

OCENA WYBRANYCH ELEMENTÓW ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO NA ZREKULTYWOWANYCH I ZAGOSPODAROWANYCH TERENACH KOPALNI SIARKI „JEZIÓRKO”

ESTIMATION OF SELECTED ELEMENTS OF ENVIRONMENT ON RECULTIVATED TERRAINS OF SULPHUR MINE “JEZIÓRKO”

Ryszard Czajkowski, Witold Dziedzic

Kopalnie i Zakłady Przetwórcze Siarki „Siarkopol” w Tarnobrzegu

Ryszard Kostuch, Krzysztof Maślanka

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Zrekultywowane i zagospodarowane po wyeksploatowaniu siarki tereny Kopalni „Jeziórko” koło Tarnobrzega były przedmiotem oceny udatności wprowadzonych na nie ekosystemów: leśnego, trawiastego oraz wodnego. W ekosystemach leśnych oceniony został w czerwcu 2013 roku stan drzewostanów brzoźowego, sosnowego i mieszanego. Stwierdzono, że najwięcej gatunków roślin naczyniowych wniknęło samoczynnie do drzewostanów brzoźowych a najmniej do sosnowych. Oprócz gatunków pochodzących z zalesienia rosną też drzewa, które pojawiły się samoczynnie. Są to: topola osika i topola czarna, klon jawor, dąb szypułkowy, jesion wyniosły, robinia akacyjowa, lipa drobnolistna, które upodabniają te drzewostany do drzewostanów na terenach pozakopalnianych. Stan zdrowotny jest dobry. Ekosystemy trawiaste, czyli łąki powstałe w wyniku zasiewu, są w najwyższym stopniu zdenaturalizowane i mają wielogatunkowy stan botaniczny. Ekosystemy wodne, jakie stanowią utworzone zbiorniki wodne, wzbogacają różnorodność biologiczną zrekultywowanych terenów swoją ichtio i awifauną. Estetyzują też krajobraz.

Wniosek ogólny: istniejące na zrekultywowanym terenie ekosystemy są już w dużym stopniu zrenaturalizowane i upodobnione do ekosystemów występujących poza omawianym terenem.

Adres do korespondencji – Corresponding Authors: inż. Ryszard Czajkowski, mgr inż. Witold Dziedzic, Kopalnie i Zakłady Przetwórcze Siarki „Siarkopol” (w likwidacji), ul. Zakładowa 50, 39-402 Tarnobrzeg; prof. dr hab. inż. Ryszard Kostuch, prof. dr hab. inż. Krzysztof Maślanka, Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków; e-mail: kmiks@ur.krakow.pl.

Abstract. Exploitation of sulphur very devastated terrains, which after recultivation were established. There were 3 directions of recultivation and namely: forest, grassland and water. On the forest recultivation the next trees were planted: *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *Quercus rubra* and forest mixed. Today the forests on recultivation areas are about 20 years old. In June 2013 year was made assessment of state post recultivation establishment. It was found, that forests grow well and renaturalize slowly. The most plant species appeared spontaneously in the Birch stand tree and least in Pine stand trees. Beside the planted trees grow also no planted for example: *Populus tremula*, *Acer pseudoplatanus*, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Robinia pseudoacacia*, *Tilia cordata* and other. The forest condition is good. More renaturalized are grasslands, which were sown. Their botanical composition is similar to the natural grasslands which were not devastated by sulphur exploitation. In the result of recultivation on mention area there are water reservoirs in which there are fishes and avifauna. They ornament also landscape and enrich biodiversity of environment.

General conclusion: recultivation restored environment to the natural state.

Słowa kluczowe: eksploatacja, rekultywacja, zalesienie, ekosystem, zagospodarowanie, drzewostan

Key words: exploitation, recultivation, afforestation, farming, ecosystem, tree stand

WSTĘP

Kopalnia Siarki „Jeziorko” należąca do KiZPS „Siarkopol” eksploatowała siarkę z podziemnych zasobów tego surowca przez 34 lata (1967–2001). Wydobyto w tym czasie ponad 74 mln t tego surowca, co pozwoliło zakwalifikować tę kopalnię siarki, jako największą na świecie [Andrychowicz i in. 2003].

Siarkę z omawianego obszaru górniczego o powierzchni 38,2 km² eksploatowano głównie metodą otworową [Michno i in. 2008, Michno i Czajkowski 2009], wykonując około 8 tys. otworów odwierconych w trzeciorzędzie i około 450 w czwartorzędzie [Czuryło i in. 2009].

Technologie i techniki eksploatacji siarki nie będą tu omawiane, ponieważ nie są celem niniejszego opracowania. Ponadto zostały one szczegółowo opisane we wcześniejszych publikacjach, które ujęto w spisie literatury i które są ogólnie dostępne.

Nieczynna już ponad 10 lat Kopalnia Siarki „Jeziorko”, której silnie zdewastowane tereny eksploatacji siarki zostały w większości zrehabilitowane, stanowi ciekawy przykład renaturalizacji środowiska przyrodniczego, które w czasie eksploatacji siarki uległo kompletnemu zniszczeniu i przekształceniu [Dulewski i Uzanowicz 2009].

Zniszczenia eksploatacyjne dotyczyły przekształceń geomorfologicznych, zmian istniejących układów hydrologicznych oraz powstałych zanieczyszczeń chemicznych.

Przekształcenia geomorfologiczne spowodowane były odwiertami, którymi wprowadzano gorącą wodę do wytopienia siarki ze złóż. Wydobycie siarki za pomocą gorącej wody o temperaturze z przedziału 140–160°C powodowało destrukcję pozostałego szkieletu skał siarkonośnych i powstawanie podziemnych pustych przestrzeni, a znajdujący się nad nimi grunt ulegał osiadaniu. W wyniku tego powstawały zapadliska, kawerny i zakłębienia terenu o różnej głębokości, dochodzącej maksymalnie do 6 m – tym głębszej im

większa była miąższość złoża siarki, one bowiem zniekształcały istniejącą geomorfologię terenu, czyniąc jego powierzchnię nieprzydatną dla biosfery.

Powstający w wyniku zapadlisk relief był również niekorzystny pod względem hydrologicznym, ponieważ zmieniał istniejące przed eksploatacją siarki stosunki wodne. W powstałych zagłębieniach gromadziła się woda, która utrudniała dostęp do terenu oraz jego użytkowanie [Czajkowski i in. 2012].

Chemiczne skażenia związkami siarki wód powierzchniowych i gruntów nastąpiło również w miejscach, gdzie wody wytapiające siarkę ze złoża przedostały się w sposób niekontrolowany na powierzchnię. W takich wypadkach, obniżały one odczyn skażonych nimi wód powierzchniowych oraz gleb nawet do około 2 pH. Dla wielu organizmów żywych było to szkodliwe i spowodowało ich wyginiecie. Zdevastowany eksploatacją siarki teren, gdyby nie obecność występujących na nim lokalnie wód powierzchniowych, przypominałby całkowicie krajobraz księżycowy. Można powiedzieć, że Kopalnia Siarki „Jeziórko” zniszczyła kompletnie istniejące dawniej na tym terenie środowisko przyrodnicze, w którym dominowały lasy, grunty orne i użytki zielone, jak to ma miejsce na niewyeksplorowanych górniczo terenach w okolicach Tarnobrzega [Michno i in. 2008].

Przedmiotem niniejszego opracowania jest przedstawienie stanu środowiska przyrodniczego na zrehabilitowanych i zagospodarowanych terenach Kopalni Siarki „Jeziórko”.

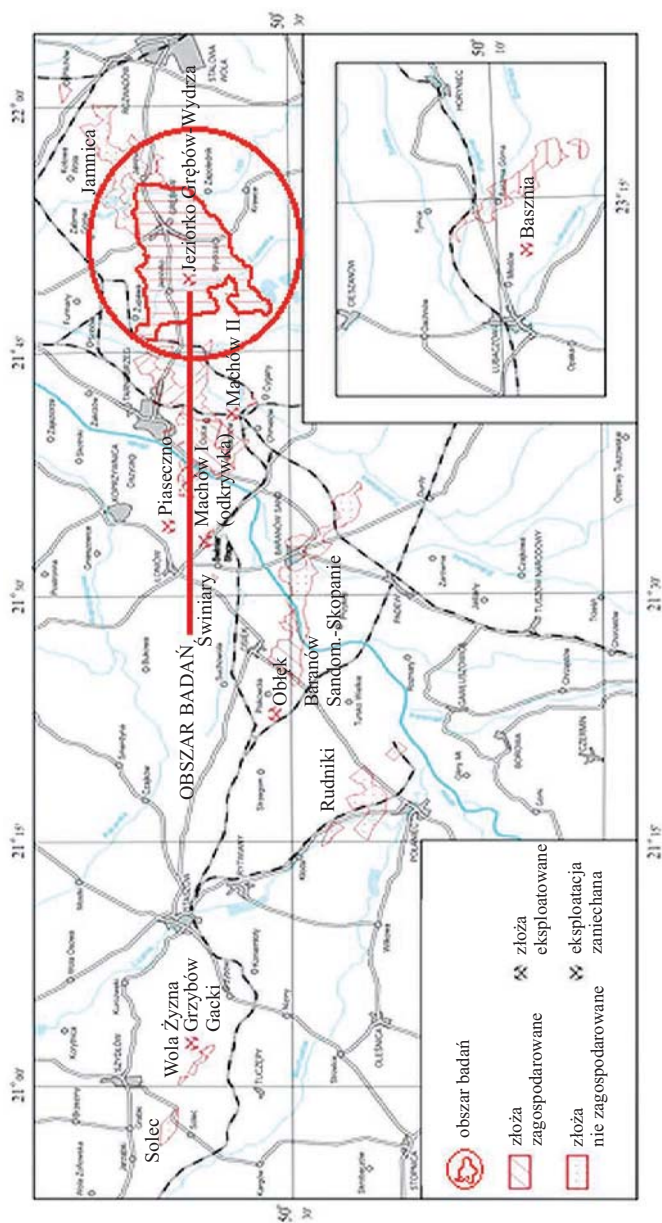
MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Kopalnia Siarki „Jeziórko” znajduje się po prawobrzeżnej stronie Wisły w odległości 10 km na północny wschód od Tarnobrzega. Tereny kopalni przecina droga biegnąca od Tarnobrzega do Stalowej Woli. Są to obszary płaskie, nigdzie nie przekraczające 200 m n.p.m. (ryc. 1).

Rekultywacja zdevastowanych eksploatacją siarki terenów Kopalni „Jeziórko”, rozpoczęła się w 1986 roku [Michno i in. 2008]. Kierunki rekultywacji, dostosowano do istniejących potrzeb terenowych, kosztów realizacji zadań rekultywacyjnych, a także przyszłej struktury użytkowania terenu, która powinna nawiązywać do tej sprzed eksploatacji siarki. Przyjęto 3 kierunki rekultywacji [Warzybok 2000]:

- leśną – przyjmując ogólnie w zalesieniach udziały: 35% sosny, 30% dębu czerwonego, 25% brzozy, 5% innych drzew i 5% krzewów, modyfikując je odpowiednio do miejscowych warunków siedliskowych;
- rolniczą – polegającą na wprowadzeniu użytkowania łąkowego;
- wodną – polegającą na pozostawieniu na zrehabilitowanym terenie zbiorników wodnych.

Prace rekultywacyjne obejmowały demontaż urządzeń i obiektów górniczych, które przestały być przydatne, zubożenie kwaśnego odczynu gleb wapnem pochodzącym z odpadów poflotacyjnych wraz z podniesieniem rzędnej terenu do wartości wymaganej projektowo i nałożenie na powierzchnię gruntu próchnicznej warstwy gleby. Niezbędne okazało się też wykonanie niwelacji terenu, bez której rolnicze zagospodarowanie nie byłoby możliwe. Po wykonaniu wymienionych działań rekultywacyjnych przyszedł czas



Ryc. 1. Mapa lokalizacji terenów górniczych (31.12.2004)

Fig. 1. Map of localisation mine areas (31.12.2004)

na zagospodarowanie, które obejmowało takie czynności agrotechniczne jak orka, bronowanie, nawożenie oraz wysiew mieszanek nasion traw i motylkowatych odpowiednio dobranych do panujących warunków siedliskowych.

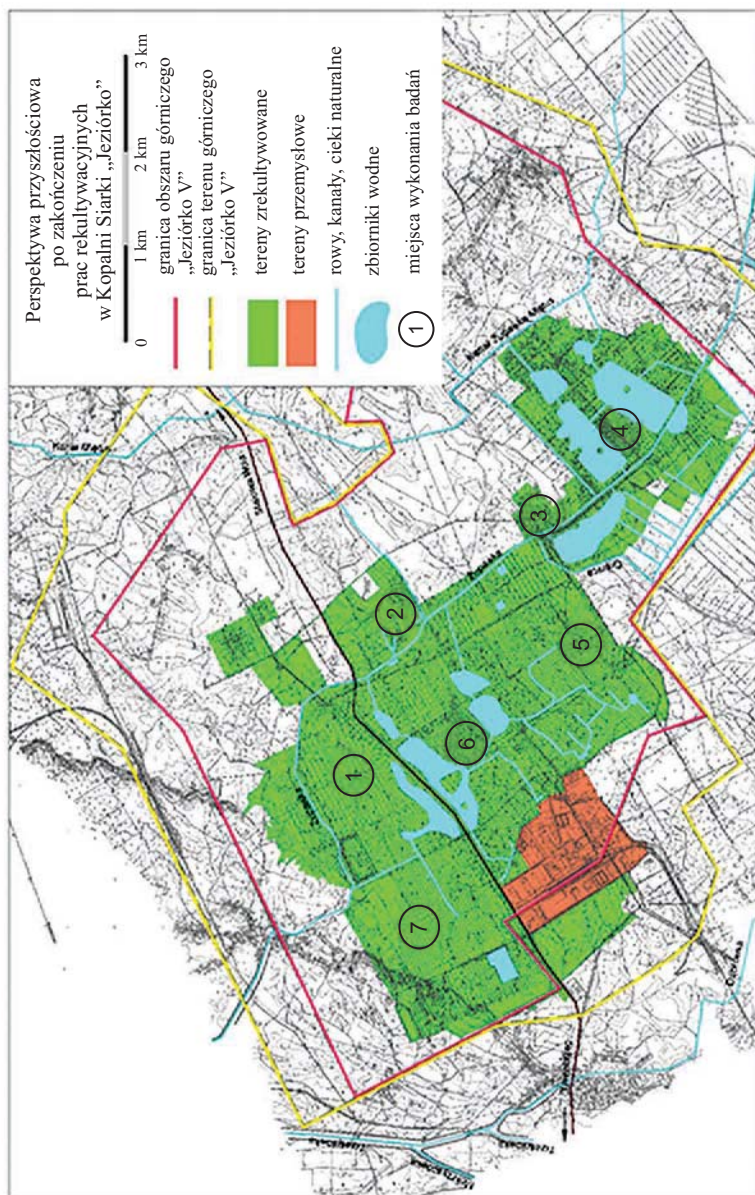
Wyrosłą po zagospodarowaniu ruń trawiastą kosi się jednorazowo w sezonie wegetacyjnym i pozostawia na powierzchni użytku zielonego, tak by ta się rozłożyła i wzbogaciła gleby w materię organiczną stymulującą rozwój mikroflory glebowej oraz poprawę jej żyzności [Michno i in. 2008].

W przyjętym kierunku rekultywacji leśnej zreultywowany obszar pokopalniany został zalesiony gatunkami drzew leśnych, które występowały na omawianym terenie przed rozpoczęciem działalności górniczej. Były to przede wszystkim drzewostany sosnowe należące do zespołu *Pinetum sylvestris* oraz mieszane, sosnowo-dębowe z domieszką brzozy, należące do zespołu *Pino-Quercetum*.

W porekultywacyjnych zalesieniach starano się nawiązać do drzewostanów występujących na omawianym terenie przed rozpoczęciem działalności górniczej, przeznaczając też pod owe zalesienia największą część zreultywowanych terenów. Wg Andrychowicza i in. [2003] na zreultywowanym obszarze Kopalni Siarki „Jeziórko” zagospodarowano ponad 2000 ha, z czego rolniczo – 800 ha. Rekultywacją leśną objęto dodatkowo 900 ha. Na pozostałej części terenu prace rekultywacyjne są jeszcze kontynuowane.

Rekultywacja wodna, zakładająca na obszarze zreultywowanym obecność zbiorników wodnych, miała na celu ekologiczne zróżnicowanie walorów przyrodniczych środowiska oraz wzbogacenie bioróżnorodności występujących w nim ekosystemów. Przyspiesza ona również osiągnięcie renaturyzacji, bez czego cybernetyczne, czyli samosterujące funkcjonowanie ekosystemów nie przebiegałoby wystarczająco sprawnie. Obrzeża zbiorników wodnych zostały odpowiednio uporządkowane, a ich wody zarybione.

Występowanie zbiorników wodnych na zreultywowanym terenie pogórnym ma również pozytywne aspekty krajobrazowe i rekreacyjne. Są one zlewiskami nadmiaru wód opadowych, które spływają do nich z otaczających je terenów rolniczych i zalesionych. Ogólne wrażenia z dokonanej rekultywacji oraz porekultywacyjnego zagospodarowania terenu są bardzo pozytywne. Przyczyniają się do tego również odpowiednio urządzone i zaplanowane drogi, które umożliwiają stosunkowo łatwy dostęp do całego zreultywowanego omawianymi metodami terenu. Badania w wybranych ekosystemach trawiastych i leśnych przeprowadzono przy zastosowaniu metody Brauna-Blanqueta (ryc. 2).



Ryc. 2. Miejsca badań
Fig. 2. Researches place

WYNIKI BADAŃ

Na zrehabilitowanym i zagospodarowanym terenie pokopalnianym Jeziórko występują aktualnie trzy ekosystemy powstałe w wyniku zagospodarowania porekultywacyjnego. Są to ekosystem leśny, trawiasty oraz wodny. Przeprowadzona w czerwcu 2013 roku ocena ich stanu i funkcjonowania pozwala stwierdzić, co następuje.

Ekosystem leśny zajmuje na omawianym terenie największą powierzchnię (ok. 900 ha). Jest to ekosystem młody. Większość drzewostanów jest w I klasie wieku. Tylko na niewielkim obszarze występują drzewostany pod względem wieku drugoklasowe. Przewodnym drzewem w obu wymienionych klasach wieku jest sosna pospolita (*Pinus sylvestris*). Wynika to z kierowania się przy porekultywacyjnych zalesieniach występowaniem tego gatunku drzewa na omawianym terenie przed eksploatacją siarki. Bory sosnowe z domieszką brzozy (*Betula pendula*) i dębu szypułkowego (*Quercus robur*) były wówczas dominujące. W zalesieniu porekultywacyjnym starano się więc nawiązać do poprzedniego stanu. Dlatego oprócz sosny sadzono brzozę, dąb czerwony i w niewielkich ilościach dąb szypułkowy (*Quercus robur*) oraz klon jawor (*Acer pseudoplatanus*) (ryc. 3).

W rosnących obecnie drzewostanach sosnowych oprócz drzew posadzonych występują też w niewielkich ilościach inne, które pojawiły się spontanicznie i bytują wraz z celowymi nasadzeniami. Są to oprócz brzoź, które bywają zazwyczaj najliczniejsze, także lipa drobnolistna (*Tilia cordata*), robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia*), wierzby biała i krucha (*Salix alba* i *S. fragilis*), jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior*), topola osika (*Populus tremula*), a niekiedy także olsza czarna (*Alnus glutinosa*).



Ryc. 3. Las mieszany po nasadzeniu dębu czerwonego

Fig. 3. Mixed forest after the afforestation with *Quercus rubra*

Obecność tych ostatnich jest wynikiem zwiększonego obecnie uwilgotnienia gleby. Poziom wody gruntowej w drzewostanach sosnowych utrzymuje się na głębokości 90 cm. Zdjęcia fitosocjologiczne wykonane w drzewostanach sosnowych pochodzących z zalesień w trzech różnych, znacznie oddalonych od siebie miejscach podano w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka zalesień na zrehabilitowanym terenie
Table 1. Characteristic of afforestations on recultivated areas

Wyszczególnienie Specification	Numeracja (patrz ryc. 2) Localisation (look on fig. 2)				
		1		5	6
Drzewostan Tree stand	mieszany mixed	brzoza birch	sosna pine tree	mieszany mixed	sosna pine tree
Klasa wieku Age class	I i II	I	I i II	I i II	I
Wysokość drzew, m Trees height, m	10–18	8–12	12–14	16–12	7–9
Przyrost pędów rocz., cm Increase shoot year, cm	60–70	25–40	50–70	40–60	50–65
Kolor liści Leaves color	normalny normal	normalny normal	sinawy blue-gray	normalny normal	sinawy blue-gray
Obwód pnia Circumference of trunk					
brzozy – birch	12–45	10–40	20–35	16–32	16–30
dębu – oak	30–40	–	28–40	20–46	22–40
dębu czerw. – red oak	35–50	–	–	22–46	–
sosny – pine	33–47	38–45	30–50	25–50	27–48
jawora – sycamore	21–35	–	–	18–40	–
osiki – aspen	60–120	50–98	–	38–77	5–80
jesionu – ash	17–33	–	–	15–30	–
Podrost – Undergrowths	skąpy scanty	brak lack	brak lack	skąpy scanty	brak lack
Podszyt – Underbrush	skąpy scanty	brak lack	brak lack	skąpy scanty	brak lack
Runo – Ground cover	skąpe scanty	bujne rich	skąpe scanty	skąpe scanty	bujne rich
Stan sanitarny Forest condition	dobry good	średni average	dobry good	dobry good	dobry good
Uszkodzenia drzew Trees damages	brak lack	małe little	małe little	brak lack	małe little

Sanitarny stan omawianych drzewostanów nie budzi wątpliwości. Roczne przyrosty szczytowych pędów sosen mają 50–70 cm, czyli są duże. Kolor szpilek jest właściwy. Na drzewach nie widać żadnych uszkodzeń spowodowanych przez szkodniki ani też przejawów chorobowych. Także pozostałe drzewa w drzewostanach sosnowych na zrehabilito-

wanym terenie rosną dobrze i nie wykazują żadnych uchybień. Wskazuje to, że warunki siedliskowe są korzystne dla ich wzrostu i rozwoju. Świadczy o tym również znikoma ilość posuszu, czyli uschniętych drzew: mniej niż 5 na hektar.

Zagęszczenie drzew w drzewostanach jest stosunkowo duże. Ogranicza ono występowanie roślinności tworzącej podszyt i leśne runo. W miarę wzrostu drzew następować będzie samoczynna eliminacja niektórych osobników, co umożliwi rozwój roślinności niższych warstw ekosystemu leśnego. Ogólnie można powiedzieć, że zalesienia na zrehabilitowanym terenie są udane i nie odbiegają swym wzrostem, wyglądem i stanem sanitarnym od drzewostanów rosnących na nieeksploatowanych terenach tego rejonu.

Pochodzące z nasadzeń drzewostany brzożowe (*Betula pendula*), mające dziś ok. 20 lat, osiągają dużą wysokość 15–17 m przy średnicach pnia w pierśnicy wynoszących 7–10 cm. Pod względem sanitarnym nie budzą zastrzeżeń. Niektóre pnie są jednak wygięte, co nastąpiło pod ciężarem śniegu. Wprawdzie podrostu w drzewostanach brzożowych jeszcze brak, ale wyraźnie wykształcone są warstwy podszytu i runa. W podszytce występują lipa drobnolistna (*Tilia cordata*), grusza pospolita (*Pirus comunis*), jarząb pospolity (*Sorbus aucuparia*), wierzba purpurowa (*Salix purpurea*), robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia*), dąb szypułkowy (*Quercus robur*), kruszyna pospolita (*Frangula alnus*), topola osika (*Populus tremula*), a nawet modrzew europejski (*Larix decidula*) (ryc. 4).

Runo tworzy głównie trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigeios*) z niewielką domieszką jeżyny popielicy (*Rubus caesius*), nawłoci kanadyjskiej (*Solidago canadensis*), wyki drobnonasiennej (*Vicia hirsuta*), konyzy kanadyjskiej (*Conyza canadensis*) i kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra*).



Ryc. 4. Drzewostan brzożowy pochodzący z nasadzeń
Fig. 4. Birch stand created by afforestation

Zalesienie zrehabilitowanego terenu dębem czerwonym (*Quercus rubra*) nie przyniosło oczekiwanych wyników. Zdecydowana większość sadzonek tego drzewa wyginęła, jakkolwiek te, które przetrwały, rosną dobrze. Są już około 25-letnimi drzewami o wysokości 17–18 m i średnicy pnia w pierśnicy 12–15 cm, a ich stan sanitarny jest dobry. W miejsce wypadłych nasadzeń czerwonego dębu wyrosły topole osiki, które przerastają wymienione dęby, bo mają około 20 m wysokości i średnice pnia w pierśnicy 16–20 cm. Ponadto podrost tworzą brzozy, dęby szypułkowe i sosny.

Na podszyt, dość gęsty, składają się osika, wierzba biała (*Salix alba*), jarzębina, dąb szypułkowy, brzoza kruszyna, grusza.

Runo jest bujne i dość gęste. Tworzą je paproć orlica (*Pteridium aquilinum*), siewki wymienionych drzew, trzcinnik piaskowy, nawłóć kanadyjska, jeżyna pospolita, wrotycz pospolity (*Tanacetum vulgare*), pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica*), poziomnik pstry (*Galeopsis speciosa*) i podagrycznik (*Aegopodium podagraria*). Pomimo obecności dębu czerwonego jest to drzewostan najbardziej zdenaturalizowany (ryc. 5).

Ekosystemy trawiaste występujące na zrehabilitowanym terenie po Kopalni Siarki „Jeziórko” są pochodzenia antropogenicznego. Utworzone zostały przez zasiew traw i motylkowych dostosowanych wymaganiami do ekologicznych warunków siedlisk. Wraz z upływem czasu botaniczny skład runi uległ renaturalizacji, dostosowując się coraz bardziej do warunków siedliskowych. Zanikały gatunki mniej dostosowane do warunków siedliskowych, a spontanicznie wkraczały inne. Obecnie na większości powierzchni użytki zielone mają runo w znacznym stopniu zrenaturalizowaną. Uwidacznia to bogaty skład florystyczny, przypominający skład florystyczny runi łąkowej spoza terenów zrehabilitowanych.



Ryc. 5. Łąka śródleśna na terenie zrehabilitowanym
Fig. 5. Interforest meadow on the recultivated area

Zbiorowiska roślinności, występujące na większości omawianych użytków zielonych są typowe dla gleb (siedlisk) świeżych. Pod względem fitosocjologicznym jest charakterystyczna dla zespołu rajgrasu wyniosłego (*Arrhenatheretum elatioris*), o czym stanowią takie gatunki charakterystyczne dla tego zespołu jak barszcz łąkowy (*Heracleum sphondylium*), bodziszek łąkowy (*Geranium pratense*), pępawa dwuletnia (*Crepis biennis*), marchew zwyczajna (*Daucus carota*), bluszcz kurdybanek (*Glechoma hederacea*) i rzadziej rajgras wyniosły (*Arrhenatherum elatius*) oraz stokłosa miękka (*Bromus mollis*).

Główną masę plonów stanowią trawy, przede wszystkim kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata*), stokłosa bezostna (*Bromus inermis*), życica trwała (*Lolium perenne*), kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis*), wiechlina łąkowa (*Poa pratensis*), tymotka łąkowa (*Phleum pratense*), a w miejscach bardziej wilgotnych także wyczyniec łąkowy (*Alopecturus pratensis*) i mozga trzciniowata (*Phalaris arundinacea*).

Nie brak też w runi omawianych łąk roślin motylkowatych (bobowatych) – w tym koniczyn białej, łąkowej i białoróżowej (*Trifolium repens*, *T. pratense*, *T. hybridum*), lucerny siewnej (*Medicago sativa*), wyki ptasiej (*Vicia cracca*), komonicy zwyczajnej (*Lotus corniculatus*) i innych.

Z roślin zielnych występują: babka lancetowata (*Plantago lanceolata*), mniszek lekarski (*Taraxacum officinale*), szczaw łąkowy (*Rumex acetosa*), pięciornik gęsi (*Potentilla anserina*), złocien pospolity (*Leucanthemum vulgare*), świerzbica polna (*Knautia arvensis*), trybula leśna, (*Antriscus sylvestris*), jaskry (*Ranunculus*) ostry (*R. acris*) i rozłogowy (*R. repens*), bławat łąkowy (*Centaurea jacea*), biedrzeńiec większy (*Pimpinella major*), rzepicha leśna (*Rorippa sylvestris*), jeżyna popielica (*Rubus caesius*), gwiazdnica trawiasta (*Stellaria graminea*), powój polny (*Convolvulus arvensis*), dziewanna pospolita (*Verbascum nigrum*), lnica pospolita (*Linaria vulgaris*) i inne (ryc. 6).



Ryc. 6. Łąki kośne na terenie zrehabilitowanym
Fig. 6. Meadows on the recultivated area

To bogactwo florystyczne jest potwierdzeniem dużego stopnia renaturalizacji łąk na zrehabilitowanym terenie, czyli upodobnienia się do łąk występujących w warunkach, gdzie nie było eksploatacji siarki. Plonowanie łąk na terenie zrehabilitowanym zależy od występowania oraz ilości opadów atmosferycznych. W latach suchych jest mniejsze, a w wilgotnych większe. Łąk tych się nie nawozi. Kosi się ruń jednorazowo w okresie lata, pozostawiając skoszoną biomasa na powierzchni do rozłożenia się. Plony suchej masy wynoszą średnio około $5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W latach suchych wynoszą ok. $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w latach mokrych dochodzą do $6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Tabela 2. Ruń łąkowa należąca do zespołu *Arrhenatheretum elatioris* najczęściej spotykana na omawianym terenie. Lokalizacja wg ryc. 2. Zdjęcia fitosocjologiczne wykonano metodą Br-BI 12.06.13

Table 2. Meadow sward belongs to *Arrhenatheretum elatioris*, the most frequent on mentioned area. Localization according to the fig. 2. Phytosociological records made Br-BI method 12.06.13

Gatunek – Species	2	3	4	5	7
<i>Dactylis glomerata</i>	3,3–4	3,3–4	1,2	2,2	1,1–2
<i>Holcus lanatus</i>	2,2	+	1,2	+	+
<i>Festuca pratensis</i>	1,2	+	3,3–4	2,2–3	1,2
<i>Festuca rubra</i>	1,2	3,3–4	1,2	+	1,2
<i>Poa pratensis</i>	1,2	1,2	2,2	3,3–4	3,4
<i>Calamagrostis epigejos</i>	2,1–2	1,2	+	+	+
<i>Lotus corniculatus</i>	1,2	+	–	+	1,2
<i>Trifolium pratense</i>	1,2	+	+	+	1,2
<i>Trifolium repens</i>	+	+	1,2	2,2	1,2
<i>Agropyron repens</i>	1,1	+	–	+	+
<i>Leondon hispidus</i>	1,1	+	+	1,1	+
<i>Leondon autumnalis</i>	+	+	+	+	+
<i>Hypochoeris radicata</i>	+	+	–	+	–
<i>Cirsium arvense</i>	+	+	1,1–2	+	1,1
<i>Vicia tetrasperma</i>	+	+	+	+	–
<i>Equisetum arvense</i>	+	+	+	+	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+	+	+	+	+
<i>Lolium perenne</i>	+	+	+	+	1,2
<i>Solidago canadensis</i>	+	+	+	+	+
<i>Solidago gigantea</i>	+	+	–	1,2	+
<i>Vicia sativa</i>	+	+	+	+	+
<i>Tanacetum vulgare</i>	+	+	+	+	+
<i>Convolvulus arvensis</i>	+	+	–	+	–
<i>Plantago lanceolata</i>	+	+	+	1,1	1,1–2

<i>Rumex obtusifolius</i>	+	+	+	+	+
<i>Vicia cracca</i>	+	+	+	+	1,2
<i>Carex hirta</i>	+	+	+	+	+
<i>Achillea millefolium</i>	+	+	+	1,2	+
<i>Potentilla anserina</i>	+	-	1,2	1,2	+
<i>Leucanthemum vulgare</i>	+	+	1,2	+	1,2
<i>Rubus caesius</i>	+	+	-	+	+
<i>Geranium pratense</i>	+	+	+	+	+
<i>Tussilago farfara</i>	+	+	+	+	+
<i>Daucus carota</i>	+	+	-	+	-
<i>Hypericum perforatum</i>	+	+	+	+	+
<i>Puleum pratense</i>	+	+	1,1-2	1,1-2	1,2
<i>Ranunculus acris</i>	+	+	1,2	1,2-3	+
<i>Anthemis cotula</i>	+	+	+	+	-
<i>Trifolium dubium</i>	+	+	1,2	+	1,2
<i>Taraxacum officinale</i>	+	+	+	+	+
<i>Phalaris arundinacea</i>	-	-	1,2	+	1,2
<i>Epilobium montanum</i>	+	+	-	+	-
<i>Artemisia vulgaris</i>	+	+	-	+	-
<i>Centaurea jacea</i>	-	+	1,1-2	1,1-2	+
<i>Rumex acetosa</i>	+	+	1,1	+	1,1
<i>Phragmites australis</i>	+	+	1,1-2	+	+
<i>Rumex thyrsiflorus</i>	+	+	+	+	+
<i>Melandrium album</i>	-	+	+	+	-

Z innych zbiorowisk roślinnych na zrehabilitowanym terenie występują zbiorowiska mozgi trzcinowatej (*Phalaris arundinacea*) oraz trzciny pospolitej (*Phragmites australis*), traktowane też jako zespoły, gdyż oba wymienione gatunki są charakterystyczne dla utworzonych przez te gatunki zespołów. Można tworzy zespół *Phalaridetum arundinacea*, a trzcina zespół *Phragmitetum comuna*.

Pierwszy z wymienionych zespołów bytuje w miejscu obniżenia terenu, gdzie utrzymuje się większe uwilgotnienie. Tam można tworzy prawie jednolite płaty. Drugi zespół pojawia się głównie przy rowach melioracyjnych, które odprowadzają wody opadowe. Oprócz trzciny rosną tu również turzyce, a szczególnie turzyca zastrzona (*Carex gracilis*), turzyca pęcherzykowata (*C. vesicaria*) i inne, a miejscami także pałka wąskolistna (*Typha angustifolia*), jeżogłówka gałęzista (*Sparganium ramosum*), kosaciec żółty (*Iris pseudoacorus*) i in.

Ekosystemy wodne na terenie zrehabilitowanym tworzą różnej wielkości zbiorniki wodne o powierzchni od 1 do 32 ha, które urządzone w miejscach największych osiadań gruntu (ryc. 7). W ten sposób powstała na omawianym terenie zminimalizowana „kraina

jezior”, która urozmaica i estetyzuje zrehabilitowany teren czystymi wodami wspomnianych akwenów. O tym, że są to baseny wodne o rozwiniętym nektonie, świadczą najlepiej ludzie łowiący w nich ryby.

Znaturalizowanie zbiorników wodnych nie jest jeszcze wystarczające. Na ich brzegach brak odpowiednio wykształconej zabudowy biologicznej, a w wodach przybrzeżnych roślinności typowej dla litoralu.

Pojawiają się dopiero pierwsze makrofity wodne: trzcina, oczeret jeziorny (*Scheuchzeria palustris*), tatarak zwyczajny (*Acorus calamus*) i manna wodna (*Glyceria maxima*). Wszystkie wymienione rośliny są jeszcze nieliczne i nie tworzą większych skupień. Można powiedzieć, że rozwój roślinności wodnej znajduje się *in statu nascendi*.

W porównaniu ze stanem rozwoju roślinności ekosystemów lądowych roślinność zbiorników wodnych jest wyraźnie słabiej rozwinięta. Wynika to prawdopodobnie stąd, że zbiorniki wodne w omawianych warunkach leżą na gruncie wyjałowionym, pochodzącym z głębszych poziomów, a więc i „martwych”, czyli pozbawionych drobnoustrojów glebowych, co wyraźnie spowalnia rozwój roślinności wodnej, tym bardziej, że synergizuje się z jałowością siedlisk glebowych. Niemniej jednak renaturalizacja zbiorników wodnych stanowi proces nieunikniony i będzie nadal postępować zgodnie z prawami natury na tym terenie. W konsekwencji przy brzegach zbiorników wodnych pojawi się litoral, w którym prawdopodobnie dominować będzie trzcina. Pelagial omawianych wód też jest dotychczas skąpy. Tworzą go głównie mikroskopijne jednokomórkowe glony. Oprócz wspomnianego już nektonu, głównie ryb i płazów, jakimi są żaby, na wodach tych osobliwych akwenów bytuje dużo przedstawicieli awifauny: mewy, rybitwy, kaczki krzyżówki, łyski, perkozy, czaple, bociany, łabędzie i inne.



Ryc. 7. Zbiornik wodny na terenie zrehabilitowanym
Fig. 7. Water reservoir created on recultivated area

Bogactwo awifauny na omawianym terenie jest stosunkowo duże, co przypisać należy występowaniu licznych zbiorników wodnych, różnej wielkości. Świadczy to również korzystnie o środowisku przyrodniczym terenów zrekultywowanych jako terenów przyjaznych dla biocenozy.

Chociaż zdecydowana większość zalesień na zrekultywowanych terenach Kopalni Siarki „Jeziórko” jest bezsprzecznie udana, o czym świadczą duże przyrosty roczne drzew, niebudzący obaw stan sanitarny i zaawansowany stopień naturalizacji tych biocenozy, to jednak w paru miejscach widać też występowanie obumarłych drzewostanów. W stosunku do całości zalesień zajmują one znikomą powierzchnię. Obumarcie drzew spowodowane zostało miejscowym podtopieniem albo pożarem. Podtopienie wystąpiło w miejscach obniżen powierzchni, gdzie gromadzi się i stagnuje przez długi czas woda opadowa. Natomiast do opalenia powodującego uschnięcie drzew doszło tam, gdzie wypalana była ściółka. Nie wpływa to jednak na całość zalesień, które – jak już stwierdzono – są w bardzo dobrej kondycji.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań terenowych można przedstawić następujące wnioski:

1. Na zrekultywowanych i zagospodarowanych terenach po Kopalni Siarki „Jeziórko” występują obecnie trzy ekosystemy: leśny, trawiasty i wodny.
2. Zajmujący największą część obszaru ekosystem leśny, utworzony przez zalesienie, budują głównie drzewostany sosnowe i sosnowo-dębowe, nawiązujące składem gatunkowym do drzewostanów rosnących na tym terenie przed eksploatacją siarki.
3. Istniejące obecnie drzewostany leśne należą do I i II klasy wieku. Ich stan sanitarny jest zadowalający, a roczne przyrosty pędów szczytowych sosen nie są mniejsze niż na terenach nieeksploatowanych.
4. Oprócz drzew wprowadzonych w zalesieniach pojawiły się w nich również spontanicznie samosiejki takich drzew jak brzoza, klon jesionolistny, robinia akacja, osika, jesion, wierzba biała i krucha oraz olsza czarna. Nie rosną one jednak zbyt licznie.
5. Ze względu na duże zagęszczenie młodych jeszcze drzewostanów sosnowych podszyt i runo są bardzo słabo rozwinięte.
6. Występujące na omawianym terenie ekosystemy trawiaste są również pochodzenia antropogenicznego. Utworzone zostały przez zasiew nasion traw i motylkowatych. Wraz z upływem czasu ich ruń uległa renaturalizacji.
7. Na większości powierzchni łąkowych, na których panowały warunki umiarkowanego uwilgotnienia, wytworzył się typ łąki świeżej, z gatunkami roślin naczyniowych charakterystycznych dla zespołu rajgrasu wyniosłego (*Arrhenatheretum elatioris*). Tylko na niewielkich powierzchniach w zagłębieniach terenu spotyka się zbiorowiska mozgi trzcinowatej z wyczyńcem, należące do zespołu *Phalaridetum arundinacea*, a przy rowach zbiorowiska trzciny tworzącej zespół *Phragmitetum arundinacea*.
8. Ruń łąkowa jest koszona jednorazowo w okresie lata, a skoszoną ruń po pocięciu na sieżkę pozostawia się na powierzchni do rozłożenia i zasilenia gleby w próchnicę.

9. Ekosystem wodny omawianego terenu tworzą zbiorniki wodne będące pozostałością zapadlisk powstałych w czasie eksploatacji. Stanowią one elementy urozmaicające wygląd środowiska i zwiększające jego różnorodność biologiczną.
10. W ich wodach pomimo słabo jeszcze wykształconej roślinności wodnej występuje nekton. Istnieją też przy nich skupiska ptactwa wodnego.
11. Rekultywacja i porekultywacyjne zagospodarowanie terenu przywróciły środowisko do stanu, jaki miał miejsce przed eksploatacją siarki, z tym że w wyniku powstania zbiorników wodnych zwiększył się obszar wód powierzchniowych. Ogólnie można powiedzieć, że rekultywacja przywróciła zdegradowane środowisko do normalnego funkcjonowania.

PIŚMIENNICTWO

- Andrychowicz F., Buczek Z., Gołda T., Pantula Z., 2003. Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich Kopalni Siarki „Jeziorko”. Mat. IV Stowarzysz. Forum Dysk. „Była siarka i co dalej?”, Tarnobrzeg, 11–12 IX 2003, 8, 39–46.
- Czajkowski R., Czuryło Z., Michno W., 2012. Zagrożenia środowiska spowodowane uszkodzeniem konstrukcji otworu wiertniczego. *Bezp. Pracy Ochr. Środ. Górn.* 7(215), 26–33.
- Czuryło Z., Dziedzic W., Czajkowski R., 2009. Wpływ procesów zachodzących w górotworze na otwory eksploatacyjne w procesie wydobywania siarki metodą otworową. *Zesz. Spec. Wydz. Górn. Geol. Polit. Śl., IX Szkoła Mechaniki*, 81–93
- Dulewski J., Uzarowicz R., 2009. Wybrane aspekty rekultywacji i rewitalizacji terenów po działalności górniczej (maszynopis).
- Michno W., Czajkowski R., 2009. Górnictwo wczoraj i dziś. XI Konferencja SITG, Mysłowice, 161–168.
- Michno W., Dziedzic W., Czajkowski R., 2008. Przywracanie gospodarczego wykorzystania terenów zdegradowanych wieloletnią eksploatacją złóż siarki w rejonie Tarnobrzega przez KiZPS „Siarkopol” w latach 1968–2008 w kopalniach Piaseczno i Jeziorko. XIII Międzynar. Symp., Gliwice – Ustroń, 89–99
- Warzybok W., 2000. Rekultywacja na terenach poeksploatacyjnych Kopalni Siarki „Jeziorko”. *Inż. Ekol.* 1, 23–26, <http://www.ineko.net.pl/pdf/IE-1.pdf>.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 24.03.2014