wiertnicze

  Wiertnice, które można stosować do wierceń, to URB i WIRTH. Możliwe jest także użycie wiertnicy ciężkiej typu GEFCO.

- Czas wykonania otworu

  Wraz z formalnościami cywilnoprawnymi i dokumentacyjnymi otwór można wykonać do pół roku.

- Szacunkowy koszt wykonania otworu

  Koszt wykonania otworu będzie zależał od głębokości wiercenia, średnicy końcowej otworu, założonej kolumny rurowania. Dla otworu rurowanego rurami 7” i 5” i wiercenia w karbonie średnicą ϕ 95,3 mm koszt może wynieść około 1 mln zł.

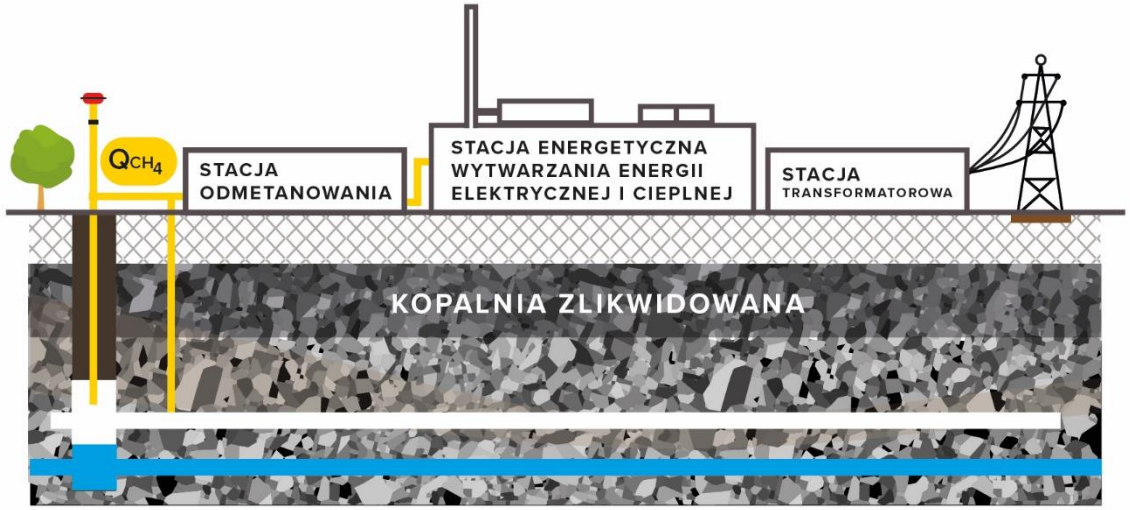
6. SPOSOBY WYKORZYSTANIA METANU Z KOPALŃ ZLIKWIDOWANYCH

Mieszanina gazowa (MG) ujęta w procesie odmetanowania w rurociągu tłocznym ze stacji odmetanowania na powierzchni zawiera przeciętnie 30–50% metanu, a pozostałą część stanowią głównie azot i tlen, w związku z czym wartość opałowa mieszaniny gazowej z odmetanowania mieści się w przedziale od 15 do 25 MJ/m³.

Z powodu relatywnie niskiej zawartości metanu gaz ten nie może być bezpośrednio stosowany jako paliwo w powszechnie używanych instalacjach energetycznych.

Gaz taki może być stosowany jako paliwo [49] (rys. 6.1):

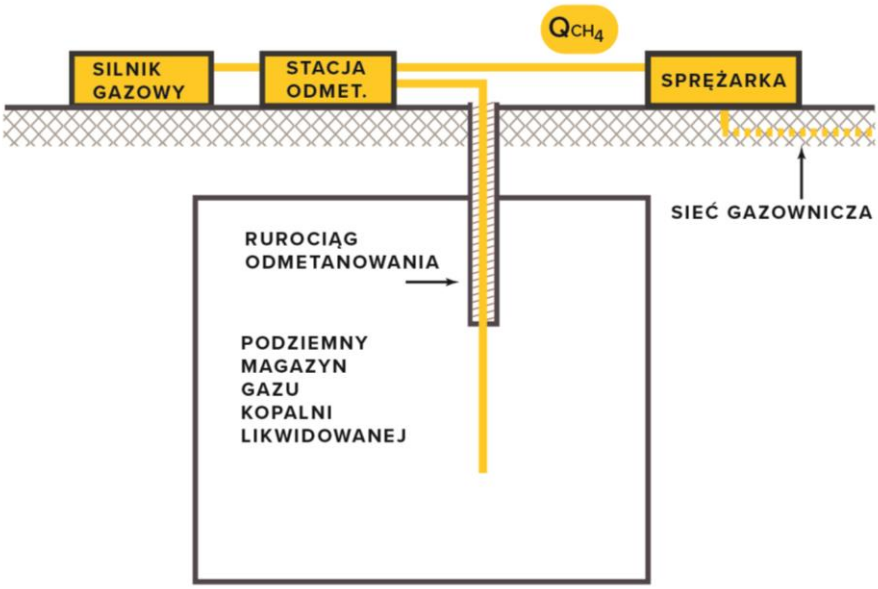
– w kotłach gazowych, gdzie używane są odpowiednie palniki,
– w silnikach gazowych,
– w turbinach gazowych.



Rys. 6.1. Schemat ideowy instalacji dla spalania gazu z odmetanowania kopalni zlikwidowanej
Fig. 6.1. Schematic diagram of the installation for gas combustion from demethanization of a closed mine
Źródło: opracowanie własne.

6.1. Wykorzystanie metanu z kopalni zlikwidowanej, podawanego do sieci gazowniczej

Ujmowany gaz kopalniany może być także oczyszczany z tlenu i azotu, np. w instalacjach wykorzystujących metodę VPSA lub sita molekularne do parametrów zadanych, przykładowo gazu ziemnego sieciowego. Metoda ta charakteryzuje się tym, że niskometanowy gaz ze stacji odmetanowania kopalni zlikwidowanej za pomocą sprężarki wysokoprężnej może być wtłaczany do rurociągu gazu ziemnego o dużym wydatku strumienia. W wyniku regulowanego mieszania strumieni gazów może nastąpić nieznaczne obniżenie zawartości metanu w rurociągu gazu ziemnego. Płynna, kontrolowana regulacja strumienia gazu z kopalni zlikwidowanej pozwoli na uzyskaniu zadanych wcześniej parametrów jakościowych odrębnie dla każdej instalacji gazowniczej (rys. 6.2).

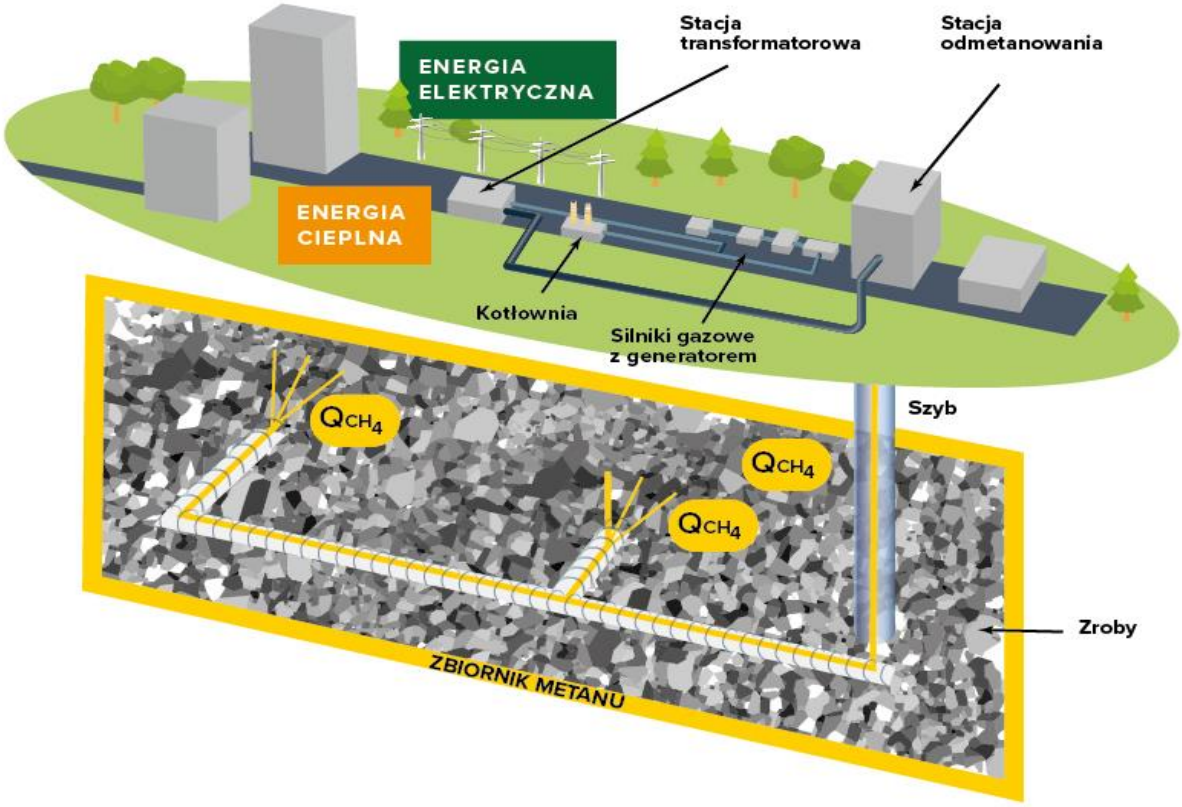


Rys. 6.2. Schemat podłączenia oczyszczonego gazu (metanu) do sieci gazowniczej
Fig. 6.2. Connection scheme for purified gas (methane) to supply gas grid
Źródło: opracowanie własne.

6.2. Wykorzystanie mieszaniny gazowej jako paliwa w silnikach gazowych

Kolejnym rozwiązaniem jest spalanie metanu pozyskanego z odmetanowania zlikwidowanych kopalń w silnikach gazowych. Ze względu na dużą sprawność oraz stosunkowo niski poziom wymaganych nakładów inwestycyjnych większość skojarzonych układów energetyczno-ciepłowniczych jest budowana na podstawie tłokowych silników spalinowych [42, 43]. Ideę wykorzystania metanu z odmetanowania zlikwidowanej kopalni jako paliwa napędzającego gazowe silniki tłokowe przedstawiono na rys. 6.3. Silniki gazowe są produkowane głównie przez

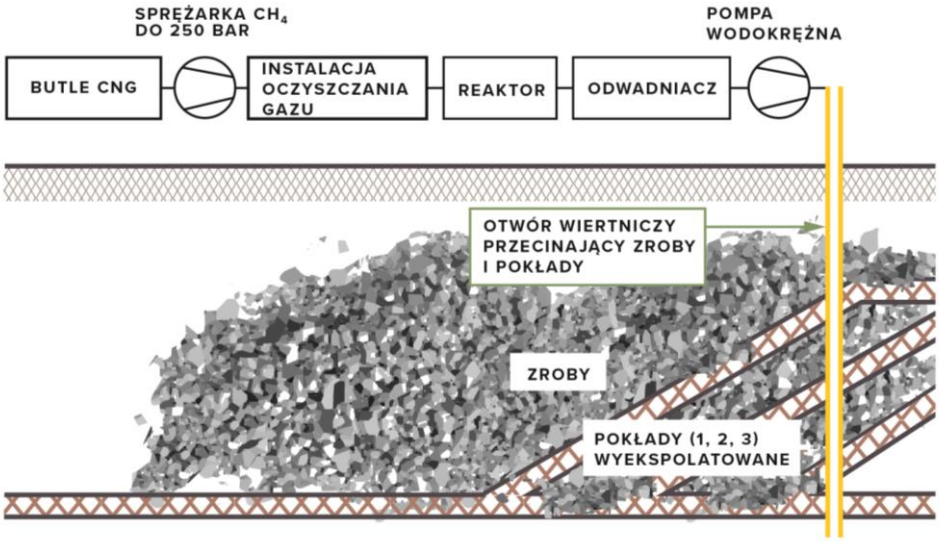
firmy: Deutz A.G., GE Jenbacher A.G., Wärtsilä, Perkins Engine, Viessmann, Caterpillar.



Rys. 6.3. Schemat ideowy wykorzystania metanu pozyskanego ze zbiornika zlikwidowanej kopalni węgla kamiennego do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła dla osiedla mieszkaniowego
Fig. 6.3. Schematic diagram for utilization of methane from a tank in the closed coal mine to generate energy and heat for a housing estate
Źródło: opracowanie własne.

6.3. Wykorzystanie metanu z kopalni zlikwidowanej jako paliwa CNG

Jednym z kolejnych sposobów wykorzystania gazu z odmetanowania kopalni zlikwidowanej może być zastosowanie technologii jego sprężania i transportowania w zbiornikach (rys. 5.4) do użytkownika. W przypadku oczyszczenia ujętej mieszaniny gazowej do parametrów gazu ziemnego może być ona wykorzystywana jako surowiec do produkcji gazu sprężonego (CNG) lub ciekłego (LNG) (rys. 6.4). Z kolei przy uwzględnieniu kosztów wszystkich typów instalacji najkorzystniejszym wariantem jest bliskość odbiorcy oraz stałe w czasie zapotrzebowanie [38].



Rys. 6.4. Schemat układu do pozyskania i utylizacji metanu ze zbiornika gazu kopalni zlikwidowanej
Fig. 6.4. Scheme for methane obtaining and utilization system from a gas tank in a closed mine
Źródło: opracowanie własne.

Gwałtowny rozwój nowoczesnych technologii do budowy urządzeń wykorzystywanych w gazownictwie sprzyja zastosowaniu ich m.in. do:

- sprężania gazu pozyskanego z otworów odmetanowania [44],
- budowy indywidualnych baterii pojemników, umożliwiających transportowanie gazu,
- budowy instalacji do napełniania zbiorników gazu w pojazdach samochodowych, w tym w autobusach, np. w komunikacji miejskiej (rys. 6.5).

Rys. 6.5. Pakiety zbiorników wysokociśnieniowych 80 litrów pojemności każdy z jednym przyłączem do napełniania, ciśnienie robocze 350 barów
Fig. 6.5. Sets of high-pressure tanks with 80 L capacity each, with one filling connection, working pressure 350 bars
Źródło: Napieraj S., Nawrat S., Utylizacja metanu pokładów węgla polskich kopalń, materiały konferencyjne.

7. ZBIORNIK GAZU PO ZLIKWIDOWANEJ KOPALNI „MORCINEK”

Zlikwidowana Kopalnia Węgla Kamiennego „Morcinek” była położona w miejscowości Kaczyce, a jej obszar górniczy znajdował się pomiędzy miastami Cieszyn i Jastrzębie-Zdrój. Od strony zachodniej graniczył przez rzekę Olzę z obszarem górniczym „Louky”, należącym do czeskiej kopalni węgla kamiennego „CSM”. Kopalnia ta była jedną z najmłodszych kopalń w Polsce [34, 97].

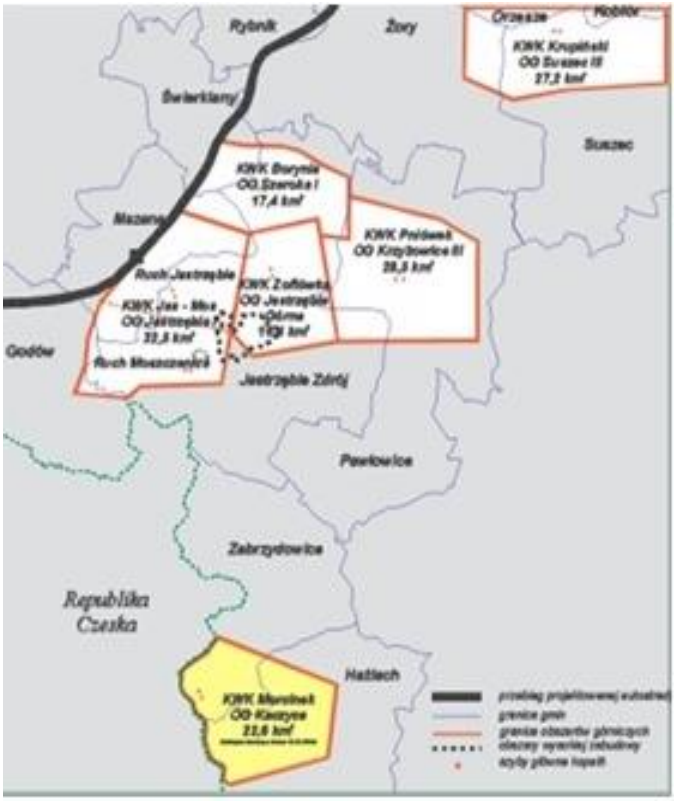
Obszar górniczy kopalni „Morcinek” wynosił 22,6 km^2, a jej teren górniczy 32,1 km^2. Złoże udostępniono szybami 1, 2, 3, zlokalizowanymi na powierzchni głównego zakładu górniczego w zachodniej części, w strefie przygranicznej. Szyby te osiągnęły głębokości odpowiednio 1143, 1213 i 1130 m. Wydrążono również do głębokości 650 m szyb 5, który nie miał żadnych połączeń z innymi wyrobiskami kopalni i przez cały okres funkcjonowania kopalni służył jako podziemny zbiornik metanu.

Kopalnia miała tylko jeden czynny poziom wydobywczy 950 m ppt (-720 m n.p.m.) oraz dwa poziomy wentylacyjne: 800 m ppt (-550 m n.p.m.) i 650 m ppt (-410 m n.p.m.), z kamiennym modelem udostępnienia złoża i wytycznymi wzdłuż granicy państwa i przekopami polowymi wzdłuż głównych równoleżnikowych dyslokacji tektonicznych.

Kopalnia „Morcinek” rozpoczęła eksploatację węgla 4.02.1986 roku w pokładzie 404/1-2, ściana A-2 o miąższości do 4,0 m na poziomie 950 m, jako zakład górniczy należący do ówczesnego Rybnicko-Jastrzębskiego Gwarectwa Węglowego. Dalsza eksploatacja była prowadzona na poziomach 950 i 800 m w pokładach rudzkich: 404/1-2 (średnia grubość 3,5 m), 404/3-4 (4,5 m), 406/1 (5,0 m), 406/1-2 (2,0 m), 407/3 (1,4 m), 410/1 (2,0 m), 414/1 (1,8 m) i 416/1-2 (4,0 m), systemem ścianowym na zawał [46].

Złoże węgla zalegające w obszarze górniczym eksploatowanym przez kopalnię „Morcinek” zalega na tzw. przedpolu Karpat, na którym w okresie pokarbońskim doszło do sedymentacji osadów słabozwięzłych brekcji, żwirowców i piaskowców pochodzących ze zniszczenia trzona ww. pasma górskiego, które łącznie ze zwietrzałym druzgotem przystropowej części karbonu utworzyły na 75% powierzchni

karbonu potężny zbiornik wodno-gazowy o ciśnieniu wody do około 7,0 MPa i zasobach 5,7 mln m^3/km^2, a zasoby gazu (według stanu na 1989 rok) – 189 mln m^3. Miąższość tej serii waha się od 9 do około 100 m przy średniej około 40 m. Wymienione osady w Polsce nazwano warstwami dębowieckimi, a po stronie czeskiej detrytem. Charakterystykę kopalni i mapę obszarów górniczych JSW S.A. oraz granic administracyjnych przedstawiono na rys. 7.1.



Lp.	Wyszczególnienie	J.m.	
1.	Obszar górniczy	km^2	22,6
2.	Rok uruchomienia		1987
3.	Liczba szybów	szt.	3
4.	Głębokość eksploatacji	m	950
5.	Typ węgla		35,1
6.	Zdolność wydobywcza	t/d	6500
7.	Zatrudnienie – stan na dzień 31.12.1998 r.	osoby	1789
8.	Wydobycie węgla (netto)	t/d	3800
9.	Wydajność na 1 zatrudn.	t/pr./r	384
10.	Cena zbytu	zł/t	145,38
11.	Koszty sprzedaży	zł/t	197,48
12.	Akumulacja	zł/t	-52,10
13.	Wynik brutto	tys. zł	-93508,2

Rys. 7.1. Charakterystyka kopalni „Morcinek”
Fig. 7.1. Description of „Morcinek” mine
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych w toku analizy badawczej.

Pokłady węgla były zaliczone do IV kategorii zagrożenia metanowego, w związku z czym prowadzone było ich odmetanowanie, a gaz był odprowadzany na powierzchnię za pomocą powierzchniowej stacji odmetanowania i następnie spalany w palnikach gazowych kotłów WR elektrociepłowni kopalnianej. Na uwagę zasługuje zastosowane rozwiązanie wykorzystania pojemności nieukończonego szybu 5 dla retencji nadmiaru metanu z odmetanowania.

7.1. Likwidacja kopalni „Morcinek”

W związku z trwałą nierentownością KWK „Morcinek” została postawiona w stan likwidacji w 1998 roku. W odniesieniu do likwidacji szybów kopalni „Morcinek” zastosowanie mogło mieć w zasadzie 5 wariantów [3, 51, 52]:

- likwidacja przez zamknięcie płytami szybów i utrzymywanie odwadniania pompą głębinową lub przez rurociąg z komorami przelewowymi,
- likwidacja przez zatopienie wodą słodką z zewnątrz (z Olzy),
- likwidacja przez samozatopienie (wodą słoną) – bardzo duży dopływ wody do kopalni z warstw dębowieckich,
- otamowanie szybów w sposób umożliwiający utworzenie z kopalni zbiornika gazu - metanu (magazynu gazu ziemnego),
- likwidacja przez zasypanie w sposób umożliwiający ich rekonstrukcję w przyszłości.

Z przeprowadzonych analiz dotyczących wyłączenia kopalni „Morcinek” z ruchu i związanych z tym prac dla zabezpieczenia szybów jako podstawowych wyrobisk do dalszych rozważań przyjęto:

wariant I – izolacja poszczególnych rejonów i podszybi tamami oraz zamknięcie szybów płytami żelbetowymi z pozyskiwaniem metanu przez istniejącą sieć rurociągów odmetanowania,

wariant II – likwidacja szybów przez ich zasypanie materiałem, np. mieszaniną piasku i kamienia popłuczkowego, umożliwiającym ich późniejsze odtworzenie.

W związku z brakiem zainteresowania się przez Polskie Górnictwo Nafty i Gazu wariantem I, zmierzającym do utworzenia zbiornika gazu ziemnego, przystąpiono do realizacji wariantu II.

KWK „Morcinek” po zakończeniu wydobycia ze ścian, co nastąpiło 31.10.1998 roku, rozpoczęła likwidację wyrobisk podziemnych [51, 56]. W pierwszej kolejności zdemontowano i wytransportowano wyposażenie ścian i wyrobisk przyścianowych. Następnie wykonano korki podsadzkowe, zamykające rejony ścian. W dalszej kolejności demontowano i wydawano urządzenia oraz tamowano wyrobiska i rejony wentylacyjne, począwszy od najdalej położonych od szybów. W ostatniej fazie wykonano korki izolacyjno-oporowe na podszybiach szybów I, II i III zgodnie z opracowanym projektem i technologią.

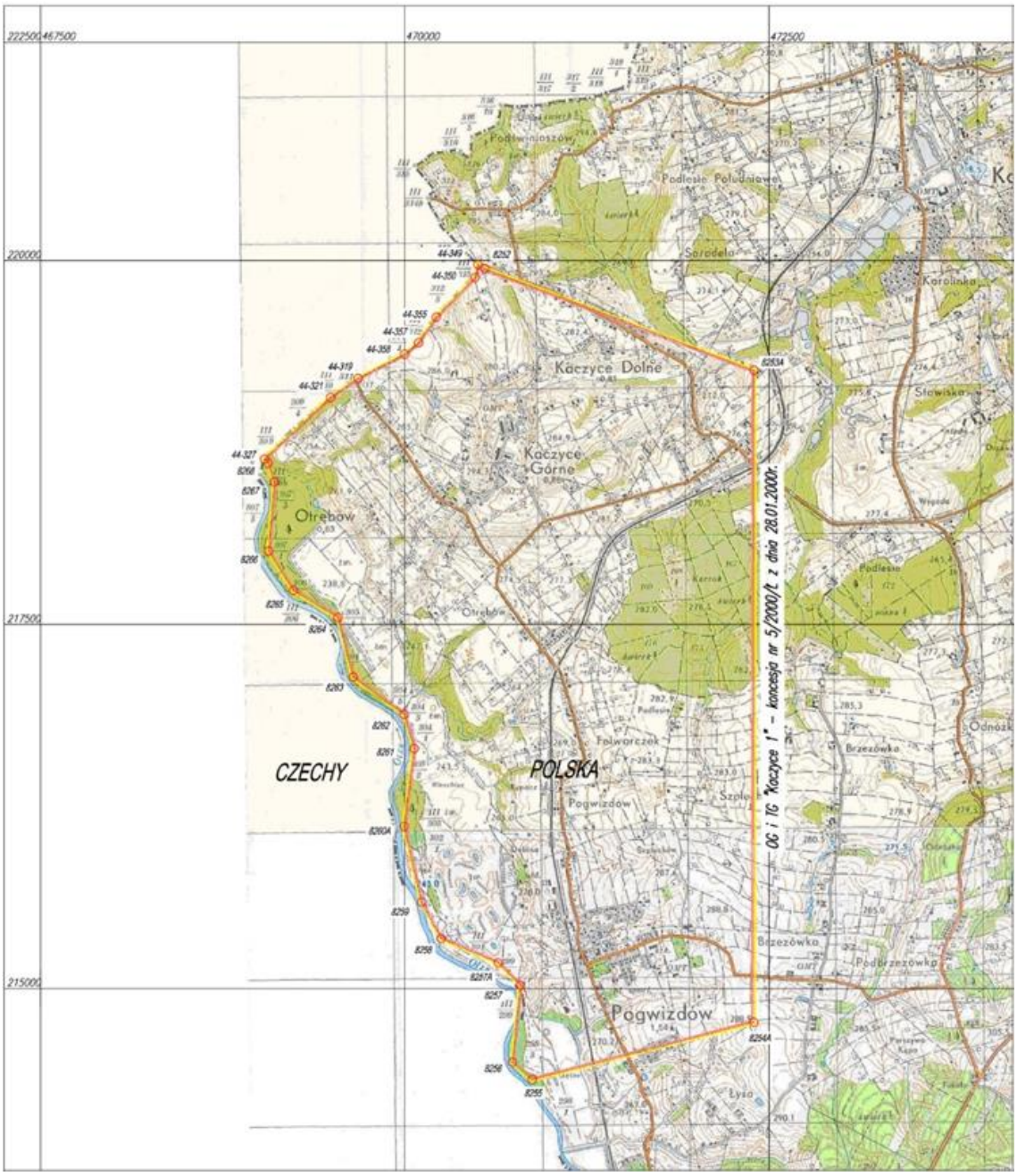
Po zlikwidowaniu i otamowaniu wyrobisk dołowych przystąpiono do likwidacji 4 szybów kopalnianych o łącznej długości 4136 m przez zasypanie ich materiałem

podsadzkowym, jakim były niesegregowane skały (piaskowce, łupki piaszczyste i ilaste, odpady poprzeróbcze itp.).

W projekcie likwidacji kopalni ważną kwestią jest ustalenie sposobu wentylacji wyrobisk w czasie postępującego ich tamowania i zasypywania szybów kopalnianych. Ma to istotne znaczenie w przypadkach likwidacji kopalń metanowych ze względu na możliwość wystąpienia mieszanin powietrzno-metanowych o składzie wybuchowym. W związku z tym w ostatnim etapie likwidacji kopalni ważne jest ustalenie kolejności zasypywania szybów, tak aby jak najdłużej utrzymywać ich przewietrzanie prądami przepływowymi.

7.2. Zbiornik metanu

Koncesję wydaną przez ministra środowiska, która uprawnia do rozpoznawania złóż metanu i wydobywania metanu z pokładów węgla kamiennego w obszarze „Kaczyce I", położonym na terenie gmin Hażlach i Zebrzydowice w województwie śląskim, ma spółka Karbonia S.A. Zgodnie z decyzją ministra środowiska w sprawie szczegółowych warunków wydobycia metanu ze złoża „Kaczyce I" powierzchnię obszaru określono na 12,99 km^2 (rys. 7.2).



Rys. 7.2. Mapa obszaru górniczego „Kaczyce I”
Fig. 7.2. Map of „Kaczyce I” mining area
Źródło: materiały własne firmy Karbonia S.A.

Wydobycie metanu ze zrobów poeksploatacyjnych zlikwidowanej kopalni „Morcinek” rozpoczęto we wrześniu 2004 roku. Gaz jest odprowadzany przez otwór Kaczyce 1/01, odwiercony w sierpniu 2001 roku do głębokości 680 m. Gaz ten jest wykorzystywany przez spółkę Green Gas DPB, mającą swoją siedzibę w Paskowie w Republice Czeskiej.

7.2.1. Geologiczne i górnicze uwarunkowania akumulacji metanu w złożu

Akumulacja metanu w formacjach węglonośnych może następować w porowatych skałach zbiornikowych (żwirowce, piaskowce, gruboziarniste mułowce) lub w pokładach węgla kamiennego i substancji węglowej rozproszonej w skałach płonnych. Specyficzną jej formą są także nagromadzenia metanu w pustych przestrzeniach górotworu, utworzonych w wyniku działalności górniczej. W każdym jednak przypadku dla jej wystąpienia jest konieczna izolacja kolektorów metanu od ewentualnych dróg migracji gazów do atmosfery (tzw. zamknięta struktura złoża).

Dodatkowym czynnikiem wpływającym na warunki akumulacji metanu w złożu „Kaczyce I" wydaje się być występowanie w spągu osadów mioceńskich wysoko przepuszczalnych skał warstw dębowieckich. Warstwy te, tworzące horyzont wodno-gazowy, zalegają bowiem bezpośrednio na kompleksie karbońskim i charakteryzują się bezpośrednim kontaktem hydraulicznym z karbonem zarówno przez ławice osadów przepuszczalnych, jak i przez spękania poeksploatacyjne czy, wspomniane wyżej, niezlikwidowane otwory odwadniające, odwiercone z wyrobisk zlikwidowanej KWK „Morcinek".

Tabela 7.1

Zestawienie zasobów geologicznych metanu złoża „Kaczyce I" według stanu na dzień 31.12.2001 roku

Kopalina	Razem kat. C	Zasoby bilansowe [mln m^3]	
		kat. B	kat. C
Metan pokładów węgla (gaz wolny)	2,970	-	2,970
Metan pokładów węgla (gaz sorbowany)	54,768	-	54,768
Razem	57,738	-	57,738

Źródło: opracowanie własne na podstawie analizy materiałów badawczych.

7.2.2. Charakterystyka kolektora metanu wolnego

Podjęcie decyzji o likwidacji KWK „Morcinek" pociągnęło za sobą także przerwanie (w dniu 01.04.2000 roku) odwadniania wyrobisk górniczych. Dopływające do nich wody podziemne zaczęły więc stopniowo wypełniać dostępne przestrzenie kolektora. Dla oceny warunków występowania i eksploatacji metanu ze złoża „Kaczyce I" oraz dla oszacowania jego zasobów kluczowe znaczenie miało zatem

obliczenie objętości całkowitej kolektora i tej jej części, która nie została wypełniona wodą do chwili oszacowania zasobów.

Łącznie pojemność wodną kolektora w złożu „Kaczyce I" oszacowano na około 3342 tys. m^3, z czego 1463 tys. m^3 obejmują zroby i wyrobiska korytarzowe, a 1879 tys. m^3 spękania i pory w bezpośrednim sąsiedztwie zrobów i korytarzy.

Prognozę dopływu wody do wyrobisk górniczych w miarę zatapiania kopalni (od 1.04.2000 roku) wykonano, przyjmując na podstawie obserwacji z byłej czynnej kopalni „Morcinek" maksymalne natężenie dopływu w wysokości 0,8 m^3/min. Założono jednocześnie, że wielkość dopływu będzie się obniżać proporcjonalnie do zmiany wysokości położenia zwierciadła wody w zbiorniku. Stosując prognozowane wielkości dopływu i znając rozkład pojemności wodnej w poszczególnych interwałach głębokościowych, oszacowano, że według stanu na 31.12.2001 roku wypełnione wodą zostało około 720 tys. m^3 objętości kolektora, a zwierciadło wody znajdowało się na rzędnej około -691 m n.p.m. Oznaczało to, że z całkowitej pojemności wodnej górotworu byłej KWK „Morcinek" (3342 tys. m^3) niezapełnionych wodą pozostało około 2623 tys. m^3.

7.2.3. Przebieg rozpoznania warunków gazowych złoża

Złoże węgla kamiennego zlikwidowanej kopalni „Morcinek" jest złożem wielopokładowym o zmiennej grubości i jakości pokładów. Na podstawie badań stwierdzono, że występują tu węgle humusowe, a podrzędnie koks naturalny.

Obserwacje i badania mioceńskich horyzontów wodno-gazowych były prowadzone w trakcie wiercenia poszczególnych otworów. Objęły one pomiary ciśnień głowicowych, wydajności gazu i wody dopływającej do otworów (wolny wypływ z interwału poddanego perforowaniu) oraz badania chemizmu dopływających gazów.

Pierwszym otworem, w którym odnotowano dopływ gazu, był otwór Brzezówka IG-1. Uzyskano w nim następujące wyniki:

- gł. 388,0 – 390,0 m – dopływ gazu o wydajności q_g = 17,4 m^3/min, statyczne ciśnienie głowicowe P_{gs} = 34,4 atm,
- gł. 576,0 – 578,0 m – dopływ wody z gazem, P_{gs} = 40 atm,
- gł. 640,0 – 642,0 m – dopływ wody z gazem, P_{gs} = 47 atm,
- gł. 705,0 – 707,0 m – dopływ wody z gazem, P_{gs} = 41 atm,
- gł. 736,0 –738,0 m – dopływ gazu, q_g = 0,25 m^3/min, P_{gs} = 22 atm.

Dopływ gazu stwierdzono również w otworze badawczym nr 2 pod szybem II, gdzie w przedziale głębokości 529,0 – 556,0 m odnotowano q_g = 5,98 m^3/min przy

ciśnieniu dynamicznym P_{gd} = 24,8 atm. W pozostałych otworach zostały odnotowane jedynie śladowe dopływy gazu i wody.

Badania chemizmu gazu wypływającego z otworu (Brzezówka IG-1) lub pobranego próbnikiem złoża typu Halliburton („Kaczyce 1", „9" i „13") przeprowadzono w 19 udostępnionych interwałach głębokościowych miocenu. Wykazały one następujący skład gazu ziemnego zawartego w horyzontach mioceńskich:

CH_4 – od 10,93 do 98,65% objętości,
C_2H_6 – od 0,010 do 0,143%,
C_3H_9 – od 0,000 do 0,007%,
N_2 – od 1,20 do 69,79%,
CO_2 – od 0,00 do 0,96%,
H_2 – od 0,00 do 1,37%,
He – od 0,000 do 0,066%.

Chemizm gazu w piaskowcach mioceńskich badano również z użyciem metody jednofazowej degazacji równocześnie z oznaczeniami gazonośności piaskowców. Ogółem określono w ten sposób skład gazów w 3 próbkach piaskowców.

Chemizm gazu wolnego

Danych na temat chemizmu gazu w kolektorze dostarczyły laboratoryjne analizy jego próbek pobranych z otworu „Kaczyce 1/01" oraz pomiary prowadzone analizatorem MULTOR 610 w trakcie testów produkcyjnych po zakończeniu wiercenia (tabela 7.2).

Tabela 7.2

Wyniki laboratoryjne analizy chemizmu gazu (w % obj.) w otworze „Kaczyce 1/01"

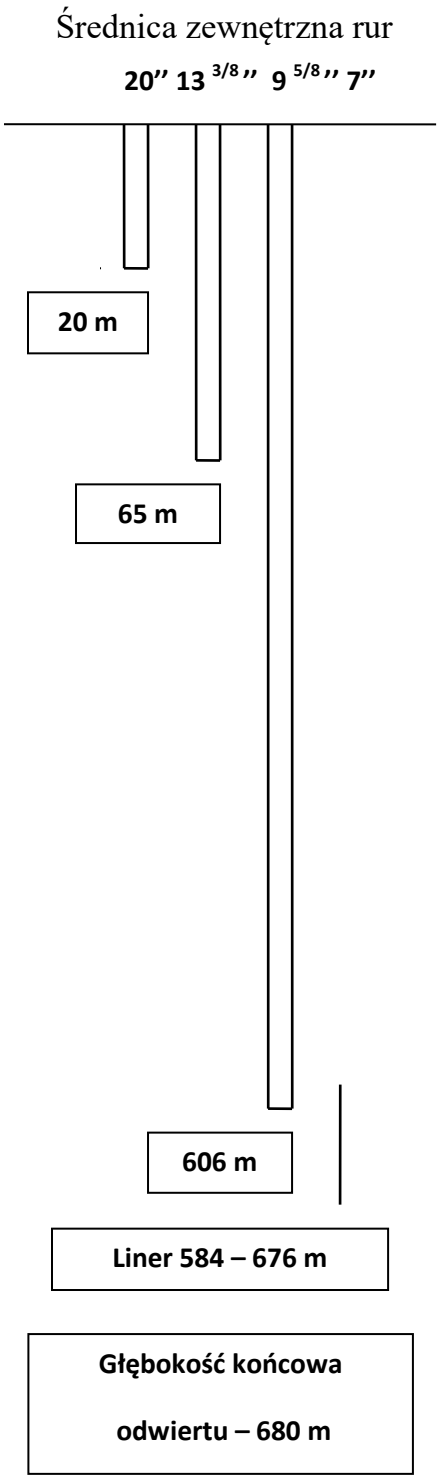
Data analizy	Zawartość w [% obj.] (dla C_2H_6 w [ppm]):					
	CH_4	C_2H_6	CO_2	CO	O_2	H_2S
11.10.2001	91,8	487	0,00	0,0	0,0	0,0
21.11.2001	98,8	482	0,00	0,0	0,0	0,0
12.12.2001	92,3	bd	2,50	0,0	1,8	bd
17.01.2002	98,8	bd	0,14	0,0	0,0	bd
14.02.2002	98,5	bd	0,02	0,0	0,0	bd
05.03.2002	95,2	bd	0,04	0,0	0,0	bd
15.03.2002	93,7	bd	1,10	0,0	0,5	bd
15.03.2002	91,3	bd	1,00	0,0	1,5	bd
09.05.2002	97,8	bd	0,20	0,0	0,0	bd
Średnio:	95,4	484,5	0,60	0,0	0,4	0,0

Źródło: dane firmy Karbonia S.A.

Wyniki analiz laboratoryjnych pokazały, że głównym składnikiem gazu wolnego jest metan, którego koncentracja kształtuje się w granicach 91,3 – 98,8% (średnio 95,4%). Ponadto w gazie obserwowano obecność dwutlenku węgla (0,0 – 1,8%, średnio 0,6%), tlenu (0,0 – 1,5%, średnio 0,4%) i śladowych ilości etanu. Dopełnienie do 100% stanowił prawdopodobnie azot, którego ilości jednak nie mierzono.

7.3. Odwiercenie otworu dla pozyskania metanu

Dla pozyskania metanu firma Karbonia PL sp. z o.o. (obecnie Karbonia S.A.) wykonała odwiert „Kaczyce 1/01”, którego konstrukcję i dane techniczne przedstawiono na rys. 7.3.



KONSTRUKCJA ODWIERTU					
Odwiert	„KACZYCE 1/01"		Głębokość końcowa (m)	680	
Miejscowość	Kaczyce		Gmina	Zebrzydowice	
Perforacja (m)	Rury 7" cięte w interwale 676-618				
Lp.	Opis techniczny		ID mm	Głębokość	
				od (m)	do (m)
I	Kolumna prowadnikowa				
	Stal J55, ścianka 11,13mm	20"	485,7	0	20
	Stal K55, ścianka 10,92 mm	13 ⅜"	317,9	0	65
	Płaszcz cementowy do wierzchu				
II	Kolumna techniczna	9 ⅝"	224,4	0	606
	Stal K55, ścianka 10,03 mm				
	Płaszcz cementowy do wierzchu				
III	Kolumna eksploatacyjna – liner	7"	157,1	584	676
	Ścianka 10,36 mm				
	Cięte w interwale 676-618 m 15% powierzchni o wymiarach szczeliny 15×40 mm				

Rys. 7.3. Konstrukcja i dane techniczne otworu „Kaczyce 1/01"
Fig. 7.3. Construction and technical data for the hole „Kaczyce 1/01"
Źródło: opracowanie własne na podstawie zebranych danych z firmy Karbonia S.A.

Firma ta od 2004 roku prowadzi ciągłe odgazowanie złoża metodą otworową w rejonie prowadzonej eksploatacji górniczej (zroby pola B) – rys. 7.4.

Rys. 7.4. Instalacja na powierzchni. Otwór „Kaczyce 1/01" – głowica otworu
Fig. 7.4. Overground installation. The hole „Kaczyce 1/01" – its head
Źródło: materiały własne.

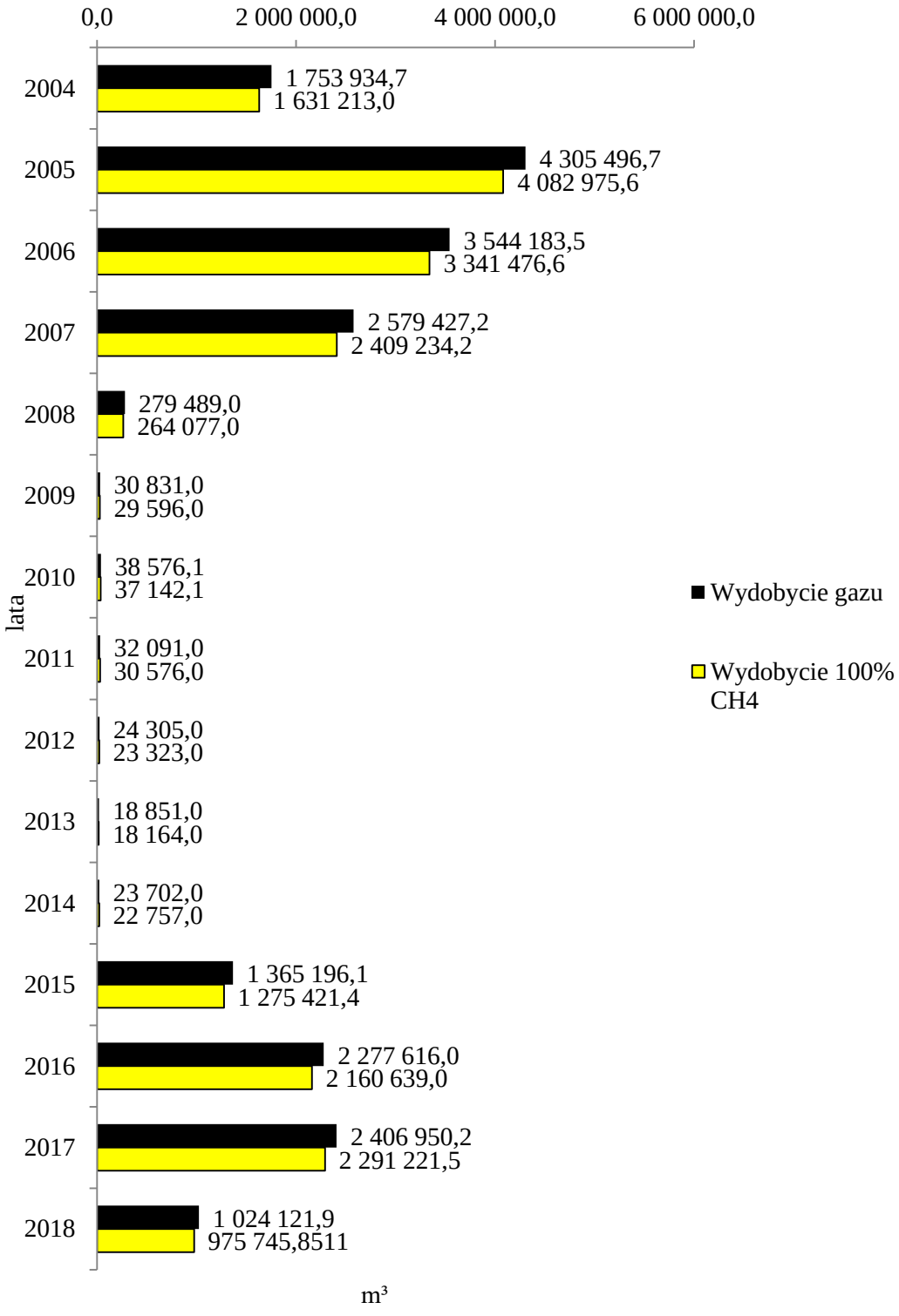
Tabela 7.3

Wydobycie metanu ze złoża „Kaczyce 1"

Data	Wydobycie gazu (Nm^3)	Wydobycie 100% CH_4 (Nm^3)
od czerwca 2004	1 753 934,70	1 631 213,01
2005	4 305 496,70	4 082 975,56
2006	3 544 183,50	3 341 476,55
2007	2 579 427,20	2 409 234,18
2008	279 489,00	264 076,98
2009	30 831,00	29 596,00
2010	38 576,10	37 142,09
2011	32 091,00	30 576,00
2012	24 305,00	23 323,00
2013	18 851,00	18 164,00
2014	23 702,00	22 756,99
2015	1 365 196,10	1 275 421,41
2016	2 277 616,00	2 160 639,01
2017	2 406 950,20	2 291 221,49
do października 2018	1 024 121,90	975 745,85
Suma narastająco	19 704 771,40	18 593 562,11

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych zebranych z firmy Karbonia S.A.

Odbiorcą pozyskanego gazu jest Green Gas DPB. Wydobycie gazu ze złoża „Kaczyce I” w latach 2004-2018 przedstawiono na rys. 7.5.



Rys. 7.5. Wielkości wyeksploatowanego metanu ze złoża „Kaczyce I”
Fig. 7.5. Quantities of exploited methane from „Kaczyce I” deposit
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych w toku analizy badawczej.

7.4. Odwadnianie zbiornika gazu

Przedsięwzięcie polegające na odwodnieniu zakładu górniczego „Kaczyce I" i na utrzymaniu obniżonego poziomu zwierciadła wody podziemnej w kolektorze metanu za pomocą otworów drenażowych, odwierconych z wyrobisk czynnej kopalni ČSM do zatopionych wyrobisk zlikwidowanej kopalni „Morcinek", jest realizowane na podstawie pozwolenia wodnoprawnego uzyskanego przez Karbonię S.A. Odbiorcą wód pochodzących z odwodnienia zakładu górniczego „Kaczyce I" jest czeska kopalnia ČSM, która przez swój podziemny system odwadniania i następnie przez powierzchniowy system odprowadzania wód do Potoku Karwińskiego również wprowadza do wód powierzchniowych dodatkowo przejęte wody podziemne z zakładu górniczego „Kaczyce I". Czeska kopalnia ČSM ma pozwolenie wodnoprawne na odprowadzanie wód kopalnianych do Potoku Karwińskiego w ilości wystarczającej do odprowadzenia dodatkowych wód z odwodnienia zakładu górniczego „Kaczyce I". W związku z powyższym Karbonia S.A. nie wystąpiła o dodatkowe pozwolenie wodnoprawne na ich wprowadzanie do systemów odwadniania (podziemnego i powierzchniowego), będących własnością kopalni ČSM znajdującej się na terenie Republiki Czeskiej i dlatego niepodlegających polskiemu prawodawstwu. Kontrolowany odbiór wód z odwodnienia zakładu górniczego „Kaczyce I" odbywa się na mocy Umowy między Rzeczpospolitą Polską a Republiką Czeską w sprawie wykonywania robót geologicznych w rejonie wspólnej granicy państwowej, a także zgodnie ze stanowiskiem Dwustronnej Międzyrządowej Komisji ds. Współpracy przy Eksploatacji Złoża Węgla Kamiennego w rejonie Wspólnej Czesko-Polskiej Granicy Państwowej (DMK). Na pozostałe elementy zamierzonego sposobu korzystania z wód, tj. odwodnienia zakładu górniczego „Kaczyce 1" i długotrwałego obniżenia poziomu zwierciadła wody podziemnej do poziomu -720 m n.p.m., Karbonia S.A. uzyskała pozwolenie wodnoprawne starosty cieszyńskiego zgodnie z polskim prawodawstwem: Prawo wodne – Ustawa z dnia 18 lipca 2001 roku (DzU z 9 lutego 2012 roku, poz. 145 w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo wodne) i zgodnie z zapisami zawartymi w koncesji nr 5/2000/Ł. Pozwolenie wodnoprawne zostało wydane dnia 06.10.2014 roku (znak: WS.6341.00107.2014) i udzielone na czas obowiązywania koncesji nr 5/2000/Ł wydanej przez ministra środowiska w dniu 28.01.2000 roku, zmienionej decyzją ministra środowiska z dnia 15.01.2003 roku, znak: DGe/RR/487-254/2003, tj. na okres 23 lat, licząc od dnia udzielenia koncesji. Rocznie spółka odprowadza około 200 000 m^3 wody ze zbiornika gazu „Kaczyce" do kopalni ČSM w Czechach.

8. ZBIORNIK GAZU PO ZLIKWIDOWANEJ KOPALNI „1 MAJA”

Kopalnia Węgla Kamiennego „Mszana” została oddana do eksploatacji 1 maja 1960 roku. Z kolei 1stycznia 1961 roku kopalnia zmieniła nazwę na „1 Maja”, a siedzibę jej przeniesiono z miejscowości Mszana do Wodzisławia Śląskiego [98]. Kopalnia eksploatowała pokłady grupy jaklowickiej na poziomach 300 m, 400 m, 650 m, 800 m i 1040 m, w tym pokłady silnie metanowe zaliczone do IV kategorii zagrożenia metanowego. Eksploatację prowadzono systemem ścianowym w pokładach miąższości od 0,7 m, średnia miąższość wynosiła około 1 m. Kopalnia miała szyby:

- centralne (I, II, VI),
- peryferyjne w Mszanie (szyb III, IV),
- peryferyjne w Krostoszowicach (V, VII).

8.1. Likwidacja kopalni

Ze względu na konieczność przybierki stropu lub spągu z powodu eksploatacji cienkich pokładów awaryjność maszyn i urządzeń w ścianach i urządzeń odstawy urobku znacznie wzrosła. Kopalnia osiągała najgorsze wyniki ekonomiczne w dawnej Rybnickiej Spółce Węglowej (RSW S.A.). W związku z tym 11.01.1999 roku zarząd Rybnickiej RSW S.A. podjął decyzję o likwidacji Ruchu „1 Maja” KWK „Marcel”, zakładając likwidację 134 km wyrobisk korytarzowych i 3735 m szybów. Zatrzymano ruch wentylatorów przy szybach III i IV w Mszanie i w Wodzisławiu, a następnie zlikwidowano wszystkie urządzenia na tych szybach [57].

8.2. Zbiornik metanu

W złożu węgla kamiennego „1 Maja”, w tym w wydzielonych obszarach złóż „Mszana” oraz „Wilchwy”, w latach 2014 i 2016 zostały udokumentowane zasoby metanu występującego w tym złożu jako kopaliny głównej. Metan w złożu występuje w dwóch formach, jako:

- metan sorbowany, czyli związany fizykochemicznie z substancją węglową pokładów węgla,

- metan wolny, wypełniający pory i szczeliny w pokładach węgla, porowatych skałach płonnych zarówno w nadkładzie (neogenie), jak i w karbonie, a także zroby poeksploatacyjne, szczeliny uskokowe etc.

Złoże węgla kamiennego „1 Maja" pod względem strukturalnym należy do złóż o wtórnym przemodelowaniu pierwotnej struktury metanowej, związanym z formowaniem się w miocenie zapadliska przedkarpackiego. Strop karbonu jest przykryty uszczelniającymi ilastymi osadami mioceńskimi o znacznej miąższości (od około 80 m w częściach północno-zachodniej i wschodniej do ponad 350 m w części południowej).

W granicach obszarów „Wilchwy" oraz „Mszana" można obecnie wydzielić dwie strefy występowania gazu:

- strefa występowania metanu wolnego, nagromadzonego w zrobach poeksploatacyjnych zlikwidowanej kopalni oraz w porowatych piaskowcach występujących w stropowych partiach karbonu,
- strefa występowania metanu sorbowanego w pokładach węgla kamiennego, zlokalizowana w dotychczas niewyeksploatowanych partiach złoża, w tym najbardziej perspektywiczna część północna złoża „1 Maja" w sąsiedztwie obszaru górniczego O.G. „Radlin I".

Prawdopodobne obszary występowania mniejszej ilości metanu to: część zachodnia, przylegająca do nasunięcia michałkowickiego, oraz część wschodnia, przylegająca do nasunięcia orłowskiego.

Koncesję na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż metanu z pokładów węgla kamiennego w obszarze „Wilchwy", o powierzchni 19,61 km^2, decyzją ministra środowiska otrzymała w dniu 29.10.2009 roku firma Pol-Tex Methane sp. z o.o. Koncesja ta została następnie przeniesiona decyzją ministra środowiska z dnia 31.03.2014 roku na rzecz firmy GAZKOP-WILCHWY sp. z o.o. Położenie obszaru „Wilchwy" przedstawia rys. 8.1.

Rys. 8.1. Położenie obszaru złoża „Wilchwy”
Fig. 8.1. Location of „Wilchwy” deposit
Źródło: opracowanie własne.

Metanonośność pokładów węgla jest zróżnicowana, co w głównej mierze jest uwarunkowane złożoną strukturą złoża. W granicach obszaru metanonośność pokładów węgla waha się w bardzo szerokich granicach od 0,1 m^3 CH_4/Mgcsw (pokłady niemetanowe) do 9,590 m^3 CH_4/Mgcsw (IV kategoria zagrożenia metanowego).

Średnie metanonośności badanych pokładów węgla przedstawiały się następująco:

– pokład 616 – 10,022 m^3 CH_4/Mgcsw,

– pokład 620/1 – 8,128 m^3 CH4/Mgcsw,

– pokład 623 – 11,051 m^3 CH_4/Mgcsw,

– pokład 624 – 11,033 m^3 CH_4/Mgcsw,

– pokład 626 – 10,585 m^3 CH_4/Mgcsw.

Obliczone ilości zasobów dynamicznych metanu sorbowanego w złożu „Wilchwy” na stan 31.12.2014 roku wynoszą około 84 121 tys. m^3. Zestawienie zasobów bilansowych metanu występującego w złożach węgla kamiennego jako kopaliny głównej według rozpoznania na dzień 31.12.2014 roku przedstawiono w tabeli 8.1.

Tabela 8.1

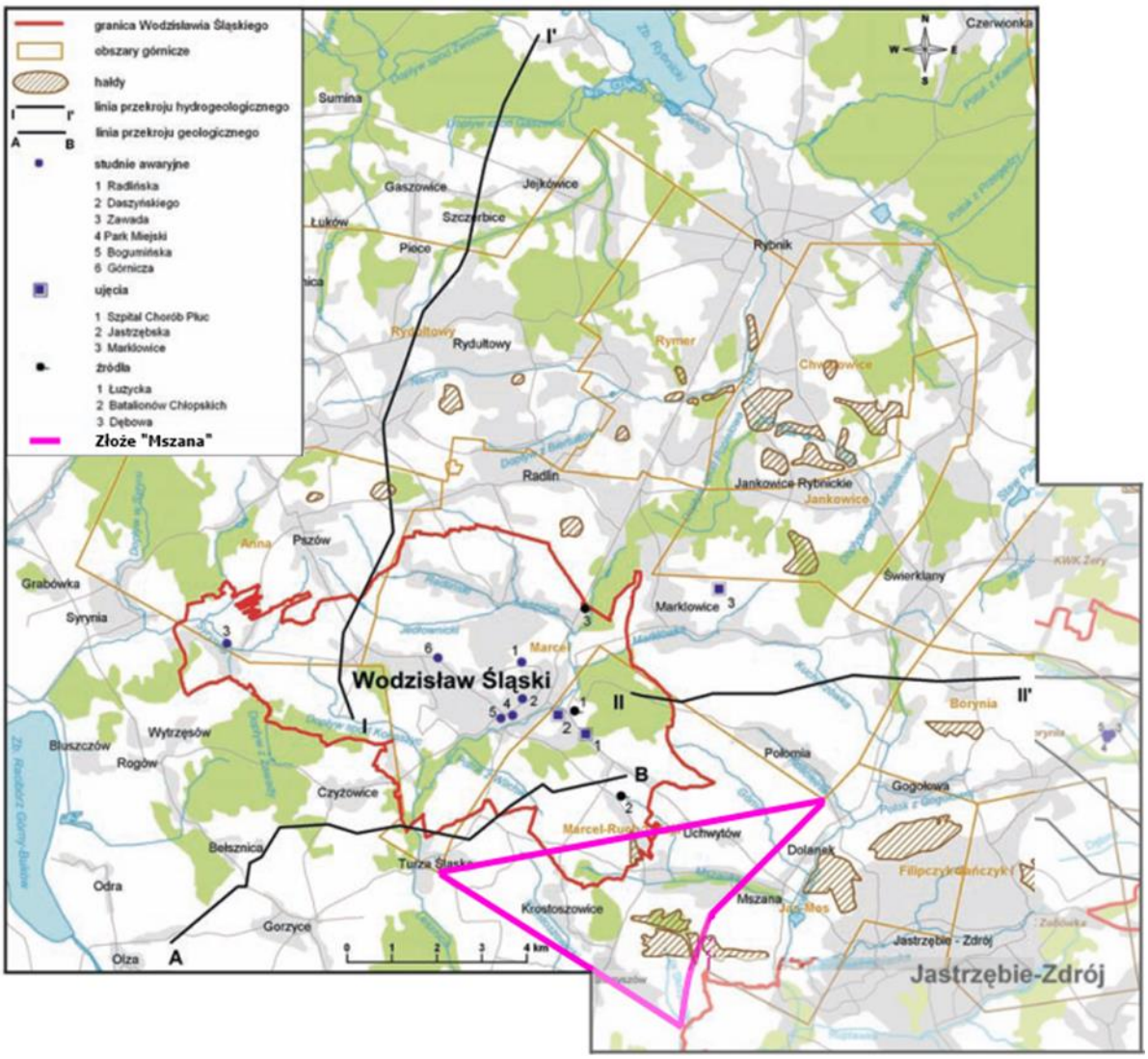
Zestawienie zasobów metanu w złożu „Wilchwy”

Kopalina / rodzaj/jakość	Wydobywalne zasoby bilansowe (mln m³)			
	razem	A	B	C
metan sorbowany	84,121	-	-	84,121
metan wolny	32,556	-	-	32,556
Razem zasoby bilansowe	116,677	-	-	116,677

Źródło: dane firmy GAZKOP-WILCHWY Sp. z o.o.

W dniu 07.07.2009 roku minister środowiska udzielił firmie CETUS – Energetyka Gazowa sp. z o.o. ze Świerklan koncesji nr 38/2009/p na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż metanu z węgla kamiennego w obszarze „Mszana”. Koncesję tę przeniesiono w 2011 roku na rzecz spółki GAZKOP-1 sp. z o.o. Roboty geologiczne w jej ramach ograniczono do odwiercenia otworu o głębokości 189,4 m, który został dowiercony do zrobów pokładu 624, oraz wykonania testów eksploatacyjnych. Położenie obszaru „Mszana” przedstawia rys. 8.2.

Wykonane badania oraz archiwalne dokumentacje geologiczne posłużyły do sporządzenia dokumentacji geologicznej złoża metanu występującego w złożu węgla kamiennego „Mszana” i tym samym ustalenia zasobów złoża.



Rys. 8.2. Położenie obszaru złoża „Mszana”
Fig. 8.2. Location of “Mszana” deposit
Źródło: opracowanie na podstawie materiałów firmy GAZKOP-1 sp. z o.o.

Zasoby bilansowe metanu z węgla kamiennego w złożu „Mszana” wynoszą 57 402 tys. m^3. Mogą być one przedmiotem prowadzenia otworowej eksploatacji metanu. Zestawienie zasobów bilansowych metanu występującego w złożach węgla kamiennego jako kopaliny głównej według rozpoznania na dzień 31.12.2013 roku przedstawiono w tabeli 8.2.

Tabela 8.2

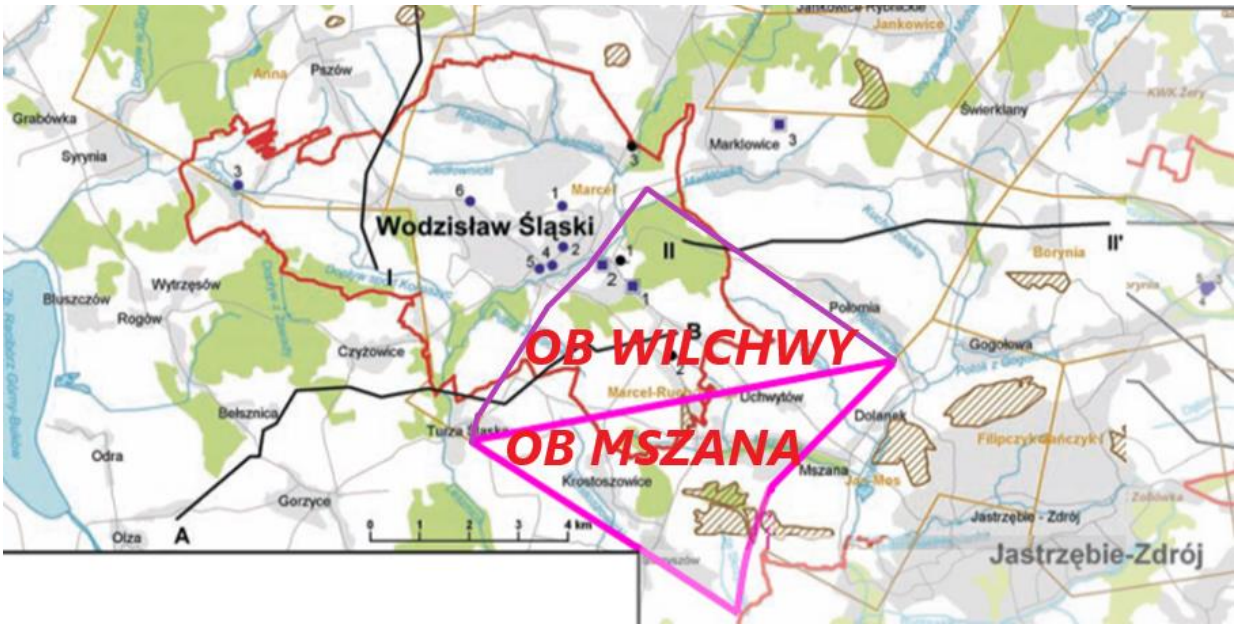
Zestawienie zasobów metanu w złożu „Mszana”

Kopalina – rodzaj/jakość	Wydobywalne zasoby bilansowe [mln m^3]			
	razem	A	B	C
metan sorbowalny	30,922	-	-	30,922
metan wolny	26,480	-	-	26,480
Razem zasoby bilansowe	57,402	-	-	57,402

Źródło: dane firmy GAZKOP-1 Sp. z o.o.

8.3. Odwiercenie otworów dla pozyskania metanu

Koncesję na poszukiwanie i rozpoznanie zasobów metanu uzyskała spółka GAZKOP-1 sp. z o.o., która wykonała otwór poszukiwawczy w obszarze koncesyjnym „Mszana”. W ramach realizacji kolejnej koncesji spółka GAZKOP-WILCHWY sp. z o.o. wykonała jeden otwór poszukiwawczy w obszarze „Wilchwy” (rys. 8.3).



Rys. 8.3. Obszary koncesyjne spółek GAZKOP-WILCHWY i GAZKOP-1
Fig. 8.3. Concession areas of companies GAZKOP-WILCHWY and GAZKOP-1
Źródło: opracowanie własne.

Testy eksploatacyjne wykazały w zbiorniku po zlikwidowanej kopalni „1 Maja” występowanie przemysłowych zasobów metanu. W związku z tym firma GAZKOP-1 sp. z o.o. i GAZKOP-WILCHWY sp. z o.o. wystąpiły do Ministerstwa Środowiska z wnioskami o przydzielenie koncesji na eksploatację metanu.

9. ZBIORNIK GAZU PO ZLIKWIDOWANEJ KOPALNI „ŻORY”

Kopalnia „Żory” (nazywana początkowo „Świerklany w budowie”, a w pewnym okresie „ZMP”) została wybudowana w latach 70. ubiegłego wieku i wchodziła w skład ówczesnego Rybnickiego Zjednoczenia Przemysłu Węglowego. Obszar górniczy (OG „Borynia I”) kopalni został ustalony na 16,7 km^2, a teren górniczy kopalni na 19,6 km^2 [99].

Złoże KWK „Żory” zostało udostępnione przez szyby główne, leżące w południowo-zachodniej części obszaru górniczego:

- szyb I – wdechowy, zjazdowo-materiałowo-wentylacyjny o średnicy 8,0 m, zgłębiony do głębokości 875,2 m,
- szyb II – wydechowy, wydobywczy o średnicy 7,5 m, zgłębiony do głębokości 923,2 m.

Kopalnia miała dwa poziomy wydobywcze:

- poziom 580 m – z odstawą i odbiorem na kopalnię „Borynia”,
- poziom 705 m – z odstawą na szyb II.

Pierwsze prace udostępniające projektowanej kopalni „Świerklany” rozpoczęto w 1974 roku, a wydobycie węgla koksowego uruchomiono w 1979 roku.

Eksploatacja w byłej kopalni „Żory” koncentrowała się zasadniczo w dwóch rejonach obszaru górniczego, to jest w częściach południowej i północnej. W części północnej złoża eksploatowano pokłady 313/1, 315/1 i 318/1, natomiast w części południowej pokłady 357/1, 358/1, 358/2-3 i 359/3 w partii „Z”. W partii centralnej eksploatację prowadzono w następujących pokładach: 325/1, 325/2, 327/1-2, 327/4 i 327/5. W pokładach 336/2, 344/4, 346/1, 347/1 i 361/1 wykonano tylko pojedyncze wyrobiska o charakterze badawczym [19].

Zwiększenie wydobycia węgla kamiennego towarzyszyło zwiększenie metanowości, co było istotnym czynnikiem kształtującym zagrożenie metanowe. Do roku 1983 wydobycie rosło do ponad 1,2 mln ton węgla rocznie, po czym spadło do około 0,3 mln ton rocznie w roku 1996. Maksimum metanowości kopalni, wynoszące około 24 mln m^3 metanu, przypadło na 1987 rok, po czym metanowość spadała do około 5 mln m^3 w 1996 roku.

W 1998 roku podjęto próbę ujmowania metanu wolnego zgromadzonego

w zrobach przez wytworzenie podciśnienia w rurociągu podsadzkowym zabudowanym w otworze T- 112/89, łączącym wyrobiska na poziomie 400 m w rejonie szybu nr I z powierzchnią. Próba nie potwierdziła występowania metanu o wartościach przemysłowych.

9.1. Likwidacja kopalni

Trudna sytuacja ekonomiczna kopalni uniemożliwiała jej dalsze funkcjonowanie. W maju 1996 roku podjęto decyzję o całkowitej likwidacji kopalni. Roboty przygotowawcze zatrzymano w czerwcu, a eksploatacyjne w październiku 1996 roku. Wyrobiska poziome zostały zlikwidowane przez otamowanie, szyby zasypano. Proces likwidacji wyrobisk zakończono w 1997 roku. Zatopieniu uległy wyrobiska na poz. 830 oraz część wyrobisk na poz. 705 do rzędnej wysokości 411,4 m, tworząc zbiornik wodny o pojemności około 209 192,00 m^3 [20].

W ramach likwidacji obiektów została przeprowadzona likwidacja szybów I i II KWK „Żory". Szyb I o średnicy 8,0 m i głębokości 875,2 m był szybem zjazdowo-materiałowym, pełniącym funkcję wentylacyjnego szybu wlotowego. Był wyposażony był w dwa urządzenia wyciągowe typu klatkowego. Szyb II o średnicy 7,5 m oraz głębokości 923,2 m był szybem wydobywczym, pełniącym również funkcję szybu wydechowego. Był wyposażony w jedno urządzenie wyciągowe skipowe. Wloty do szybów zamknięto płytami żelbetonowymi pod koniec 1997 roku.

Kopalnia „Żory" należała do bardzo słabo zawodnionych – dopływ naturalny nie przekroczył nigdy poziomu 0,6 m^3/min. W roku 1996 dopływ wahał się w granicach 0,4-0,5 m^3/min i wykazywał tendencję malejącą. Wody karbońskie są średnio zmineralizowane, ich zasolenie wzrasta z głębokością. Po likwidacji podziemnej części była kopalnia „Żory" jest odwadniana grawitacyjnie przez odprowadzenie wody na poz. 705 do kopalni „Borynia".

Likwidacja kopalni „Żory" nie spowodowała zwiększenia zagrożenia wodnego w sąsiedniej kopalni „Borynia". Ilość wody dopływającej do kopalni „Borynia" na poz. 705 nie przekracza 200 dm^3/min i nie ma istotnego wpływu na system odwadniania kopalni.

9.2. Zbiornik metanu

Od 2008 roku na obszarze zlikwidowanej kopalni węgla kamiennego „Żory" rozpoczęto prace geologiczne realizowane w ramach koncesji na poszukiwanie i rozpoznawanie metanu z węgla kamiennego w obszarze „Żory". W 2010 roku, minister środowiska przyjął dokumentację geologiczną złoża metanu z węgla kamiennego „Żory1". Złoże to pod względem strukturalnym należy do złóż o wtórnym przemodelowaniu pierwotnej struktury metanowej, związanym z formowaniem się w miocenie zapadliska przedkarpackiego. Strop karbonu jest przykryty uszczelniającymi ilastymi osadami mioceńskimi (o miąższości od około 20 m w części północno-zachodniej do ponad 400 m w części południowej). Złoże ma strukturę zamkniętą, umożliwiającą gromadzenie się gazu w przystropowych partiach karbonu.

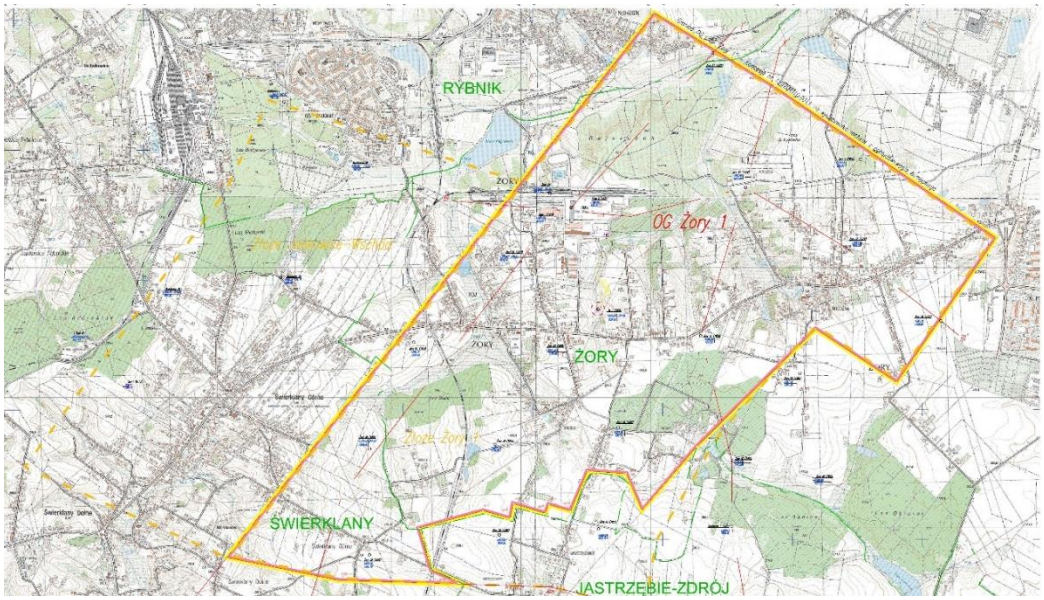
Strefa występowania metanu wolnego, nagromadzonego w zrobach poeksploatacyjnych zlikwidowanej kopalni „Żory" oraz w porowatych piaskowcach występujących w stropowych partiach karbonu, obejmuje niezatopione wyrobiska i zroby poeksploatacyjne w 12 eksploatowanych pokładach węgla (od pokładu 313/1 do pokładu 359/3) na poziomach: 400 m, 580 m oraz 705 m (zalegające powyżej rzędnej lustra wody, tj. -411,4 m n.p.m.).

Strefa występowania metanu sorbowanego w pokładach węgla kamiennego jest zlokalizowana w dotychczas niewyeksploatowanych partiach złoża. W obrębie złoża występuje przypuszczalnie tylko jeden interwał głębokościowy zalegania tzw. strefy wysokometanowej (o metanonośnościach powyżej 4,5 m^3 CH_4/Mg_{CSW}). Jest to głębsza strefa wysokometanowa, zalegająca generalnie poniżej głębokości około 600 m, a lokalnie nawet poniżej 800 m. Maksymalne metanonośności dochodzą tu do 12 m^3 CH_4/Mg_{CSW}.

W części północnej zaznacza się również występowanie górnej strefy metanowej pod stropem karbonu o podwyższonych zawartościach metanu sorbowanego w pokładach węgla, ale maksymalne metanonośności w tej strefie nie przekraczają wartości 3 – 3,5 m^3 CH_4/Mg_{CSW}.

W złożu „Żory 1" (rys. 9.1) metan sorbowany w pokładach węgla zalegających w przedziale głębokościowym od stropu karbonu do głębokości 705 m w strefie górotworu objętego wpływami robót górniczych stanowi potencjalne źródło dopływu gazu wolnego do zrobów poeksploatacyjnych.

Obszar złoża „Żory 1” przedstawia rys. 9.1.

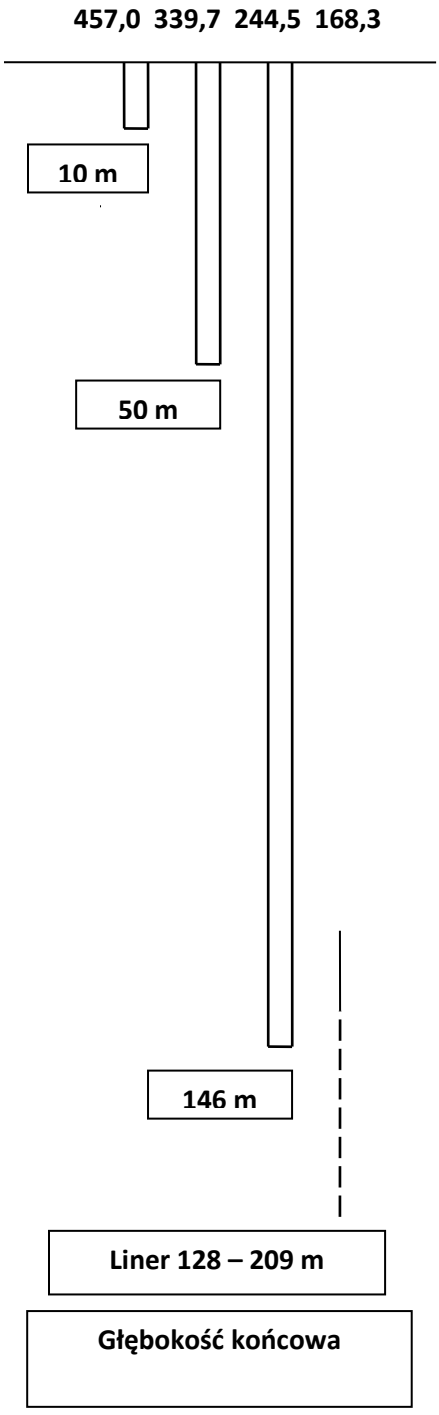


Rys. 9.1. Obszar złoża „Żory 1”
Fig. 9.1. „Żory 1” deposit
Źródło: Internet [93].

W kwietniu 2009 roku w ramach realizacji koncesji nr 4/2008/p z dnia 11.01.2008 roku udzielonej przez ministra środowiska firmie CETUS Energetyka Gazowa sp. z o.o., odwiercono otwór badawczy M-1 o głębokości 209,0 m do zrobów pokładu 327/1-2 (rys. 9.2, 9.3, 9.4).

W obrębie złoża „Żory 1” i jego sąsiedztwie odwiercono 8 otworów wiertniczych z powierzchni, mających badania metanonośności (w tym 6 otworów zlokalizowanych w granicach złoża, w których wykonano ogółem 30 oznaczeń metanonośności).

Średnica zewnętrzna rur (mm)



KONSTRUKCJA ODWIERTU					
Odwiert		M-1	Głębokość końcowa (m)		209
Miejscowość		Żory-Rój	Gmina		miejska Żory
Perforacja (m)		Rury 168 mm' cięte w interwale 134-209 m			
Lp.	Opis techniczny		ID mm	Głębokość	
				od m	od m
I	Kolumna prowadnikowa				
	Stal R-35, ścianka 12 mm	457,0	433	0	10
	Stal N-80, ścianka 11 mm	339,7	317,7	0	50
	Płaszcz cementowy do wierzchu				
II	Kolumna techniczna				
	Stal N-80, ścianka 11 mm	244,5	222,5	0	146
	Płaszcz cementowy do wierzchu				
III	Kolumna eksploa-tacyjna – liner				
	Stal K-55 ścianka 10 mm	168,3	148,3	128	209
	Cięte w interwale 134-209 m 17% powierzchni o wymiarach szczeliny 8×120mm				

Rys. 9.2. Profil otworu M-1
Fig. 9.2. Profile of the hole M-1
Źródło: opracowanie na podstawie danych firmy CETUS Energetyka Gazowa sp. z o.o.

Rys. 9.3. Wiercenie otworu M-1
Fig. 9.3. Drilling of the hole M-1
Źródło: Internet [80].

Rys. 9.4. Test eksploatacyjny odwiertu M-1
Fig. 9.4. Operational test of the well M-1
Źródło: Internet [80].

Decyzją z 2014 roku minister środowiska zatwierdził dokumentację ze stanem geologicznym rozpoznanego złoża o wielkości 57,402 mln m^3 zasobów metanu.

Zestawienie zasobów wydobywalnych metanu z węgla kamiennego jako kopaliny głównej złoża „Żory 1" według stanu rozpoznania na dzień 31 grudnia 2008 roku przedstawiono w tabeli 9.1.

Tabela 9.1

Wydobywalne zasoby bilansowe metanu

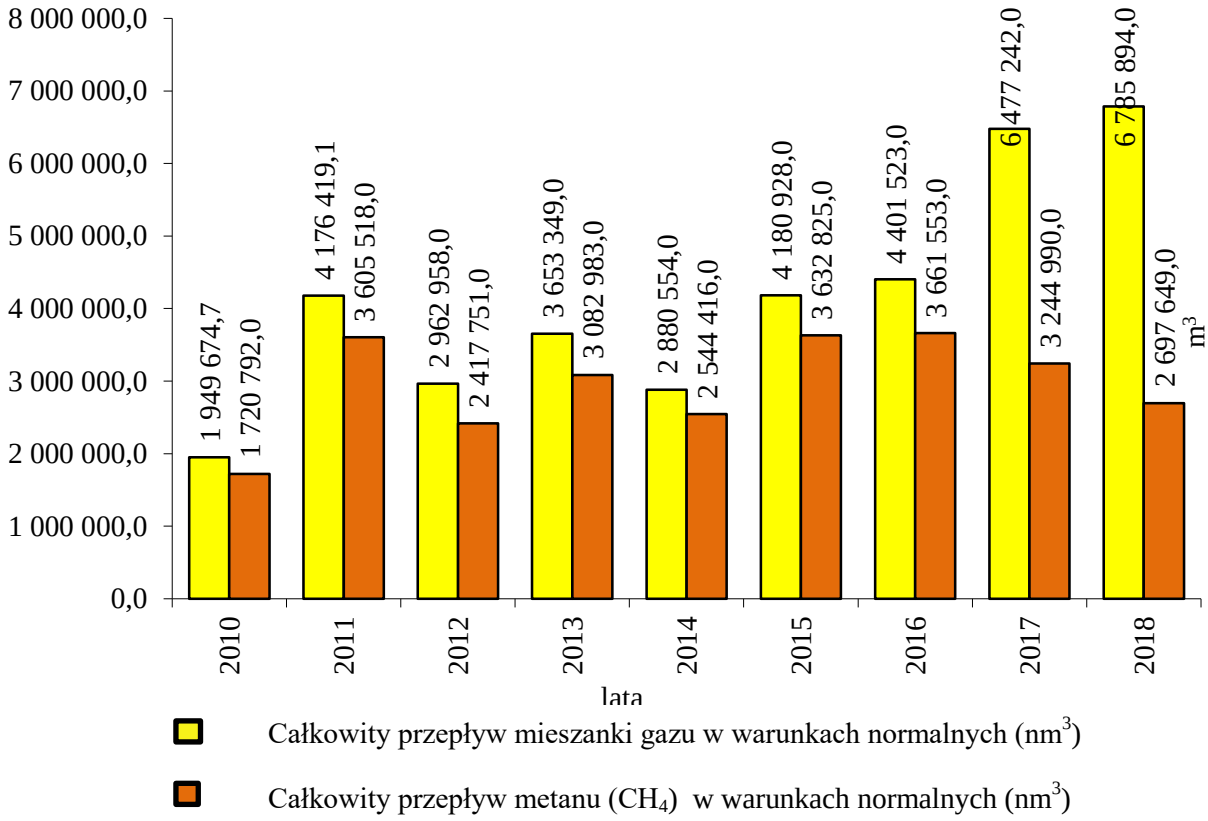
Kopalina / rodzaj/jakość	Wydobywalne zasoby bilansowe [mln m^3 CH_4]			
	razem	A	B	C
Metan sorbowany	154,785	-	-	154,785
Metan wolny	1,505	-	-	1,505
Razem zasoby bilansowe	156,290	-	-	156,290

Źródło: dane firmy CETUS Energetyka Gazowa sp. z o.o.

9.3. Eksploatacja metanu z otworu M-1

Koncesję eksploatacyjną na obszarze górniczym „Żory-1" obecnie ma firma Gazkop-1 sp. z o.o. zajmująca się górnictwem gazu ziemnego: wydobyciem i sprzedażą metanu z zasobów znajdujących się w zamkniętych (nieczynnych) kopalniach węgla kamiennego.

W ramach koncesji „Żory-1" eksploatowany jest odwiert M-1, przez który od marca 2012 roku metan jest wydobywany i sprzedawany odbiorcy wytwarzającemu z niego prąd elektryczny oraz ciepło w kogeneracji. Ilości ujmowanego metanu w latach 2010-2018 przedstawiono na rys. 9.5.



Rys. 9.5. Kształtowanie się wielkości ujęcia metanu odwiertem M-1
Fig. 9.5. Changes of methane deposit in the well M-1
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych firmy CETUS Energetyka Gazowa sp. z o.o.

Na terenie Żor obecnie funkcjonuje jeden układ kogeneracyjny (silnik gazowy) produkujący w skojarzeniu energię elektryczną i ciepło. Instalacja ta jest eksploatowana przez spółkę CETUS Energetyka Gazowa sp. z o.o. Działanie układu jest oparte na zagospodarowaniu gazu (metanu) ze zlikwidowanej kopalni KWK „Żory". Zainstalowany silnik o mocy elektrycznej 2 MW generuje prąd oraz ciepło w skojarzeniu. Generator elektryczny sprzężony z silnikiem produkuje około 46,5 MWh na dobę energii elektrycznej (rys. 9.6). Układ ten wytwarza w ciągu roku około 16,2 GWh energii (około 15,5 GWh po uwzględnieniu potrzeb własnych).

Rys. 9.6. Stacja odmetanowania i silnik gazowy w Żorach
Fig. 9.6. Demethanization station and gas engine in Żory
Źródło: Internet [80].

Prąd elektryczny w całości jest oddawany do sieci energetycznej spółki Best-Eko, a następnie do sieci TAURON. W okresie zimowym produkowane ciepło jest przekazywane do ogrzewania pobliskiego parotysięcznego osiedla mieszkaniowego Gwarki w Żorach-Roju. W związku z tym, że oszczędność energii pierwotnej zużywanej w tej jednostce kogeneracji wynosi powyżej 10% – w porównaniu z wytworzeniem energii elektrycznej i ciepła w układach rozdzielonych o referencyjnych wartościach sprawności dla wytwarzania rozdzielnego – występuje wysokosprawna kogeneracja. Średnioroczna sprawność całego układu kogeneracyjnego wynosi około 55%.

10. ZBIORNIK GAZU PO ZLIKWIDOWANEJ KOPALNI „ANNA”

Kopalnia węgla kamiennego „Anna” w Pszowie została wybudowana w 1832 roku [91]. Złoże obejmuje pokłady węgla grupy brzeżnej – porębskie i jaklowickie. Rozwój kopalni był stopniowy, począwszy od eksploatacji pokładów zalegających bardzo płytko (wychodnie pokładów), poprzez eksploatację kolejnych poziomów 350, 500, 700, 800 i 1000 m. Złoże węgla było udostępnione wieloma szybami o zmiennych historycznie nazwach, a w ostatnim czasie pozostały szyby: Chrobry I, Chrobry II, Jan, Jedłownik II, Jedłownik III, Ryszard II, Kokoszyce i Zawada. Eksploatacja złoża była prowadzona w 13 pokładach warstw porębskich (pokłady grupy 600) i 9 pokładach warstw jaklowickich (pokłady grupy 700) na głębokościach od około 32 m do 1150 m. Miąższość eksploatowanych pokładów wahała się od 0,8 m do 3,8 m. Według stanu na luty 2019 roku 9 szybów zostało już zlikwidowanych (szyby powietrzne I, II, III; szyb powietrzny IV Zawada; szyb powietrzny V Ignacy; szyby Jedłownik I, II; szyb Jan; szyb Kokoszyce).

W 2004 roku kopalnia „Anna” została połączona z kopalnią „Rydułtowy” i powstała kopalnia zespolona „Rydułtowy-Anna”.

Na przestrzeni 180 lat swojego istnienia kopalnia ta (użytkownik złoża) prowadziła eksploatację górniczą w 24 pokładach węgla na głębokości od 60 m do 1200 m głównie systemem ścianowym z zawałem stropu, jedynie lokalnie z zastosowaniem podsadzki suchej [19].

10.1. Likwidacja kopalni

Kopalnia została postawiona w stan likwidacji w 2014 roku, a jej przebieg przeprowadzono w 3 fazach:

- likwidacja rejonu szybów jodłownickich,
- likwidacja rejonów szybów peryferyjnych – Zawada i Kokoszyce,
- likwidacja szybów głównych.

W 1989 roku przez zasypanie zostały zlikwidowane szyby Czyżowice I i Czyżowice II wraz z rejonem nowego pola kopalni „Anna Południe”. Ostatni szyb, Chrobry I, został zasypany (podsadzony) w 2018 roku.

10.2. Zasoby metanu

W obszarze złoża „Anna" występowały pokłady węgla zaliczone do I, II, III oraz IV kategorii zagrożenia metanowego. Żadne materiały dotyczące metanonośności nadkładu złoża „Anna" nie zachowały się do dnia dzisiejszego. Prawdopodobnie utwory miocenu występujące w nadkładzie uszczelniały powierzchnię odsłoniętego karbonu, aczkolwiek licznie występujące w serii paralicznej nieprzepuszczalne mułowce i iłowce uniemożliwiły migrację gazu z głęboko zalegających pokładów pod strop karbonu.

Generalnie profil głębokościowy KWK „Anna" ma następujący przebieg: stropowe partie są niemetanonośne, dopiero pokłady zalegające od około 400 m do 500 m poniżej karbonu są metanonośne. Metanonośność wzrasta stopniowo, osiągając największe wartości na poziomie 700 m w polach C, K_1, K_2 i J oraz na poziomie 1000 m w polach R i G.

Z wyjątkiem zachodniej części złoża „Anna", na zachód od II uskoku pszowskiego, gdzie brak jest pomiarów metanonośności, rozpoznanie gazowe obszaru badań jest dość dobre. Badania metanonośności złoża rozpoczynają się poniżej poziomu 500 m i kończą się w polu R na poziomie 1200 m, a w polach C, J i G minimalnie poniżej poziomu 1000 m.

W granicach obszaru badań można wyodrębnić strefę metanową o metanonośnościach maksymalnych powyżej 2,5 m^3/Mg csw. We wszystkich polach złoża w zakresie rzędnych od -300 m do -500 m występuje strop tej strefy, natomiast ze względu na zbyt małą liczbę badań spągu tej strefy nie można wyznaczyć. Można jedynie przypuszczać, że jej spąg może znajdować się w okolicach poziomu 1200 m. Uskoki kokoszyckie (I, II, III, IV) o przebiegu południkowym oraz towarzyszące im strefy spękań o przebiegu równoleżnikowym mają duże znaczenie dla migracji metanu z głębszych partii karbonu. Wysokie wartości metanonośności w partiach C, K_1, K_2 oraz J występują przede wszystkim w bezpośrednim sąsiedztwie tych uskoków (zagrożenie metanowe III i IV kategorii). Obniżone wartości metanonośności w polach R i G sugerują, że uskoki te pełnią funkcję odgazowującą. W dodatku nr 5 do dokumentacji geologicznej złoża „Anna" (2012) ustalono zasoby bilansowe metanu w liczbie 38,48 mln m^3.

W czasie eksploatacji pokładów węgla zalegających płytko metanonośność pokładów była bardzo niska i kopalnia była traktowana jako niemetanowa. Do roku 1968 metan wydzielał się w niewielkich ilościach (do 3 m^3/min) i w całości był odprowadzany do atmosfery. Dopiero w związku ze wzrostem głębokości

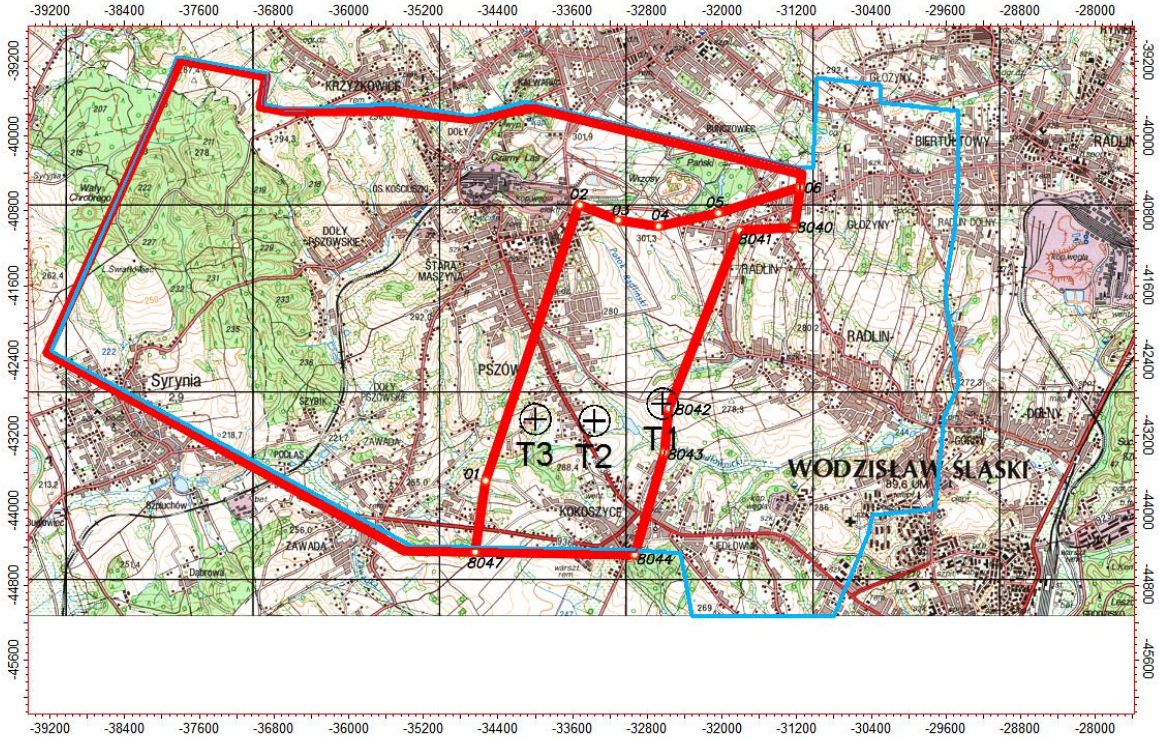
eksploatacji węgla na poz. 500, 700, 800 i 1000 m, zwłaszcza w partiach południowych (kokoszyckie i jodłownickie) metanowość kopalni wzrosła, gdy w 1968 roku zaczęto od strony kopalni „Anna" z partii kokoszyckiej drążyć przekopy na poz. 350 i 500 m do OG „Czyżowice". Przekopami czyżowickimi otwarto gazonośne szczeliny, z których wydobywał się metan, i to w znacznych ilościach. Wówczas kopalnia była zmuszona do wprowadzenia odmetanowania i wręcz zamykania przez cementację pewnych partii górotworu [4]. Do wyrobisk wydzielało się kilkanaście metrów sześciennych na minutę metanu, około 6 m^3/min udawało się ująć. Po zbiciu przekopów z równocześnie drążonymi szybami Czyżowice II i III (1972 rok) średnie roczne wydzielanie metanu wynosiło 13 m^3/min. Po zatrzymaniu w 1974 roku wszystkich robót górniczych w tym rejonie i zatamowaniu przekopów oraz szybów mierzono nadal ilość metanu wypływającego rurą o przekroju 200 mm, pozostawioną w płycie szybu. Ilość ta wahała się w granicach od 1,0 do 1,5 m^3/min. Po osiągnięciu maksimum wydzielania w 1987 roku, tj. 35,6 m^3/min, zaczął się spadkowy trend metanowości kopalni, który w I półroczu 1996 roku osiągnął niespodziewanie niski poziom 4,7 m^3/min. Stało się to w wyniku zakończenia eksploatacji pokładów silnie metanonośnych. W 2001 roku metanowość kopalni dochodzi do 9,5 m^3/min i konieczne staje się lokalne odmetanowanie. Duże znaczenie dla kształtu pola metanonośności mają drogi migracyjne metanu z głębszych partii karbonu.

10.3. Prace geologiczne poszukiwawcze i rozpoznawcze zasobów metanu

Opierając się na uzyskanej koncesji nr 4/2016p, wydanej przez ministra środowiska dnia 11 maja 2016 roku, firma Termospec sp. z o.o. prowadzi prace poszukiwawczo-rozpoznawcze zasobów metanu w zrobach poeksploatacyjnych byłej kopalni „Anna".

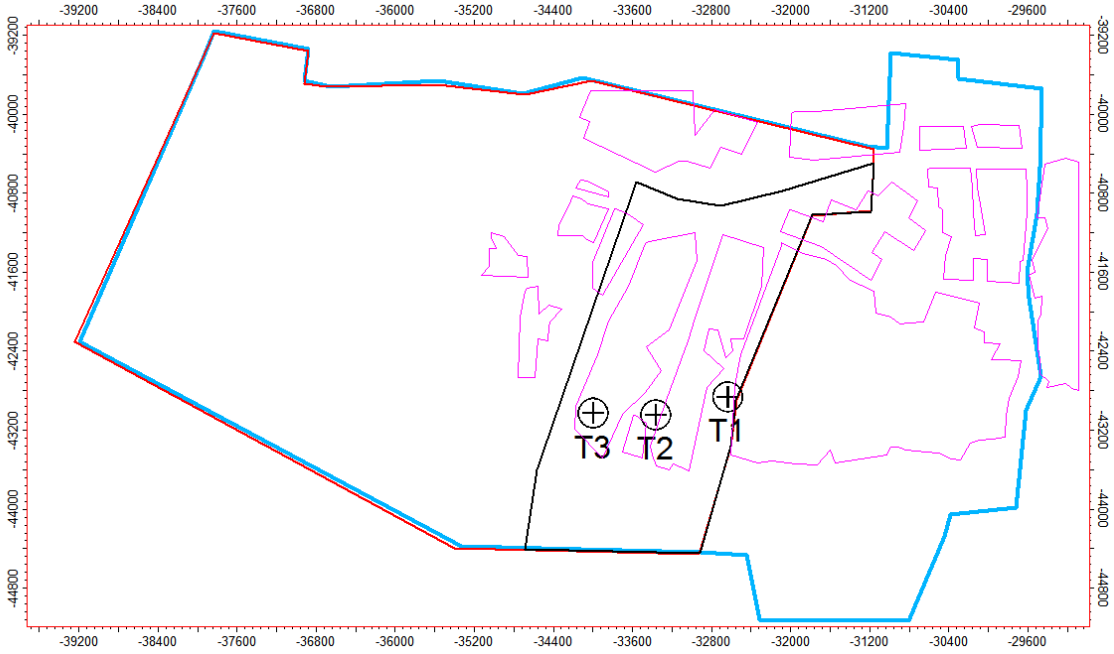
Celem prac poszukiwawczo-rozpoznawczych, prowadzonych w utworach karbonu, jest udokumentowanie złóż metanu w zrobach poeksploatacyjnych węgla kamiennego w pokładach 713/1-2 (dla otworu T - 1) i 718/1-2 (dla otworów T - 2 i T - 3). Projekt prac zakłada przeprowadzenie próbnie eksploatacji gazu (metanu) przez otwór T - 1 w celu ustalenia stanu zasobów metanu możliwych do pozyskania metodą otworową. W przypadku uzyskania pozytywnych wyników z próbnej eksploatacji gazu przez ww. otwór inwestor rozważy podjęcie dalszych prac wiertniczych, tj. odwiercenie otworów T - 2 i T - 3. Jeśli wyniki przeprowadzonych testów produkcyjno-eksploatacyjnych w otworze T - 1 nie będą zadowalające,

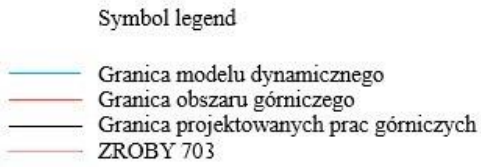
inwestor przystąpi do wiercenia kolejnych otworów (T - 2 i T - 3). Planowaną lokalizację odwiertów udostępniających przedstawiono na rys. 10.1.



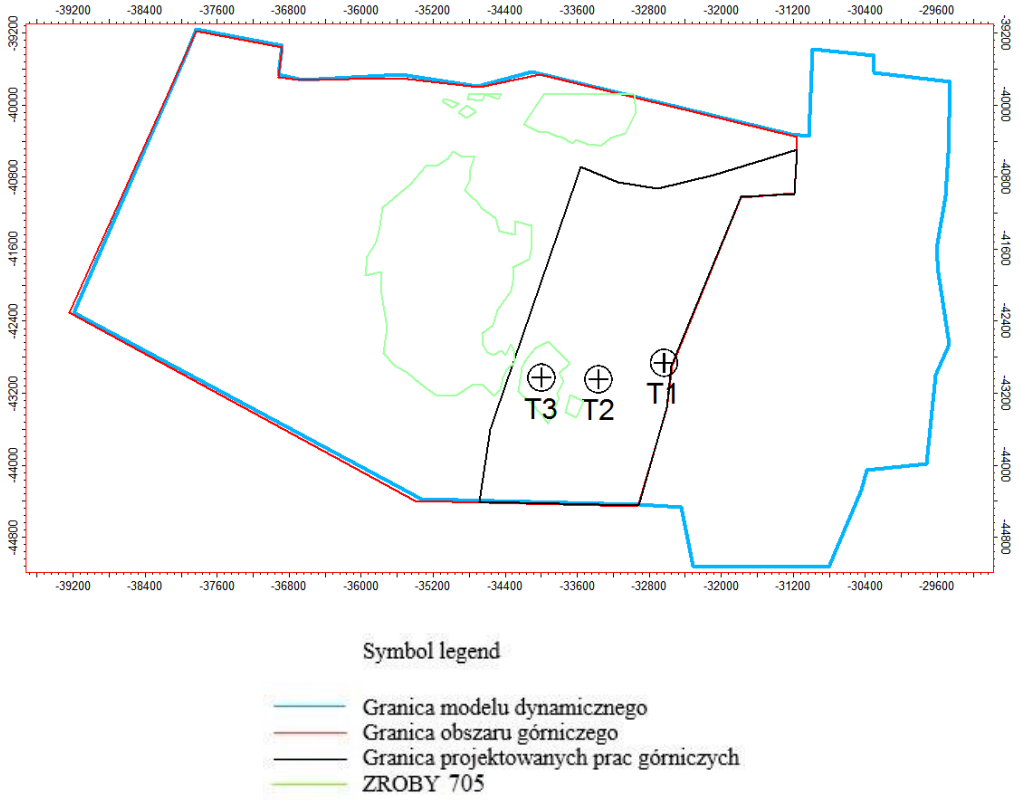
Rys. 10.1. Lokalizacja otworów T-1, T-2 i T-3 na powierzchni
Fig. 10.1. Location of holes T-1, T-2 and T-3 on the surface
Źródło: opracowanie na podstawie materiałów firmy Termospec sp. z o.o.

Lokalizację otworów i zrobów górniczych w pokładach objętych eksploatacją przedstawiono na rys. 10.2 – 10.6.

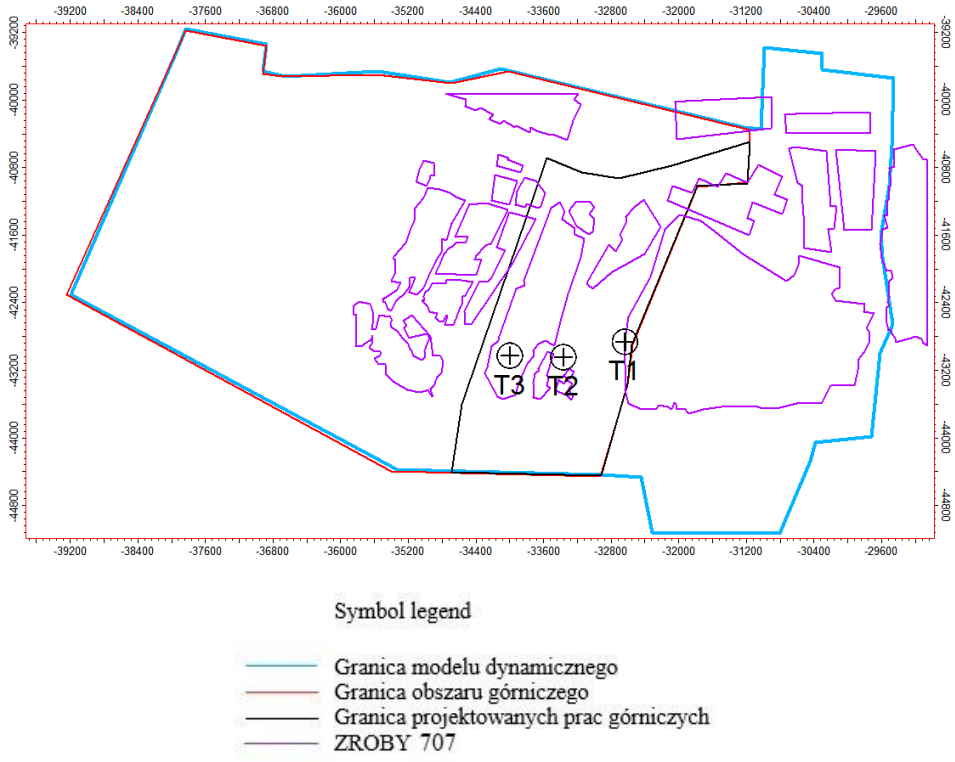




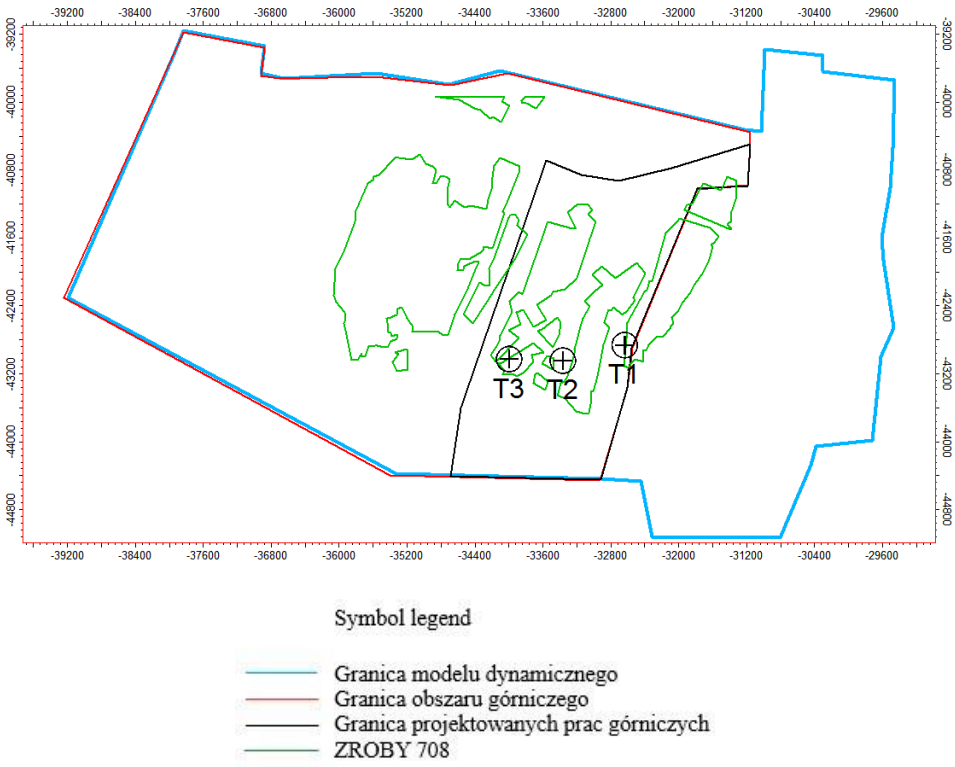
Rys. 10.2. Lokalizacja zrobów górniczych – pokład 703
Fig. 10.2. Location of mine goafs – the seam 703
Źródło: opracowanie na podstawie materiałów firmy Termospec sp. z o.o.



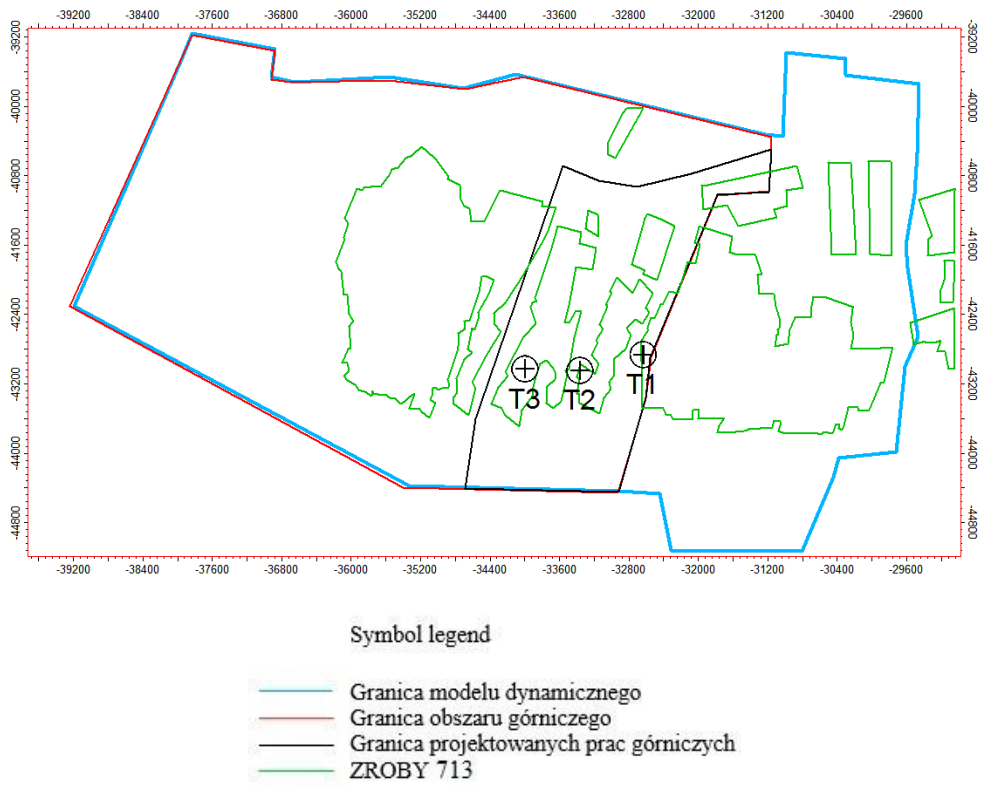
Rys. 10.3. Lokalizacja zrobów górniczych – pokład 705
Fig. 10.3. Location of mine goafs – the seam 705
Źródło: opracowanie na podstawie materiałów firmy Termospec sp. z o.o.



Rys. 10.4. Lokalizacja zrobów górniczych – pokład 707
Fig. 10.4. Location of mine goafs – the seam 707
Źródło: opracowanie na podstawie materiałów firmy Termospec sp. z o.o.



Rys. 10.5. Lokalizacja zrobów górniczych – pokład 708
Fig. 10.5. Location of mine goafs – the seam 708
Źródło: opracowanie na podstawie materiałów firmy Termospec sp. z o.o.

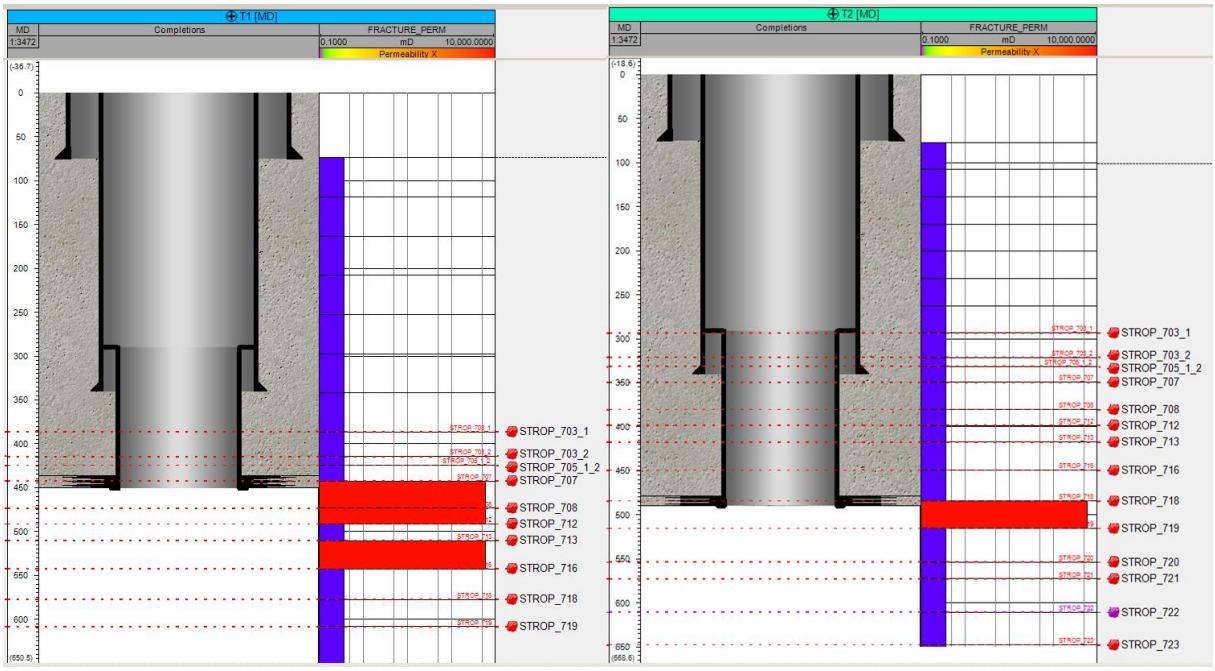


Rys. 10.6. Lokalizacja zrobów górniczych – pokład 713
Fig. 10.6. Location of mine goafs – the seam 713
Źródło: opracowanie na podstawie materiałów firmy Termospec sp. z o.o.

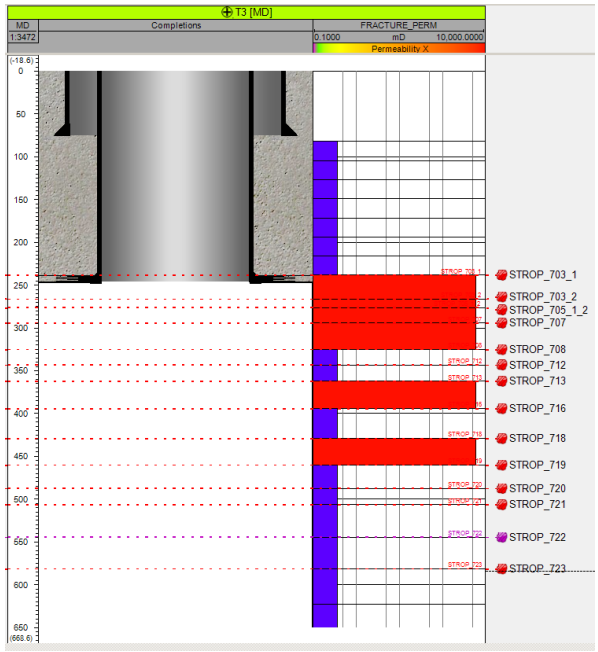
10.4. Projekt wierceń otworu badawczego T - 1

W celu oceny możliwości pozyskania metanu ze zrobów eksploatacyjnych wykonano wariantowe symulacje eksploatacji. Opracowane warianty uwzględniają różne lokalizacje odwiertu udostępniającego oraz parametry technologiczne prowadzenia eksploatacji.

Odwierty udostępniające lokalizowane z powierzchni będą wiercone do pierwszych zrobów. Proponowany schemat zarurowania obejmuje wykonanie kolumny wstępnej o długości 75 m (średnica 339,72 mm) cementowanej do powierzchni, kolumny technicznej o długości 340 m (średnica 244,47 mm) cementowanej do powierzchni oraz kolumny eksploatacyjnej o średnicy 177,8 mm. Długość kolumny eksploatacyjnej będzie uzależniona od głębokości zalegania zrobów poeksploatacyjnych. Trajektorie odwiertów T1-T3 przedstawiono na rys. 10.7 – 10.8. Proponowane odwierty będą udostępniać stropową część zrobów.



Rys. 10.7. Trajektoria odwiertów T-1 oraz T-2 na tle głębokości zalegania zrobów
Fig. 10.7. Trajectory of boreholes T-1 and T-2 shown at the depth of goaf location
Źródło: opracowanie na podstawie materiałów firmy Termospec sp. z o.o.



Rys. 10.8. Trajektoria odwiertu T3 na tle głębokości zalegania zrobów
Fig. 10.8. Trajectory of borehole T3 shown at the depth of goaf location
Źródło: opracowanie na podstawie materiałów firmy Termospec sp. z o.o.

10.5. Wykonanie otworu badawczego T - 1

Otwór badawczy T - 1 był wykonywany w okresie od 1.07.2017 roku do 30.11.2017 roku.

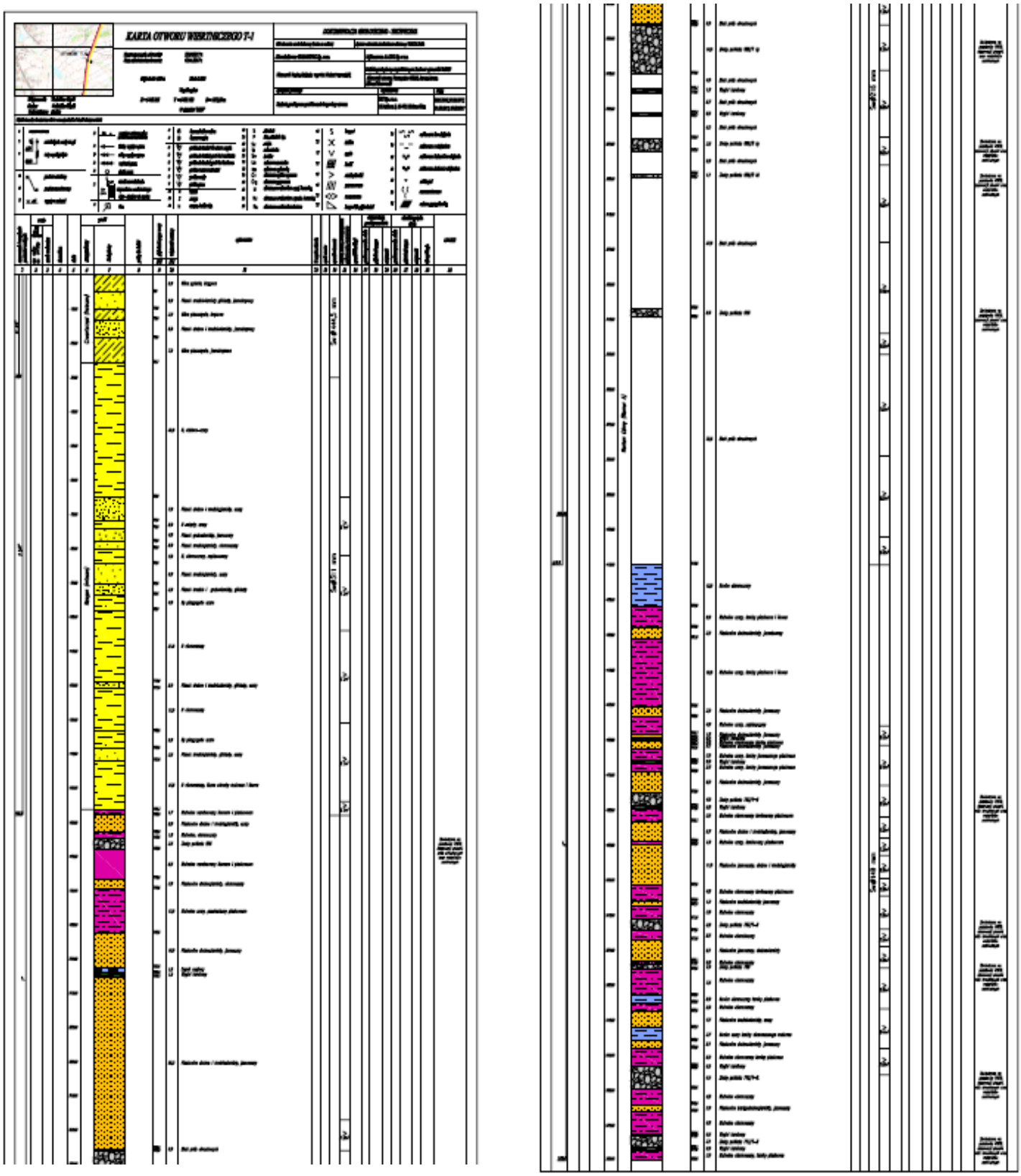
Tabela 10.1

Parametry otworu T - 1

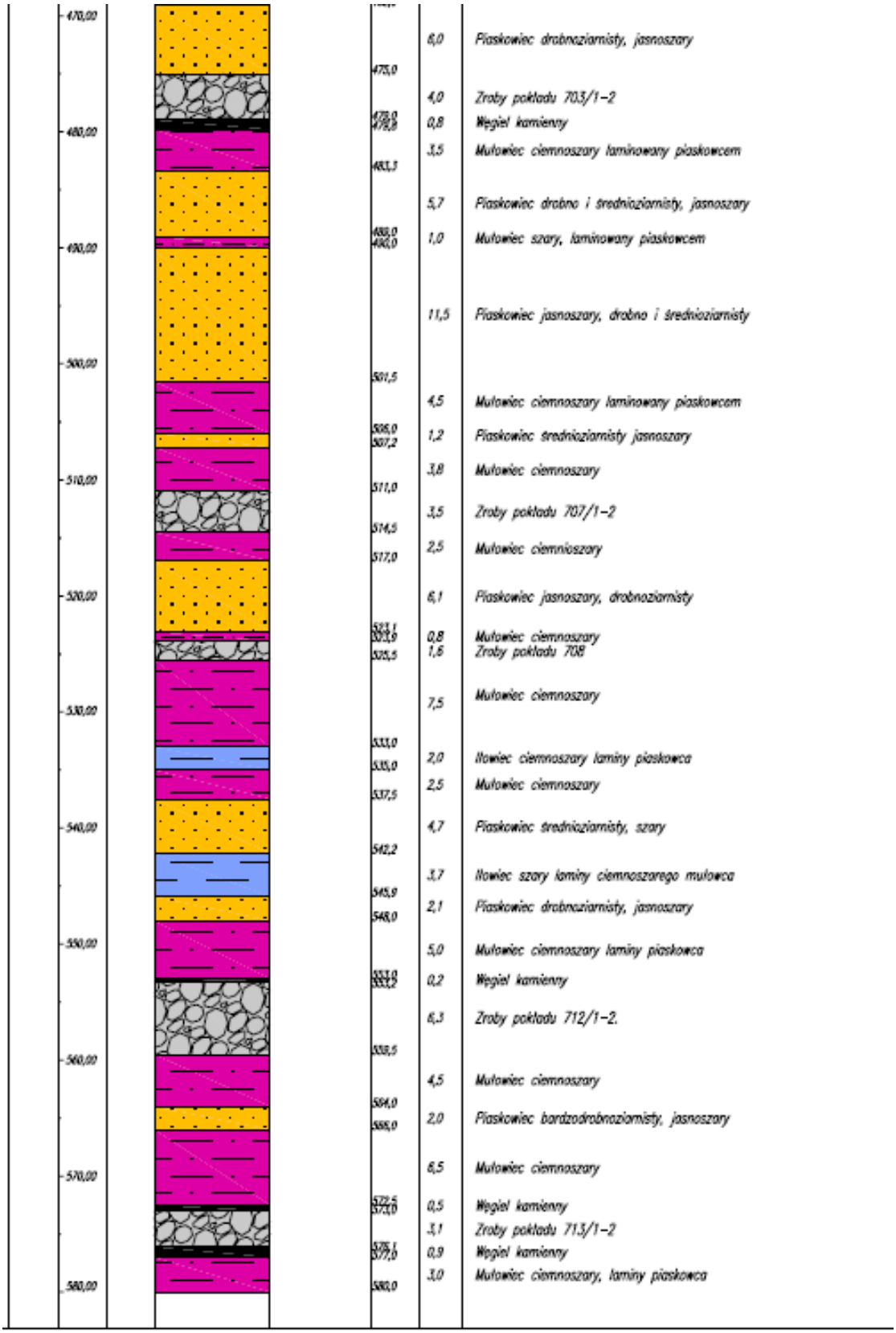
Dane otworu	T - 1
Termin wykonania	Maj – październik 2017 roku
Głębokość otworu	580 m
Konstrukcja otworu	0-30m rury Ø 13 3/8” 0-158m rury Ø 9 5/8” 0-410m rury Ø 7” 395,93-580m rury Ø 5” liner z perforacją
Objętość otworu	V – 11 m³

Źródło: opracowanie na podstawie danych firmy Termospec sp. z o.o

Profil otworu badawczego T-1 przedstawiono na rys. 10.9 i 10.10.



Rys. 10.9. Profil otworu badawczego T-1
Fig. 10.9. Profile of the test hole T-1
Źródło: opracowanie na podstawie materiałów firmy Termospec sp. z o.o.



Rys. 10.10. Szczegółowy profil warstw jaklowickich – zroby pokładów 703 1-2, 707/1-2, 708, 712/1-2 i 713/1-2

Fig. 10.10. Detailed profile of jaklowieckie beds -goafs in seams 703 1-2, 707/1-2, 708, 712/1-2 and 713/1-2

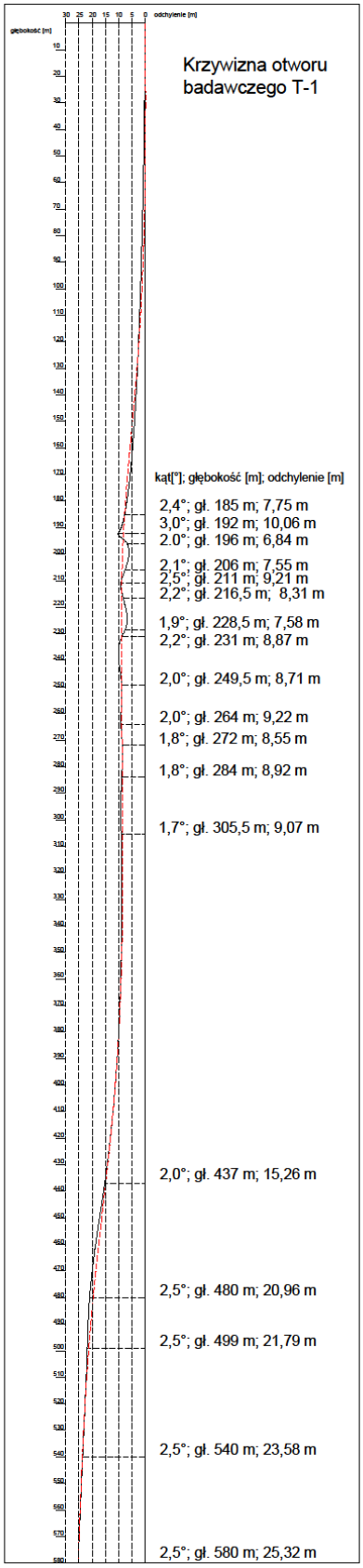
Źródło: opracowanie na podstawie materiałów firmy Termospec sp. z o.o.

Stwierdzone na podstawie odwiertu wysokości wyeksploatowanych zrobów pokładów wynoszą odpowiednio:

- pokład 703 1-2 – 4 m,
- pokład 707/1-2 – 3,5 m,
- pokład 708 – 1,6 m,
- pokład 712/1-2 – 6,3 m,
- pokład 731/1-2 – 3,1 m.

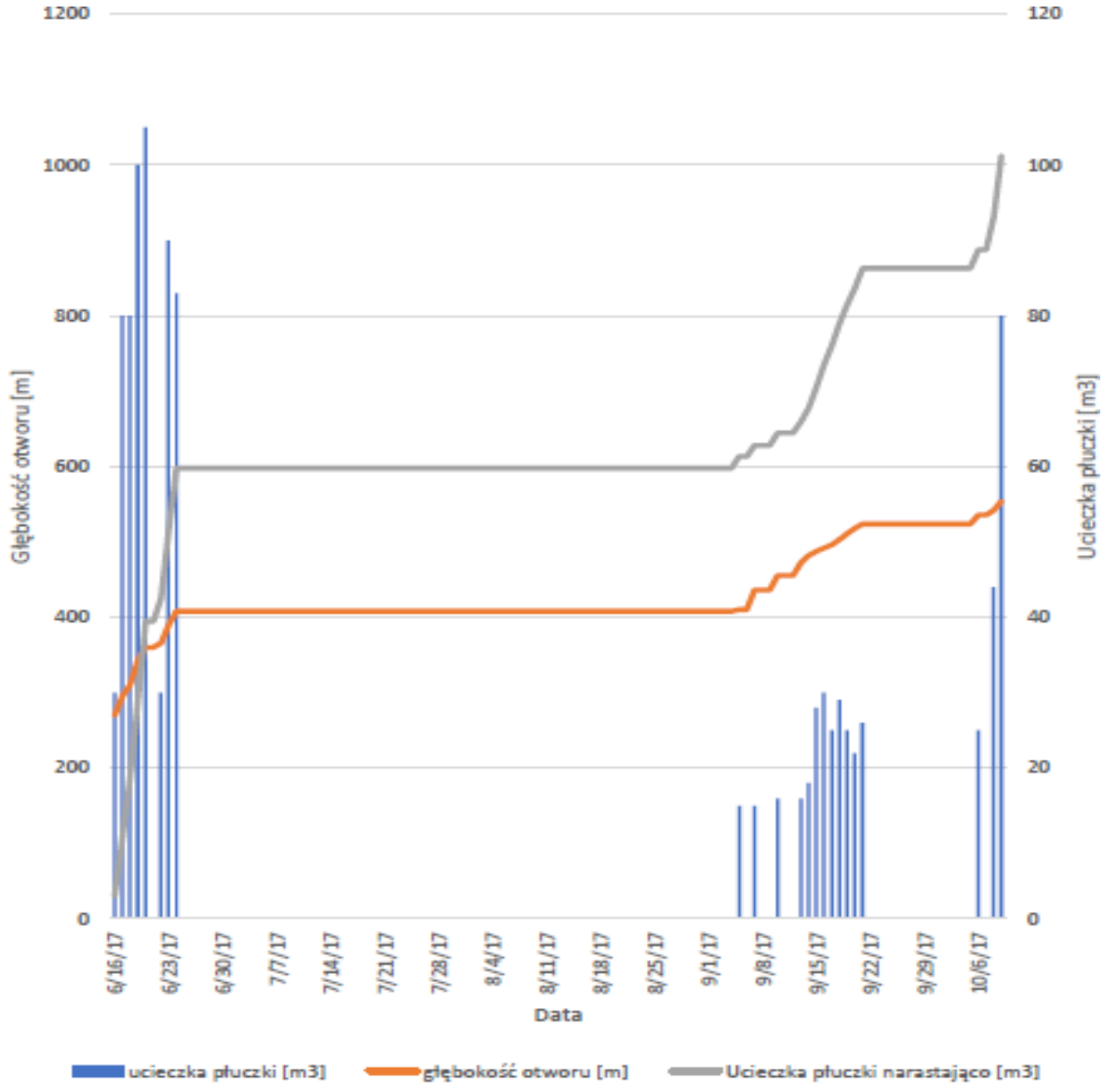
Sumaryczna grubość wyeksploatowanych pokładów wykazana w profilu otworu badawczego T - 1 wynosi 18,5 m.

Otwór badawczy T-1 uległ skrzywieniu w czasie wiercenia. Skrzywienie otworu T-1 na głębokości 580 m wynosi 25,32 m. Otwór ten był poddawany zabiegowi likwidacji krzywizny, niemniej jednak duże skrzywienie od pionu pozostało, co przedstawia rys. 10.11.



Rys. 10.11. Profil otworu T - 1– skrzywienie
Fig. 10.11. Profile of the hole T - 1 – deviation
Źródło: opracowanie na podstawie materiałów firmy Termospec sp. z o.o.

Podczas wiercenia otworu następowały ucieczki płuczki bentonitowej do zrobów – sumarycznie około 2600 m^3 płuczki (rys. 10.12).



Rys.10.12. Zanik płuczki w otworze T -1
Fig. 10.12. Disappearance of drilling fluid in the hole T-1
Źródło: materiały własne firmy Termospec sp. z o.o.

Wykres przedstawia postępy wiercenia oraz ucieczki płuczki w czasie – największe ucieczki nastąpiły w pierwszej fazie wiercenia otworu, do około 400 m, oraz w ostatniej fazie wiercenia.

Przyjęcie takiej technologii sprawiło, że w czasie wiercenia przez zroby pokładów 703/1-2, 707/1-2 i 708/1-2 I 712/1-2 następowało wtłaczanie pod nadciśnieniem ponad 58 barów płuczki do szczelin zrobów, co spowodowało ich wypełnienie i powstanie wokół otworu strefy o bardzo niskiej gazo-przepuszczalności – utworzyła się strefa kolmatacji szczelin bentonitem.

10.6. Test eksploatacyjny oraz wyniki pomiarów składu gazów w otworze T-1

Przebieg testu produkcyjnego na otworze badawczym T - 1 charakteryzują wartości badane na stacji MOS2 (ujęta objętość mieszanki gazowej, ciśnienie po stronie ssania MOS2 i koncentracje poszczególnych składników mieszanki gazów kopalnianych – CH_4, CO_2 i O_2).

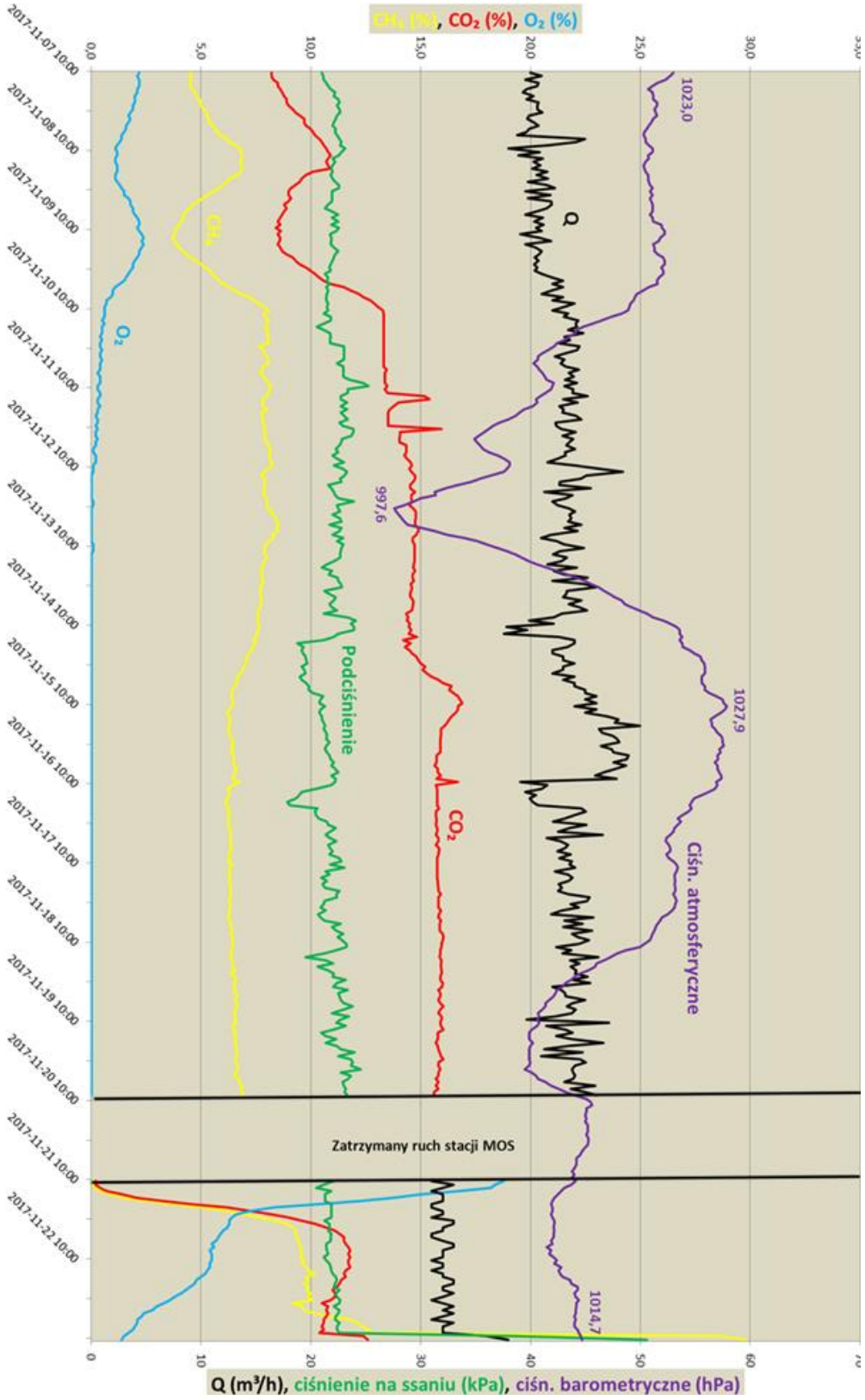
Po wprowadzeniu do ruchu i ustaleniu pracy stacji MOS2 była ona utrzymywana na podciśnieniu po stronie ssania od -17,9 do -25,3 kPa, przy czym przepływ odsysanej mieszanki gazów kopalnianych zmieniał się w zakresie od 38 do 50 $m^{3} \cdot h^{-1}$.

Koncentracje CH_4, CO_2 i O_2 w okresie pierwszych trzech dni miały zmienny trend, po czym się ustabilizowały. Po wykonaniu testu chłonności koncentracja CH_4 i CO_2 w przeciągu pierwszego dnia zwiększyła się, a metan osiągnął maksymalną wartość przy teście gazoprzepuszczalności w ostatnich godzinach testu produkcyjnego.

Koncentracja CH_4 przez cały okres testu produkcyjnego zmieniała się w zakresie wartości od 0,1% do 29,8%. Koncentracja CO_2 przez cały okres testu produkcyjnego zmieniała się w zakresie wartości od 0,2% do 16,9%. Koncentracja O_2 przez cały okres testu produkcyjnego zmieniała się w zakresie wartości od 0,0% do 18,8%, co przedstawiono na wykresie 10.1.

Wykres 10.1

Wartości zmierzone podczas testu produkcyjnego na stacji MOS2 na otworze badawczym T-1



Źródło: opracowanie na podstawie materiałów firmy Termospec sp. z o.o.

10.7. Projekt prac naprawczych otworu badawczego T - 1

Pomiary zawartości gazów w otworze badawczym T - 1 w dniu 1.09.2018 roku za pomocą przyrządu wieloparametrowego Dreger 5600 z pamięcią zostały przeprowadzone na głowicy otworu. Wyniki tych pomiarów przedstawiono w tabeli 10.2.

Tabela 10.2

Wyniki pomiarów składu gazów w otworze T-1

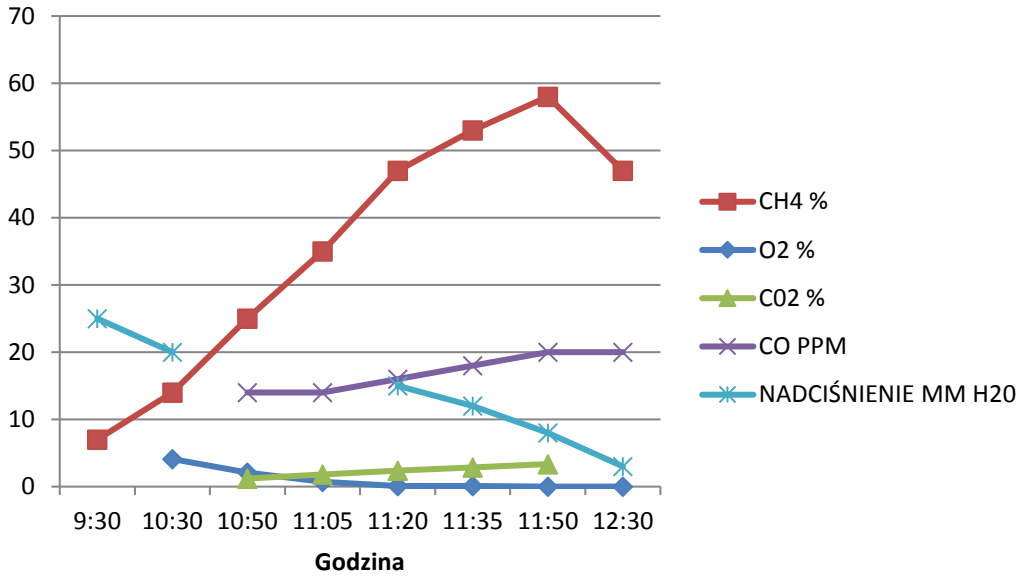
Godz.	CH4	O2	C02	CO	NADCIŚNIENIE
h/min	%	%	%	PPM	Pa
9.30	7,0				250
10.30	14,0	4,1			200
10.50	25,0	2,1	1,2	14	
11.05	35,0	0,7	1.8	14	
11.20	47,0	0,1	2,38	16	150
11.35	53,0	0,1	2,85	18	120
11.50	58,0	0.0	3,35	20	80
12.30	47,0	0.0		20	30

Źródło: opracowanie na podstawie danych firmy Termospec sp. z o.o.

Uzyskane dane wykazują, że maksymalna zawartość CH_4 wynosiła blisko 60,0%, co przedstawiono na wykresie 10.2.

Wykres 10.2

Koncentracja metanu w otworze badawczym T-1



Źródło: opracowanie na podstawie materiałów firmy Termospec sp. z o.o.

W związku z małą wydajnością przepływu gazu z otworu badawczego T - 1, spowodowaną niską drożnością połączenia otworu badawczego T - 1 z górotworem (przestrzeń przyotworowa zrobów została uszczelniona płuczką bentonitową), rozważane jest przeprowadzenie dodatkowych prac serwisowych, polegających na:

- usunięciu kolumny rur eksploatacyjnych z otworu na odcinku od 590 m do 410 m,
- przeprowadzeniu krótkotrwałego testu produkcyjnego.

Jeżeli wyniki testu będą niezadowalające, będzie konieczność podjęcia dodatkowych prac dla uzyskania przewidywanego dopływu metanu ze złoża do otworu. Projektowane prace naprawcze podzielono na trzy etapy:

- etap 1 – likwidacja dolnego odcinka od głębokości 465 m, odwiercenie równoległego otworu odcinka od 465 m do 515 m, tj. do zrobów pokładów 703/1-2 i 707/1-2, oraz przeprowadzenie testu produkcyjnego,
- etap 2 – dalsze wiercenie od 515 m do 560 m, tj. do zrobów pokładów 708 i 712/1-2, oraz przeprowadzenie testu produkcyjnego,
- etap 3 – likwidacja dolnego odcinka otworu przez zacementowanie i wykonanie perforacji rur 7” za pomocą środków strzałowych przez specjalistyczną firmę. Perforacja powinna objąć odcinek 10 m w obrębie zrobów pokładu 629/1 oraz zrealizowanie testu produkcyjnego.

W przypadku osiągnięcia dostatecznego przepływu na danym etapie nastąpi zakończenie prac, w przeciwnym wypadku po zakończeniu etapu 3 wystąpi konieczność likwidacji otworu T-1.

Uzyskane w trakcie drążenia otworu doświadczenia wskazują na spore trudności wiertnicze oraz duże ryzyko poszukiwawcze.

11. ZBIORNIK GAZU PO ZLIKWIDOWANYCH KOPALNIACH „MOSZCZENICA" I „JASTRZĘBIE"

Budowę kopalni „Jastrzębie" rozpoczęto w 1956 roku, a uruchomienie wydobycia nastąpiło w 1962 roku W 1963 roku kopalnia ta została połączona z kopalnią „Moszczenica" i od tego czasu prowadziły działalność pod nazwą KWK „Jastrzębie-Moszczenica". Z kolei w 1966 roku podzielono kopalnię na kopalnie „Jastrzębie" i „Moszczenica" [101].

W 1994 roku ponownie połączono obie kopalnie i nadano im nazwę KWK „Jas-Mos". Następnie w 2000 roku zlikwidowano kopalnię „Moszczenica", a w 2018 roku rozpoczęto likwidację Ruchu Jastrzębie kopalni zespolonej „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie".

Złoże obejmujące pokłady grup rudzkiej, siodłowej i brzeżnej, zalegające od 130 m do 900 m w części południowej i od 170 m do 1100 m w części północnej, było bardzo bogate pod względem węglonośności. Budowa geologiczna złoża była bardzo zmienna pod względem strukturalnym, obejmującym synklinę i antyklinę przy zmiennym nachyleniu pokładów, od stojących w części zachodniej i silnie nachylonych do słabo nachylonych na dnie niecki. Złoże charakteryzowało się także bogatą tektoniką – głównie uskokami. Podstawowym zagrożeniem był metan, który w strefie kontaktu miocen-karbon występował, jako gaz wolny. Na omawianym obszarze zawartość metanu w pokładach waha się w szerokich granicach od 0,012 $m^3/t._{csw}$ do 21,175 m^3/Mg_{csw} [45].

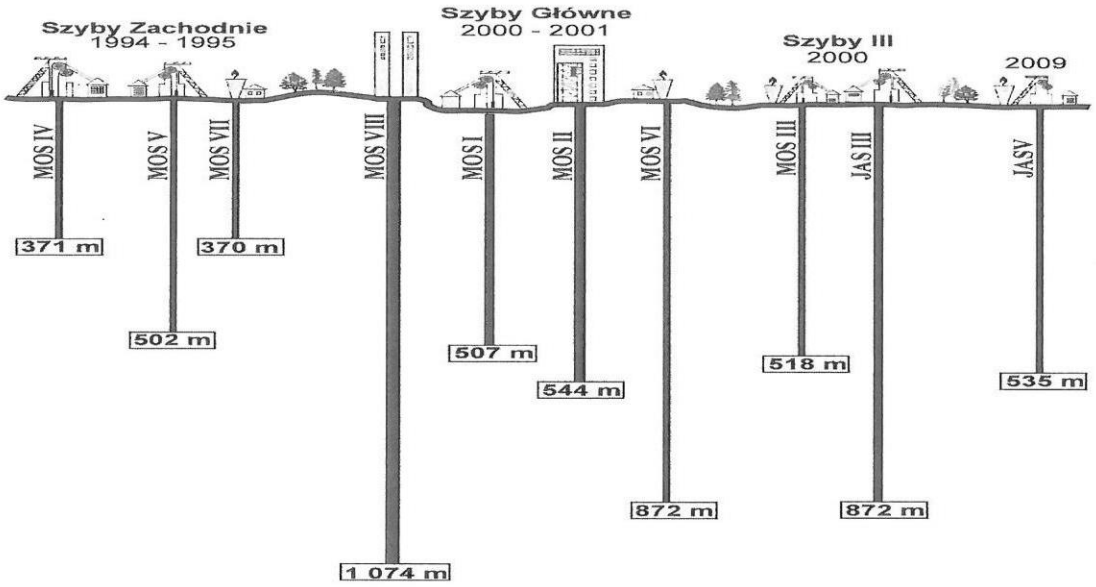
11.1. Likwidacja kopalni

Ze względu na sczerpanie zasobów węgla kamiennego w latach 2000 – 2001 przeprowadzono likwidację kopalni „Moszczenica".

Zgodnie z Planem Ruchu JSW S.A. KWK „JAS-MOS" Ruch Górniczy „Moszczenica", w likwidacji w okresie od 1.04.2000 do 31.12.2001 roku, zamknięto przez tamowanie lub podsadzanie ponad 70 km wyrobisk [14].

Dużym wyzwaniem było zamknięcie szybów. Wszystkie szyby zostały zamknięte przez podsadzenie odpadami popłuczkowymi wraz z pyłami dymnicowymi.

Zamknięto 9 szybów o łącznej długości ponad 5,5 km. Zakres tej likwidacji poglądowo przedstawiono na rys. 11.1.



Rys. 11.1. Szyby KWK „Moszczenica" i KWK „Jas-Mos" zlikwidowane na przestrzeni ostatnich 15 lat
Fig. 11.1. Shafts in „Moszczenica" and „Jas-Mos" coal mines closed within last 15 years
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z internetu [94].

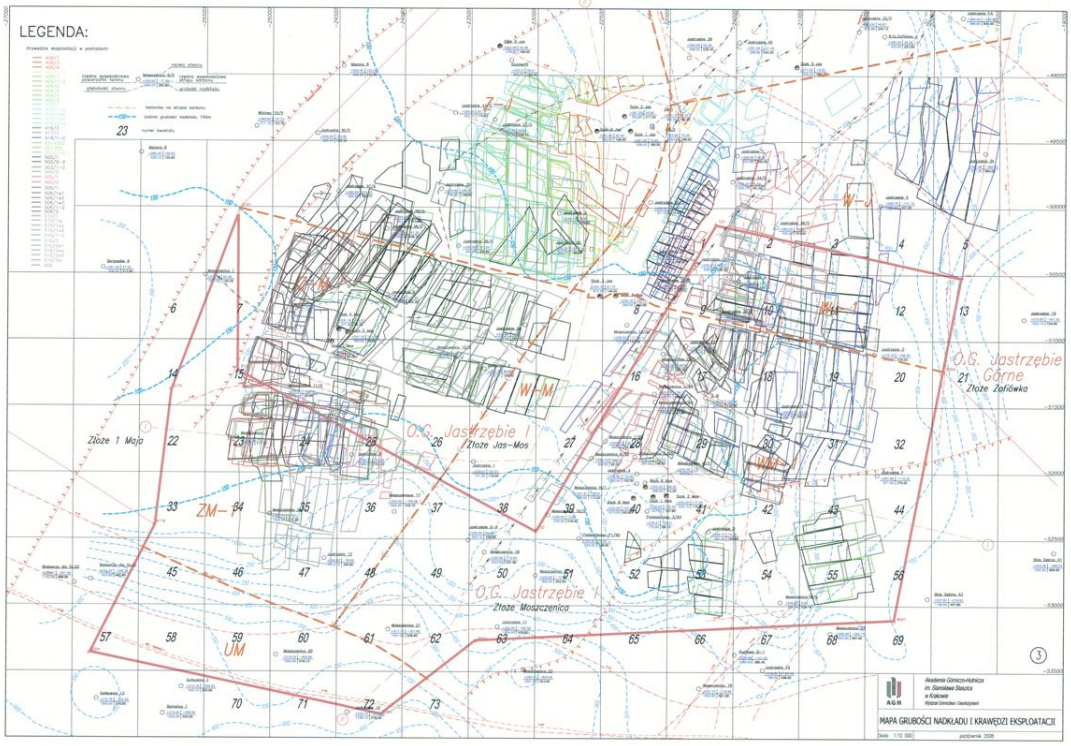
O dobrej jakości tej pracy i trafnie dobranej technologii świadczą regularne pomiary wysokości zasypu, które nie wykazują ucieczki materiału zasypowego, a pomiary składu powietrza pod płytami zamykającymi nie wykazują obecności CH_4 i CO.

W 2016 roku postawiono w stan likwidacji i przekazano do Spółki Restrukturyzacji Kopalń S.A. oznaczoną część zakładu górniczego KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie" Ruch „Jas-Mos" w Jastrzębiu-Zdroju.

Złoże, wraz ze zrobami po byłych kopalniach „Moszczenica" i „Jastrzębie", zgodnie z ustawą [74] stało się własnością Skarbu Państwa. Z kolei SRK S.A. w trakcie likwidacji zakładu górniczego w celu ochrony środowiska lub zapewnienia bezpieczeństwa ruchu likwidowanego zakładu górniczego może wydobywać metan bez uzyskania koncesji.

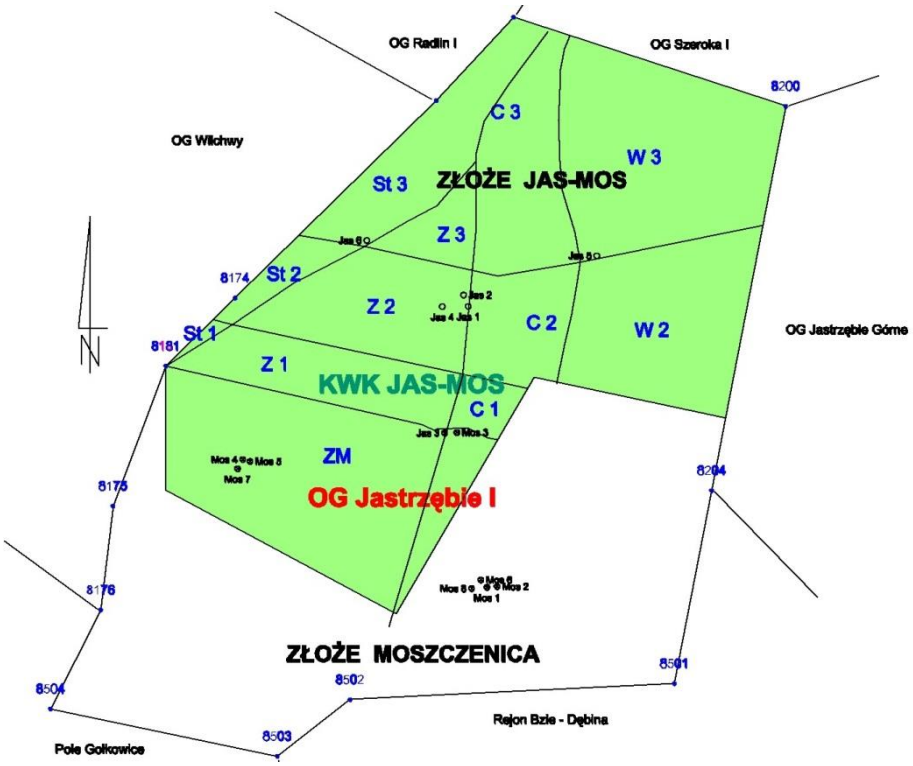
11.2. Zbiornik metanu

Zbiornik metanu tworzą poeksploatacyjne zroby zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego „Moszczenica” i „Jastrzębie” [37]. Położenie zrobów pól „Moszczenica” i „Jastrzębie” przedstawiono na rys. 11.2.



Rys. 11.2. Zroby pól „Moszczenica” i „Jastrzębie”
Fig. 11.2. Goafs in „Moszczenica” and „Jastrzębie” areas
Źródło: Nawrat S., Stopa J., Napieraj S., Zastosowanie modelowania numerycznego dla oceny zasobów metanu i jego eksploatacji z Pola Moszczenica. Pozyskanie i utylizacja metanu z pokładów węgla, AGH, Kraków 2012, s. 117.

Zbiornik gazu – metanu z pokładów węgla – stanowią zroby powstałe w wyniku ponad 50-letniej eksploatacji kopalń „Jastrzębie” i „Moszczenica” oraz ich prawnych połączeń jak KWK „Jas-Mos” (rys. 11.3). Na podstawie aktualnych regulacji prawnych eksploatacja metanu ze zbiornika gazu w części obejmującej zroby zlikwidowanej kopalni „Moszczenica” jest prowadzona przez SRK S.A. – Oddział Jastrzębie.



Rys. 11.3. Obszary – złoże „Moszczenica" i OG „Jastrzębie I"
Fig. 11.3. Deposits „Moszczenica" and OG „Jastrzębie I"
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych w toku analizy badawczej.

Zasoby metanu sorbowanego w złożu „Moszczenica" według stanu na 31.12.2007 roku oceniono na 155,976 mln m^3 [14] . Uwzględniając ilości metanu odprowadzonego odmetanowaniem ze złoża „Moszczenica" w latach 2008-2018 szacuje się, że na dzień 31.12.2018 roku zasoby metanu sorbowanego w tym złożu wynoszą jeszcze 58,911 mln m^3.

11.3. Odmetanowanie zbiornika gazu „Jas-Mos"

Odmetanowanie za pomocą powierzchniowej stacji odmetanowania przy szybie Jas VI prowadzi Oddział KWK „Jas-Mos" Spółki Restrukturyzacyjnej Kopalń. Metan jest ujmowany z otamowanych wyrobisk zlikwidowanej kopalni „Moszczenica".

Odmetanowanie jest obsługiwane kompleksowo przez specjalistyczną firmę zewnętrzną ZOK sp. z o.o., a metan jest sprzedawany do PGNiG TERMIKA Energetyka Przemysłowa S.A.

Gaz ten jest ujmowany na stacji odmetanowania wyłącznie z otamowanych wyrobisk byłej kopalni „Moszczenica". Nie przewiduje się ujęcia metanu z JSW S.A. KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie" Ruch „Jastrzębie".

Ujęcie jest realizowane przez rurociągi metanowe, zabudowane w otamowanych wyrobiskach byłej kopalni „Moszczenica", które przez tamy izolacyjne zostały podłączone do dwóch rurociągów zbiorczych DN185 i DN300, zabudowanych w przekopach byłej kopalni „Moszczenica" na poz. -240 i w przekopie Wytyczna południowa poz. -240 (należącym do byłej kopalni „Jastrzębie"). Przekopy te zostały przekazane do SRK S.A. Oddział KWK „Jas-Mos".

Oba rurociągi DN185 i DN300 zostały wyprowadzone przed korek K-7 w Wytycznej południowej poz. -240. Przed korkiem, przez trójnik, rurociągi te są podłączone do rurociągu zbiorczego DN200, zabudowanego w wyrobiskach na poziomie -240: Wytyczna południowa, Podszybie zachodnie (sz. 1 i 2) i Przekop zachodni II.

Rurociągiem zbiorczym ujmowany gaz jest doprowadzony do otworu O.J.6 (1993), zarurowanego rurociągiem DN225, wykonanego z powierzchni do wnęki przy przekopie zachodnim II poz. -240.

Na powierzchni gaz od otworu O.J.6 (1993) jest transportowany do powierzchniowej stacji odmetanowania przy szybie Jas VI rurociągiem ssącym DN 300 (dł. około 150m) ułożonym na podporach stalowych.

Do przetłaczania mieszaniny metanowo-powietrznej wykorzystywane są dwa zespoły dmuchawowe (wyposażone w dmuchawy typu „DR 500T"), z których jeden pracuje, a drugi stanowi zawsze rezerwę. Gaz pozyskiwany ze złoża za pomocą rurociągu ssącego jest doprowadzany do urządzeń stacji, gdzie po sprężeniu jest kierowany do rurociągu tłocznego DN300 (podziemnego), a dalej do sieci przesyłowej do EC „Moszczenica". W przypadku braku odbioru gaz jest kierowany do atmosfery. System odmetanowania w Oddziale KWK „Jas-Mos", oprócz aktualnego ujęcia, umożliwia w razie potrzeby podłączenie ujęć zza innych dostępnych tam lub korków izolacyjnych na poz. -240. Z uwagi na odcięcie poz. -240 od pozostałych poziomów kopalni odmetanowanie będzie prowadzone tylko na poz. -240.

Obecnie, w wyniku likwidacji wyrobisk na poz. -240, znaczna część rurociągów odmetanowania znajduje się w otamowanych wyrobiskach. Dostępne są jedynie trójnik przed korkiem K-7 w Wytycznej południowej oraz odcinek rurociągu o długości około 107,0 m pomiędzy korkiem K-7 w Wytycznej południowej a korkiem K-27 w Podszybiu zachodnim (szyby 1 i 2).

Wyposażenie budynku stacji odmetanowania przy szybie Jas VI stanowią:

- dwie dmuchawy rotacyjne typu DR 500T (produkcji F.P. „SPOMAX" S.A. w Ostrowie Wielkopolskim) wraz z osprzętem (zespoły dmuchawowe) do przetłaczania mieszaniny metanowo-powietrznej,
- instalacja rurociągów stacji wraz z wyposażeniem (z układem kompensatorów, zasuw, urządzeń odwadniających, regulatora ciśnienia, zaworów bezpieczeństwa, przerywaczy płomieni, kominów wydmuchowych i króćców kontrolno-pomiarowych),
- układ zasilania napięciem 500 V prądu przemiennego (realizowany dwoma liniami kablowymi 500 V prowadzonymi z rozdzielni głównej 500 V, szyb VI, do rozdzielnicy RM-1 500 V w budynku stacji),
- wewnętrzne instalacje elektroenergetyczne,
- instalacja wentylacji hali dmuchaw,
- instalacje ochronne i piorunochronne,
- urządzenia kontrolno-pomiarowe oraz instalacje sygnalizacji alarmowej i ostrzegawczej. Stację wyposażono w system, który kontroluje ruch urządzeń stacji, a w przypadku przekroczenia zadanych progów, jak również przekroczenia (niedotrzymania) założonych parametrów pracy generuje w pomiarowni sygnały ostrzegawcze i awaryjne, a w dalszej kolejności wyłączenie stacji,
- zespół urządzeń pomiarowych, służących do określenia jakości i ilości gazu przepływającego przez rurociąg stacji odmetanowania. Zabudowane są układy pomiarowe do pomiaru jakości i wilgotności gazu oraz przepływomierze: termiczny, na rurociągu wydmuchowym stacji, oraz turbinowy, na rurociągu przesyłającym gaz do sieci. Do pomiaru jakości gazu w kształtce DN300, łączącej kolektor tłoczny stacji z rurociągami odprowadzającymi gaz do sieci i na wydmuch, zabudowana jest sonda poboru gazu do chromatografu.

Parametry nominalne pracy urządzeń stacji odmetanowania, zapewniające bezpieczne prowadzenie jej ruchu, wynoszą:

- maksymalne podciśnienie gazu na wlocie do stacji odmetanowania – 0,025 MPa,
- maksymalne ciśnienie gazu na tłoczeniu (wylocie ze stacji odmetanowania) – 0,035 MPa,
- maksymalne ujęcie gazu (mieszanki gazowej) – do 45 m^3/min,
- temperatura na wlocie stacji odmetanowania – około 20^oC,
- temperatura gazu tłoczonego – około 110^oC.

Parametry pracy stacji odmetanowania (na dzień 11.01.2019 roku) wynosiły:

- podciśnienie gazu na wlocie do stacji odmetanowania – 0,022 MPa,
- ciśnienie gazu na tłoczeniu (wylocie ze stacji odmetanowania) – 0,026 MPa,
- ujęcie gazu (mieszanki gazowej) – około 25,3 m^3/min,
- temperatura na wlocie stacji odmetanowania – około 18,0^oC,
- temperatura gazu tłoczonego – około 57,0^oC.

11.4. Obecne i perspektywiczne wykorzystanie metanu

Ujmowany metan w całości jest przekazywany rurociągiem ze stacji odmetanowania do PGNiG TERMIKA Energetyka Przemysłowa S.A. Oddział EC „Moszczenica", gdzie jest spalany w dwóch silnikach gazowych o mocy 4 MW każdy, w sytuacjach awaryjnych (brak odbioru na silnik) metan jest spalany w kotle wodnym gazowym.

Dystrybucję i rozpływ metanu nadzoruje oraz koordynuje dyspozytor ZOK sp. z o.o. w uzgodnieniu z koordynatorem ze strony odbiorcy, tj. dyżurnym inżynierem ruchu Oddziału Zofiówka.

Parametry ujęcia metanu w 2018 roku średniomiesięcznie wynosiły:

- ujęcie mieszanki: 25,74 m^3/min, tj. 1 148 858,33 m^3 w miesiącu,
- koncentracja metanu 63%,
- ujęcie czystego metanu: 16,3 m^3/min, tj. 727 691,67 m^3 w miesiącu.

Efektywne wykorzystanie metanu w 2018 roku wynosiło 98,9%, w poszczególnych miesiącach zmieniało się w przedziale 97,7% – 99,9%.

Straty metanu (wydmuch do atmosfery) powstają głównie w sytuacjach awaryjnych, spowodowanych nieprzewidywalnymi zakłóceniami w odbiorze metanu ze strony odbiorcy.

Kierowanie metanu na wydmuch odbywa się automatycznie w przypadku przekroczenia ustalonej wartości ciśnienia gazu w rurociągu, którym metan jest odprowadzany ze stacji do odbiorcy.

W sytuacjach planowanych remontów czy przeglądów, gdy zapotrzebowanie na metan spada, ogranicza się wielkość jego ujęcia, zwiększając jednocześnie zakres kontroli zagrożenia metanowego za tamami izolacyjnymi i w wyrobiskach dołowych.

Zasoby metanu w zbiorniku zrobowym po zlikwidowanych kopalniach „Jastrzębie" i „Moszczenica" można szacować na bardzo wysokie, sięgające nawet 1 mld m^3 metanu. W związku z tym celowe jest podjęcie prac zmierzających do:

- rozpoznania zasobów,
- przygotowania odpowiedniego projektu robót wiertniczych,
- podjęcia wydobycia metanu,
- gospodarczego wykorzystania metanu w obiektach ciepłowniczych i energetycznych w Jastrzębiu-Zdroju.

Zagrożeniem może być zatopienie wodami zrobów tych kopalń – w projekcie powinno być rozważone przygotowanie ich odwadniania przez kopalnię Zofiówka, co pozwoliłoby na długoletnią eksploatację metanu, dającą ekologiczne błękitne paliwo dla miasta Jastrzębie-Zdrój.

12. PODSUMOWANIE

Materiał przedstawiony w niniejszej monografii pozwala ocenić stan obecny i sformułować najważniejsze perspektywiczne działania ukierunkowane na ujęcie oraz gospodarcze wykorzystanie metanu z kopalń zlikwidowanych w Polsce, co jest bardzo ważne zarówno ze względów ekonomicznych, jak i ekologicznych.

12.1. Zasoby metanu

Metan z pokładów węgla stwarza zagrożenie metanowe podczas prowadzenia robót górniczych w kopalniach węgla kamiennego, ale jest dobrym paliwem ekologicznym.

Udokumentowane zasoby bilansowe wydobywalne Metanu Pokładów Węgla (MPW) występują w 62 złożach w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i według stanu na 31.12.2017 rok wynoszą 96 947,67 mln m^3. Zasoby te zweryfikowano w porównaniu z rokiem 2016 o blisko 994 mln m^3 [54].

Wykorzystanie metanu pokładów węgla jest podyktowane z jednej strony względami bezpieczeństwa prowadzenia robót górniczych, a z drugiej jest traktowane jako pozyskiwanie gazu z niekonwencjonalnych źródeł ze względu na formę jego występowania. Szczególne znaczenie ma pozyskanie metanu ze zbiorników gazu z czynnych, likwidowanych i zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego.

Mając na uwadze właściwości energetyczne metanu, należy go możliwymi technologiami skutecznie pozyskiwać, mianowicie przez:

- odmetanowanie czynnych kopalń,
- pozyskanie z powietrza wentylacyjnego (VAM) [67],
- pozyskanie ze zbiorników zlikwidowanych kopalń.

W czynnych kopalniach węgla kamiennego powinno się prowadzić zintensyfikowanie wykorzystania pozyskanego metanu z odmetanowania.

Należy podkreślić, że bardzo ważnym aspektem jest wykorzystanie metanu ze zbiorników powstałych po zlikwidowaniu kopalń, a zaplanowanie tego procesu powinno nastąpić już na etapie przygotowania projektu likwidacji kopalni. Większość zlikwidowanych kopalń metanowych nie rokuje jednak możliwości ujęcia metanu ze względu na słabo metanowy charakter złoża.

Obecnie efektywne odmetanowanie jest prowadzone tylko w pięciu likwidowanych kopalniach („Morcinek", „Żory", „Moszczenica", „Śląsk" i „Krupiński"). Dobrymi przykładami mogą być tutaj przedsięwzięcia wykorzystania metanu z kopalń zlikwidowanych w Niemczech i Czechach. Wykorzystanie gazu, jakim jest MPW, pozwoliłoby w pewnym zakresie ograniczyć zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego i pogarszanie się klimatu.

12.2. Rekomendacje perspektywicznych kierunków działań

W Polsce dalszy postęp w ramach utylizacji metanu z pokładów węgla kopalń i ograniczenia emisji metanu do atmosfery jest możliwy do osiągnięcia pod warunkiem rozwiązania następujących problemów:

- intensyfikacja odmetanowania pokładów węgla w podziemnych kopalniach węgla kamiennego przez intensyfikację efektywności odmetanowania,
- zwiększenie ujęcia metanu przez dodatkowe wykonywanie otworów kierunkowych odmetanowania,
- większe wykorzystanie gazu przez układy kogeneracyjne i trikogeneracyjne, m.in. przy wykorzystaniu silników gazowych, w celu zaspokojenia zapotrzebowań własnych kopalń na energię elektryczną, cieplną i chłód,
- zastosowanie przewoźnych, kontenerowych stacji odmetanowania z agregatami kogeneracyjnymi (m.in. do pozyskiwania metanu z wyeksploatowanych złóż),
- wykorzystanie technologii oczyszczania i wzbogacania mieszaniny metanowo-powietrznej ujmowanej odmetanowaniem w celu zwiększenia zawartości metanu w paliwie (metoda VPSA),
- opracowanie i wdrożenie efektywnej technologii użycia metanu o niskiej koncentracji z powietrza wentylacyjnego (VAM). Niewiele jest jednak szybów stwarzających efektywne warunki ujęcia metanu. Należy rozważyć przeniesienie technologii VAM do wyrobisk podziemnych,
- retencyjne magazynowanie metanu z odmetanowania w podziemnych i powierzchniowych zbiornikach gazu w celu zapewnienia stabilnego ilościowo oraz jakościowo paliwa niskometanowego dla instalacji ciepłowniczo-energetycznych,
- przeprowadzenie zmian legislacyjnych, mających na celu danie energii elektrycznej produkowanej z metanu z pokładów węgla wsparcia, jakiego udziela się produkcji energii z odnawialnych źródeł energii,

- stworzenie odpowiednich warunków ekonomicznych opłacalności utylizacji metanu uwolnionego z węgla przez kształtowanie obciążeń podatkowych i innych,
- podjęcie działań dotyczących kształcenia specjalistów zajmujących się problematyką odmetanowania i utylizacji metanu z pokładów węgla.

Znaczne zwiększenie ilości zagospodarowanego metanu uwolnionego z pokładów węgla leży w szeroko pojętym interesie gospodarki narodowej, w związku z czym państwo powinno wspierać te kierunki działań, m.in. przez:

- uproszczenie procedury koncesyjnej na korzyść przedsiębiorcy i przyśpieszenie procesu koncesyjnego realizowanego w Ministerstwie Środowiska,
- finasowanie kosztownych działań w zakresie wierceń dla pozyskania metanu z pokładów węgla, np. w formie programów czy też dotacji,
- wspieranie przez certyfikaty wykorzystania energetycznego, np. dla produkcji energii elektrycznej bez konieczności kogeneracji, zagospodarowania ciepła,
- wspieranie w formie specjalnych programów badawczo-rozwojowych badań i wdrożenia, a przemysłowych instalacji wytwarzania CNG z gazów z odmetanowania pokładów węgla dla wykorzystania w komunikacji, chemii paliwowej, energetyce czy też w ciepłownictwie,
- rozwijanie projektów eksperymentalnych i pilotażowych dotyczących gospodarczego wykorzystania metanu z powietrza wentylacyjnego.

12.3. Metan – szanse i zagrożenia

Co roku kopalnie węgla kamiennego w Polsce emitują do atmosfery duże ilości metanu, w 2017 roku było to aż 736 mln m^3 [60]. W przeliczeniu na cenę wysokometanowego gazu ziemnego daje to wartość blisko 960 mln zł rocznie. Przy uwzględnieniu z kolei średniej ceny sprzedaży metanu przez spółki węglowe podmiotom gospodarczym w wysokości 0,3-0,5 zł za m^3 dałoby to przychód pomiędzy 220 a blisko 370 mln zł. Metan, zarówno ten z kopalń czynnych, jak i ze zlikwidowanych, musi stać się ze wszech miar pożądanym surowcem energetycznym.

Realizacja kierunków działań dotyczących pozyskania i gospodarczego wykorzystania metanu pokładów węgla przyczyni się do:

- poprawy bezpieczeństwa prowadzenia robót górniczych,
- ograniczenia skutków efektu cieplarnianego,
- uzyskania korzyści ekonomicznych.

Obecnie opłaty za emisję tego cennego paliwa do atmosfery są niewielkie. Za każdą tonę metanu kopalnie płacą 29 groszy, co daje w ciągu roku tylko około 143 tys. zł, a wobec około 72 mln wszystkich rocznych kosztów górnictwa związanych z korzystaniem ze środowiska jest symboliczne.

Wiele wskazuje na to, że emisja metanu kopalnianego do atmosfery może podlegać w niedalekiej przyszłości przepisom EU ETS lub podobnym regulacjom. W takim przypadku, jeśli nic się nie zmieni, znacznie podniosłyby się koszty wydobycia węgla kamiennego. W skrajnym hipotetycznym przypadku mógłby to być koszt sięgający ponad 1 mld zł (tabela 12.1). Opłaty takie przyczyniłyby się do nierentowności polskiego górnictwa węgla kamiennego, a tym samym wyeliminowałyby eksploatację węgla w kopalniach metanowych.

Tabela 12.1

Opłaty środowiskowe za metan emitowany do atmosfery przez kopalnie czynne i zlikwidowane za 2017 rok

Wyszczególnienie	Liczba	Jednostka miary	Całkowita opłata tys. zł
Emisja metanu	736	mln m^3	143,005
	493 120	Mg	
	Gęstość metanu w kg/m^3 w temp. 20°C pod ciśnieniem 1013 hPa		
	0,67		
	Jednostkowa stawka opłat za korzystanie ze środowiska w 2017 roku [75]		
	0,29 zł/Mg	0,0002 zł/m^3	
	Potencjał tworzenia efektu cieplarnianego (GWP) [86]		
	23		
	Cena uprawnień do emisji CO_2 w Unii Europejskiej [79]		
	Styczeń 2018 roku	1.03.2019 r.	
	8 euro/Mg	23 euro/Mg	
	Hipotetyczne skutki objęcia metanu systemem EU ETS lub podobnych rozwiązań przy emisji 493 120 Mg		
	184 euro/Mg	529 euro/Mg	
	90,73408 mln euro	260,86048 mln euro	

Źródło: opracowanie własne.

Mając to na uwadze, warto podjąć działania ukierunkowane na maksymalne ograniczenie emisji metanu do atmosfery i nie potęgować zmian klimatycznych.

Poruszane w niniejszej monografii zagadnienia są bardzo ważne nie tylko z punktu widzenia bezpieczeństwa, lecz także z uwagi na ochronę środowiska i wyniki

gospodarcze. Omawiane kwestie powinny być rozwijane poprzez dalsze badania oraz wdrożenie nowych technologii pozyskiwania i zagospodarowania metanu.

Trzeba mieć nadzieję, że wobec uzasadnionego rosnącego znaczenia walki z zanieczyszczeniem powietrza i wszechobecnym smogiem oraz położenie nacisku na efektywność energetyczną wypływające z treści niniejszej monografii wnioski doczekają się realizacji, a wykorzystanie metanu ze zrobów okaże się efektywne i opłacalne. Motywacją do wzmożonych działań w tym obszarze powinien być czas, bo z każdą chwilą od zamknięcia kopalni metan wydzielający się do zrobów kopalni zlikwidowanej bezpowrotnie przenika do atmosfery.

BIBLIOGRAFIA

1. Backhaus C.: Renewables and coal mine methane in German legislation. Recommendation for Ukraine, 2013.
2. Badyda K.: Możliwości zagospodarowania gazu kopalnianego w Polsce do celów energetycznych, „Energetyka", nr 6/2008.
3. Barchański B., Kostrz J.: Opinia naukowo-techniczna do likwidacji szybów KWK „Morcinek" przez zasypanie z możliwością odtworzenia rury szybowej. Praca zbiorowa – niepublikowana, 1999.
4. Brzozoń K., Grzybek I., Bukowski P.: Zagrożenia związane z likwidacją szybów na przykładzie szybów Pola Czyżowice. Warsztaty z cyklu Zagrożenia naturalne w górnictwie, 2005.
5. Cisek W., Dybciak A.: Landsberg W.: Przebieg i doświadczenia z likwidacji kopalni „Nowa Ruda" w aspekcie przekształcenia wyrobisk dołowych na potrzeby podziemnego magazynu gazu, Przegląd Górniczy, nr 7–8, 2001.
6. Czaja P.: Ocena rozwiązań projektowych likwidacji szybów zastosowanych w procesie restrukturyzacji górnictwa węglowego. Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 33, Zeszyt 3/1, 2009.
7. Duda A., Krzemień A.: Forecast of methane emission from closed underground coal mines exploited by longwall mining – A case study of Anna coal mine. Journal of Sustainable Mining, 17, 2018, p. 184-194.
8. Gatnar K.: Gospodarcze wykorzystanie metanu z pokładów węgla na przykładzie rozwiązań Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Sympozja i Konferencje, nr 73. Materiały XXII Konferencji z cyklu Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej. Ustroń 2008.
9. Grzybek I., Kuzak R.: Metodyka geometryzacji pola metanonośności złóż węgla na podstawie danych rozproszonych. Technika Poszukiwawcza i Geometria, nr 1-2, 1997, s. 101-111.
10. Grzybek I., Respondek A.: Polskie doświadczenia w zakresie odgazowania złóż węgla. Warsztaty 2012: Zagrożenia naturalne w górnictwie.
11. Hadro J., Wójcik I.: Metan pokładów węgla: zasoby i eksploatacja. Przegląd Geologiczny, vol. 61, nr 7, 2013.

12. Instytut Mechaniki Górotworu: Technologiczne aspekty likwidacji kopalń. Materiały seminarium programu TEMPUS JEP 1827, v. 4, PAN, Kraków 1996.
13. Jakubów A., Nawrat S.: Techniczne problemy likwidacji kopalni węgla kamiennego „Morcinek". Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej'2000, Polska Akademia Nauk, Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Sympozja i Konferencje, nr 41, tom 2, Kraków 2000.
14. Jastrzębska Spółka Węglowa S.A., Kopalnia Węgla Kamiennego „Jas-Mos": Plan Ruchu JSW S.A. KWK „Jas-Mos" Ruch Górniczy „Moszczenica" w likwidacji, egz. 16132.
15. Kaczorowski P., Gajewski P.: Górnictwo węgla kamiennego w Polsce w okresie transformacji. Acta Universitas Lodziensis, Folia Oeconomica, 2008.
16. Karbownik A.: Reforma górnictwa węgla kamiennego – dotychczasowe i przewidywane efekty. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2000, Polska Akademia Nauk, Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Sympozja i Konferencje, nr 41, tom 2, Kraków 2000.
17. Karbownik A. i in.: Stan aktualny i kierunki restrukturyzacji technicznej w kopalniach węgla kamiennego. Mat. Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2000, Polska Akademia Nauk, Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energi[1], Sympozja i Konferencje, nr 41, tom 2, Kraków 2000.
18. Kidybiński A.: Geotechniczne aspekty adaptacji wyrobisk likwidowanych kopalń węgla na podziemne magazyny gazu. Prace naukowe GIG, Górnictwo i Środowisko, 2/2004.
19. Kompania Węglowa S.A. Kopalnia Węgla Kamiennego Rydułtowy Anna w Rydułtowach: Plan Ruchu Likwidacji Części Zakładu Górniczego KWK Rydułtowy-Anna-Rejon Szybów Kościuszko i Głowacki na lata 2005-2007, egz. 16106.
20. Kopalnia Węgla Kamiennego „Żory" S.A. w Żorach: Plan Ruchu Likwidacji, egz. 16097.
21. Kosmaty J.: Wałbrzyskie tereny pogórnicze po 15 latach od zakończenia eksploatacji węgla. Górnictwo i Geologia, tom 6, zeszyt 1, 2011.
22. Kotarba M.: Zagrożenie gazowe w strefie przypowierzchniowej związane z likwidacją kopalń wałbrzyskich w Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym. Konferencja SITG pt. „Doświadczenia w likwidacji zakładów górniczych", Wałbrzych – Książ, 1999.

23. Kozłowski B.: Prognozowanie zagrożenia metanowego w kopalniach węgla kamiennego. Wyd. „Śląsk”, Katowice 1972.
24. Krause E.: Aspekty bezpieczeństwa i ochrony środowiska na terenach pogórniczych związane z zagrożeniem gazowym. Człowiek i środowisko wobec procesu restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego. Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków 2001, s. 417-430.
25. Krause E.: Prognozowanie wydzielania metanu do ścian przy urabianiu kombajnem. Przegląd Górniczy, nr 3-4, Katowice 2009b.
26. Krause E.: Prognozowanie wydzielania metanu do wyrobisk ścianowych podczas urabiania kombajnem. XIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna nt. Górnicze zagrożenia naturalne, GIG, Katowice 2006, s. 173-182.
27. Krause E., Karbownik M.: Test of methane desorption and emission from samples of hard coal in the context of mine closures through flooding. Journal of Sustainable Mining, 18, 2019, p. 127-133.
28. Krause E., Łukowicz K.: Dynamiczna prognoza metanowości bezwzględnej ścian. Poradnik Techniczny. Instrukcje GIG, 14, Katowice 2000.
29. Krause E., Pokryszka Z.: Investigation of methane emission from flooded workings of closed coal mines. Journal of Sustainable Mining, 12 (2), 2013, p. 40-45.
30. Krause E., Szlązak N.: Prognoza wydzielania się metanu po zakończeniu eksploatacji oraz w trakcie likwidacji przez zatopienie kopalni węgla kamiennego „Krupiński”. [W:] Aktualny stan zagrożeń aeorologicznych w polskich kopalniach. 9. Szkoła Aeorologii Górniczej – Sekcja Aeorologii Górniczej. Komitet Górnictwa PAN. Monografia pod red. Nikodema Szlązaka, Wyd. Agencja Wydawniczo-Poligraficzna ART.-TEKST, Kraków 2017 s. 283-296.
31. Kwarciński J., Hadro J.: Metan pokładów węgla na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Przegląd Geologiczny, vol. 56, 2008.
32. Labuda W.: Analiza opłacalności eksploatacji metanu ze zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego w Polsce. Praca licencjacka, SGH, Warszawa 2017, s. 33.
33. Lubryka M., Kutkowski J., Śliwiński J.: Wypływ metanu na powierzchni terenu jako skutek likwidacji kopalni. Konferencja Górnictwo Zrównoważonego Rozwoju, Politechnika Śląska, Gliwice 2003.
34. Lubszczyk J.: Od Rybnickiego Zjednoczenia Przemysłu Węglowego do Jastrzębskiej Spółki Węglowej. „Biuletyn Galerii Historii Miasta”, nr 4 (30), 2013.

35. Łukaszczyk Z.: Szkic o dziejach górnictwa węgla kamiennego na Górnym Śląsku. Zmieniamy górnictwo w sercu Śląska. De profundis ad Te clamanus. Świat górników w radiowych i telewizyjnych homiliach biskupów katowickich na uroczystości św. Barbary (1983-2016), Katowice 2017.
36. Łukaszczyk Z.: Węgiel tak, smog nie – świadomość i odpowiedzialność, Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji, 7, Gliwice 2018, s. 484-496.
37. Łukaszczyk Z.: Zagrożenie metanowe – przegląd literatury. Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji, 8, Gliwice 2019, s. 300-312.
38. Łukaszczyk Z., Badura H., Zielona energia z metanowego gazu kopalnianego. Power Industry, nr 2, 2017, s. 18-19.
39. Łukaszczyk Z., Popczyk M.: Changing the mining industry in the heart of Silesia. IOP Conference series Earth and Environmental Science, v. 174, 2018.
40. Materiały na posiedzenie powołanej przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego komisji dla zbadania przyczyn i okoliczności wybuchu metanu i wypadku zbiorowego zaistniałego w dniu 24.06.1999 r. o godz. 9:33 w szybie III KWK „Morcinek". Praca niepublikowana, Kaczyce, 30 czerwca 1998.
41. Nawrat S.: Aktualny stan i perspektywy wykorzystania metanu z pokładów węgla kamiennego w Polsce. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2011, Kraków, 21-25 lutego 2011 r., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, Katedra Górnictwa Podziemnego, AGH.
42. Nawrat S., Czaja P., Skorek J., Nazimek D., Grzybek I., Kucharczyk B., Łuska P., Marcewicz-Kuba A., Pytlik P., Stasińska B., Tylus W., Bednorz J., Gantnar K., Gojny J., Janczyk S., Kowacki G., Napieraj S., Pryszcz E.: Projekt instalacji utylizacji metanu z kopalń. IUMK-1000, Kraków 2013.
43. Nawrat S., Kuczera K., Łuczak R., Życzkowski P., Napieraj S., Gatnar K.: Utylizacja metanu z pokładów węgla w polskich kopalniach podziemnych. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2009.
44. Nawrat S., Napieraj S.: Technologie sprężania metanu pokładów węgla dla jego gospodarczego wykorzystania. „Wspólne sprawy", Biuletyn Zarządu Głównego Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa, nr 4, 2015.
45. Nawrat S., Słomka T., Stopa J.: Ocena możliwości i sposoby pozyskania metanu ze zrobów Pola „Moszczenica" w aspekcie wpływu ujęcia gazu na czynne wyrobisko kopalni „Jas-Mos", AGH, Kraków 2008, materiały niepublikowane.
46. Nawrat S., Stopa J., Napieraj S.: Ocena możliwości szacowania zasobów metanu pokładów węgla. Pozyskanie i utylizacja metanu z pokładów węgla: konferencja naukowo-techniczna, 2014.

47. Nawrat S., Stopa J., Napieraj S.: Szacowanie zasobów metanu pokładów węgla z wykorzystaniem modelowania matematycznego. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, 2015.
48. Nawrat S., Stopa J., Napieraj S.: Zastosowanie modelowania numerycznego do oceny zasobów metanu i jego eksploatacji z pola „Moszczenica". Wiadomości Górnicze, 2012.
49. Nawrat S.: Gospodarcze wykorzystanie metanu z odmetanowania pokładów węgla polskich kopalń węgla kamiennego. Górnictwo i Geoinżynieria, zeszyt 2, 2006.
50. Nawrat S.: Pozyskiwanie i utylizacja metanu z kopalń. Wydawnictwo AGH, Kraków 2013.
51. Opracowanie Katedry Geomechaniki Górniczej i Geotechniki Wydziału Górniczego AGH w Krakowie: Projekt likwidacji KWK „Morcinek" i zagospodarowania metanu w zlikwidowanej kopalni – etap II – Analiza stateczności rur szybowych w aspekcie ich długotrwałej eksploatacji. Praca zespołowa pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. A. Tajdusia. Praca niepublikowana, Kraków, grudzień 1998.
52. Opracowanie PBSz S.A. w Bytomiu: Koncepcja zlikwidowania szybów kopalni „Morcinek" z możliwością odtworzenia rury szybowej. Praca zbiorowa Zespołu Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. B. Barchańskiego i Zespołu Przedsiębiorstwa Budowy Szybów S.A. w Bytomiu pod kierunkiem dr. inż. J. Kostrza. Praca niepublikowana, kwiecień 1999.
53. Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Budownictwa Górniczego BUDOKOP. Projekt techniczny likwidacji szybu Mos II KWK „Jas-Mos", Mysłowice, sierpień 2000.
54. PIG – PIB: Bilans zasobów złóż kopalnych w Polsce według stanu na 31.12.2017.
55. Płachecki K.: Zarys historii kopalni „Morcinek" w Kaczycach. Izba Pamięci Kopalń Zlikwidowanych w Rybnickim Okręgu Przemysłowym.
56. Praca zbiorowa: Program likwidacji zakładu górniczego Kopalni Węgla Kamiennego „Morcinek" na lata 1998-1999. Praca niepublikowana, Kaczyce 1998.
57. Praca zbiorowa Zarządu Koła Seniorów SITG byłej KWK „1 Maja" – Izba Pamięci Kopalń Zlikwidowanych w Rybnickim Okręgu Przemysłowym.
58. Praca zbiorowa: Zasady likwidacji szybów i wyrobisk przyszybowych w kopalniach węgla kamiennego. Poradnik techniczny. Główny Instytut Górnictwa, seria: Instrukcje, nr 6, Katowice 1998.
59. Raport o stanie zagrożenia metanowego, wyrzutami gazów i skał i siarkowodorowego w podziemnych zakładach górniczych. WUG, Katowice, maj 2018.

60. Raport (2017) o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego. GIG, Katowice 2018.
61. Ren T.X., Armstrong W.: Methane extraction and utilization from abandoned coal mines – China/UK technology transfer. Report No. COAL R251 DTI/Pub URN 03/1609, University of Nottingham, 2004.
62. Rybnicka Spółka Węglowa S.A. w Rybniku: PLAN RUCHU RSW S.A. KWK „Marcel" Ruch Górniczy „1 Maja" w likwidacji na lata 2001-2002, egz. 16104, 16128.
63. Sechman H.: Distribution of methane and carbon dioxide concentrations in the near-surface zone and their genetic characterization at the abandoned „Nowa Ruda"coal mine. International Journal of Coal Geology, 2013.
64. Skorek J., Kalina J.: Gazowe układy kogeneracyjne. WNT, Warszawa 2005.
65. Skorek J., Kalina K., Backhaus C., Mroz A.: Możliwości wykorzystania metanu z pokładów węgla w niemieckich i polskich kopalniach. Materiały międzynarodowej konferencji „Energie odnawialne w Niemczech i w Polsce", Łódź 2004.
66. Sprawozdanie Komisji powołanej Decyzją Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego z dnia 24.06.1999 r. dla zbadania przyczyn i okoliczności wybuchu metanu i wypadku zbiorowego zaistniałego w likwidowanej Kopalni Węgla Kamiennego „Morcinek" w Kaczycach w dniu 24.06.1999 r. Praca niepublikowana wraz z załącznikami. Katowice, 28.10.1999.
67. Stasińska B., Gac W., Pańczyk M., Zawadzki W., Rotko M., Nazimek D., Kuśmierz M., Marcewicz-Kuba A., Nawrat S., Napieraj S., Kucharczyk B., Tylus W.: Zielona technologia – Proekologiczna technologia utylizacji metanu z kopalń węglowych. „Nauka i Przemysł, metody spektroskopowe w praktyce, nowe możliwości i wyzwania", Lublin 2012.
68. Szlązak N., Szlązak J.: Filtracja powietrza przez zroby ścian zawałowych w kopalniach węgla kamiennego. AGH, Kraków 2005.
69. Turek M.: Kluczowe zmiany w górnictwie węgla kamiennego na tle wybranych myśli papieskiej encykliki Laudato si', Carbo et terra, laudate Dominum. Nie tylko o węglu mowa, GIG, Katowice 2016, s. 109-114.
70. Tarnowski J.: Geologiczne warunki metanu w Górnośląskiej Niecce Węglowej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 166, Gliwice 1989.
71. Wilczyński M.: Zmierzch węgla kamiennego w Polsce. Fundacja na rzecz Ekorozwoju, Warszawa 2013.
72. Zhou F.: Recent developments in coal mine methane extraction and utilization in China: A review. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 31, 2016.

Akty prawne

73. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 13 kwietnia 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo ochrony środowiska, Dz.U. 2018, poz. 799.
74. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 16 października 2017 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo geologiczne i górnicze, Dz.U. 2017, poz. 2126.
75. Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 29 czerwca 2016 r. w sprawie wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska na rok 2017, M.P. 2016, poz. 718.
76. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczpospolitej Polskiej z dnia 7 czerwca 2017 r. w sprawie jednolitego tekstu ustawy – Prawo budowlane, Dz.U. 2018, poz. 1202.
77. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczpospolitej Polskiej z dnia 26 maja 2017 r. w sprawie jednolitego tekstu ustawy – O ochronie gruntów rolnych i leśnych, Dz.U. 2017 poz. 116.

Strony internetowe, dostęp 19.04.2019 rok

78. MIDAS: Złoża kopalin:
http://geoportal.pgi.gov.pl/midas-web,
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (dostęp: 29.05.2017)
79. Ceny uprawnień do emisji CO2:
https://handel-emisjami-co2.cire.pl/st,34,514,me,0,0,0,0,0,ceny-uprawnien-do-emisji-co2.html
80. Gazkop-1:
http://www.gazkop-1.pl,
81. http://www.czasopismo.cuprum.wroc.pl/articles/view/33
82. III Konferencja Metan Kopalniany:
http://metankopalniany.pl/
83. Kopalnie węgla kamiennego w Polsce
https://pl.wikipedia.org/wiki/Kopalnie_w%C4%99gla_kamiennego_w_Polsce
84. MiningWeekly.com, Mining.com,
85. PAP/AH, Rząd przyjął program dla górnictwa węgla kamiennego do 2030 roku: https://gornictwo.wnp.pl/rzad-przyjal-program-dla-gornictwa-wegla-kamiennego-do-2030-roku,315909_1_0_1.html

86. Potencjał tworzenia efektu cieplarnianego: https://pl.wikipedia.org/wiki/Potencja³_tworzenia_efektu_cieplarnianego
87. Wiertnice WIRTH: https://www.google.pl/search?source=hp&ei=nJurXLj2A--lrgS6mYqgDw&q=wiertnice+WIRTH&btnK=Szukaj+w+Google&oq=wiertnice+WIRTH&gs_l=psy-ab.3..0i22i30.262,
88. Wiertnice URB: https://www.google.pl/search?ei=C6erXIDtNYKvrgT5k6XYBw&q=wiertnice+URB&oq=wiertnice+URB&gs_l=psy-ab.3..0j0i22i30l6j0i22i10i30.5592.14787..16114...0.0..0.141.745,
89. Wiertnice GEFCO: https://www.google.pl/search?ei=m6erXN7yK4morgTcuLLwBg&q=wiertnice+GEFCO&oq=wiertnice+GEFCO&gs_l=psy-ab.3..35i39.36948.43923..45711...0.0..0.250.753.7j0j1....
90. Wydobycie węgla kamiennego w Polsce: https://www.pgi.gov.pl/psg-1/psg-2/informacja-i-szkolenia/wiadomosci-surowcowe/10418-wydobycie-wegla-kamiennego-w-polsce.html, https://gazownictwo.wnp.pl/marnujemy-w-polsce-pokazne-zasoby-gazu,321528_1_0_2.html
91. Zasoby metanu z pokładów węgla: https://www.pgi.gov.pl/psg-1/psg-2/informacja-i-szkolenia/wiadomosci-surowcowe/10856-zasoby-metanu-z-pokladow-wegla-w-polsce.html
92. Labuda W., Hendel J., Marnujemy w Polsce pokaźne zasoby gazu: gazownictwo.wnp.pl/marnujemy-w-polsce-pokazne-zasoby-gazu.
93. Obszar złoża Żory-1: https://www.google.com/search?q=obszar+złoża+Żory&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiVj83kkM3hAhW-AxAIHSMZB7wQ_AUIDygC&biw=1366&bih=657#i
94. Szyby Moszczenica: https://www.google.com/search?q=moszczenica+kopalnia&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjigtavldDhAhUqlIsKHW-fBtQQ_AUIDygC&biw=1366&bih=657
95. Długotrwałe procesy koncesyjne: https://gazownictwo.wnp.pl/prezes-pgnig-potrzebujemy-przewidywalnosci-organow-koncesyjnych,343874_1_0_0.html

96. Mapa koncesji: https://bip.mos.gov.pl/koncesje-geologiczne/granice-koncesji-shapefile/rok-2018/szczegoly/news/luty-2019/
97. KWK „Morcinek”: https://pl.wikipedia.org/wiki/Kopalnia_W%C4%99gla_Kamiennego_Morcinek
98. KWK „1 Maja”: http://www.sitg.rybnik.pl/1/index.php?historia-kwk-1-maja-,29
99. KWK „Żory”: http://www.sitg.rybnik.pl/kopalnie-zlikwidowane-w-rop/zory.php
100. KWK „Anna”: http://www.sitg.rybnik.pl/1/index.php?historia-kwk-anna-,28
101. KWK „Moszczenica”: http://www.sitg.rybnik.pl/kopalnie-zlikwidowane-w-rop/jastrzebie_zdroj-moszczenica.php

POZYSKIWANIE I GOSPODARCZE WYKORZYSTANIE METANU ZE ZLIKWIDOWANYCH KOPALŃ WĘGLA

Streszczenie

Od początku lat 90. ubiegłego wieku prowadzona jest w Polsce intensywna restrukturyzacja górnictwa węgla kamiennego. W procesie tym następuje likwidacja kolejnych kopalń, w większości cechujących się znaczną metanowością. W samym tylko 2017 roku z górotworu objętego wpływami eksploatacji wydzieliło się blisko 948,5 mln m^3 metanu, z czego tylko 212 mln m^3 zostało wykorzystanych gospodarczo. Zdecydowana większość tego metanu została wyemitowana bezpowrotnie do atmosfery. Wraz z zamykaniem kolejnych kopalń potencjał dotyczący możliwych do odkrycia zasobów metanu ze zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego najpewniej będzie rósł.

W niniejszej monografii przedstawiono i scharakteryzowano przedsięwzięcia polegające na pozyskiwaniu i gospodarczemu wykorzystaniu metanu ze zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego. W pracy oprócz kwestii geologiczno-technicznych omówiono również uwarunkowania prawno-administracyjne, w jakich mogą być realizowane projekty związane z pozyskiwaniem i zagospodarowaniem metanu.

Szeroko przedstawiono naukowe i praktyczne doświadczenia w zakresie metod pozyskiwania i utylizacji metanu z kopalń czynnych i zlikwidowanych. Opisano ponadto wymierne korzyści z odmetanowania nie tylko w ramach poprawy bezpieczeństwa wydobycia węgla, lecz głównie te ekonomiczne i ekologiczne. Pozyskiwanie metanu wiąże się nieodłącznie zarówno z bieżącą analizą historii eksploatacji węgla czy też struktury kopalni, jak i wymaga uwzględnienia czynników geologicznych, które jak pokazują przykłady, cechują się niejednokrotnie sporą niepewnością.

W pracy zwrócono także uwagę na działanie organów koncesyjnych, które prowadzą postępowania dotyczące udzielania koncesji na poszukiwanie, rozpoznanie i wydobycie węglowodorów, w tym metanu, z pokładów węgla długotrwale [95]. Postępowania te są prowadzone nieraz przez kilka lat, co w ewidentny sposób ogranicza możliwość działalności przedsiębiorców, którzy mogliby uruchomić

wydobycie węglowodorów, w tym metanu z pokładów węgla, i odprowadzać z tego tytułu podatki i opłaty na rzecz jednostek samorządu terytorialnego i Skarbu Państwa. Na przykład postępowanie administracyjne w sprawie udzielenia dla przedsiębiorców koncesji na poszukiwanie, rozpoznanie i wydobycie metanu w obszarach „1 Maja" i „Moszczenica" trwają już wiele lat (1-4), co może doprowadzić do stanu utraty zasobów z powodu zatopienia tych obszarów i bezpowrotnych strat dla Skarbu Państwa.

Wydobycie metanu ze zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego („Morcinek", „Żory", „Moszczenica") potwierdziło, że metan ze zlikwidowanych kopalń może pełnić funkcję lokalnego źródła energii. Wykorzystanie tego cennego surowca do celów energetycznych wymaga również bieżącej analizy rynku cen energii.

Zwiększenie zużycia metanu zgromadzonego w podziemnych zbiornikach gazu zlikwidowanych kopalń powinno pozytywne wpłynąć na wykorzystanie tego paliwa w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

Należy dążyć do powstania rynku regionalnego przez stosowanie odpowiednich zachęt ekonomicznych przeznaczonych dla przedsiębiorców oraz ich potencjalnych konsumentów. Zachętą dla odbiorców może być kwalifikacja prawna metanu z pokładów węgla jako „zielonego paliwa".

Szansą na realizację większej liczby projektów związanych z pozyskiwaniem i gospodarczym wykorzystaniem metanu może być polityka klimatyczna Unii Europejskiej, wyrażająca się wsparciem przedsięwzięć, w których stosuje się niskoemisyjne źródła energii.

Zagospodarowanie zasobów metanu ze zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego przy uwzględnieniu geologicznych, technicznych i ekonomicznych uwarunkowań wydobycia wpłynie na uzyskanie znacznych wyników ekonomicznych korzystnych dla przedsiębiorców, gmin i Skarbu Państwa oraz efektów ekologicznych pozytywnych dla środowiska.

Celem niniejszej monografii jest wykazanie korzyści płynących z wdrożenia pozyskiwania i gospodarczego wykorzystania metanu ze zlikwidowanych kopalń, co leży w szeroko pojętym interesie gospodarki narodowej. Przedstawione przykłady wykorzystania metanu ze zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego w Polsce i na świecie potwierdzają celowość gospodarczą tych działań.

CAPTURE AND ECONOMIC UTILIZATION OF METHANE FROM CLOSED COAL MINES

Abstract

Since the beginning of 1990's, intensive restructuring of coal mine has been taking place in Poland. This process consists in closing successive coal mines, the majority of which are characterized by high methane content. Just in 2017, nearly 948.5 m m^3 of methane were released from underground mines under exploitation, of which only 212 m m^3 were economically utilized.

The majority of methane was irreversibly emitted to atmosphere. As further mines are to be closed down, the potential of discovering there methane resources is likely to grow.

This monograph describes projects for obtaining methane from closed mines of coal mines, and utilizing it for economical purposes. This paper presents geological and technical issues as well as legal and administrative requirements for projects related to capture and utilize methane.

Scientific and practical experience in methods of obtaining methane from active and closed mines and its utilization is widely presented. Moreover, demethanization brings measurable advantages not only in improving safety of coal extracting, but also in economic and ecological aspects. The process of obtaining methane is inherently connected with the current analysis of coal exploitation, mine structure, and mainly require taking into consideration geological factors, which, as examples show, present some degree of uncertainty.

This paper also pays attention to licensing authorities which conduct procedures to issue licences for long-term searching, investigating and exploiting hydrocarbons, including methane, from coal beds [95].Such procedures often last for a few years, which obviously restricts business activities of those entrepreneurs who could begin exploitation of hydrocarbons, including methane, from coal beds and pay resultant taxes and other fees to local government units and the State Treasury. For example, the administrative proceedings to issue licence for entrepreneurs for searching, investigating and exploiting methane in „1 Maja" and Moszczenica areas have been conducting for many (1-4) years. Such long procedures can result in resources loss caused by flooding of such areas and irreversible loss for the State Treasury.

Exploitation of methane from closed coal mines („Morcinek", „Żory", „Moszczenica") has confirmed that methane from such mines can be a local source of energy. Using this valuable resource for energy purposes also requires the ongoing analysis of energy price market.

An increase in methane consumption from underground tanks in inactive mines should have a positive impact on using this type of fuel in the Upper Silesian Coal Basin.

There should be a tendency towards creating a regional market by providing adequate economic incentives for entrepreneurs and potential consumers. For example, the legal classification of methane from coal beds as „green fuel" could be an encouragement.

Climate policy of UE supporting undertakings that use low-emission sources of energy is a chance for realizing more projects on obtaining and economic use of methane.

Management of methane resources from closed mines taking into considerations geological, technical and economic conditions for methane extraction will produce significant economic effects for entrepreneurs, communes and the State Treasury as well as ecological effects.

The aim of this monograph is to demonstrate advantages of capture and economic utilization of methane from closed mines which is in the best interest of Polish economy.

Presented examples of using methane from closed coal mines in Poland and abroad confirm the economic appropriateness of such actions.

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice
tel. (32) 237-13-81, faks (32) 237-15-02
www.wydawnictwopolitechniki.pl

Sprzedaż i Marketing
tel. (32) 237-18-48
wydawnictwo_mark@polsl.pl

Nakł. 100 + 44	Ark. wyd. 12,5	Ark. druk. 10,25	Papier 80 g

Zam. 221/19

Zygmunt **Łukaszczyk** – adiunkt na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej, dyrektor CKU - fili Politechniki Śląskiej w Rybniku. Ukończył fizykę na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Śląskiego. Jest także absolwentem Studium Podyplomowego „Gospodarka samorządowa" w Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Studiów Podyplomowych Prawno-Samorządowych Polskiej Akademii Nauk, Studiów Podyplomowych w Wyższej Szkole Handlu i Finansów Międzynarodowych w Warszawie oraz Podyplomowych Studiów Menadżerskich na Uniwersytecie Warszawskim. Ma również uprawnienia do zasiadania w radach nadzorczych. W 2012 roku uzyskał stopień doktora nauk technicznych.

Pełnił wiele funkcji zarządczych zarówno w administracji publicznej (prezydent Żor, wojewoda śląski), jak i w spółkach kapitałowych. Przez wiele lat był wiceprezesem JSW S.A. odpowiedzialnym za procesy restrukturyzacyjne, inwestycyjne i majątkowe. W okresie tym przeprowadził m.in. restrukturyzację Koksownii Przyjaźń oraz współpracował przy opracowaniu i wdrożeniu Grupy Węglowo-Koksowej. Pełnił również funkcję prezesa CLPB sp. z o.o., wiceprezesa JSW KOKS S.A., prezesa KHW S.A. oraz w organach nadzoru spółek prawa handlowego. Ma wieloletnią praktykę w negocjacjach jako umiejętności menedżerskiej. Jest członkiem wielu organizacji gospodarczych zarówno krajowych, jak i zagranicznych (pełnił m.in. funkcję prezydenta Europejskiego Stowarzyszenia Węgla Kamiennego i Brunatnego EURACOAL).

Autor lub współautor wielu publikacji i ekspertyz naukowo-badawczych z zakresu przekształceń własnościowych, innowacyjności przedsiębiorstw oraz zarządzania procesami w górnictwie, koksownictwie, energetyce oraz w samorządach. Ma doświadczenie związane z praktycznym wykorzystaniem wyników badań naukowych w działalności przemysłowej, naukowej oraz usługowej. Bezpośrednio zaangażowany w liczne projekty gospodarcze w sektorze energetycznym, informatycznym i samorządowym. Współorganizator wielu konferencji naukowo-technicznych. Zaangażowany w batalię na rzecz ochrony środowiska i gospodarki wodnej oraz zrównoważonego rozwoju. Laureat nagrody Zielonego Czeku WFOŚIGW, a następnie członek kapituły tych laurów. W swej 30-letniej działalności samorządowej i biznesowej został uhonorowany wieloma prestiżowymi wyróżnieniami i odznaczeniami państwowymi, m.in. Krzyżem Oficerskim Orderu Odrodzenia Polski. Z zamiłowania żeglarz.

Wydawnictwo Politechniki Śląskiej
44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5
tel. (32) 237-13-81, faks (32) 237-15-02
www.wydawnictwopolitechniki.pl
Dział Sprzedaży i Reklamy
tel. (32) 237-18-48
e-mail: wydawnictwo_mark@polsl.pl
http://www.polsl.pl/Jednostki/RJO2-WPS

ISBN 978-83-7880-673-8