

ZAGOSPODAROWANIE TERENÓW POEKSPLOATACYJNYCH KOPALNI SIARKI „PIASECZNO”, „MACHÓW” I „JEZIÓRKO”

DEVELOPMENT OF THE AREAS OF THE SULFUR MINE “PIASECZNO”, “MACHÓW” AND “JEZIÓRKO”

Andrzej Markiton

ABSTRACT

Each mining activity, both opencast and underground, has an adverse impact on the broadly understood environment. This applies to air, water and land surfaces. The use of opencast mining is one of the biggest dilemmas in mining. The method consists in removing the overburden, i.e. the top layer of soil (waste rocks) and extracting the discovered raw material directly on the surface with the use of machines. On the one hand, this method is characterized by high economic profitability because a relatively simple technology can usually obtain large amounts of various types of raw materials, and on the other hand, the impact of this method on the environment is enormous and generates great costs over a longer time horizon. Many publications have been published on the difficult process of reclamation of mining-degraded areas. This study presents the most important goals, stages and effects of the development of these post-industrial - post-mining areas in the vicinity of the city of Tarnobrzeg.

słowa kluczowe: działalność górnicza, proces rekultywacji, tereny poprzemysłowe – pogórnice
key words: mining activity, process of reclamation, post-industrial - post-mining areas

Andrzej Markiton kl. IV, I Ogólnokształcące Liceum Akademickie im. Janiny Kossakowskiej-Dębickiej w Kielcach
e-mail: jedrus05@interia.pl

Opiekun merytoryczny / *Guardian substantive:* mgr Barbara Korbel

WPROWADZENIE

Każda działalność górnicza, zarówno odkrywkowa jak i podziemna, wywiera **niekorzystny wpływ** na szeroko rozumiane środowisko. Dotyczy to powietrza, wody oraz powierzchni terenu. Stosowanie odkrywkowej metody wydobycia należy do jednego z największych dylematów w górnictwie. Metoda polega na usunięciu nadkładu, tj. wierzchniej warstwy gruntu (**skał płonnych**) i pozyskiwaniu odkrytego surowca bezpośrednio na powierzchni z wykorzystaniem maszyn. Z jednej strony metoda ta cechuje się wysoką

opłacalnością ekonomiczną, bo względnie prostą technologią można pozyskać zwykle duże ilości surowców różnego typu, a z drugiej strony, wpływ tej metody na środowisko jest olbrzymi i generuje wielkie koszty w dłuższym horyzoncie czasowym.

Na temat trudnego procesu rekultywacji terenów górniczo zdegradowanych powstało wiele publikacji. W niniejszym opracowaniu przedstawiono najważniejsze cele, etapy i efekty zagospodarowania tych terenów poprzemysłowych – pogórnich w okolicach miasta Tarnobrzeg.

POŁOŻENIE GEOGRAFICZNE I GEOLOGIA TARNOBRZESKICH ZŁÓŻ SIARKI

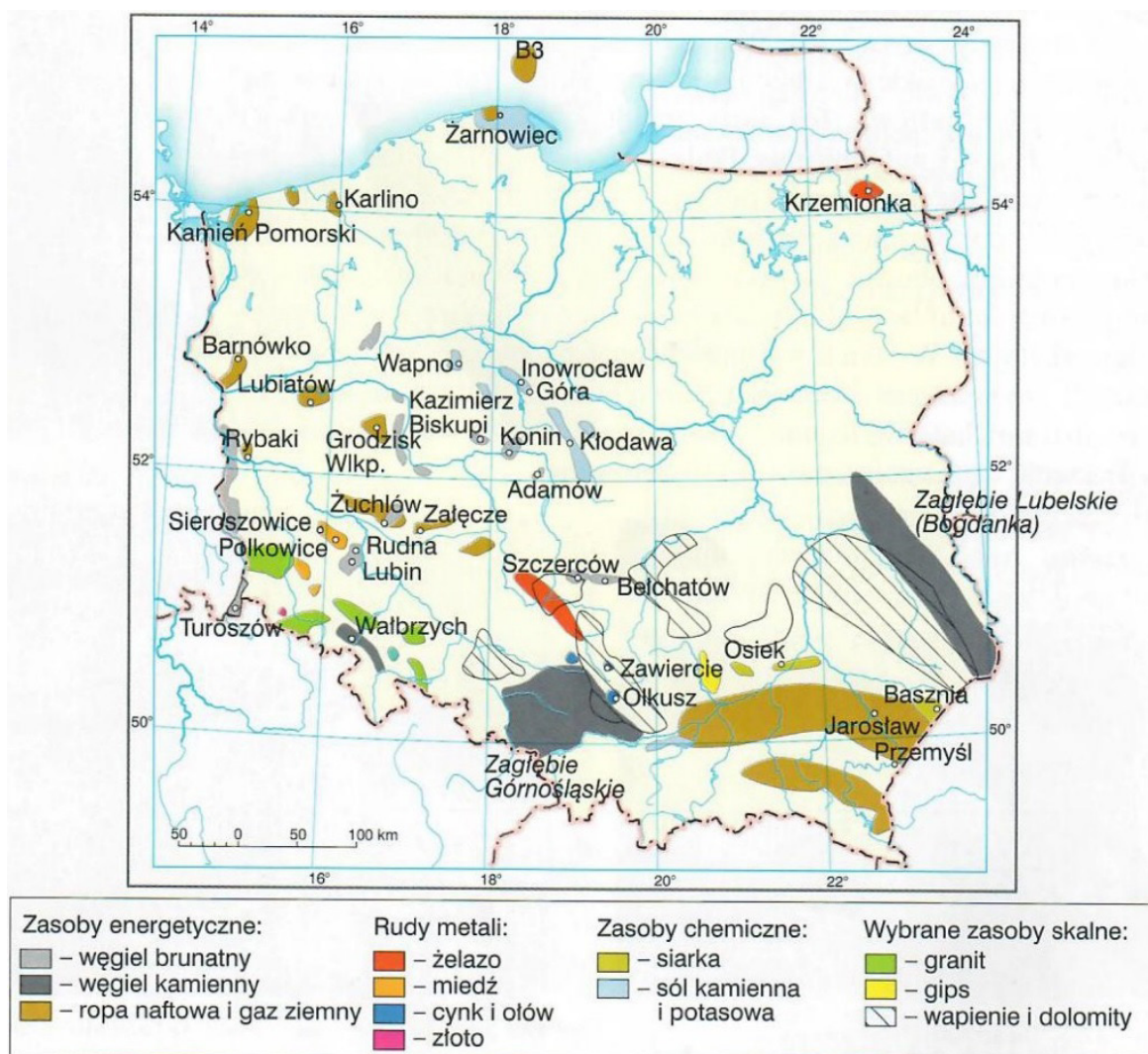
Znajdująca się poniżej Rycina 1 przedstawia rozmieszczenie zasobów mineralnych Polski. Większość z nich skoncentrowana jest na południu kraju. Ta część naszego terytorium podlegała bowiem w ciągu długiej historii geologicznej różnorodnym procesom w dużo większym stopniu niż część północna. Orogenyzy, transgresje i regresje mórz, zmienne warunki klimatyczne i związane z nimi procesy przyczyniły się do powstania wielu cennych złóż mineralnych.

Na początku lat pięćdziesiątych XX wieku, na terenie zapadliska przedkarpacciego, najmłodszej jednostki alpejskiej na obszarze Polski [2], prowadzono, zakrojone na szeroką skalę, badania geologicz-

ne w zakresie poszukiwania złóż ropy i gazu. W wyniku tych prac w roku 1953 rozpoznano największe na świecie złoża siarki rodzimej w okolicach Tarnobrzega. Początkowo udokumentowano złożo o grubości warstwy około 8 m, zalegające na głębokości 76 m i wykazujące około 30 % zawartość czystej siarki [11]. Złoża te znajdują się po obu stronach Wisły, na piaszczystej równinie makroregionu *Kotliny Sandomierskiej*, podprovincji Podkarpacia Północnego, prowincji Karpaty i Podkarpacie, obszaru fizyczno-geograficznego Europy Zachodniej [14]. Na tym terenie Wisła płynie szeroką płaskodenną doliną.

Nizina Nadwiślańska składa się z trzech terasów:

- *terasu zalewowego*,
- *wyższego terasu piaszczystego*,
- *terasu przykrytego lessem*.



Ryc.1 Rozmieszczenie zasobów mineralnych Polski

Fig.1 Distribution of Poland's mineral resources (Źródło: Geografia Polski, Geografia 3, Mordawski J, Wiecki W, Operon, 2005 r.)

Zbudowana jest głównie z piasków rzecznych, a w podłożu zalegają utwory miocenne z pogipsowaną serią siarkonośną przeobrażoną w bogate złoża siarki.

Jest to minerał kruchy posiadający barwę żółtą lub brązową w różnych odcieniach. Powstaje wskutek rozkładu siarkowodoru związanego z erupcją wulkaniczną lub podczas rozkładu gipsu. Siarka występuje w osadach miocenu (torton V wiek epoki miocenu), najstarszej epoki neogenu, w postaci wypełnień drobnych przestrzeni [3]. Zawartość siarki w skale maksymalnie może dochodzić do 70%, a średnio wynosi 25-30%.

Ważniejsze związki siarki to: kwas siarkowy, kwas siarkawy, siarkowodór oraz ich sole i tlenki. Siarka podczas spalania pali się niebieskim płomieniem i powstaje dwutlenek siarki (SO_2).

Pod względem rozpowszechnienia w skorupie ziemskiej zajmuje 16 miejsce, jej całkowita zawartość w skorupie ziemskiej wynosi 0,026% wagowych.

Ma szerokie zastosowanie gospodarcze. Jest wykorzystywana przy produkcji leków, substancji antybakteryjnych, środków ochrony roślin, jako składnik nawozów mineralnych oraz kwasu siarkowego. Ponadto siarka jest jednym ze składników materiału wybuchowego - prochu.

Głównym zastosowaniem kwasu siarkowego jest wytwarzanie nawozów fosforowych i wykorzystanie w procesach ługowania rud polegającym na wypłukiwaniu danej substancji z fazy stałej do fazy ciekłej. **Kwas siarkowy** ma kluczowe znaczenie dla światowej gospodarki, jego produkcja i konsumpcja jest jednym ze wskaźników rozwoju przemysłowego kraju [12].

Siarka jest ważnym składnikiem białek roślinnych i zwierzęcych. Jest pierwiastkiem niezbędnym do życia. Wchodzi w skład dwóch aminokwasów kodowanych - metioniny i cysteiny oraz wielu innych biologicznie ważnych związków np. witamin.

Siarka w postaci pyłu działa drażniąco na błony śluzowe oczu i górnych dróg oddechowych.

HISTORIA WYDOBYCIA SIARKI W OKOLICACH TARNOBRZEGA

Udokumentowane informacje odnośnie kopalnictwa siarkowego w Polsce określa się na początek XV wieku. Wydany około 1415 roku przez Władysława Jagiełłę przywilej zezwalał mieszczanom krakowskim na prowadzenie poszukiwań i wydobywania siarki w Swoszowicach koło Krakowa. Powstały tam pierwsze podziemne kopalnie siarki, w których siarka wydobywana była przez niemal 500 lat. Wydrążono przeszło 600 szybów, a w szczytowych okresach w górnictwie



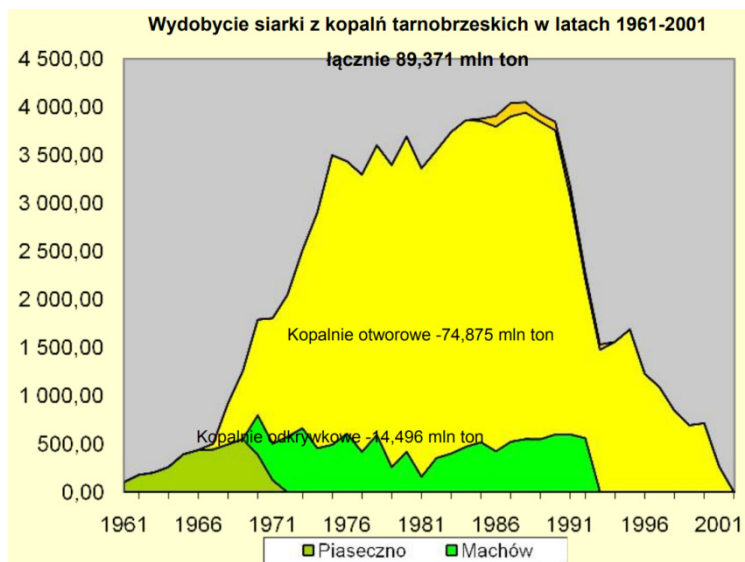
Fot.1 Bryła siarki (Źródło: <http://siarkowasciezka.tbh.net.pl/informacje/geologia-siarka>)

Photo 1 A lump of sulfur (Source: <http://siarkowasciezka.tbh.net.pl/informacje/geologia-siarka>)

siarkowym pracowało przeszło 600 osób. W pierwszej połowie XIX wieku była to największa kopalnia siarki w Europie. Zaspokajała potrzeby w 90% cesarstwa austriackiego. Kopalnie Swoszowickie dały w swej historii łączne wydobyć na poziomie około 200 tysięcy ton siarki [12].

W latach powojennych, w Polsce siarkę rodzimą pozyskiwano metodą odkrywkową ze złóż zlokalizowanych m.in. w rejonie tarnobrzeskim. Eksploatację rozpoczęto w wyrobisku „Piaseczno” w 1958 roku, a następnie w roku 1970 w kopalni „Machów”. W 1967 roku rozpoczęto budowę nowej kopalni w Jeziórku. W niej siarkę wydobywano odmienną technologią, zwaną od nazwiska wynalazcy, metodą Frascha. Polegała na wytapianiu siarki ze złoża gorącą wodą o temperaturze około 160 st. C, dostarczoną pod ciśnieniem przez otwory wiertnicze. Otworami tymi, za pomocą sprężonego powietrza, odprowadzano również płynną siarkę na powierzchnię. Szacunkowo do wydobywania 1 tony siarki potrzeba 7,5-19 ton wody. Prowadzona eksploatacja rudy siarkowej i jej przeróbka, oparta na metodzie flotacyjno-rafinacyjnej, charakteryzowała się wysokim stopniem uciążliwości dla środowiska naturalnego [6].

Rycina 2 obrazuje ilości wydobywania siarki w latach 1961 – 2001 z wyrobisk „Piaseczno” oraz „Machów”. Łącznie wydobyto ok. 89 mln Mg rudy siarkowej, z czego uzyskano ok. 15 mln Mg siarki rafinowanej.



Rys 2. Wydobycie siarki z kopalń tarnobrzeskich w latach 1961-2001 (Źródło: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzeskiego, Kirejczyk J, Burchard T, Pantula Z, Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r.)

Fig. 2. Extraction of sulfur from mines in Tarnobrzeg in the years 1961-2001 (Source: Reclamation and development of sulfur post-mining areas in the region Tarnobrzeg, Environmental protection as a condition for the development of the Tarnobrzeg region, Kirejczyk J, Burchard T, Pantula Z, Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009)

Aby wydobyć taką ilość rudy siarki konieczne było zdjęcie ok. 380 mln m³ nadkładu, tj. skał zalegających nad złożem siarki. Nadkład składowano na zwałowiskach zlokalizowanych obok wyrobiska lub wewnątrz [15].

Pod koniec 1991 r. korzystna koniunktura siarki na rynkach światowych uległa załamaniu. Wiązało się to ze zwiększoną dostępnością taniej siarki uzyskiwanej w procesie oczyszczania ropy i gazu ziemnego. Również ogólnoswiatowa recesja gospodarcza spowodowała gwałtowny spadek cen siarki. Zahamowało to dalszy rozwój górnictwa siarki w Polsce. Najpierw radykalnie obniżono wydobycie, a następnie rozpoczęto zamykanie kolejnych kopalń (Tab. 1).

- W roku 1971 zamknięto pierwszą kopalnię odkrywkową siarki „Piaseczno”.

- W roku 1992 zatrzymano wydobycie rudy w kopalni odkrywkowej „Machów”. Jednak ze względu na bezpieczeństwo prowadzenia prac likwacyjnych nie został wyłączony system odwadniania złoża, który zapewniał utrzymanie zwierciadła wód trzeciorzędowych poniżej spągu wyrobiska.
- W roku 1993 zaprzestano wydobycia siarki w doświadczalnej kopalni otworowej „Machów II”.
- W roku 2001 zatrzymano wydobycie w kopalni otworowej siarki „Jeziórko”.

W tabeli 1 i na Ryc. 3 wyraźnie widoczna jest tendencja zmniejszania wydobycia siarki rodzimej ze złóż spowodowana zastępowaniem jej przez tanią siarkę uzyskiwaną w procesie oczyszczania ropy i gazu ziemnego. Pomimo znacznych zasobów siarki rodzimej w złożach, górnicze wydobycie siarki w Polsce



Fot.2 Kopalnia „Machów” (Źródło: Muzeum Historii Polski, Po światowym centrum wydobycia siarki w Tarnobrzegu zostało tylko muzeum, 14 lipiec 2016, <https://dzieje.pl>, Muzeum Historii Polski)

Photo 2 “Machów” Mine (Source: Polish History Museum, Only a museum remains of the world sulfur mining center in Tarnobrzeg, July 14, 2016, <https://dzieje.pl>, Polish History Museum)

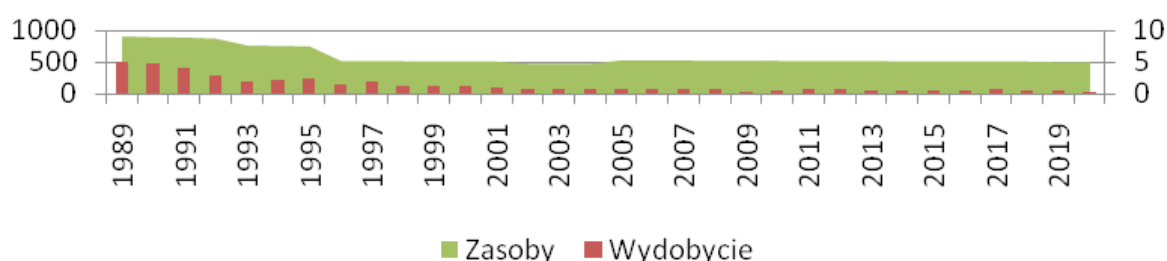
Tabela 1 Zasoby i wydobycie siarki w Polsce w latach 1989 – 2020 (mln ton)
 Table 1 Sulfur resources and extraction in Poland in the years 1989 – 2020 (million tons)

Rok	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	
Zasoby	897	885	878	863	756	747	741	514	511	508	
Wydobycie	5	4,81	4,12	2,98	1,86	2,13	2,39	1,42	2,1	1,35	

Rok	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Zasoby	505	504	502	472	470	468	525	523	521	516	515
Wydobycie	1,18	1,38	0,94	0,78	0,78	0,78	0,823	0,82	0,857	0,783	0,287

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Zasoby	514	512	511	510	507	505,4	504,6	503,9	502,9	494,7	494,1
Wydobycie	0,542	0,681	0,702	0,551	0,63	0,651	0,645	0,686	0,641	0,593	0,422

Źródło: Państwowy Instytut Geologiczny – Pinstytut Badawczy, Siarka, 15 lipiec 2022, <https://www.pgi.gov.pl>, PIG – PIB
 Source: Polish Geological Institute - Research Pinstitute, Siarka, July 15, 2022, <https://www.pgi.gov.pl>, PGI - NRI



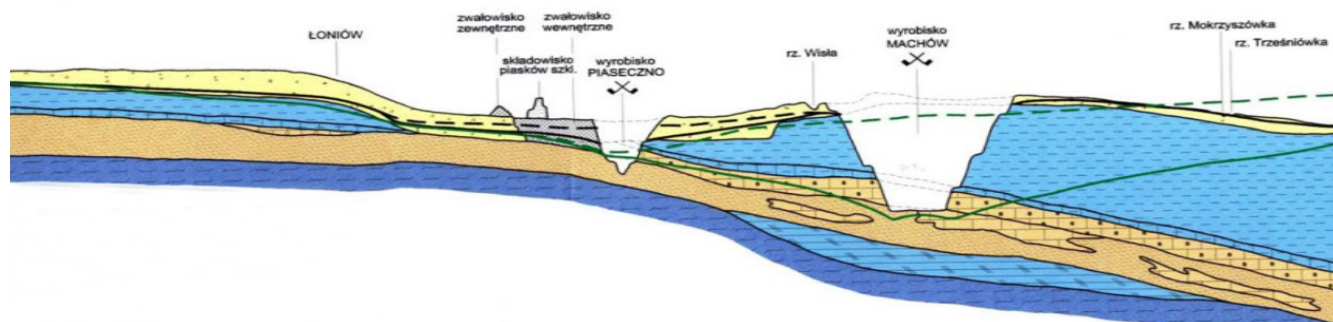
Ryc. 3: Zasoby i wydobycie siarki w Polsce w mln ton (opracowanie Markiton)
 Fig. 3: Sulfur resources and extraction in Poland in million tons (Markiton study)

spadło z 5 mil ton w roku 1989 do około 600 tys. ton w latach 2010 – 2020. W roku 2009 widoczny jest również wpływ ogólnokrajowej recesji gospodarczej na wydobycie siarki, w którym to okresie wydobycie spadło do niecałych 300 tys. ton.

PRACE REKULTYWACYJNE TERENÓW POGÓRNICZYCH W REJONIE TARNOBRZEGA

Tuż po podjęciu decyzji o zaprzestaniu eksploatacji złóż siarki na poszczególnych polach wydobywczych rozpoczął się długotrwały proces likwidacji kopalń i rekultywacji terenów zdegradowanych pracami górniczymi. Prace likwidacyjne polegały głównie na usuwaniu urządzeń i maszyn służących do wydobywania i przeróbki wydobytego surowca. Należało również usunąć zbędne obiekty budowlane takie jak budynki, wiaty, mosty, przepusty, drogi technologiczne, itp. Już

w trakcie likwidacji kopalń rozpoczęto prace rekultywacyjne wszystkich terenów objętych działalnością górniczą. Rekultywacja terenów poeksploatacyjnych w górnictwie wydobywczym siarki, systemem otworowym i odkrywkowym, jest zagadnieniem złożonym i trudnym, bowiem ten rodzaj działalności górniczej wywołuje szereg przekształceń środowiska przyrodniczego w bardzo szerokim zakresie. Proces rekultywacji wymagał dużych nakładów finansowych i musiał uwzględniać wiele aspektów uwarunkowań geograficznych, geologicznych, środowiskowych czy technicznych. Przede wszystkim należało uwzględnić szczególne, wzajemne położenie byłych Kopalń „Machów” i „Piaseczno”, oraz przepływającej pomiędzy nimi rzeki Wisły. Na poniższym przekroju hydrogeologicznym zobrazowano rozmieszczenie obu wyrobisk, rzeki Wisły i zaleganie warstw geologicznych, w tym warstw, w których woda łatwo infiltruje. Linia zieloną ciągłą zaznaczono lej depresyjny jaki powstał



Ryc. 4 Przekrój hydrogeologiczny przez wzrostiska „Machów” i „Piaseczno” (Źródło: Kopalnia Siarki „Machów” S.A., Program likwidacji Kopalni Siarki Machów S.A., Historia, wrzesień 2022, <http://www.ksmachow.pl>, Kopalnia Siarki „Machów” S.A.)

Fig. 4 Hydrogeological cross-section through the “Machów” and “Piaseczno” excavations (Source: Kopalnia Siarki “Machów” S.A., Program of liquidation of Kopalnia Siarki Machów S.A., History, September 2022, <http://www.ksmachow.pl>, Kopalnia Siarki “Machów” S.A.)

w wyniku ciągłego odpompowywania wody z wyrobiska Machów podczas prowadzenia robót górniczych przy wydobywaniu siarki [6].

Wyrobisko górnicze Kopalni Siarki „Machów” zlokalizowane jest w odległości około 500 m od osiedla Miechocin w Tarnobrzegu, przy drodze biegnącej wzdłuż Wisły Tarnobrzeg – Mielec, a po drugiej stronie rzeki, w odległości ok. 1,5 km, znajduje się wyrobisko byłej kopalni siarki „Piaseczno”. Z uwagi na bliskie położenie tych wyrobisk oraz połączenia hydrogeologiczne likwidacja i rekultywacja obu tych terenów pogórnich musiała być skoordynowana.

PRACE LIKWIDACYJNE I REKULTYWACYJNE W KOPALNI „MACHÓW”

Decyzją Ministra Przemysłu i Handlu rozpoczęto likwidację Kopalni „Machów” w 1994 roku, wskazu-

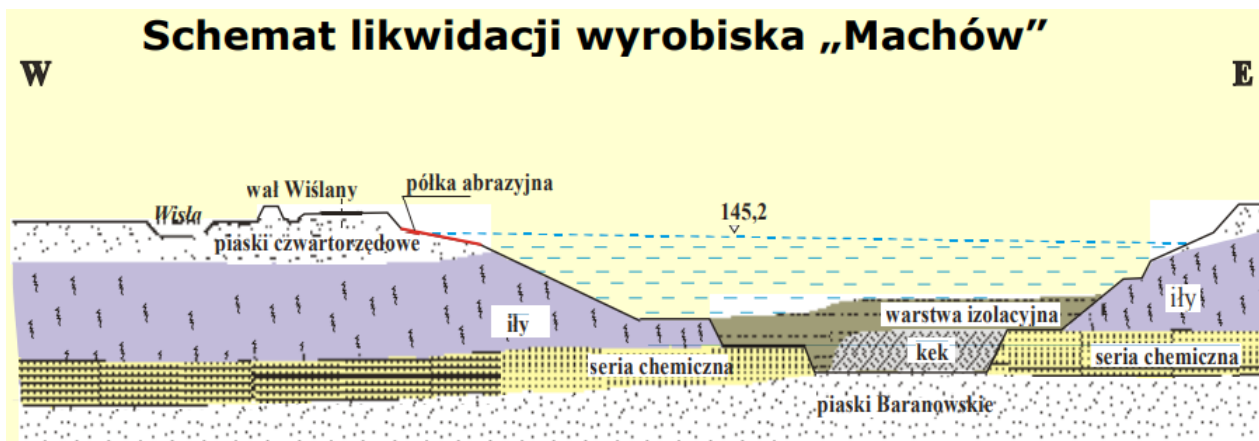
jąc równocześnie wodny kierunek zagospodarowania wyrobiska. Likwidacja i rekultywacja wyrobiska oraz terenów przyległych polegała głównie na:

- uporządkowaniu terenów górniczo zdegradowanych poprzez likwidację zbędnych instalacji i obiektów,
- zabezpieczeniu skarp wyrobiska kopalni przed osuwiskami poprzez ich odpowiednie wyprofilowanie i umocnienie,
- budowie warstwy izolującej spąg wyrobiska i warstw złożowych (serii chemicznej),
- ostatecznym ukształtowaniu zwałowisk i ich rekultywacją,
- wybudowaniu instalacji do napełniania wyrobiska wodą,
- napełnianiu wyrobiska wodami czwartorzędowymi,
- napełnianiu wyrobiska wodami z Wisły,



Fot. 3: Położenie wyrobisk górniczych „Machów” i „Piaseczno” (Źródło: Kopalnia Siarki „Machów” S.A., Program likwidacji Kopalni Siarki Machów S.A., Historia, wrzesień 2022, <http://www.ksmachow.pl>, Kopalnia Siarki „Machów” S.A.)

Photo. Fig. 3: Location of the “Machów” and “Piaseczno” mine workings (Source: Kopalnia Siarki “Machów” S.A., Program of liquidation of Kopalnia Siarki Machów S.A., History, September 2022, <http://www.ksmachow.pl>, Kopalnia Siarki “Machów” S.A.)



Ryc. 5: Schemat likwidacji wyrobiska „Machów” (Źródło: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzckiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r)

Fig. 5: Scheme of liquidation of the “Machów” excavation (Source: Reclamation and development of post mining sulfur areas in the Tarnobrzeg region, Environmental protection as a condition for the development of the Tarnobrzeg region, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009)

- wykonaniu systemu melioracyjno-drenażowego dla ok. 3000 ha terenów przyległych do wyrobiska, zagrożonych podtapianiem.

Schemat likwidacji wyrobiska „Machów” przedstawia lokalizację miejsc prowadzenia robót górniczych mających na celu izolację warstw serii chemicznej i keku (odpadu po przerobieniu rudy siarki) oraz wykonania półki abrazyjnej zabezpieczającej brzegi przyszłego jeziora przed erozją (Ryc. 5).

Tereny pogórnice odkrywkowej Kopalni Siarki „Machów” obejmowały powierzchnię wyrobiska - 560 ha i powierzchnię zwałowiska zewnętrznego - 880 ha. Głębokość wyrobiska wynosiła 80 ÷ 110 m.

Wieloletnie odwadnianie wyrobiska kopalni „Machów” spowodowało wytworzenie rozległego leja depresji, o promieniu około 8 km, obejmującego również wyrobisko poeksploatacyjne w Piasecznie.



Fot. 6: Napelnianie zbiornika – przepustu pod drogą z kanałem wlotowym (Źródło: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzckiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r)

Photo. 6: Filling the reservoir - culvert under the road with an inlet channel (Source: Reclamation and development of sulfur post-mining areas in the Tarnobrzeg region, Environmental protection as a condition for the development of the Tarnobrzeg region, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Ltd., Tarnobrzeg, 2009)



Fot. 7: Napelnianie zbiornika „Machów” (Źródło: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzckiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r)

Photo. 7: Filling the “Machów” reservoir (Source: Reclamation and development of sulfur post-mining areas in the Tarnobrzeg region, Environmental protection as a condition for the development of the Tarnobrzeg region, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009)

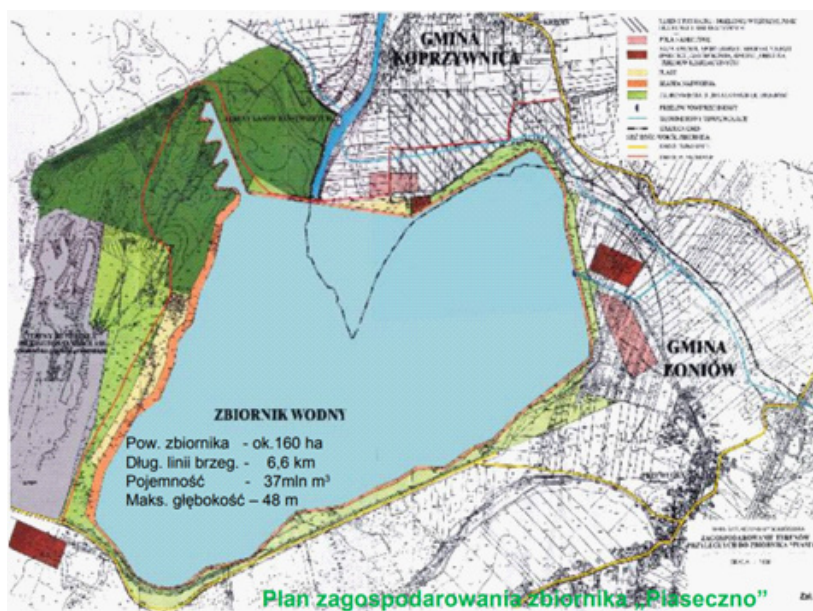
Wszystkie prace przy uporządkowaniu i rekultywacji terenów zdegradowanych górniczo i przylegających bezpośrednio do wyrobiska wykonywane były zgodnie z planem likwidacji i rekultywacji oraz wymogami zatwierdzonego planu przestrzennego zagospodarowania. W miejscu wyrobiska poeksploatacyjnego „Machów” zlokalizowanego po prawej stronie Wisły utworzony został zbiornik wodny o charakterze rekreacyjnym mający powierzchnię 500 ha i głębokość 42 m. W dniu 24.02.2005 r. rozpoczęto napełnianie zbiornika „Machów”, a zakończono w kwietniu 2009 r.

PRACE LIKWIDACYJNE I REKULTYWACYJNE W KOPALNI „PIASECZNO”

Po zakończeniu działalności górniczej, na terenach odkrywkowej kopalni siarki „Piaseczno” pozostały:

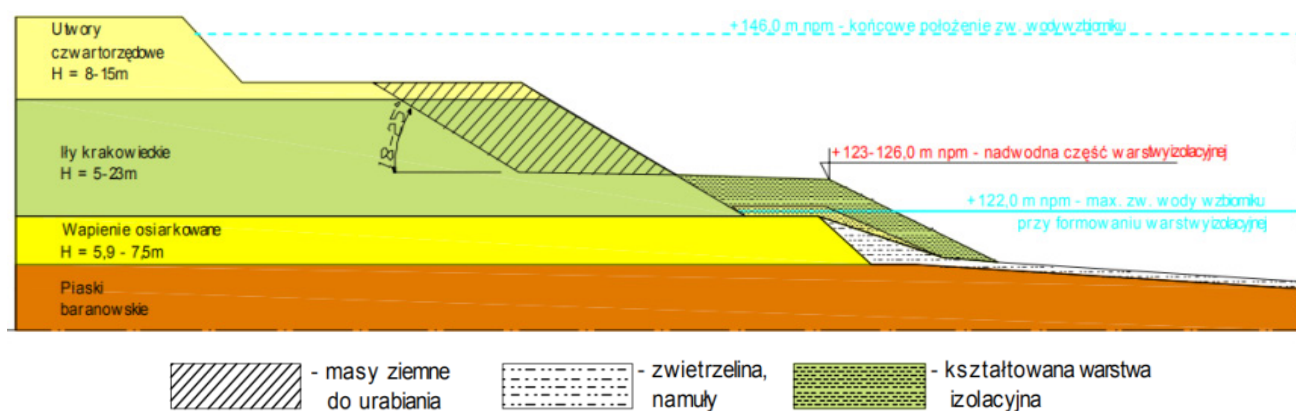
- wyrobisko górnicze o głębokości 48 m i powierzchni 160 ha,
- zwałowisko zewnętrzne nadkładu o powierzchni 120 ha,
- zwałowisko wewnętrzne o powierzchni 54 ha,
- hałda piasku szklarskiego wydobytego spod złoża siarki w ilości 3,2 mln ton.

Wyrobisko poeksploatacyjne „Piaseczno” powstało po lewej stronie Wisły, oddalone 2 km od jej koryta. Decyzją starosty sandomierskiego dla wyrobiska ustalony został wodny kierunek rekultywacji o charakterze rekreacyjnym. Natomiast dla zwałowiska wewnętrznego oraz obrzeży wyrobiska ustalono kierunek leśny i łąkowy również o charakterze rekreacyjnym. Całkowity obszar, na którym prowadzona była rekultywacja wynosił ok. 169 ha. Ze względu na bliskie położenie wyrobisk kopalni „Machów” i „Piaseczno”, przepływającej pomiędzy nimi rzeki



Ryc.7: Plan zagospodarowania zbiornika „Piaseczno” (Źródło: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzegskiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r.)

Fig.7: Development plan of the “Piaseczno” reservoir (Source: Reclamation and development of sulfur post-mining areas in the area of Tarnobrzeg, Environmental protection as a condition for the development of the Tarnobrzeg region, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009)



Ryc. 8: Schemat izolacji skarp serii chemicznej (Źródło: Górnictwo i Geoinżynieria, Wydawnictwa AGH, R. 34, z. 4, 2010)

Fig. 8: Chemical series slope insulation scheme (Source: Górnictwo i Geoinżynieria, AGH Publishing House, V. 34, issue 4, 2010)



Fot. 8: Izolowanie skarp serii chemicznej w wyrobisku „Piaseczno” (Źródło: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzegskiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r)

Photo 8: Isolation of chemical series slopes in the “Piaseczno” excavation (Source: Rekultywacja and development of sulfur post-mining areas in the Tarnobrzeg region, Environmental protection as a condition for the development of the Tarnobrzeg region, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009)

Wisły oraz uwarunkowań hydrogeologicznych likwidacja i rekultywacja obu tych pogórnich terenów musiały być skorelowane. Poniżej przedstawiono planowane zagospodarowanie terenów pogórnich byłej Kopalni Siarki „Piaseczno” według Miejsowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego Gminy Łoniów i Koprzywnica.

Głównymi elementami nadającymi zbiornikowi i terenom przyległym funkcje rekreacyjne są plaże, obszary obsługi terenów rekreacyjnych, bazy sprzętu wodnego, pole namiotowe i baza rekreacyjno-turystyczna.

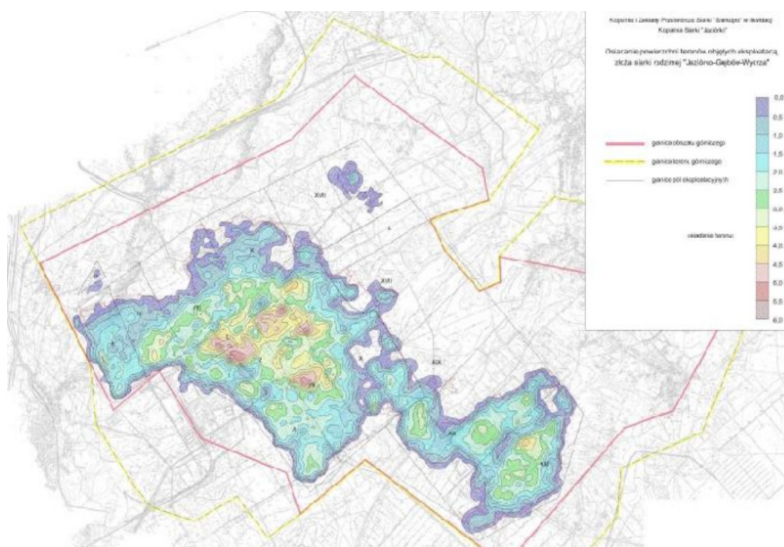
Utworzenie tego akwenu o rozwiniętej linii brzowej, z plażami, wypożyczalnią sprzętu wodnego oraz dobrym układem komunikacyjnym, przyczynił się do zwiększenia atrakcyjności tych byłych terenów górniczych. Przemawia za tym zróżnicowana morfologia zalesionego zwałowiska zewnętrznego oraz urozmaicony kształt wyrobiska. Powstałe jezioro oraz tereny otaczające go stały się miejscem atrakcyjnego wypoczynku ludzi. Znacząco powiększyła się bioróżnorodność siedliskowa, od siedlisk suchych i jałowych

do siedlisk wodnych czy bagiennych. Zwiększyła się liczba gatunkowa o gatunki hydrofilne, ptactwo wodne, co wpływa dodatkowo na podniesienie atrakcyjności tych okolic. Likwidacja byłej Kopalni Siarki „Piaseczno” przez utworzenie zbiornika wodnego spowodowała również odbudowę zwierciadła wód gruntowych w obrębie leja depresji [4].

PRACE LIKWIDACYJNE I REKULTYWACYJNE W KOPALNI „JEZIÓRKO”

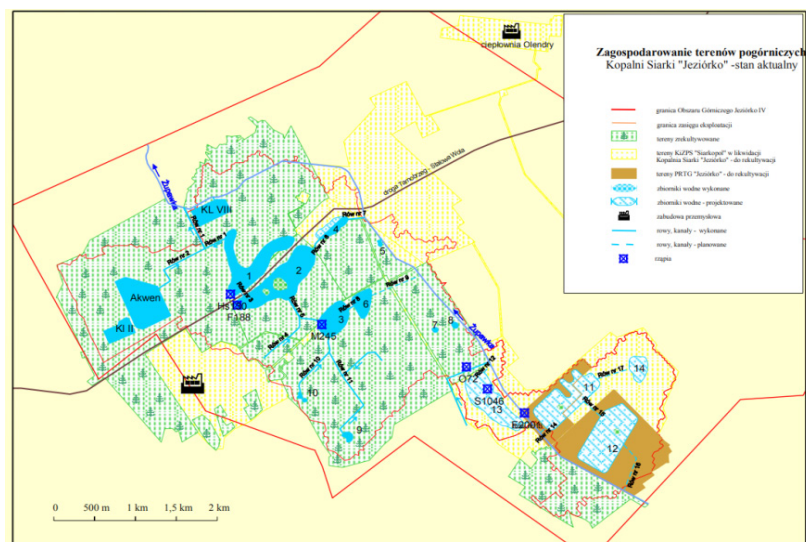
Tereny pogórnice kopalni siarki „Jeziórko” obejmowały obszar górniczy o powierzchni 38,2 km². Na obszarze tym powierzchnia objęta eksploatacją wynosiła 21,4 km² z 6048 szt. otworów eksploatacyjnych.

Ze względu na odmienny sposób eksploatacji złóż siarki (podziemne wytapianie) rewitalizacja terenów pogórnich Otworowej Kopalni Siarki „Jeziórko” przebiegała nieco inaczej niż w Kopalniach „Machów” i „Piaseczno” i zawierała trzy podstawowe etapy [15]:



Ryc.9: Zakres niecki osiadania powierzchni terenu w KOS „Jeziórko” (Źródło: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzegskiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r)

Fig.9: Range of subsidence basin in KOS “Jeziórko” (Source: Reclamation and development of sulfur post-mining areas in the area of Tarnobrzeg, Environmental protection as a condition for the development of the Tarnobrzeg region, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcji SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009)



Ryc.10: Docelowe zagospodarowanie terenu byłej Otworowej Kopalni Siarki „Jeziórko” (Źródło: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzęskiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r).

Fig. 10: Target development of the area of the former Hollow Sulfur Mine “Jeziórko” (Source: Reclamation and development of post-mining sulfur areas in the Tarnobrzeg region, Environmental protection as a condition for the development of the Tarnobrzeg region, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009).



Fot.10: Formowanie zbiorników wodnych (Źródło: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzęskiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r).

Photo 10: Formation of water reservoirs (Source: Reclamation and development of sulfur post-mining areas in the area of Tarnobrzeg, Environmental protection as a condition for the development of the Tarnobrzeg region, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009).



Fot. 11: Regulacja stosunków wodnych (Źródło: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzęskiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r).

Photo11: Regulation of water relations (Source: Reclamation and development of sulfur post-mining areas in the Tarnobrzeg region, Environmental protection as a condition for the development of the Tarnobrzeg region, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009).



Fot.9: Układanie warstwy wapna w celu blokady zanieczyszczeń (Źródło: Rekultywacji i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzęskiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r).

Photo 9: Laying a layer of lime to block impurities (Source: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzęskiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009).



Fot. 12: Prace agrotechniczne (Źródło: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzęskiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r).

Photo12: Agrotechnical works (Source: Reclamation and development of sulfur post-mining areas in the area of Tarnobrzeg, Environmental protection as a condition for the development of the Tarnobrzeg region, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009).



Fot. 13: Wysiewanie mieszanki traw (Źródło: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzckiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r).

Photo13: Sowing grass mixture (Source: Reclamation and development of sulfur post-mining areas in the Tarnobrzeg region, Environmental protection as a condition for the development of the Tarnobrzeg region, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009).

Etap pierwszy - podstawowy, techniczny obejmował:

- wykonywanie prac związanych z likwidacją urządzeń górniczych - budynków, budowli, rurociągów, linii energetycznych, dróg technologicznych, itp.
- usunięcie skupisk ziemi zanieczyszczonej siarką,
- kształtowanie rzeźby terenu wraz z formowaniem w największych obniżeniach terenu lokalnych zbiorników wodnych,
- wykonanie neutralizacji i blokady występujących skażeń gleby,
- uregulowanie stosunków wodnych.

Po zakończeniu eksploatacji górniczej, urządzono wspólny kompleks składający się z siedmiu jezior i zasadzonych pomiędzy nimi zespołów leśnych.

Etap drugi - biologiczny obejmował:

- wykonanie prac agrotechnicznych,
- polepszenie właściwości glebowych rekultywowanych terenów,
- nawożenie gleby,
- wysiew mieszanki traw,
- wykonanie zabiegów poprawkowych - podsiew uzupełniający.

Etap trzeci – zagospodarowanie terenu obejmujący:

- nasadzenia drzew i krzewów,
- prace pielęgnacyjne,
- docelowe zagospodarowanie terenu.

Warto wspomnieć, że kopalnia otworowa „Jezioro” obecnie pełni funkcję części elektrociepłowni geotermalnej i zapewnia ciepło regionowi.



Fot. 14: Nasadzenie drzew i krzewów (Źródło: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzckiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r).

Photo14: Planting trees and shrubs (Source: Reclamation and development of sulfur post-mining areas in the Tarnobrzeg region, Environmental protection as a condition for the development of the Tarnobrzeg region, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009).



Fot. 15: Jezioro na terenie zrehabilitowanym (Źródło: Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzckiego, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r)

Photo 15: Lake on reclaimed land (Source: Reclamation and development of sulfur post-mining areas in the area of Tarnobrzeg, Environmental protection as a condition for the development of the Tarnobrzeg region, Kirejczyk J., Burchard T., Pantula Z., Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009)

JEZIORO TARNOBRZESKIE

Zalew Machowski nazwany „Jezioro Tarnobrzskim” wzbudza powszechny zachwyt i cieszy się coraz większą sławą, zwłaszcza wśród ludzi lubiących wypoczynek nad wodą. Śledzący działania proekologiczne nazywają go „cudem ekologii”, gdyż na terenie byłego wyrobiska odkrywkowej kopalni siarki stworzono niezwykle jezioro, będące jednym z wielkich atutów Tarnobrzega. Zamieszczona Ryc. 11 przedstawia korzystne usytuowanie jeziora w pobliżu miasta.



Ryc11: Mapa sytuacyjna Jeziora Tarnobrzesskiego, skala 1:20000 (Źródło: Polskie Towarzystwo Turystyczno-Krajoznawcze Oddział Sandomierz, Geologia – siarka, <http://siarkowasciezka.tbh.net.pl>, 2018, Polskie Towarzystwo Turystyczno-Krajoznawcze Oddział Sandomierz).

Fig.11: Situational map of Lake Tarnobrzesskie, scale 1:20000 (Source: Polish Tourist and Sightseeing Society, Sandomierz Branch, Geology - sulfur, <http://siarkowasciezka.tbh.net.pl>, 2018, Polish Tourist and Sightseeing Society, Sandomierz Branch).

Powstałe w wyniku rekultywacji terenów po byłej Kopalni Siarki „Machów” Jezioro Tarnobrzesskie ma 455 hektarów lustra wody. To drugi pod względem wielkości akwen wodny na Podkarpaciu i czwarty najgłębszy, wśród sztucznych zbiorników. Jezioro posiada również najdłuższą w południowej Polsce plażę, około 2 kilometrów oraz infrastrukturę turystyczną i otoczenie pełne atrakcji. Natomiast długość całej linii brzegowej to niemal 11 kilometrów. Powstało w wyniku wypełnienia wodą pokopalnianego wyrobiska, które przed rozpoczęciem procesu rekultywacji miało 560 ha powierzchni i 110 metrów głębokości. Zbiornik napełniono w 90% wodą krystaliczną,

o pierwszej klasie czystości. Aby zachować taki stan czystości wody, co roku, jesienią jej część jest spuszczana do Wisły. Wiosną zbiornik napełnia się czystą wodą. Wymianie podlega około 5 milionów m³ wody!

Akwen jest świetnym miejscem do uprawiania sportów wodnych takich jak żeglarstwo, windsurfing czy kitesurfing [7].

Zainstalowano również dwa wyciągi do wakeboardingu i utworzono bazę nurkową. Nurkowanie w przezroczystych wodach jeziora jest możliwe nawet do głębokość 42 metrów.



Fot. 17: Żeglarstwo na Jeziorze Tarnobrzesskim (Źródło: Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji im. Alfreda Freyera, Atrakcje, <https://jezioro-tarnobrzesskie.eu>, październik 2022, Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji im. Alfreda Freyera)

Photo. 17: Sailing on Lake Tarnobrzesskie (Source: Alfred Freyer Municipal Sports and Recreation Centre, Attractions, <https://jezioro-tarnobrzesskie.eu>, October 2022, Alfred Freyer Municipal Sports and Recreation Centre)



Fot. 18: Nurkowanie w Jeziorze Tarnobrzyskim (Źródło: Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji im. Alfreda Freyera, Atrakcje, <https://jezioro-tarnobrzyskie.eu>, październik 2022, Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji im. Alfreda Freyera)

Photo. 18: Diving in Lake Tarnobrzyskie (Source: Alfred Freyer Municipal Sports and Recreation Centre, Attractions, <https://jezioro-tarnobrzyskie.eu>, October 2022, Alfred Freyer Municipal Sports and Recreation Centre)



Fot. 19: Wypożyczalnia sprzętu wodnego na Jeziorze Tarnobrzyskim (Źródło: Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji im. Alfreda Freyera, Atrakcje, <https://jezioro-tarnobrzyskie.eu>, październik 2022, Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji im. Alfreda Freyera)

Photo. 19: Water equipment rental on Lake Tarnobrzyskie (Source: Alfred Freyer Municipal Sports and Recreation Centre, Attractions, <https://jezioro-tarnobrzyskie.eu>, October 2022, Alfred Freyer Municipal Sports and Recreation Centre)

Nad brzegiem akwenu funkcjonuje stacja wodniacka i keja, a także liczne wypożyczalnie sprzętu pływającego oferujące rowerki wodne, kajaki, łódki, canoe oraz deski surfingowe.

Wokół zbiornika znajdziemy kilka miejsc noclegowych - domki, pola namiotowe i kempingowe. Część z nich zlokalizowana jest w malowniczych miejscach z widokiem na akwen.

Atrakcją jest również jedna z najdłuższych tyrolek w Polsce. Długość lin, z których część przebiega nad wodą, to równe 500 metrów. Zjeżdżając można osiągnąć prędkość nawet 70 kilometrów na godzinę!

Latem można także korzystać z wodnego parku rozrywki oraz zawieszonego 3 metry nad ziemią toru przeszkód w parku linowym przy plaży.

Całe jezioro jest objęte „strefą ciszy”, co oznacza, że odpoczynku nie będzie zakłócał ryk silników mo-



Fot. 20: Pole namiotowe przy Jeziorze Tarnobrzyskim (Źródło: Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji im. Alfreda Freyera, Atrakcje, <https://jezioro-tarnobrzyskie.eu>, październik 2022, Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji im. Alfreda Freyera)

Photo. 20: Campsite at Lake Tarnobrzyskie (Source: Alfred Freyer Municipal Sports and Recreation Centre, Attractions, <https://jezioro-tarnobrzyskie.eu>, October 2022, Alfred Freyer Municipal Sports and Recreation Centre)



Fot. 21: Tyrolka w obrębie Jeziora Tarnobrzyskiego (Źródło: Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji im. Alfreda Freyera, Atrakcje, <https://jezioro-tarnobrzyskie.eu>, październik 2022, Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji im. Alfreda Freyera.)

Photo. 21: Zip-line within Lake Tarnobrzyskie (Source: Alfred Freyer Municipal Sports and Recreation Centre, Attractions, <https://jezioro-tarnobrzyskie.eu>, October 2022, Alfred Freyer Municipal Sports and Recreation Centre.)



Fot. 22: Park linowy w obrębie Jeziora Tarnobrzyskiego (Źródło: Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji im. Alfreda Freyera, Atrakcje, <https://jezioro-tarnobrzyskie.eu>, październik 2022, Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji im. Alfreda Freyera)

Photo. 22: Rope park within Lake Tarnobrzyskie (Source: Alfred Freyer Municipal Sports and Recreation Centre, Attractions, <https://jezioro-tarnobrzyskie.eu>, October 2022, Alfred Freyer Municipal Sports and Recreation Centre)

torówek czy skuterów wodnych. Obiekty rekreacyjne znajdujące się w obrębie Jeziora Tarnobrzkiego cieszą się dużym zainteresowaniem mieszkańców i przyjezdnych turystów co potwierdzają statystyki. Tabela 2 obrazuje ilość osób korzystających w ostatnich latach z parkingu zlokalizowanego obok mariny przy jeziorze. Dane te wskazują na rosnącą frekwencję wczasowiczów i turystów wypoczywających nad jeziorem gdyż ilość osób parkujących pojazdy w roku 2011 wynosiła 121 761 i wzrosła do 365 534 w roku 2017. Średni roczny wzrost ilości osób korzystających z parkingu, z małymi spadkami w latach 2014 i 2016, wynosił 34 824,7 osób.

Wartości przedstawione w tabeli 2 w przybliżeniu przedstawiają frekwencję osób korzystających z atrakcji jeziora gdyż nie uwzględniają ilości osób przychodzących pieszo z miasta oraz przyjeżdżających innymi środkami komunikacji, a także korzystających z kempingu. W październiku 2019 r. na stronach Regionalnego Portalu Informacyjnego „NadWisłą24.pl” ukazał się ciekawy artykuł o znamienym tytule „Dopłacamy do Jeziora Tarnobrzkiego czy na nim zarabiamy?”. Czytamy w nim, że UM Tarnobrzeg podsumowując miniony sezon zanotował po stronie kosztów kwotę rzędu 439 365,09 zł, a z kolei wpływy wyniosły 506 284 zł. Rozliczenie to zawiera koszty i wpływy uzyskiwane przez MOSiR zarządzający tym terenem w imieniu gminy. Wydatki ponoszone przez Gminę związane są z utrzymaniem porządku nad akwenem, a wpływy pochodzą z dzierżaw i najmu. Utrzymanie czystości i porządku (w tym wywóz odpadów) nad jeziorem gmina zleca spółce miejskiej Rejon Dróg Miejskich [8][13][16].

Z przedstawionych danych wynika, że miasto w sezonie 2019 roku na działalności związanej z rekreacją nad Jeziorem Tarnobrzkiem zarobiło około 67 tys. zł. Zysk może niewielki, ale przecież nie chodzi o to aby na rekreacji zarabiać krocie. Ważniejszy jest fakt, że zrekultywowane i zagospodarowane tereny pogórnice zmieniły funkcję z przemysłowej na rekreacyjną i służą społeczeństwu, a ponadto nie wymagają ponoszenia dalszych nakładów finansowych.

ZAKOŃCZENIE I WNIOSKI

W drugiej połowie XX wieku Tarnobrzeg był światowym centrum wydobywania i przetwarzania siarki. W latach 90-tych wydobywany z ziemi minerał zastąpiła tania siarka z oczyszczania ropy naftowej i gazu. Po pracach górniczych pozostały zdegradowane tereny, które znacznym nakładem prac i środków finansowych udało się zrekultywować i udostępnić mieszkańcom regionu oraz turystom. Jest to doskonały przykład na to, że można pogodzić potrzeby gospodarcze społeczeństwa z ochroną przyrody, krajobrazu i środowiska.

Z przedstawionego w niniejszym opracowaniu przykładu sformułować można następujące ogólne wnioski:

- każda działalność człowieka, a szczególnie górnictwo odkrywkowe, znacząco wpływa na środowisko przyrodnicze,
- istnieją sposoby techniczne i organizacyjne, aby w znacznym stopniu ograniczyć lub neutralizować negatywne skutki działalności gospodarczej człowieka w środowisku naturalnym,
- procesy likwidacji działalności, rekultywacji terenu i jego zagospodarowania są bardzo złożone, pracochłonne i kosztowne,
- rekultywacja i zagospodarowanie terenów poprzemysłowych ma ogromne znaczenie dla ludności miejscowej, stwarza nowe miejsca wypoczynku, generuje rozwój turystyki oraz wpływa na odtworzenie i wzbogacenie miejscowej fauny i flory.

Literatura:

1. Dopłacamy do Jeziora Tarnobrzkiego czy na nim zarabiamy?, Regionalny Portal Informacyjny „NadWisłą24.pl”, 2019 r.
2. Geografia fizyczna, Polski, Andrzej Richling, Katarzyna Ostaszewska, Warszawa 2005 r.
3. Geografia Polski, Geografia 3, Jan Mordawski, Wojciech Wiecki, Operon, 2005 r.

Tabela 3 Ilość osób korzystających w poszczególnych latach z parkingu zlokalizowanego obok mariny przy jeziorze
Table 3 Number of users in particular years from the car park located next to the marina by the lake

Rok	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Liczba osób	121 761	231 197	307 898	275 174	386 112	244 216	365 534

Źródło: Regionalny Portal Informacyjny „NadWisłą24.pl”, Dopłacamy do Jeziora Tarnobrzkiego czy na nim zarabiamy?, 29 październik 2019 r., <https://nadwisla24.pl>, Regionalny Portal Informacyjny „NadWisłą24.pl”, MOSiR Tarnobrzeg – rozmowa telefoniczna z dyrektorem Przemysławem Smolińskim

4. Górnictwo i Geoinżynieria, Wydawnictwa AGH, R. 34, z. 4, 2010
5. Kopalnia Siarki Machów – przebieg procesu rekultywacji, mgr inż. Kazimierz Ferenc, 2004 r.
6. Ocena wpływu działalności górniczej na środowisko – tendencje zmian, Ryszard Uberman, Elżbieta Pietrzyk-Sokulska, Joanna Kulczycka, Przyszłość. Świat-Europa-Polska, 2014 r.
7. Program likwidacji Kopalni Siarki Machów S.A., 1994 r.
8. Promocja zbiornika machowskiego jego walorów turystycznych, przyrodniczych i środowiskowych, mgr Joanna Kozub, 2004 r.
9. Przyrodnicze aspekty zagospodarowania zbiornika Machów, dr Roman Żurek, 2004 r.
10. Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórniczych siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzęskiego, dr inż. Józef Kirejczyk, mgr inż. Tomasz Burchard, inż. Zbigniew Pantuła, Tarnobrzeg, 2009 r.
11. Wpływ działalności górniczej na środowisko przyrodnicze, Oblicza geografii 2, Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego i technikum, Zakres rozszerzony, Nowa Era, 2020 r.
12. Zagospodarowanie przestrzenne terenów zbiornika machowskiego, mgr inż. arch. Janusz Jakubek, 2004 r.
13. Zagospodarowanie rekreacyjne zbiornika machowskiego, Andrzej Borow – Prezes Okręgowego Związku Żeglarskiego, Tadeusz Gospodarczyk – Komandor Jacht Klubu „Kotwica”, Dariusz Hamera – Komandor Jacht Klubu „Siarkopol”, Józef Bednarczyk – Przedsiębiorstwo Wielobranżowe „Karabela” Sp. z o. o., 2004 r.
6. Kopalnia Siarki „Machów” S.A., Program likwidacji Kopalni Siarki Machów S.A., Historia, wrzesień 2022, <http://www.ksmachow.pl>, Kopalnia Siarki „Machów” S.A.
7. Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji im. Alfreda Freyera, Atrakcje, <https://jeziro-tarnobrzskie.eu>, październik 2022, Miejski Ośrodek Sportu i Rekreacji im. Alfreda Freyera
8. MOSiR Tarnobrzeg – rozmowa telefoniczna z dyrektorem Przemysławem Smolińskim
9. Muzeum Historii Polski, Po światowym centrum wydobywania siarki w Tarnobrzegu zostało tylko muzeum, 14 lipiec 2016, <https://dzieje.pl>, Muzeum Historii Polski
10. Oblicza geografii 2, Podręcznik dla liceum ogólnokształcącego i technikum, Zakres rozszerzony, Nowa Era, 2020 r.
11. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Siarka, 15 lipiec 2022, <https://www.pgi.gov.pl>, PIG - PIB
12. Polskie Towarzystwo Turystyczno-Krajoznawcze Oddział Sandomierz, Geologia – siarka, <http://siarkowasciezka.tbq.net.pl>, 2018, Polskie Towarzystwo Turystyczno-Krajoznawcze Oddział Sandomierz
13. Regionalny Portal Informacyjny „NadWisłą24.pl”, Dopłacamy do Jeziora Tarnobrzęskiego czy na nim zarabiamy?, 29 październik 2019 r., <https://nadwisla24.pl>, Regionalny Portal Informacyjny „NadWisłą24.pl”
14. Regiony geograficzne Polski wg J. Kondrackiego
15. Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórniczych siarki w rejonie Tarnobrzega, Ochrona środowiska jako warunek rozwoju rejonu tarnobrzęskiego, dr inż. Józef Kirejczyk, mgr inż. Tomasz Burchard, inż. Zbigniew Pantuła, Przedsiębiorstwo Usługowo-Produkcyjne SIGMA BP Sp. z o.o., Tarnobrzeg, 2009 r.

Źródła:

1. dr Bartłomiej Kulas, Górnictwo a środowisko, 13 kwietnia 2021, www.Geografia24.pl, Bartłomiej Kulas
2. Geografia fizyczna, Polski, Andrzej Richling, Katarzyna Ostaszewska, Warszawa 2005 r.
3. Geografia Polski, Geografia 3, Jan Mordawski, Wojciech Wiecki, Operon, 2005 r.
4. Górnictwo i Geoinżynieria, Wydawnictwa Akademia Górniczo Hutnicza w Krakowie, R. 34, z. 4, 2010
5. Instytut Badawczy IPC, Tereny wokół Jeziora Tarnobrzęskiego, zlokalizowanego w południowej części miasta, wrzesień 2022, <https://www.instytut-ipc.pl>, Instytut Badawczy IPC Spółka Z O.O.

STRESZCZENIE

Górnictwo odkrywkowe bardzo negatywnie oddziałuje na środowisko. W wyniku prac górniczych następuje znacząca zmiana krajobrazu oraz zostają naruszone lokalne stosunki wodne.

Celem niniejszego opracowania było przedstawienie możliwości zagospodarowania terenów zdegradowanych pracami górniczymi poprzez ich rekultywację.

Dobrym przykładem takich prac była rekultywacja byłych kopalń siarki w rejonie Tarnobrzega. Wszystkie tereny Kopalni Machów, Piaseczno i Jeziórko zostały odpowiednio wyprofilowane, utworzono zbiorniki wodne, a część z nich zalesiono. Przywrócono rów-

niez stosunki wodne na obszarach po obu stronach rzeki Wisły.

Powstały w byłym wyrobisku Kopalni Siarki „Machów” zbiornik wodny, nazwany „Jeziolem Tarnobrzeskim”, został zagospodarowany z myślą o turystach i mieszkańcach Tarnobrzegu. Wybudowane na jego brzegach obiekty i instalacje umożliwiają oferowanie szerokiego zakresu sportów wodnych, relaksu i rekreacji.

Opisany przykład udanej rekultywacji i zagospodarowania zdegradowanych górniczo terenów w okolicy Tarnobrzega świadczy o tym, że pomimo znacznych nakładów finansowych oraz dużych trudności technicznych, możliwe i konieczne jest zredukowanie negatywnego oddziaływania górnictwa odkrywkowego na środowisko.