

Andrzej Markiewicz, Jarosław Suchan***

DEFORMACJE ŚRÓDŁAWICOWE A WARUNKI STROPOWE PÓŁ EKSPLOATACYJNYCH G-6/7 (ODDZIAŁ G-26) I G-7/5 (ODDZIAŁ G-7) KOPALNI „RUDNA” KGHM POLSKA MIEDŹ SA

1. Wprowadzenie

W trakcie prowadzenia eksploatacji górniczej przez kopalnie rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej powszechnie dokumentowane jest występowanie struktur tektonicznych powstałych w wyniku działań naprężeń poziomych [1, 2, 5, 6, 8–11]. Jednakże z powodu wielkości obszaru złoża oraz dostępności tylko niewielkiego interwału profilu w wyrobiskach górniczych struktury te nie są często obserwowane w całości.

Najbardziej powszechnym przejawem tektonicznych przesunięć poziomych jest obecność łupka smolącego. Ta rozsypliwa i czarna skała, o charakterze mikrobrekcji tektonicznej, obok minerałów ilastych zawiera głównie pelit kwarcowy i materiał węglanowy. W składzie łupków obok materiału pierwotnego znajduje się rozdrobniony materiał z sąsiadujących węglanów i piaskowców. Ponadto efektem przesunięć śródlawicowych wzdłuż powierzchni kontaktu pomiędzy tymi utworami o różnej podatności są bardziej lub mniej rozbudowane strefy deformacji. Są one dość dobrze widoczne w węglanach, często niewidoczne w piaskowcach, zwłaszcza piaskowcach o spoiwie ilastym, co wynika z ich większej podatności na deformacje.

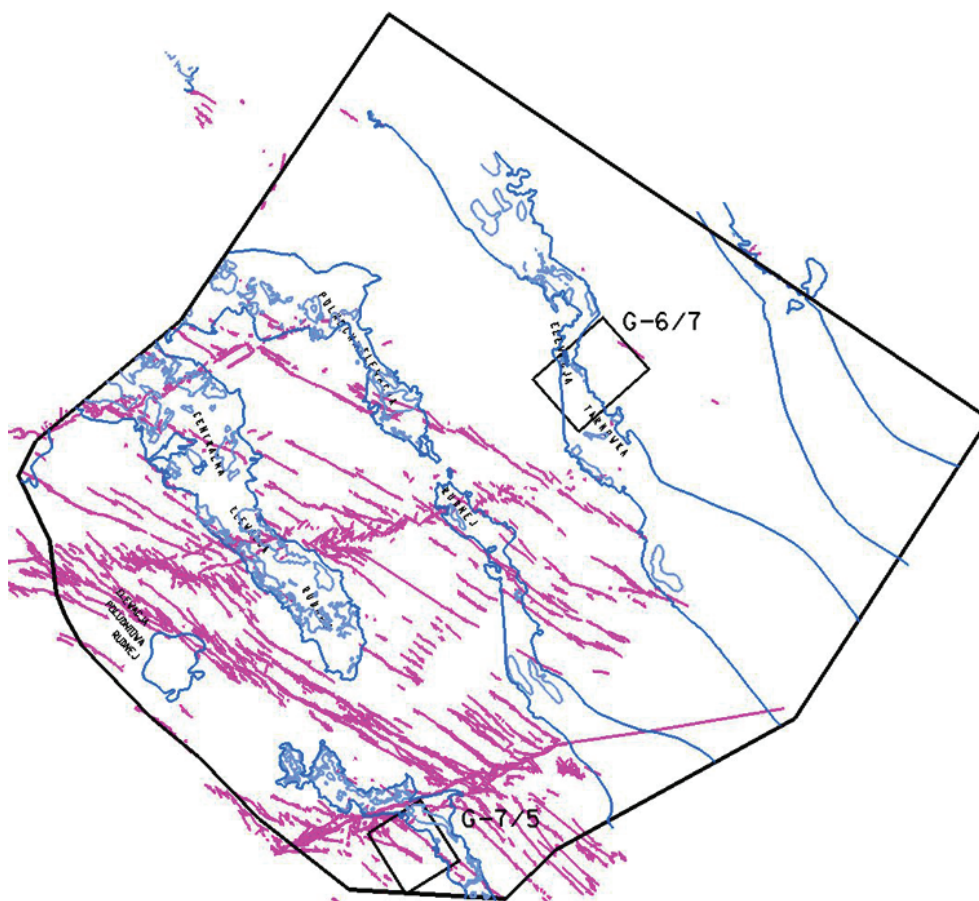
Urozmaicona morfologia spągu cechsztynu przyczyniła się do zróżnicowania przebiegu i charakteru subhoryzontalnego ścinania, co odzwierciedliło się w wykształceniu węglanów i piaskowców w ramach szerokiej, nieregularnej masy skalnej, która podlegała odkształceniu w ramach kompensacji zmiennych naprężeń (kompresyjnych, ekstensyjnych) przysus-

* KGHM CUPRUM Sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe, Wrocław

** KGHM Polska Miedź SA Oddział Zakłady Górnicze „Rudna”, Polkowice

kokowych. Jest to przyczyną lateralnego zróżnicowania charakteru, układu i gęstości spękań, foliacji, stylolityzacji w tych samych wydzieleniach lito-facjalnych oraz zmian petrograficznych z powstaniem m.in. dolomitów smugowanych [3, 4].

Autorzy mają nadzieję tym artykułem zwrócić uwagę na udział przemieszczeń śródławicowych we wtórnej przebudowie strukturalnej i petrograficznej poziomu złożowego i warstw stropowych, co powinno być uwzględniane w analizie warunków geotechnicznych eksploatacji górniczej kopalni KGHM PM SA. W artykule przedstawiono wpływ subhoryzontalnych stref ścięciowych na zróżnicowanie warunków stropowych rejonu położonego na NE skłonie elewacji stropu piaskowca białego spągowca — na przykładzie pola G-6/7 oddziału G-26, a także rejonu położonego na SW skłonie elewacji — na przykładzie pola G-7/5 oddziału G-7 kopalni „Rudna” (rys. 1).



Rys. 1. Przebieg zuskokowania i elewacji stropu piaskowca białego spągowca obszaru kopalni „Rudna” z lokalizacją pól eksploatacyjnych G-6/7 oddziału G-26 i G-7/5 oddziału G-7

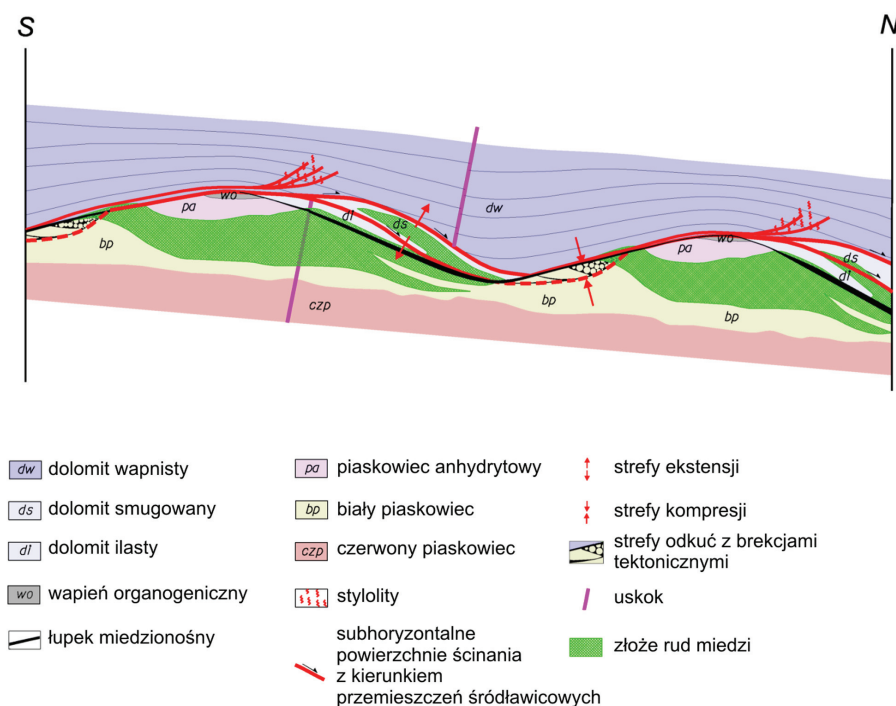
2. Deformacje śródlawicowe w pozostałych obszarach złożowych KGHM PM SA

Obserwacje tektoniczne prowadzone od początku wykonywania robót górniczych w spągowej partii utworów cechsztyńskich obszaru złożowego pomiędzy Lubinem a Sieroszowicami wskazywały, że większość występujących deformacji stanowi efekt mezotektonicznych przemieszczeń śródwarstwowych. Najpowszechniej spotykanymi odkształceniami są pofałdowania i zmięcia w obrębie warstwy miedzionośnych łupków ilasto-dolomitycznych o dwójakiej orientacji osi NW–SE (kierunek główny) i W–E (podrzędny) [10, 11]. Z powstaniem tych ciągłych struktur związane są genetycznie rysy ślizgowe (NE–SW, N–S) powszechnie stwierdzane na powierzchniach zlustrowań w łupkach ilasto-dolomitycznych oraz na powierzchniach uławicenia w obrębie wyżej nadległych dolomitów. Występowanie dwóch kierunków rys ślizgowych wraz z odpowiednimi geometrycznie i genetycznie osiami fałdków w obrębie łupka miedzionośnego wskazuje, że mamy tu do czynienia z dwoma fazami przemieszczeń tektonicznych związanych z odmiennie zorientowanymi naciskami poziomymi. Naciski te prowadziły nie tylko do wytworzenia deformacji ciągłych, ale także przyczyniły się do przebudowy istniejących uskoków, z ich ścinaniem, jak również do powtórzeń warstw [12]. Zasięg poziomy przesunięć udokumentowany na obszarze złożowym Lubin i Polkowice w przypadku pojedynczych powierzchni najczęściej nie przekracza 1 m, natomiast łączny efekt powstały z sumowania przemieszczeń wzdłuż rozlicznych powierzchni nieciągłości tektonicznej na większym obszarze może osiągać dziesiątki metrów. Zasięg tych powierzchni w pionie ograniczany jest przez płaszczyzny uławicenia, wzdłuż których również odbywał się transport tektoniczny. W rezultacie mamy do czynienia z wielopiętrowym i wielokierunkowym przesuwaniem się bloków skalnych [12]. Również Dumicz i Don [1] w oparciu o badania na obszarze kopalni „Polkowice” udokumentowali przemieszczenia o dużej składowej poziomej, które przebiegały zarówno wzdłuż powierzchni stromo zapadających, jak i subhoryzontalnych, zgodnych z warstwowaniem. W pierwszym przypadku powstawały drobne uskoki listwowe, w drugim natomiast doszło do odkłuc tektonicznych, głównie wzdłuż poziomu łupków smolistych. Wg Markiewicza [2] główne odkłucie i subhoryzontalne przemieszczenie półki utworów węglanowych serii Ca1 należy wiązać z ruchami fazy laramijskiej, wynoszącej blok przedsudecki. Związana z tym subhoryzontalna kompresja na skrzydle fleksury przyczyniła się do powstania m.in. inwersyjnego uskoku głównego Lubina z nasunięciem ku NE. O skali tych ruchów świadczy fakt, że w skrzydle zrzuconym udokumentowano subhoryzontalne przemieszczenia utworów serii Ca1 na NNE rzędu ok. 50 m w obręb anhydrytów leżących w kimeryjskim rowie [8].

Efekty przemieszczeń subhoryzontalnych udokumentowano również w obszarze górniczym „Sieroszowice I”, gdzie m.in. stwierdzono na przestrzeni kilkudziesięciu metrów bezpośrednie zaleganie anhydrytu A1 na białym piaskowcu czerwonego spągowca w rejonie chod. A-12, A-10, A-11 [9]. Przy tym orientacja rys ślizgowych na kontakcie tektonicznym wskazywała na ruch o kierunku NE–SW. Kontakt ten wykazuje cechy przesunięcia tektonicznego w postaci powierzchni z przemieszczeniem. Ponadto na upadowej A-10 stwier-

dzono bezpośredni kontakt anhydrytu z piaskowcem, przy czym anhydryt o wymiarach 60×30 m wciśnięty jest tektonicznie w obręb dolomitów (o miąższości około 17 m). Kontakt z otaczającymi dolomitami jest ostry wzdłuż uskoku ($60/85^\circ$ i $285/80^\circ$), a w spągu wzdłuż płaszczyzny poślizgu z przemieszczeniem w kierunku NE–SW.

Według Markiewicza [3] do uruchomienia subhoryzontalnych stref ścinania podatnego i podatno-kruchego w spągowej partii utworów cechsztyńskich południowej części monokliny przedsudeckiej doszło w okresie ruchów tektonicznych fazy laramijskiej. Sinusoidalne przebiegi tych stref ścinania uwarunkowane generalnie zróżnicowaną morfologią spągu cechsztynu odzwierciedlają przeniesienie deformacji w głąb węglanów i piaskowców. Zachodziło to w obrębie szerokiej, nieregularnej masy skalnej, która podlegała odkształceniu w ramach kompensacji zmiennych pól naprężeń (kompresyjnych i ekstensyjnych) w strefach przyskokowych. Towarzyszyły temu procesowi zmiany petrograficzne i strukturalne skał na pograniczu czerwonego spągowca i cechsztynu (rys. 2). Deformacje te z istotnym udziałem ww. wód (jako smar tektoniczny) mogły doprowadzić do obecnie obserwowanego głównego, wtórnego zróżnicowania okruszczenia tego poziomu z występowaniem m.in. złoża zniszczonego, zawieszonego, o dużej miąższości w piaskowcach, czy zachowania złoża pierwotnego [3, 4].

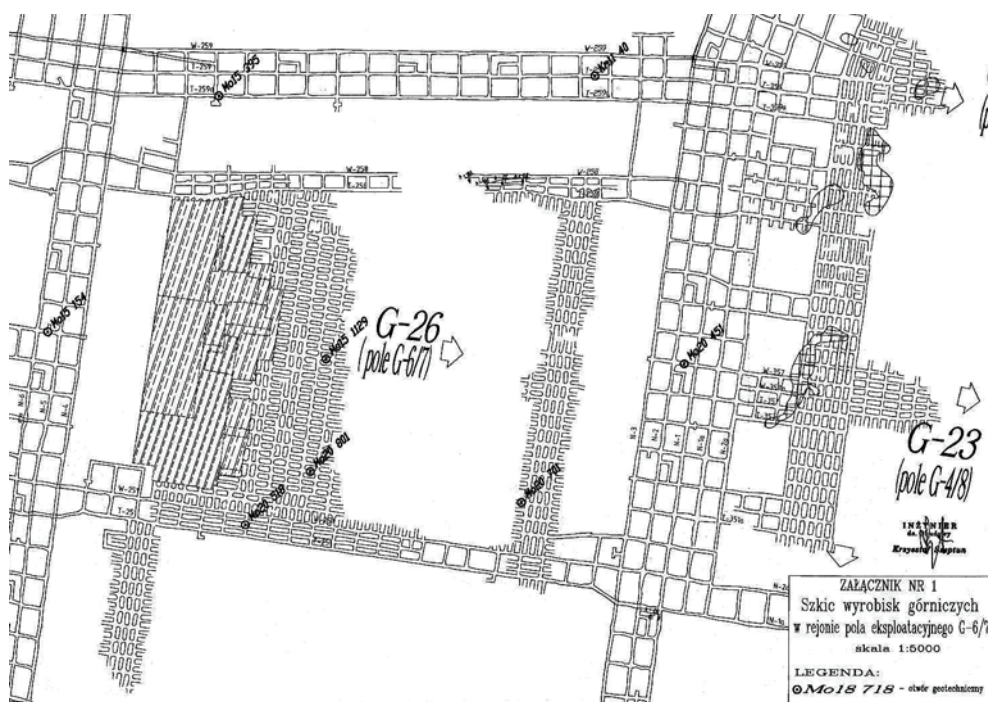


Rys. 2. Schematyczny model układu zdeformowania utworów pogranicza cechsztynu i czerwonego spągowca na tle strefy złożowej Lubin – Sieroszowice [3, 4]

3. Warunki złożowe i getechniczne pola G-6/7 oddziału G-26 i pola G-7/5 oddziału G-7 w kopalni „Rudna”

Rejon pola G-6/7 oddziału G-26

Eksploracja złoża rud miedzi w polu G-6/7 oddziału G-26 prowadzona jest pomiędzy wiązkami chodników T,W-251 i T,W-258 od zrobów własnych w kierunku SE (rys. 3).



Rys. 3. Układu wyrobisk pola G-6/7 oddziału G-26 w kopalni „Rudna”

W opisywanym rejonie złożo wykształcone jest w formie pseudopokładu, który tworzą szare piaskowce czerwonego spągowca, dolnocechsztyńskie łupki miedzionośne i dolomity serii Ca1. W części zachodniej pola, wzdłuż chodników T,W-251, przebiega elewacja stropu piaskowca — tzw. Elewacja Tarnówka, w postaci nieregularnego łuku o zróżnicowanej szerokości (rys. 1). W obrębie elewacji charakteryzującej się m.in. zanikiem występowania łupka, często w stropie utworów czerwonego spągowca, występują strefy piaskowca o spoiwie anhydrytowym, ilasto-anhydrytowym oraz ilasto-gipsowym pozbawione okruszczowania; złożo zlokalizowane jest wówczas poniżej tej strefy.

Miaższość złoża bilansowego w obrębie frontu pola waha się od 5,0 do 6,0 m w rejonie chodników T i W-258, stopniowo rośnie w kierunku SW i w rejonie chodników T,W-251 osiąga 9,0÷13,0 m.

Najniższym ogniwem serii złożowej pola G-6/7 są jasnoszare piaskowce kwarcowe, drobnoziarniste o spoiwie ilastym i ilasto-węglanowym. Bilansowo okruszczowana jest stropowa część jasnoszarych piaskowców, której miąższość wynosi od 4,0 m do 12,8 m.

Na warstwach piaskowca zalegają łupki ilaste i ilasto-dolomityczne o miąższości 0,1÷0,5 m. Łupki zanika w rejonie chodników T,W-251 i K-38-K-40, gdzie przebiega strefa ww. elewacji stropu piaskowca i związane z nią strefy piaskowca o spoiwie anhydrytowym (rys. 1, 3).

Lokalnie, na łupku zalega dolomit ilasty o niewielkiej miąższości, rzędu 0,1÷0,2 m (maks. 0,4 m — otw. Mo20 701). Przeważnie jednak na łupku zalega dolomit smugowany, którego miąższość w centralnej części pola (NE skłon elewacji) mieści się w przedziale 0,2÷0,8 m, a wzrasta w części E pola do ok. 3,5 m — otw. Km11 40). Okruszczowanie bilansowe siarczkami miedzi w tym dolomicie występuje głównie w bloku B pola G-6/7, natomiast w rejonie bloku A okruszczowanie w tych dolomitach występuje sporadycznie, generalnie przy granicy z blokiem B.

W obrębie pola G-6/7 oddziału G-26 stwierdza się znaczne zróżnicowanie parametrów wytrzymałościowych skał budujących górotwór w pionie, jak również obserwuje się lateralną ich zmienność w obrębie tych samych wydzielen litologiczno-petrograficznych.

W stropie wyrobisk stwierdza się zróżnicowane miąższości serii węglanowej Ca1 w zakresie od 30 m do 70 m. Przy tym w badanym geotechnicznie interwale warstw stropowych przeważającą, górną ich część stanowią dolomity wapniste. Są to dolomity barwy szarej do szarobeżowej, skrytokrystaliczne, masywne, zwarte (średnio zwarte, kruche ($R_c = 67,3$ MPa, II klasa) — lokalnie 15÷25 m nad stropem w otw. Mo15 395 (rys. 3)), wykazujące podzielność na płyty o miąższości od 0,05 do 0,40 m. W ich obrębie stwierdza się liczne oczka i gniazda anhydrytu o średnicy do 5 cm, strefowo mniej lub bardziej rozwinięte stylolity oraz lokalnie spękania wtórnie zabliźnione kalcytem i gipsem. Dolomity wapniste tak wykształcone petrograficznie i strukturalnie o generalnie dużych wytrzymałościach na ściskanie rzędu ok. 180 MPa budują cały pakiet stropu bezpośredniego w strefie elewacji otw. (np. otw. Mo20 801). Natomiast w strefie jej NE skłonu w obrębie tego wydzielenia stwierdza się zróżnicowanie parametru R_c w pionie, ze wzrostem od ok. 130 MPa w górnej części profilu do ok. 170÷190 MPa w spagowej jego partii na kontakcie z niżej ległym dolomit smugowanym (np. otw. Mo20 451) (rys. 3).

Niżej ległe dolomity smugowane są barwy szarej lub ciemnoszarej, skrytokrystaliczne, zwarte, masywne o niewyraźnej podzielności płytowej, z lokalnie występującymi drobnymi wtrąceniami gniazdowymi anhydrytu. Skały te o zróżnicowanej miąższości od braku ich w SW i W części pola — w strefie elewacji Tarnówka, poprzez wzrost do ok. 0,8 m na jej NE skłonie (np. otwory Mo15 395 i Mo20 451) do ok. 3,5 m w części E pola (np. otw. Km11 40) charakteryzują się rejonizacją wytrzymałości na ściskanie od ok. 95 MPa (w SE części pola — otw. Mo20 451) do ok. 135 MPa (w N i E części pola — otwory Mo15 395 i Km11 40) — III klasa (rys. 3).

Dolomity ilaste występujące sporadycznie w profilu wyrobisk są skałami o barwie ciemnoszarej, masywnymi i warstwowanymi, o wytrzymałości na ściskanie ok. 85 MPa (otw. Mo20 701) — II klasa.

Łupek dolomityczno-ilasty o barwie czarnej, kruchy, cienko warstwowany, który stwierdza się w wyrobiskach na NE skłonie elewacji (np. otw. Mo20 451 (rys. 3)) charakteryzuje się wytrzymałością na rozciąganie rzędu ok. 75 MPa (II klasa). Natomiast niżej legły łupek ilasty o barwie czarnej, średnio zwięzły, lokalnie kruchy ma jeszcze mniejszą wytrzymałość $R_c = 52,6 \div 58,6$ MPa (otwory Mo15 395, Km11 40).

Piaskowce występujące w obrębie furty są piaskowcami kwarcowymi, drobnoziarnistymi o barwie jasnoszarej, od zwięzłych o przewadze spoiwa węglanowego (SE pole — otw. Mo20 451), poprzez średnio zwięzłe o spoiwie ilasto-węglanowym (NW część pola — otw. Mo15 395) po kruche o spoiwie ilastym (NE część pola — otw. Km11 40). Odpowiednio związany jest z tym spadek wytrzymałości na ściskanie tych skał od 77,5 MPa poprzez 40,8 MPa do 29,3 MPa (od II do I klasy).

Spąg wyrobisk stanowią piaskowce czerwonego spagowca o barwie jasnoszarej, kwarcowe, drobnoziarniste. Są to piaskowce o zróżnicowanym spoiwie od ilastego (generalnie w N i NE części pola), ilasto-węglanowego (w centralnej i SE części pola) po lokalnie spoiwo anhydrytowe (a nawet gipsowe) w obrębie elewacji (rys. 1). Pośrednio związane z tym jest zróżnicowanie zwięzłości tych skał od odmian kruchych poprzez słabo zwięzłe po zwięzłe, a także szeroki zakres wytrzymałości R_c odpowiednio od 24 do 117 MPa (I–III klasa).

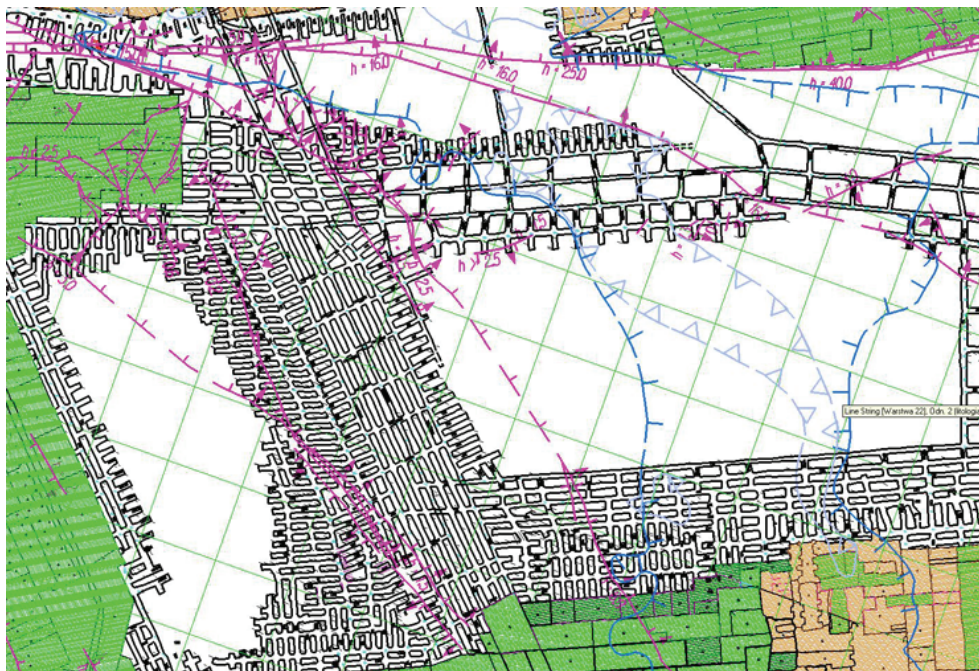
Poniżej szarych piaskowców, których miąższość waha się od 12,7 do 22,6 m, występują piaskowce kwarcowe czerwonego spagowca o barwie czerwonej. Całkowita miąższość tych piaskowców wynosi około 300 m.

Rejon pola G-7/5 oddziału G-7

Miąszość pseudopokładu w polu G-7/5, w obrębie którego wykształcone jest złożo rud miedzi, waha się od 3,5 m w części SW rejonu (K-2/P-19a do P-56), poprzez 7,0 m (E-10, E-11) do 13,0 m w części N rejonu, pomiędzy pochylnią E-5 a strefą uskoku Biedrzychowa (rys. 4). Lokalnie w rejonie P-48 i P-52/K-19 miąższość złoża maleje do 1,0 m.

Na NE od chodników T,W-416 złożo występuje w obrębie strefy bezłupkowej związanej z Centralną Elewacją Rudnej Główniej (rys. 1, 4), w obrębie której stwierdzono lokalne występowanie nieregularnych płatów piaskowca o spoiwie anhydrytowym o miąższości od 1,6 m do 8,0 m (w rejonie poch. E-5, E-6) oraz od 0,2 m do 2,3 m (E-1 i E-3). W pozostałej części oddziału na SW od chodnika T,W-416 spagowe warstwy cechsztynu charakteryzują się pełnym wykształceniem litologicznym.

Najniższe ogniwo serii złożowej tworzą jasnoszare piaskowce kwarcowe czerwonego spagowca. Są to piaskowce kwarcowe, drobnoziarniste, barwy szarej o spoiwie ilastym i ilasto-węglanowym. Miąższość piaskowców złożowych waha się od 2,0 do 12,0 m. Na piaskowcu zalegają czarne, kruche łupki ilasto-dolomityczne o miąższości od 0,2 do 0,6 m, zaś w strefie bezłupkowej dolomit jasnoszary o miąższości 0,2 m. Na łupkach lokalnie zalega dolomit ilasty, barwy czarnej o przełamie muszlowym i średniej miąższości 0,3 m. Powyżej występuje dolomit smugowany o ciemnoszarym zabarwieniu, skrytokrystaliczny, o niewyraźnej, nieciągłej podzielności poziomej. Miąższość okruszczonego dolomitu smugowanego wynosi do 1,4 m, zaś jego całkowita miąższość do 2,0 m.



Rys. 4. Układ wyrobisk pola G-7/5 oddziału G-7 w kopalni „Rudna”

Najwyższe ogniwo serii złożowej stanowi szary lub szarobeżowy dolomit wapnisty, skrytokrystaliczny, zwięzły, wykazujący poziomą podzielność na płyty o miąższości od 0,1 do 0,8 m. Miąższość okruszczowanego dolomitu wapnistego waha się od 0,0 do 1,5 m.

Strop wyrobisk stanowią dolomity smugowane lub wapniste, skrytokrystaliczne, barwy od szarej do szaro-beżowej, o wyraźnej podzielności poziomej na płyty o miąższości od 0,1 do 0,8 m. Całkowita miąższość skał węglanowych waha się od 60 do 70 m.

W spągu wyrobisk znajdują się słabo zwięzłe, jasnoszare piaskowce kwarcowe o spoiwie ilastym. Miąższość tych białych piaskowców w opisywanym rejonie waha się od 10,0 do 20,7 m. Utwory te zalegają na grubym — ok. 300-metrowym kompleksie czerwonych piaskowców czerwonego spagowca.

Piaskowce podścielające bezpośrednio strefę złożową charakteryzują się parametrem $R_c = 21$ MPa. Piaskowce spągowej części interwału złożowego posiadają wytrzymałość na ściskanie $R_c = 18$ MPa, natomiast piaskowce przystropowe oraz piaskowce w strefie zbliżonej do elewacji białego piaskowca i strefy bezłupkowej R_c — w granicach od 56 do 75 MPa. Natomiast piaskowce o spoiwie anhydrytowym charakteryzują się bardzo dużą wytrzymałością na ściskanie rzędu 120 MPa. Dolomity smugowane posiadają wytrzymałość na ściskanie rzędu 138 MPa (od 110 do 165 MPa), natomiast dolomity wapniste barwy ciemnej przeciętnie $R_c = 136$ MPa (od 100 do 166 MPa). Zalegające ponad nimi dolomity barwy beżowej charakteryzują się śr. $R_c = 122$ MPa (od 85 do 150 MPa).

4. Wykształcenie strukturalne skał pogranicza dolnego i górnego permu w obszarze kopalni „Rudna”

Najbardziej eksponowane struktury tektoniczne w obszarze złożowym kopalni „Rudna”, opisywane jako strefa dyslokacyjna Rudnej Głównej i strefa dyslokacyjna Biedrzychowa (rys. 1), mają charakter dyslokacji przesuwczych [3, 4, 5]. Świadczy o tym m.in. kulisowy przebieg zuskokowania w ich obrębie oraz współtowarzyszące deformacje nieciągłe (m.in. spękanie) i fałdowe (np. brachysynkliny, fałdy naduskokowe, w tym fleksury, fałdy ciągnione).

W trakcie dotychczasowych robót udostępniających i eksploatacyjnych w kopalni „Rudna” potwierdza się istotny udział subhoryzontalnych przemieszczeń śródlawicowych w deformacji utworów na pograniczu dolnego i górnego permu [5]. Złożona i wieloetapowa przebudowa układu blokowo-uskokowego, a także zróżnicowana paleomorfologia powierzchni stropowej czerwonego spągowca tego obszaru złożowego przyczyniła się do powstania bogatego inwentarza deformacji warunkowanych „poziomymi” naprężeniami tektonicznymi [6]. Dowodem występowania przemieszczeń śródlawicowych jest m.in. brak kontynuacji uskoków w skałach węglanowych. Świadczą o tym także porwaki tektoniczne stwierdzone między innymi w strefie uskoku Rudnej Głównej, któremu towarzyszy pas horstów na jego przedpolu. Horsty te mają charakter odkłuć pakietów dolomitu, którym towarzyszą przemazy łupka w piaskowcu oraz przesunięcia powierzchni uskokowych uskoków towarzyszących; przy czym ślad uskoku na powierzchni spągu cechsztynu nie pokrywa się ze śladem uskoku w skałach węglanowych Ca1. W innych strefach kulisowych uskoków, równoległych do wyżej opisanej, spotkano się z podobnymi strukturami warunkowanymi przemieszczeniami śródlawicowymi. Większa z tych struktur biegnie od pola X/1 poprzez front pola G-12/7, pole G-21/3, i zaznacza się w rejonie upadowej U-8 i chodników TiW 349, w pobliżu E granicy obszaru górniczego „Rudna I”. Strefa ta ma charakter zrębu tektonicznego stropu piaskowca lub nasunięcia [6].

Obserwacje dołowe dokumentują wpływ subhoryzontalnych deformacji ścięciowych na zróżnicowanie wykształcenia petrograficznego i strukturalnego skał złożowych i stropowych na N i S skłonie elewacji stropu białego spągowca [3]. Odmienne problemy z utrzymaniem stropów wyrobisk górniczych występujące w tych samych rejonach w relacji do przebiegu elewacji skłoniły do podejrzewania związku warunków geotechnicznych z przemieszczeniami śródlawicowymi. Po raz pierwszy zilustrowano to w oparciu o obserwacje z pola G-12/8, XVII/1 i G-3/4 (depresje) oraz pola XVII/1 eksploatowanego przez oddział G-22 (w obrębie Północnej Elewacji Rudnej) [7].

Pole G-6/7 oddziału G-26

Obserwacje strukturalne w polu G-6/7 oddziału G-26 wykonano w części E, w rejonie chodnika T-258 pomiędzy przecinkami Prz10 – 14 (pasów P-14 – P-19 i komór K-1b i K-1c (rys. 3). Rejon ten położony jest ok. 900 m na NE od szczytu elewacji Tarnówka (rys. 1). W opisywanym obszarze złoże posiada rozciągłość NW–SE i zapada pod kątem $3\div 4^\circ$ w kie-

runku NE. Wzdłuż chodników W-258 i T-258a/Prz5-Prz12 stwierdzono uskoki o przebiegu NW–SE i zrzutach $h = 0,2 \div 1,0$ m na SW (rys. 3). Towarzyszy im strefa spękań pionowych i nachylonych, a przedłużenie tej strefy obserwowane jest w rejonie przodków K1c-K4/P11a-P20a. W stropie wyrobisk opisywanej części pola G-6/7 występują liczne, głównie pionowe spękania, wypełnione anhydrytem, gipsem lub kalcytem, wśród których dominują dwa główne kierunki: NW–SE (maks. 305°) i NE–SW (maks. 35°).

W obrębie wyrobisk badanego rejonu pola G-6/7 występuje ok. 1,5 m szarego piaskowca okruszcowanego, do 0,4 m łupka, do 0,2 m dolomitu ilastego i dolomit smugowany z reguły w stropie o miąższości ok. 3,5 m.

W dolomicie smugowanym powszechnie stwierdzano asymetryczne, zafalowane powierzchnie ślizgów tektonicznych dające podzielność pseudolawicową podkreśloną czarną substancją ilastą — powierzchnie kliważu foliacyjnego powtarzające się co 30–50 cm (rys. 5).



Rys. 5. Powierzchnie kliważu foliacyjnego i system stromych spękań tensyjnych o biegu NW–SE w stropowym dolomicie smugowanym oraz porwaki piaskowca w obrębie łupków miedzionośnych w rejonie skrzyżowania pasa P-19 z komorą K-1c pola eksploatacyjnego G-6/7 oddziału G-26 kopalni „Rudna”

Dodatkowo w obrębie stropów obserwowano wyraźne szczeliny strome i pionowe (NW–SE), wypełnione gipsem, kalcytem o miąższości do 5 cm (rys. 5), genetycznie powiązanych z wcześniej opisanymi, drobnymi uskokami kulisowymi o tym samym biegu. Natomiast dominujący pionowy, słaby cios w obrębie dolomitów smugowanych NW–SE stanowią krótkie spękania, które nie kontynuują się w obrębie całego pakietu tych skał, a jedynie występują w obrębie jednej „ławicy” — kończąc się na powierzchniach kliważu foliacyjnego. Te drobne spękania z reguły wypełnione są kalcytem, tworzącym żyłki o grubości do 2 mm. Tak wykształcony strukturalnie pakiet dolomitów smugowanych o znacznej miąższości-

ci rzędu ok. 3,5 m przyczynia się do obserwowanej niestabilności kotwionych stropów wyrobisk (rys. 6). Obwałom dodatkowo sprzyja nakładanie się oddziaływania ww. zuskokowania kulisowego i spękania warunkowanego reaktywacją w warunkach transtensyjnych.



Rys. 6. Obwał stropowego dolomitu smugowanego w rejonie krzyżówki pasa P-14 z komorą K-1b pola eksploatacyjnego G-6/7 oddziału G-26 kopalni „Rudna”

W obrębie łupków miedzionośnych o miąższości ok. 0,5 m oprócz kierunkowych struktur ślizgowych NE–SW udokumentowano porwaki piaskowca szarego o kształcie wydłużonych, zdeformowanych fragmentów ławic, które po odkłuciu były przemieszczane śródlawicowo i niszczone w trakcie transportu (rys. 5). Inne objawy przemieszczeń wzdłuż łupka stwierdzono w sąsiadujących strefach, gdzie dokumentowano tektoniczne wycienienie łupka (miąższość od 1 do 3 cm, maks. 10 cm), który wykształcony był jedynie w postaci łupka smolistego mającego charakter smaru tektonicznego. Dodatkowo w tych miejscach stwierdzano brak dolomitu ilastego i bezpośredni kontakt dolomitu smugowanego z szarym piaskowcem, wzdłuż niezgodnych, sigmoidalnych powierzchni. Ta niezgodność tektoniczna oraz nieregularnie powtarzająca się podzielność pseudopłytkowa związana z pofalowanymi powierzchniami kliważu foliacyjnego w obrębie dolomitów smugowanych w powiązaniu z pionowym, krótkim ciosem w ich obrębie przyczynia się do trudności w utrzymaniu stropów z ich łuszczeniem.

Ponadto na sąsiednim pasie P-15 stwierdzono przykłady deformacji związanych z subhoryzontalnym ścinaniem w postaci odkłuc w obrębie szarych piaskowców wypełnionych łupkiem (rys. 7). Tym strefom deformacji warunkowanym naprężeniami kompresyjnymi towarzyszy białe odbarwienie piaskowców z brakiem okruszcowania. Ponadto lokalnie stwierdzano wyraźne szeregi ścięciowe w obrębie stropowej części piaskowców w postaci regularnych, skośnych spękań otwartych ku stropowi piaskowca, a kończących się na głę-

bokości ok. 1,5 m w obrębie piaskowców, które zaświadcza o przemieszczeniach subhoryzontalnych góra/skały stropowe ku NE. W tym kontekście zwracają uwagę objawy znacznego wyciskania piaskowca do wyrobisk w badanym rejonie pola G-6/7.



Rys. 7. Subhoryzontalne odklucie w obrębie piaskowców podkreślone łupkiem w rejonie skrzyżowania komory K-1b z pasem P-15 w polu eksploatacyjnym G-6/7 oddziału G-26 kopalni „Rudna”

Pole G-7/5 oddziału G-7

Pole G-7/5 oddziału G-7 ograniczone jest od NW strefą dyslokacyjną Biedrzychowa, którą tworzy system uskoków o przebiegu „równoleżnikowym” i zrzutach od 15 m do 40 m na NW. W pozostałej części pola G-7/5 występują uskoki o przebiegu NW–SE (rys. 1, 4).

Obszar pola G-7/5 jest silnie zaangażowany tektonicznie, co przejawia się występowaniem szeregu deformacji związanych z naprężeniami kompresyjnymi i ekstensywnymi. Strukturalnie opisywany obszar jest rodzajem synkliny, gdzie warstwy dolomitu od SE zalegają zgodnie z upadem złoża, by następnie na NW zalegać na wyniesionym obszarze Centralnej Elewacji Rudnej (rys. 1). Dodatkowo pole G-7/5 przecinają uskoki odchodzące promieniście od strefy dyslokacyjnej Biedrzychowa. W wyniku oparcia struktury o wyniesioną elewację oraz ruchów i naprężeń subhoryzontalnych doszło do zeszcelinowacenia i naruszenia pierwotnej ciągłości warstw z powodu lokalnej subsydencji piaskowca zalegającego poniżej dolomitu.

Obserwacje strukturalne w polu G-7/5 wykazują nagromadzenie wtórnie wypełnionych szczelin tektonicznych układających się w system NW–SE i SW–NE spękań pionowych lub nachylonych około 75° w kierunku SW i SE, gromadzących się w osiowych partiach lokalnych struktur fałdowych w obrębie dolomitów, oraz system spękań i zniszczeniowych struktur nachylonych od 15 do 45° związanych z ruchem subhoryzontalnym w reżimie ekstensyjnym (rys. 8, 9). Na uwagę zasługuje nie tylko intensywność występowania tych

struktur, ale i rozmiary obserwowanych szczelin, rzędu kilku, a nierzadko kilkunastu centymetrów. Zaburzenia te dotyczą warstw dolomitu i łupka bezpośrednio zalegającego na piaskowcu oraz warstw, w których prowadzone są stropy większości wyrobisk w strefie okołozłożowej.

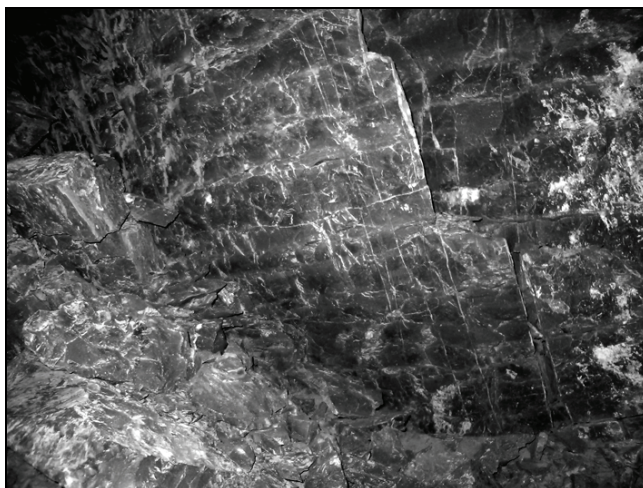


Rys. 8. Wypełniona szczelina (efekt subhoryzontalnego ścinania w warunkach ekstensyjnych) wraz z towarzyszącymi pionowymi i stromo nachylonymi spękaniami — pole G-7/5 oddziału G-7 kopalni „Rudna”

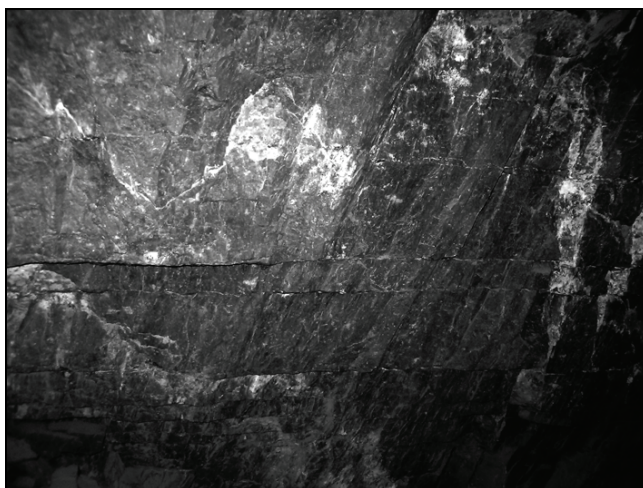


Rys. 9. Ślady subhoryzontalnych przesunięć pakietów ławic dolomitów — pole G-7/5 oddziału G-7 kopalni „Rudna”

Obserwacje warstw dolomitu odsłoniętych w wyrobiskach w wyniku przebudowy stropu oraz w wyrobiskach kamiennych pozwalają stwierdzić występowanie silnego zeszczerzeliwania tych skał w kompresyjnym polu naprężeń (rys. 10, 11).



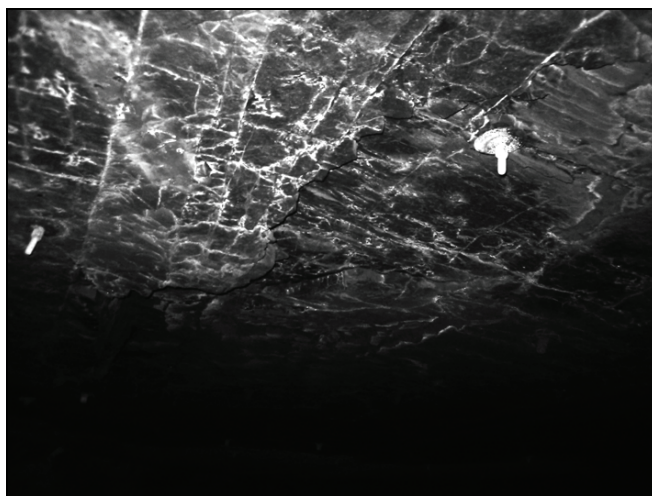
Rys. 10. Zeszczerzeliwanie pakietu węglanowych skał stropowych — pole G-7/5 oddziału G-7 kopalni „Rudna”



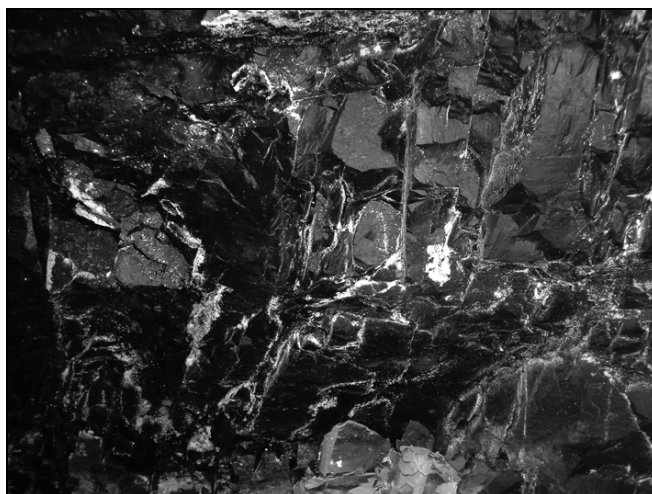
Rys. 11. System drobnych szczelin i rozwarstwień tektonicznych — pole G-7/5 oddziału G-7 kopalni „Rudna”

Aktualna eksploatacja i upodatnienie stropowej części piaskowca prowadzi do odnowienia ich sybsydencji oraz odnowienia naprężeń i powstawania współcześnie odpowia-

jącym im struktur zniszczeniowych (m.in. szczelin) w wyniku oddziaływań grawitacyjnych (rys. 12, 13). Towarzyszy temu częste odpajanie się warstw dolomitu wzdłuż już wcześniej naruszonych powierzchni tektonicznych oraz niszczenie struktury warstw o charakterze podobnym do budinażu (rys. 14). Z dużą dozą prawdopodobieństwa można przypuszczać, że proces ten będzie postępował proporcjonalnie do czasu utrzymywania wyrobisk górniczych i intensywności konwergencji wyrobisk w tym rejonie.



Rys. 12. System szczelin eksploatacyjnych wypełnionych współcześnie solą — pole G-7/5 oddziału G-7 kopalni „Rudna”



Rys. 13. Szczeliny eksploatacyjne wypełnione solą — pole G-7/5 oddziału G-7 kopalni „Rudna”



Rys. 14. Współczesne zniszczenie warstw dolomitu — pole G-7/5 oddziału G-7 kopalni „Rudna”

5. Podsumowanie — deformacje śródlawicowe a zróżnicowanie warunków stropowych

W obszarze górniczym ZG „Rudna” stwierdzono powszechny udział subhoryzontalnych przemieszczeń w spągowej partii utworów cechsztyńskich. Świadczą o tym m.in. powierzchnie poślizgu z lustrami i rysami tektonicznymi, fałdki ciągnione w łupku miedzionośnym oraz spękania ścięciowe Riedla (R , R'), kulisowe szeregi ścięciowe, w tym również szeregi ekstensyjne w wapieniu cechsztyńskim [3, 5]. Zaobserwowano zróżnicowanie w przebiegu subhoryzontalnych stref ścinania w relacji do ukształtowania morfologii spągu cechsztynu (rys. 2). W generalnych zarysach sukcesja wykształcenia i przebiegu tych stref ścinania w warunkach podatnych i podatno-kruchych jest powtarzalna w relacji do przebiegu kolejnych stref elewowanych i obniżonych stropu piaskowca białego spągowca i generalnie związana jest z laramijską kompresją na NE [3, 4].

W partii złoża rud miedzi i strefie okołozłożowej mamy do czynienia z poważną przebudową strukturalną utworów pogranicza czerwonego spągowca i cechsztynu warunkowaną przemieszczeniami ścięciowymi, które należy rozpatrywać w skali makro-, mezo- i mikro-tektonicznej. Uwarunkowanie ich przebiegu i charakteru przez zróżnicowaną morfologię spągu cechsztynu odzwierciedliło się w wykształceniu węglanów i piaskowców w ramach szerokiej, nieregularnej masy skalnej, która podlegała odkształceniu w ramach kompensacji zmiennych naprężeń (kompresyjnych, ekstensyjnych) przyuskokowych. Jest to przyczyną lateralnego zróżnicowania charakteru, układu i gęstości spękań, foliacji, stylolityzacji w tych samych wydzieleniach lito-facjalnych i przyczyniło się do zmian teksturalnych i w konsekwencji do powstania m.in. dolomitu smugowanego [3, 4]. To powiązanie genetyczne udokumentowanych subhoryzontalnych przemieszczeń ścięciowych ze zróżnicowaniem struk-

turalnym i petrograficznym skał pogranicza cechsztynu i czerwonego piaskowca może mieć istotne znaczenie praktyczne w różnicowaniu warunków stropowych. Potwierdzają to obserwacje odmiennego wykształcenia strukturalnego górotworu i tychże warunków w NE części pola eksploatacyjnego G-6/7 oddziału G-26 położonego w strefie dalekiego N skłonu elewacji w stosunku do tych, jakie zaobserwowano w polu eksploatacyjnym G-7/5 oddziału G-7 położonego głównie na SW skłonie elewacji; przy tym stwierdzono, że w stropie bezpośrednim pola G-6/7 występują warunki tensyjne z obecnością grubej warstwy dolomitów smugowanych (masywnych, z pionowym ciosem i nieregularnym kłażem foliacyjnym) oraz system drobnych, kulisowych uskoków grawitacyjno-przesuwczych i współtowarzyszących spękań zabliźnionych, co nie sprzyja utrzymaniu stropów. Natomiast w polu G-7/5 generalnie mamy do czynienia z warunkami kompresyjnymi, gdzie w obrębie stropów stwierdza się m.in. szereg systemów spękań ścięciowych i towarzyszących im struktur zniszczeniowych, partie skał o wymieszanym składzie litologicznym, a także porwaki i nasunięcia tektoniczne.

Ponadto według autorów wskazane jest kontynuowanie badań tektonicznych skał złożowych w poziomie złożowym i warstwach stropu bezpośredniego oraz wykonywanie ciągłych profilowań radarowych wyższych partii skalnych.

LITERATURA

- [1] *Dumicz M., Don J.*: Analiza struktury monokliny przedsudeckiej w rejonie Polkowic. Acta Univer. Wratisl., Prace Geol.-Min. t. 6, nr 378, PWN, Wrocław, 1977, s. 279–302
- [2] *Markiewicz A.*: Strefa uskoku głównego Lubina w kopalni Lubin, [w:] Konferencja PTG: Problemy tektoniki LGOM. 47, z. 1. cz. I, Wyd. CUPRUM, Wrocław, 1990, s. 46–54
- [3] *Markiewicz A.*: Rozpoznanie tektoniki złoża Lubin – Sieroszowice w trakcie jego zagospodarowania, [w:] Materiały Konferencji: 50-lecie odkrycia złóż rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej. 26–28 września 2007 r. w Lubinie, KGHM Polska Miedź SA, Lubin, Biul. PiG, 423, s. 151–172
- [4] *Markiewicz A.*: Tektonika obszaru złoża, [w:] Monografia KGHM Polska Miedź SA (red. A. Piestrzyński), Lubin, 2007, (w druku)
- [5] *Markiewicz A., Aleksandrowski P., Czarnecka K., Doktor S., Graniczny M.*: Tektonika a rozkład naprężeń pierwotnych i wtórnych w obszarze ZG „Rudna”. Arch. CBPM CUPRUM, Wrocław, 1995
- [6] *Markiewicz A., Suchan J., Tomanik R.*: Zuskokowanie spagowej partii utworów cechsztyńskich w kopalni „Rudna”, [w:] Materiały Konferencji: 50-lecie odkrycia złóż rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej. 26–28 września 2007 r. w Lubinie, KGHM Polska Miedź SA, Lubin, 2007, s. 129–143
- [7] *Markiewicz A., Suchan J., Tomanik R.*: Eksploatacja górnicza a zuskokowanie spagowej partii utworów cechsztyńskich w kopalni „Rudna” KGHM Polska Miedź SA, [w:] Materiały Polskiego Kongresu Górniczego. 19–21 września 2007 r. w Krakowie Kwartalnik Górnictwo i Geoinżynieria vol. 31, z. 3/1, Wyd. AGH, Kraków, 2007, s. 395–407
- [8] *Markiewicz A., Szarowski W.*: Zjawiska tektoniczne w południowej części kopalni Lubin, [w:] Konferencja PTG: Problemy tektoniki LGOM. 47, z. 1. cz. II, Wyd. CUPRUM, Wrocław, 1990, s. 4–8
- [9] *Olejnik H.*: Stosunek anhydrytu Werry do białego spagowca w kopalni Sieroszowice, [w:] Konferencja PTG: Problemy tektoniki LGOM. 47, z. 1. cz. II, Wyd. CUPRUM, Wrocław, 1990, s. 30–32
- [10] *Salski W.*: Tektonika okolic Lubina. Biul. I.G. Nr 287, Warszawa, 1975, s. 61–198
- [11] *Salski W.*: Rozwój tektoniczny obszaru między Lubinem a Sieroszowicami. Rocznik PTG, vol. XLVII, 1, Kraków, 1977, s. 27–48
- [12] *Salski W.*: Tektonika złoża, [w:] Monografia KGHM Polska Miedź SA (red. A. Piestrzyński), Lubin, 1996, s. 141–155