



Dr hab. Jerzy Cabała, prof. UŚ

10 sierpnia 2018r.

Recenzja pracy doktorskiej  
**Budowa geologiczna złoża rud Zn-Pb Zawiercie-3**  
**na podstawie dodatkowego rozpoznania geologicznego**

autorstwa mgr Wojciecha Retmana

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej Prof. dr hab. inż. Jacka Matyszkiewicza z dnia 11 czerwca 2018 r. w sprawie powierzenia mi obowiązków recenzenta rozprawy doktorskiej Pana mgr Wojciecha Retmana.

Mgr Wojciech Retman w rozprawie doktorskiej przedstawił wyniki badań oraz ich interpretację dotyczącą budowy geologicznej, mineralizacji i geochemii oraz zasobów rud Zn-Pb występujących w rejonie zawierciańskim. Dodatkowe dane geologiczne zostały uzyskane na różnych etapach wykonania dokumentacji geologicznej złoża Zawiercie-3.

Praca stanowi oryginalne, obszerne i samodzielne opracowanie liczące 219 stron tekstu, zawiera 74 figury (mapy, diagramy, fotografie), 33 tabele zamieszczone w tekście oraz 5 większych niż A4 załączników (mapy, przekroje, profile). W rozprawie autor zacytował 438 pozycji literatury związanych bezpośrednio lub pośrednio z tematyką badań. Autor bardzo szeroko opisuje warunki geologiczne występowania rud Zn-Pb w rejonie zawierciańskim cytując większość prac badawczych związanych z budową geologiczną rejonu oraz mineralogią i geochemią rud Zn-Pb. Opierając się na archiwalnych oraz nowych danych geologicznych uzyskanych z 218 otworów odwierconych w latach 2010-2013.

Recenzent jako szczególnie istotne dla oceny osiągnięcia naukowego uznał te części rozprawy doktorskiej, w których Autor przedstawił wyniki własnych analiz i przemyśleń mających na celu określenie prawidłowości rozmieszczenia mineralizacji bilansowej oraz ocenę jakości i geochemicznego zróżnicowania rud Zn-Pb w rejonie Zawiercia.

Ocena poszczególnych części pracy doktorskiej:

Wstęp. – przedstawione zostały ogólne uwarunkowania wpływające na zmniejszenie zasobów oraz wzrost popytu na cynk i ołów na świecie, w tym kontekście uzasadnione ekonomicznie jest uruchomienie nowych projektów mających na celu rozpoznanie bilansowych zasobów. Autor argumentuje, że obecnie najlepsze perspektywy dla wydobycia rud Zn-Pb są związane z zasobami w rejonie zawierciańskim.

Praca doktorska stanowi obszerne opracowanie w którym Autor starał się zawrzeć praktycznie całą archiwalną wiedzę na temat zawierciańskich oraz śląsko-krakowskich złóż Zn-Pb do której dołączył własne obserwacje, zestawienia i wnioski, w konsekwencji tekstu jest dużo, a poszczególne wątki związane z geologią złoża Zawiercie-3 zawarte są w wielu ponumerowanych rozdziałach i podrozdziałach pracy. Niektóre podrozdziały zdaniem recenzenta są zbyt rozbudowane, zawarte w nich treści w znacznej części opierają się na danych archiwalnych. Ich usunięcie z pewnością nie wpłynęłoby na wysoką merytoryczną wartość pracy, zaprezentowane wyniki i wnioski. Uwaga ta nie dotyczy tych części pracy w których przeprowadzona została dyskusja własnych obserwacji i wyników z danymi zawartymi w różnych publikacjach.

Po wstępie Autor zamieścił nienumerowane części pracy: Ogólna charakterystyka obszaru badań; Cel i zakres pracy; Dokumenty i materiały źródłowe, Podstawy prawne; Metodyka badań.

Treści zawarte w ogólnej charakterystyce obszaru badań w znacznej części są podane także w dalszych rozdziałach pracy i mogłyby zostać z powodzeniem przeniesione przed rozdział „Reinterpretacja przebiegu uskoków ...”. Pod koniec wstępu Autor w kilku wierszach ogólnie wskazuje zadania (cele), które powinny zostać zrealizowane, są nimi reinterpretacja struktur tektonicznych w utworach triasu, wyznaczenie obszarów perspektywicznych oraz prawidłowości koncentracji pierwiastków śladowych.

W rozdziale *Cel i zakres pracy* precyzyjnie zostały określone szczegółowe cele badań, zostały one zestawione w trzech tezach. W każdej z trzech postawionych tez zaznaczają się aspekty naukowe badań oraz wynikające z nich użytkowe zastosowania umożliwiające np. lepsze projektowanie dalszych badań, precyzyjniejszą ocenę zasobów oraz rozpoznanie dystrybucji pierwiastków śladowych (Ag, Cd, As). Szczególnie duże znaczenie dla reinterpretacji rozprzestrzenienia mineralizacji i poznania obszarów perspektywicznych, także w innych złożach rejonu śląsko-krakowskiego powinno mieć rozwiązanie zagadnień określonych w tezie II. Zawarte w tezie I założenia badawcze wskazują, że istotne dla rozpoznania geometrii ciał rudnych i ich ciągłości jest prawidłowe określenie przebiegu uskoków oraz ich charakteru, aby ten cel osiągnąć Autor wskazuje na podstawowe znaczenie poziomu reperowego, którym jest kontakt utworów górnego retu z wapieniami gogolińskimi w obszarach, gdzie nie zaznaczyły się procesy metasomatozy.

Treści zawarte w rozdziałach *Dokumenty i materiały źródłowe* oraz *Podstawy prawne* zostały zamieszczone w pracy doktorskiej, ponieważ Autor wykorzystywał dane geologiczne, których właścicielem jest firma Rathdowney Polska sp. z o.o. Zamieszczone informacje w nienumerowanym rozdziale *Podstawy prawne* jednoznacznie wskazują, że zostały zachowane stosowne procedury. Autor posiada odpowiednie zgody właściciela danych geologicznych i może je wykorzystać do badań naukowych i realizacji pracy doktorskiej.

Rozdział *Metodyka badań* obejmuje 16 stron tekstu, jest rozbudowany, co wynika ze zróżnicowania zastosowanych metod badawczych. Szczegółowo opisane zostały metody reinterpretacji przebiegu uskoków w triasie, metody analizy przejawów mineralizacji siarczkowej, wyznaczania obszarów prognostycznych, szacowania zasobów prognostycznych oraz metody jakimi zostały wykonane analizy głównych metali i pierwiastków śladowych. Metody badań laboratoryjnych zastosowane przez zespół wykonujący dokumentację geologiczną złoża Zawiercie-3 odpowiadają standardom przyjętym przez firmę Rathdowney, były wykonywane w akredytowanych laboratoriach i są zgodne z odpowiednimi normami. Oznaczenia metali wykonane dla potrzeb starszych dokumentacji (np. Preidl i in., 1978; Rogoż 1976, 1985 i 1990) zostały wykonane przez laboratoria krajowe zgodnie z ówczesnymi normami.

W pracy doktorskiej Autor praktycznie nie jest ograniczany objętością tekstu, dlatego tak szczegółowe opisanie założeń metodycznych jest zasadne. Zdaniem recenzenta treści zawarte w rozdziale *Metodyka badań* same w sobie mogły by stanowić materiał do publikacji naukowej.

Dalsza część przedstawionej do oceny pracy doktorskiej składa się z trzech nieponumerowanych części tematycznych:

*Reinterpretacja przebiegu uskoków w utworach triasowych*

*Reinterpretacja przejawów mineralizacji siarczkowej*

*Geochemia stref okruszczowanych.*

Pierwsza część pracy zatytułowana ***Reinterpretacja przebiegu uskoków w utworach triasowych*** obejmuje 60 stron tekstu. Na początku została opisana pozycja geotektoniczna strefy kontaktowej bloku małopolskiego i górnośląskiego, w szczególności przebieg strefy tektonicznej Kraków-Lubliniec, której przebieg został określony w zacytowanych pracach Z. Buły i J. Żaby. Autor wskazuje na znaczącą rolę ewolucji tektonicznej tej strefy i jej wpływ na magmatyzm oraz przejawy okruszczowania (Cu-Mo-W) w utworach paleozoiku. W dalszej części na (od strony 31 do 38) zostały szczegółowo opisane utwory występujące w brzeżnej części bloku małopolskiego. W oparciu o szeroko cytowane pozycje literatury scharakteryzowana została stratygrafia, wykształcenie litologiczne, miąższość oraz sposób zalegania poszczególnych kompleksów od najstarszego kompleksu wendyjsko-dolnokambryjskiego po utwory permu. Autor opisując poszczególne utwory stosuje liczne odniesienia do danych z otworów wiertniczych odwierconych w rejonie Zawiercia.

Podobny, szczegółowy opis (od strony 38 do 41) został wykonany dla utworów paleozoicznych występujących w brzeżnej części bloku górnośląskiego. W tekście zamieszczone są przeglądowe mapy geologiczne (np. stropu paleozoiku) obejmujące rejon Zawiercia, na których Autor zaznaczył lokalizację otworów wiertniczych cytowanych w tekście, co znacząco ułatwia orientację w analizowanym tekście.

W rozdziale *Budowa geologiczna utworów mezozoiku* zostały opisane pierwotne i wtórne utwory występujące w paleosomie osadów triasu. Nie zostały odrębnie wykonane opisy utworów triasu dla bloku małopolskiego i górnośląskiego. Opisując wykształcenie poszczególnych warstw triasu Autor uwzględnił różnice wykształcenia triasu w obszarze bloku małopolskiego (MB) oraz bloku górnośląskiego (USB) opisując ich wykształcenie w obszarze: bloku małopolskiego, synkliny Pomorzany-Michałówka, antykliny Brudzowic.

W sposób wyczerpujący zostały opisane epigenetyczne dolomity kruszonośne, ich zmienność, a także obecna w nich materia organiczna i towarzyszące w ich spągowej części sedymenty wewnętrzne wypełniające horyzontalnie rozwinięte systemy krasowe.

Autor dużą uwagę zwraca na utwory występujące na kontakcie retu i warstw gogolińskich, opisuje szeroko charakter tego kontaktu, zmienność facjalną oraz sposób zalegania tych warstw. Wynika to z dużego znaczenia tego kontaktu dla rozpoznania poszczególnych generacji uskoków oraz analizy ich geometrii. Strefie tej został poświęcony trzystronicowy podrozdział IV *Strefa synsedymencyjnego kontaktu dolomitów retu i dolnych warstw gogolińskich*. Zostały podane argumenty o ważności tego kontaktu dla reinterpretacji tektoniki nieciągłej oraz uzasadnienie wagi prawidłowego rozpoznania struktur tektonicznych dla projektowania wydobywania, szacowania zasobów itp.

Rozdział V *Budowa tektoniczna* składa się z wielu podrozdziałów i obejmuje 31 stron tekstu. Autor oddzielnie opisuje poszczególne kompleksy strukturalne w podłożu monokliny śląsko-krakowskiej, samej monoklinie, struktury fałdowe, orientację drobnych struktur, tektonikę uskokową podłoża utworów triasu. Pod koniec tego rozdziału w podrozdziale V.6 (od strony 78 do 89) przedstawia reinterpretację przebiegu uskoków w utworach triasowych. Rozdział ten jest napisany w sposób przejrzysty, a zawarte w nim treści i wnioski stanowią ważne osiągnięcie naukowe i są jednocześnie realizacją jednego z założonych celów badań.

Przebieg uskoków w rejonie złoża Zawiercie-3 został przedstawiony na trzech przeglądowych, włączonych do tekstu mapach (Fig. 7, 8 i 9) w formacie A-3. Graficzna wizualizacja sieci tektonicznej rozwiniętej w rejonie złoża Zawiercie-3 pozwala zorientować się w następstwie

zreinterpretowanych uskoków w triasie (Fig. 7) względem nieciągłości występujących w paleozoiku (wg. Buły i in., 2002). Zreinterpretowane uskoki (na podstawie synsedymentacyjnego kontaktu) ich orientację i przebieg przedstawił Autor na kolejnej mapie (Fig. 8).

Interesująca jest mapa zalegania kontaktu stropu retu i warstw gogolińskich w blokach tektonicznych, znaczącym ułatwieniem jest zastosowanie zróżnicowania barw w poszczególnych blokach w zależności od położenia kontaktu (m n.p.m.). Wykonane przez Autora graficzne załączniki i sposób zestawienia danych tektonicznych jest ciekawy i umożliwia zorientowanie się w zróżnicowaniu i stylu budowy tektonicznej w rejonie strefy rozłamowej Kraków-Lubliniec (KLFZ) przebiegającej w obszarze złoża Zawiercie-3.

W tekście Autor przedstawił mechanizmy formowania się struktur tektonicznych, charakteryzuje układ naprężeń oraz wskazuje jaki charakter mają uskoki głównych wydzielonych kierunków NW-SE i WNW-ESE oraz młodsze uskoki NE-SW. W celu uzyskania kompleksowej charakterystyki łączy dane literaturowe, cytując wyniki badań (Żaby, Bednarka, Krokowskiego, Tepera, Dżułyńskiego, Bogacza, Bukowego, Kibitlewskiego, Góreckiej i innych) oraz swoje własne obserwacje wynikające z analizy danych geologicznych uzyskanych z wierceń wykonanych w obszarze złoża.

Najważniejsze wnioski z badań tektonicznych zostały zestawione w rozdziale V.7 i przedstawione w siedmiu punktach. Zdaniem recenzenta najistotniejsze są wnioski wnoszące nowe informacje na temat znaczenia rozpoznania struktur tektonicznych dla rozprzestrzenienia mineralizacji Zn-Pb. Zostały one przedstawione we wnioskach nr 5 i 6 oraz rozbudowanym wniosku nr 7.

Zdaniem recenzenta w rozdziale V. *Budowa tektoniczna badanego obszaru* zbyt szeroko zostały omówione kompleksy litostratygraficzno-strukturalne podłoża np. V.4 Orientacja drobnych struktur, spękań i mezouskoków. Opisy zostały wykonane w oparciu o szczegółową analizę danych literaturowych, które zostały rzetelnie zacytowane, jednak wyniki tych obserwacji nie są bezpośrednio powiązane z głównymi celami badań Autora, reinterpretacją sieci tektonicznej w utworach triasu lub rozmieszczeniem mineralizacji Zn-Pb w paleozoiku lub triasie. Można zrozumieć intencje Autora, który w sposób kompleksowy starał się przedstawić wszystkie informacje uzyskane z analizy profili wiertniczych tak w paleozoicznym jak i triasowym kompleksie. Pominięcie lub znaczące skrócenie niektórych szczegółowych informacji zaczerpniętych z literatury zapewne nie wpłynęłoby na wartość przedstawionych przez Autora wyników badań naukowych.

Druga część pracy zatytułowana *Reinterpretacja przejawów mineralizacji siarczkowej* obejmuje 51 stron tekstu. Autor w sposób bardzo szczegółowy przedstawił historię rozwoju badań, prowadzenia prac wiertniczych i wykonywania dokumentacji geologicznych złóż rud Zn-Pb w rejonie zawierciańskim (Marciszów, Rodaki-Rokitno Szlacheckie, Zawiercie I, Zawiercie II). Zestawienia tabelaryczne przedstawiają zasoby rud oraz metali (Zn i Pb), a także kategorie rozpoznania dla poszczególnych złóż. Zamieszczony został także opis nowych kryteriów bilansowości wprowadzonych w 2007 roku oraz ich wpływ na stan zasobów złóż zawierciańskich. Autor wskazał także, że zasadne byłoby zastosowanie metod geofizycznych (polaryzacja wzbudzona IP), wobec pozytywnych wyników badań wdrożeniowych wykonanych na peryferiach złóż Pomorzany, Klucze i Trzebionka. Propozycja takich badań uzupełniających w obszarach niezagospodarowanych została przedstawiona przez Niecia i innych (2008). Opis prac geologicznych wykonanych po roku 2008 odnosi się głównie do prac podjętych w 2009 roku przez firmę Rathdowney Polska Sp. z o.o. w ramach odpowiednich koncesji uzyskanych na podstawie *Projektów prac geologicznych na poszukiwanie i rozpoznawanie rud Zn-Pb*, których pierwszym autorem był Autor recenzowanej pracy doktorskiej (Retman i in. 2009a i b; 2010).

Jak wynika z dalszych informacji, Autor uczestniczył także w profilowaniu otworów, opróbowaniu interwałów rudnych oraz obliczeniu zasobów rud Zn-Pb w dokumentowanych obszarach. Doświadczenia związane z bezpośrednimi pracami geologicznymi Autora mają

znaczący wpływ na realną ocenę poszczególnych parametrów złoża Zawiercie-3, co jest widoczne w znacznej części tekstu przedstawionej do recenzji pracy doktorskiej. Był współautorem obliczenia zasobów rud Zn-Pb w złożu Zawiercie-3 (2014), które charakteryzują się znacznym przyrostem (31,3% zasoby w DK1) w stosunku do wcześniej rozpoznanych zasobów w złożach (Zawiercie I i II, Rodaki Rokitno-Szlacheckie i Marciszów).

Szczególnie ciekawe i wartościowe są informacje i wnioski zamieszczone w rozdziale VIII *Wyznaczanie obszarów prognostycznych*. Z zestawienia (Tab. 22) wynika, że dzięki dodatkowemu rozpoznaniu otworami w latach 2010-2013 znacząco zwiększyła się ilość interwałów bilansowych (z 254 do 338) w stosunku do interwałów rozpoznanych we wcześniejszych dokumentacjach Zawiercie I, II, Rodaki-Rokitno-Szlacheckie oraz Marciszów. Zmniejszyła się jednocześnie ilość przejawów mineralizacji (z 869 do 694). Przeważająca część udokumentowanych zasobów jest związana z poziomem DK1 dolomitów kruszczośnych, zdaniem Autora stanowią one 90% ogółu zasobów.

Mapy obszarów prognostycznych w sposób przejrzysty przedstawiają obszary wydzielone w dolomitach diploporowych (Fig. 10), dolomitach kruszczośnych DK2 (Fig. 11) oraz DK1 (Fig. 12). Zasady okonturowania obszarów prognostycznych zostały szczegółowo opisane, a ich treści wskazują że Autor posiada duże doświadczenie i wiedzę nabytą w okresie wieloletniej pracy zawodowej geologa złożowego.

W świetle wcześniejszych danych geologicznych odnoszących się do rozprzestrzenienia mineralizacji w dewonie rejonu zawierciańskiego bardzo cenne jest wyznaczenie obszarów prognostycznych w elewacjach dewonu zilustrowane na mapie (Fig. 13). Autor pomimo wyznaczenia 20 obszarów prognostycznych jednoznacznie wskazuje na małe znaczenie tych zasobów w ogólnym bilansie, ze względu na brak ciągłości ciał rudnych i lokalny, skupiony wokół stref tektonicznych charakter okruszcowania. Większe możliwości rozpoznania dodatkowych zasobów zdaniem Autora są związane ze strefami tektonicznymi (Fig. 14), co zostało opisane w rozdziale VIII.5.

Autor w rozdziale IX opisuje zmiany w interpretacji budowy geologicznej oraz udokumentowanych zasobach po zagęszczeniu siatki rozpoznawczej. Zmiany te zostały zilustrowane na przekrojach geologicznych. Interesujące jest rozpoznanie ciał rudnych w obrębie dolomitów diploporowych, są to pierwsze zasoby rozpoznane w rejonie Zawiercia w tym poziomie stratygraficznym (Fig. 15). W najzasobniejszym poziomie DK1 przyrost zasobów został oszacowany przez Autora na 31,3 %. Rozmieszczenie zasobów w tym poziomie zostało przedstawione na kilku przekrojach geologicznych (Fig. 16 do 19). Rozpoznanie nowych zasobów w poziomie DK1 zdaniem Autora możliwe jest w obszarach prognostycznych.

Prawidłowości rozmieszczenia okruszcowania w poszczególnych poziomach litostratygraficznych, zmiany w interpretacji budowy geologicznej, a także perspektywy rozpoznania nowych zasobów zostały wyszczególnione pod koniec rozdziału w formie 12 wniosków obejmujących trzy strony tekstu. Autor wskazuje na znaczenie stref tektonicznych w rozmieszczeniu mineralizacji oraz duże możliwości rozpoznania nowych zasobów szacowanych na 17 mln ton co znacząco zwiększyłoby wartość złoża i możliwości jego zagospodarowania.

Trzecia część pracy *Geochemia stref okruszczonych* przedstawiona została na 59 stronach.

W początkowej części rozdziału Autor przedstawił historię badań oraz mineralizację siarczkami Zn-Pb w ujęciu całego regionu śląsko-krakowskiego (rozdział XI). W dalszej kolejności scharakteryzował pionowy zasięg okruszcowania bilansowego opisując kolejno mineralizację w dolomitach diploporowych, dolomitach kruszczośnych (poziomy DK2 i DK1) oraz węglanowych utworach dewonu. Występowanie siarczków Zn-Pb zostało opisane w ujęciu zasobów rud Zn i Pb, miąższości rud bilansowych, średnich zawartości Zn, Pb i Fe oraz średniego utlenienia siarczków. Strefy okruszcowane, a w szczególności sposób występowania siarczków ich cechy teksturalne oraz typ mineralizacji (np.: impregnacyjny, metasomatyczny lub impregnacyjno-metasomatyczny) przedstawione zostały w poszczególnych horyzontach rudnych

rozpoznanych w obszarze złoża Zawiercie-3. Liczne zamieszczone w tekście fotografie (Fig. 23 do 35) fragmentów rdzeni dobrze ilustrują najważniejsze cechy występowania siarczków Zn-Pb-Fe oraz barytu. Mineralizacja siarczkowa Zn-Pb typu MVT w rejonie opisywanego złoża ma pierwotny charakter siarczkowy, dlatego w ogólnym bilansie rud utlenione minerały Zn i Pb nie mają dużego znaczenia. Autor przedstawił syntetyczny opis rud utlenionych rozpoznanych w wyniku prac wiertniczych w poziomie DK1 zaledwie w dwóch otworach dokumentowanego obszaru złoża Zawiercie-3.

Średnie utlenienie zostało przedstawione w formie procentowej, np. dla Zn wynosi 4,22% (przy średniej zawartości Zn 6,07%) a dla ołowiu 0,27% przy średniej 0,35%). Jest to forma zapisu stosowana w dokumentacjach, jednak stanowi pewne uproszczenie i nie pozwala bez przeliczeń zorientować się jaki procent Zn występuje w połączeniach z tlenem. Aby nawiązać do definicji rud utlenionych w której przyjęto, że np. > 35% Zn powinno występować w minerałach utlenionych należałoby posługiwać się parametrem jakim jest stopień utlenienia siarczków Zn lub Pb.

W rozdziale XI.2 pt. *Środowisko i główne typy okruszcowania* szczegółowo zostały opisane skały macierzyste rud jakim są epigenetyczne dolomity kruszczośne. Autor wyróżnił dwa główne ich typy scharakteryzowane opisowo:

- dolomity szare o strukturach drobnokrystalicznych rzadziej grubokrystaliczne z substancją ilastą i węglistą,
- dolomity gruzłowo-faliste, przekrystalizowane jasnoszare i beżowe.

Bazując na danych literaturowych oraz własnych obserwacjach szeroko opisał i wskazał na występowanie w badanym rejonie dwóch głównych typów mineralizacji: 1. Typ metasomatyczno-impregnacyjny i 2. Mineralizacja związana z wypełnianiem wolnych przestrzeni. Scharakteryzował paragenezy mineralne, procesy prowadzące do powstania mineralizacji oraz sukcesję minerałów kruszczowych i płonnych.

Wyniki badań Autora, opisane strefy mineralizacji zostały zilustrowane na fotografiach mikroskopowych wykonanych w świetle odbitym (Fig. 40 do 50) oraz świetle przechodzącym (Fig. 51 do 54). Brak jest informacji gdzie i na jakim sprzęcie zostały wykonane fotografie mikroskopowe.

Główne minerały kruszczowe oraz towarzyszące im pierwotne siarczany i różne odmiany minerałów węglanowych zostały opisane szczegółowo w sposób wyczerpujący.

Na stronie 174 Autor w krótkim stwierdzeniu podaje, że greenockit (CdS) jest rzadko notowany w formie żółtych nalotów. Pozostaje pytanie, czy minerał ten został jednoznacznie zidentyfikowany metodami badań mineralogicznych, czy też jedynie został rozpoznany za pomocą obserwacji makroskopowych (żółte naloty) na wietrzejących kruszczach? Obecność greenockitu nie byłaby dużym zaskoczeniem wobec wysokich zawartości Cd (często > 300 ppm) stwierdzanych w wielu próbkach badanych przez Autora.

Podobne pytanie można postawić w odniesieniu do identyfikacji siarkosoli arsenowych, czy minerały te zdaniem Autora występują w złożu Zawiercie-3? Oczywiście badania minerałów kadmonośnych czy arsenonośnych nie musiały być przedmiotem badań w recenzowanej pracy, są to zagadnienia dodatkowe z zakresu szczegółowych badań mineralogicznych, jednak w świetle wysokich zawartości Cd (>1000 ppm) i As (> 2000ppm) stwierdzonych w niektórych badanych rudach opinia Autora na ten temat może być interesująca.

W rozdziale XIV Autor przedstawił model genetyczny, odniósł się do wieku mineralizacji Zn-Pb. Opierając się na analizie danych literaturowych, własnych obserwacjach wskazał, że nie są rozpoznane źródła metali i siarki oraz substancji węglistej. Uwzględniając wyniki badań innych autorów wskazał na niski stopień dojrzałości materii organicznej, która została dostarczona do horyzontów rudnych dzięki rozwojowi krasu meteorycznego po sedymentacji utworów środkowego triasu. Zdaniem Autora systemy paleokrasu zostały wykorzystane w dolnej kredzie przez migrujące roztwory hydrotermalne.

Interesujące są uwagi Autora natury ogólnej odnoszące się do mniejszego udziału materii organicznej i słabszego niż w rejonie olkuskim rozwoju krasu hydrotermalnego w obszarze złoża Zawiercie-3. W rejonie zawierciańskim znacznie mniej jest także brekcji zawałowych. Zdaniem Autora rozwój mineralizacji miał miejsce w okresie nachylania się monokliny śląsko-krakowskiej, czemu towarzyszyły zmiany reżimu przepływu wód, stąd mały udział okruszczonych brekcji zawałowych a główna część rud reprezentuje typ metasomatyczno-impregnacyjny. W podsumowaniu genezy powstania okruszczowania wyszczególnione zostały procesy, które miały wpływ na formowanie się śląsko-krakowskich złóż Zn-Pb. Informacje te są ciekawe, szczególnie interesujące jest odniesienie się do problemu niskich zawartości miedzi oraz wyjaśnienia przyczyn tego faktu. W nielicznych fragmentach złoża zawartości Cu dochodzą do 917 ppm ((OLZ-185), dlatego zdaniem Autora dalsze badania minerałów szeregu Cu-Fe-Zn-Pb są celowe. Ciekawa jest także informacja dotycząca możliwości koncentracji Cu w dolnym triasie, poniżej horyzontów z rudami Zn-Pb, ich zbadanie będzie utrudnione, ponieważ brak jest materiału do badań z tych interwałów.

Charakterystyka występowania pierwiastków śladowych, głównie typochemicznych; Ag, Cd, Tl, As i krytycznych: Ge, Ga przedstawiona przez Autora opiera się na ponad 900 oznaczeniach, dlatego stanowi ważne i kompletne źródło informacji o geochemii rud Zn-Pb w rejonie zawierciańskim. W badaniach Autora zwracają uwagę stosunkowo niskie zawartości srebra w rudach złoża Zawiercie-3, podwyższone jego zawartości (40-100 ppm) są związane z bogatymi w cynk rudami poziomu DK1. Rzeczywiście metody oznaczeń srebra stosowane w latach siedemdziesiątych, kiedy realizowana była dokumentacja złoża Zawiercie I (Rogoż 1975) były niedoskonałe, stąd znacznie więcej srebra udokumentowane zostało w złożu Zawiercie-3.

Jednak trzeba zwrócić uwagę, że analizy rud bilansowych wykonanych w złożu Zawiercie I w ramach dodatkowych prac realizowanych do 1989 roku pozwoliły na oznaczenie zawartości Ag w kilku otworach na poziomie ok. 120 ppm, a średnie mieściły się w przedziale 30-40 ppm. Porównanie zamieszczone na wykresie powinno zostać wykonane w odniesieniu do wszystkich wyników uzyskanych w obszarze Zawiercie I, w tym tych wykonanych w ramach dodatku do dokumentacji z 1990 roku, wtedy zaznaczone na czerwono punkty na wykresach (Fig. 56 i 57) nie układałyby się wyłącznie na linii 0 ppm.

Zawartości kadmu, jak wskazuje autor, są nieco niższe w rudach ze złoża Zawiercie-3 w porównaniu do złóż olkuskich. Najwyższe koncentracje rozpoznane zostały w rudach poziomu DK1.

Poziom koncentracji talu, podobnie jak pozostałych pierwiastków typochemicznych jest niższy w rudach złoża Zawiercie-3 w porównaniu do rud z rejonu olkuskiego. Pierwiastek ten swoje najwyższe zawartości (średnio < 50 ppm, max. > 500 ppm) osiąga w bogatych w żelazo i cynk rudach poziomu DK1. Uwaga Autora odnosząca się do niskich oznaczeń zawartości Tl w dokumentacji Zawiercie I (Rogoż 1975) wynikających z małej czułości metod analitycznych jest właściwa, w latach siedemdziesiątych, a nawet osiemdziesiątych stosowane metody oznaczeń talu były mocno niedoskonałe i często błędne, dopiero dzięki rozwojowi nowoczesnych metod analitycznych pod koniec lat 90-tych możliwe było szybkie i precyzyjne wykonywanie oznaczeń tego metalu.

Koncentracje arsenu są stosunkowo niskie, jak podaje Autor prawie dwa razy niższe w porównaniu do rud z rejonu olkuskiego. Arsen jest pierwiastkiem toksycznym, jego zawartość nie podnosi wartości rudy, a na etapie przeróbki jest szkodliwy ze względu na tendencję przechodzenia do odpadów poflotacyjnych czy pohutniczych. Ze środowiskowego punktu widzenia niższe zawartości tego metaloidu w Zawierciu-3 są korzystne w perspektywie przeróbki tych rud.

Rozdział XV.3 zawiera informacje dotyczące możliwości przeróbki, a w szczególności flotowalności minerałów kruszczonych występujących w złożu Zawiercie-3. Dane opierają się o laboratoryjne badania wzbogacalności wykonane na 160 kilogramowej próbie, na którą złożyło się 25 reprezentatywnych fragmentów rdzeni wiertniczych z poziomu DK1. Wyniki wskazują na

wysoki stopień flotowalności siarczków Zn i Pb oraz znaczące średnie zawartości Ag i Cd uzyskane w koncentratkach cynkowych.

Przedstawione w rozdziale XV.4 wnioski odnoszą się do koncentracji pierwiastków towarzyszących w złożu Zawiercie-3, mają one duże znaczenie dla oceny jakości rud i możliwości uzyskania znacznych ilości srebra i kadmu, a z drugiej strony niskiej zawartości szkodliwych i „niechcianych” na etapie przeróbki pierwiastków np. As, Tl, a także Fe, którego jest w opisywanym złożu znacznie mniej niż w złożach olkuskich.

### **Podsumowanie**

Przedstawione w pracy doktorskiej informacje jednoznacznie wskazują, że mgr Wojciech Retman bazując na swojej wiedzy i doświadczeniach zawodowych w znacznej części uczestniczył w zaprojektowaniu prac wiertniczych, nadzorował ich wykonanie oraz jest współautorem dokumentacji geologicznej, której wynikiem jest udokumentowanie ponad 32 mln ton dobrej jakości rud Zn-Pb w nowym wydzielonym obszarze złożowym Zawiercie-3. Jest to znaczące osiągnięcie w zakresie zastosowania geologicznych badań podstawowych i stosowanych dla osiągnięcia utylitarnych celów, które są użyteczne dla gospodarki krajowej.

W sposobie definiowania celów badawczych oraz prowadzeniu badań przez Autora bardzo wyraźnie można zauważyć, że istotnym elementem jest doświadczenie zawodowe, praktyczna znajomość budowy złóż Zn-Pb oraz uwaga na utylitarne znaczenie prowadzonych badań.

W pracy doktorskiej Autor przedstawia bardzo interesujące podejście metodyczne do badań tektonicznych, mineralogicznych i geochemicznych. Założenia metodyczne zostały wykorzystane w dokumentacji geologicznej złoża Zawiercie-3, dla lepszej oceny dokonań Autora istotne byłoby ogólne wskazanie, czy jest on autorem wszystkich pomysłów i założeń, czy też niektóre są wynikiem prac zespołowych. Uwaga ta nie jest związana z wątpliwościami recenzenta odnośnie kompetencji i zakresu przeprowadzonych badań przez Autora pracy doktorskiej. Praca zawiera tak dużą ilość danych, wątków naukowych oraz badań stosowanych, że mieści się także w zakresie prac doktorskich, które w myśl ustawy mogą być przedstawiane przez specjalistów z przemysłu. Autor pracy doktorskiej posiada znaczący dorobek publikacyjny oraz doświadczenie w pracy geologa złożowego, zdaniem recenzenta ma odpowiedni potencjał do przedstawienia rozprawy doktorskiej opartej o dorobek naukowy oraz wykonane opracowania dla przemysłu.

Dzięki wykonanej przez Autora analizie profili wiertniczych z obszaru złoża Zawiercie-3 oraz terenów z nim sąsiadujących możliwe było uzyskanie dokładnych informacji na temat miąższości poszczególnych wydzieleni litostratygraficznych, sposobu ich zalegania w obszarze wypiętrzonych utworów dewonu oraz strefie rozłamu Kraków-Lubliniec. Wyniki przedstawione w pracy, dyskusja z szeroko cytowanymi badaniami literaturowymi wnoszą nowe informacje dotyczące prawidłowości rozprzestrzenienia mineralizacji i geochemii rud Zn-Pb w obszarze zawierciańskim. Ważnym elementem przeprowadzonych przez Autora badań jest reinterpretacja sieci tektonicznej oraz analiza związków mineralizacji ze strukturami nieciągłymi występującymi w rejonie aktywnej jeszcze w paleozoiku strefy tektonicznej Kraków-Lubliniec.

Autor w rozdziałach swojej pracy odniósł się do wszystkich aspektów budowy geologicznej które mogły mieć wpływ na formowanie się pierwotnej mineralizacji bilansowej, a także wtórne zmiany chemizmu np. utlenienie siarczków Zn-Pb.

Przedstawione w pracy wyniki badań, sposoby ich wizualizacji (tabele, diagramy, fotografie i mapy) są ze sobą spójne, ich analiza pozwala uzyskać pełny obraz budowy geologicznej, wielkości zasobów oraz perspektyw na udokumentowanie nowych zasobów w rejonie zawierciańskim. Przedstawiona do recenzji praca jest pierwszym opracowaniem, w którym przez pryzmat prac dokumentacyjnych złoża Zawiercie-3 w sposób kompleksowy przedstawiona została problematyka metodyki badań, analizy danych z wierceń, interpretacji budowy geologicznej i znaczenia tych elementów dla obliczenia zasobów rud bilansowych Zn-Pb.

Praca jest bardzo starannie wyedytowana i mimo znacznej objętości nie zawiera błędów stylistycznych i literowych.



W podsumowaniu stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr Wojciecha Retmana pt.: *Budowa geologiczna złoża rud Zn-Pb Zawiercie-3 na podstawie dodatkowego rozpoznania geologicznego*, wykonana pod opieką promotorską Prof. dr hab. inż. Adama Piestrzyńskiego jest oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego, zarówno od strony koncepcyjnej, doświadczalnej, jak i interpretacyjnej, jednocześnie część pracy (związana z dokumentacją i obliczeniem zasobów rud Zn-Pb) ma charakter pracy projektowej. Praca dotyczy zagadnień z obszaru nauk przyrodniczych, w dziedzinie Nauk o Ziemi, dyscyplina – geologia.

Treść rozprawy ma dużą wartość naukową, a także użyteczną i świadczy o zdolnościach i umiejętnościach mgr Wojciecha Retmana do samodzielnego prowadzenia prac naukowych.

Rozprawa doktorska mgr Wojciecha Retmana spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595, z późn. zmianami). W związku z powyższym wnoszę do Rady Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie o dopuszczenie mgr Wojciecha Retmana do dalszych czynności przewodu doktorskiego.

