

Rozwój osuwiska 22S w najgłębszej części kopalni *Bełchatów*

Leopold Czarnecki¹, Jan Goździk²



L. Czarnecki



J. Goździk

The development of the 22S landslide in the deepest part of the brown coal mine *Bełchatów*. *Prz. Geol.*, 56: 150–157.

A b s t r a c t. The open-cast mine at *Bełchatów* is one of the deepest in the Central Europe. Landslides are there the main geotechnical hazard. The principal factors causing landslides in the mine are: complicated tectonic setting in the *Kleszczów Graben*, high lithological variability and the considerable depth of the excavation (over 200m). Landslide 22S is one of the biggest in the mine. It is situated at the SE corner of the so-called “second-order graben”, where seam exploitation reaches 280m in depth. In this corner there are a set of faults forming a step-like pattern and alluvial sandy cone splitting the brown coal seam. The result is that layers are inclined to the open-cast central axis. There is a clay layer near the bottom of the brown coal seam inclined in the same direction. Analyses of these factors enabled the landslide

hazard zone to be established. In September 2003 slope movement monitoring began. During the first year slow horizontal displacement was recorded (1.4–5.0mm/day). In July 2004 the tempo of the displacement doubled and one of the inclinometers was truncated at the depths ca 20m. A simulating calculation showed that in order to prevent a slide a widening of a bench ca 400m is necessary, and in consequence restrict brown coal exploitation. It was decided not to widen a bench, but to intensify the monitoring and control process. On 17.02.2005 the speed of displacement rate exceeded 30mm/day. From the experiences with earlier landslides such a value was regarded as critical. The landslide hazard zone was closed and equipment was evacuated. On 2.03.2005 the tempo displacement attained 66mm/day (the alarm value of 50mm/day was crossed). On 15.03.2005 rapid mass movement occurred and the landslide 22S was formed; more exactly it was end of first stage of its development. The volume of the landslide was estimated to be 650 000m³. Protection works were undertaken to restrain landslide progress. However an increase in the depth of an excavation may result in the possibility of a landslide, and an intensive monitoring of a displacement in the hazard zone was ordered. During the first half-year after the first stage of the landslide 22S, no displacement was recorded. In July 2005 initiation of movement and fissures formation were observed. Per analogiam to the investigations of the development of the earlier landslides in the mine, a reactivation of the landslide 22S was expected at the end of 2005. On 4.12.2005 the second stage of the landslide occurred. After two stages the landslide volume reached ca 1 million m³. Site-specific geological conditions and the great depth of the *Bełchatów* mine excavation result in the landslide development having some peculiar features, and an investigation of them provided important pointers for prognosis hazard of the slope instability.

Keywords: geotechnical hazard, landslide, open-cast mine, brown coal *Bełchatów* mine, central Poland

Wzrost natężenia procesów osuwiskowych w Polsce w ostatnich latach (Olbrych, 2004; Ilcewicz-Stefaniuk i in., 2004) i zagrożenia, jakie stwarzają osuwiska, zwiększyły zainteresowanie tymi zagadnieniami. Na obszarach niżowych strefy zagrożonych osuwiskowych spowodowanych czynnikami naturalnymi są bardzo ograniczone; jednak i tutaj te zjawiska, stymulowane działalnością człowieka, są coraz częstsze, a szczególnie intensywnie zaznaczają się w głębokich kopalniach odkrywkowych. W takich kopalniach rozwój procesów osuwiskowych, ich monitoring i przeciwdziałanie ich negatywnym skutkom charakteryzują się pewną specyfiką.

Główne zagrożenia geotechniczne w odkrywkowej kopalni węgla brunatnego *Bełchatów* stanowią osuwiska (Patrzyk, 1995; Rybicki i in., 2000; Jończyk & Organiściak, 2004). Dotychczas na zboczach i pojedynczych skarpcach powstało wiele osuwisk, których objętość często przekraczała tysiąc metrów sześciennych, wielu z nich osiągała kilkaset tysięcy metrów sześciennych, a sześciu ponad milion metrów sześciennych. Kubatura największego zarejestrowanego w historii kopalni osuwiska osiągnęła 3,5 mln m³. Analiza wyników obserwacji dotychczasowych osuwisk w kopalni dostarcza cennych informacji,

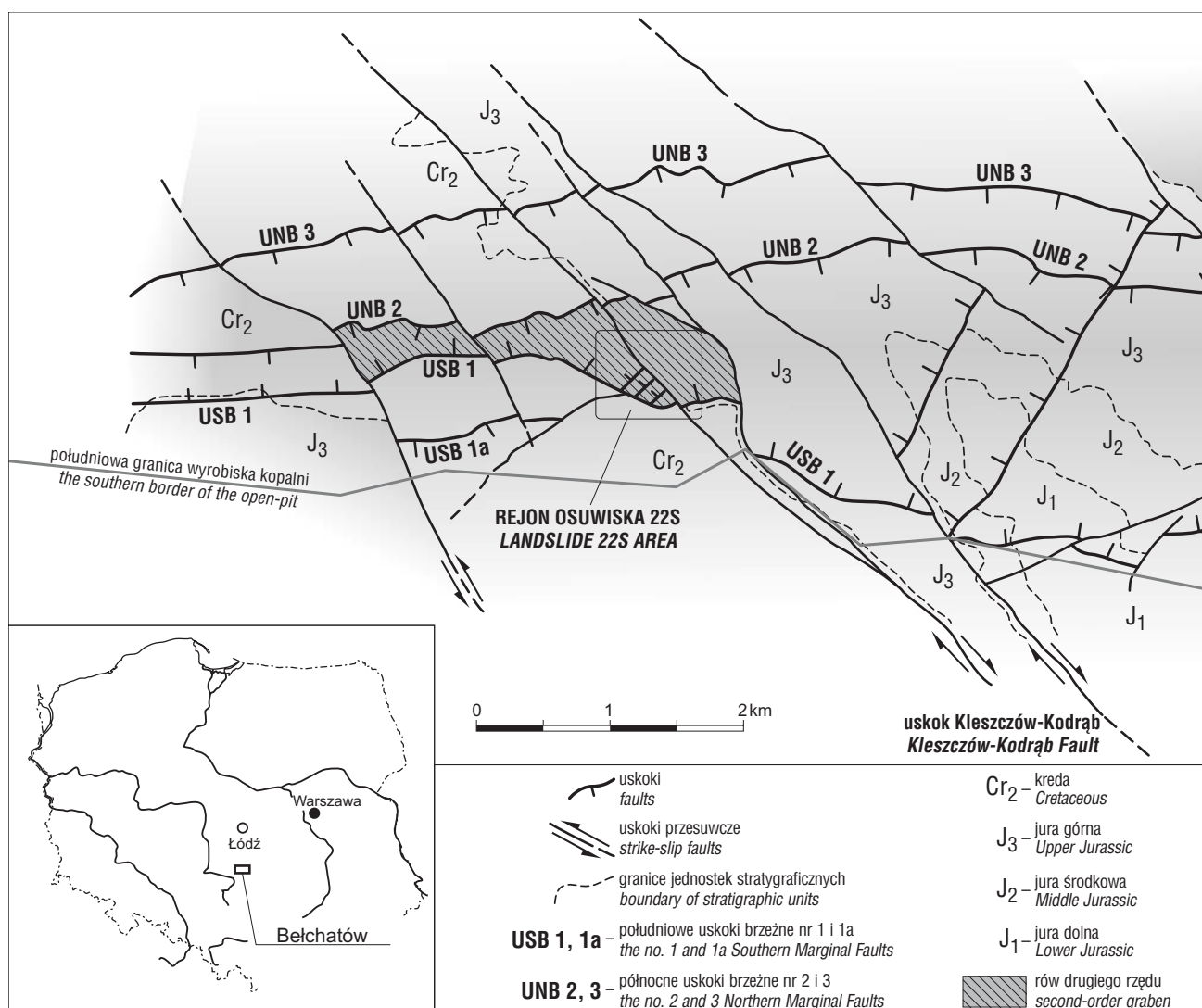
ważnych w wydzieleniu stref zagrożonych osuwiskami oraz planowaniu w nich monitoringu odkształceń górotworu w celu rozpoznania wczesnych stadiów procesu osuwiskowego. Potrzeba większego korzystania z lokalnych doświadczeń wynika z pewnej specyfiki budowy rowu *Kleszczowa*, w którym warunki geotechniczne należą do wyjątkowo trudnych (Rybicki i in., 2000; Jończyk & Organiściak, 2004).

Wyrobisko kopalni jest położone w środkowej części wąskiego (około 3 km) rowu *Kleszczowa*, tworzącego łuk otwarty ku południowi, rozciągający się pomiędzy *Pilicą* i *Wartą* (ryc. 1). W tej części rowu granicę wyznaczają równoleżnikowo zorientowane, wyraźne uskoki brzeżne, którym towarzyszy złożony system uskoków skośnych i diagonalnych. Duże powierzchnie uskokowe skrzydeł zrzucanych tworzyły w przeszłości, a stanowią i obecnie, płaszczyzny poślizgu osuwisk. Miąższość osadów kenozoicznych wypełniających rów miejscami przekracza 500 m (Gotowała & Hałaszcak, 2002). Eksploatacji podlegają usytuowane w niższej części rowu miocenne węgle brunatne. W ich partiach spągowych występują nachylone warstwy ilów sprzyjające procesom osuwiskowym. Wyższą część rowu wypełniają osady plejstocenne, bardzo zróżnicowane litologicznie i niejednokrotnie silnie zaburzone tektonicznie i glacitektonicznie, które wykazują znaczną podatność na osuwanie.

Stanowiące przedmiot niniejszego artykułu osuwisko 22S pod względem wielkości plasuje się wśród sześciu największych osuwisk w kopalni. Osuwisko powstawało

¹Kopalnia Węgla Brunatnego *Bełchatów* SA z siedzibą w Rogowcu, skrytka pocztowa 100, 97-400 *Bełchatów*; pol-czar@poczta.onet.pl

²Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki, ul. Narutowicza 88, 90-568 Łódź; gozdzik@geo.uni.lodz.pl



Ryc. 1. Położenie rejonu osuwiska 22S na tle zasadniczych elementów strukturalnych rowu Kleszczowa
Fig. 1. Locality of the landslide 22S and some principal tectonic elements of the Kleszczów Graben

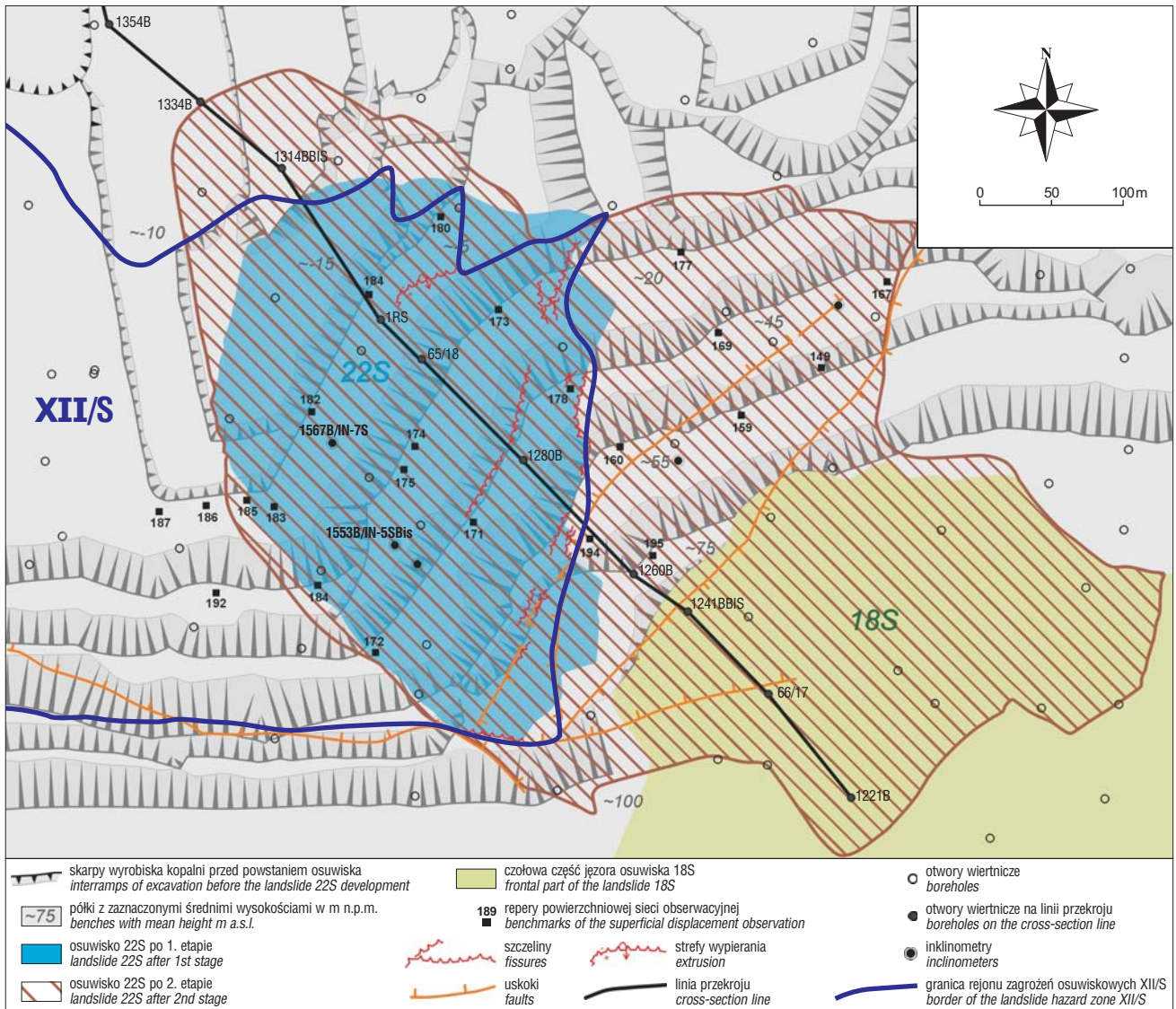
w dwóch etapach: objętość koluwiów powstałych po 1. etapie wyniosła 650 tys. m³ i wyraźnie się zwiększyła po 2. etapie^[3]. Usytuowane jest przy południowo-wschodnim narożu wyraźnie wyodrębniającego się segmentu rowu Kleszczowa, nazwanego rowem II rzędu. W rowie II rzędu eksploatacja obniży się do maksymalnej głębokości 280 m p.p.t. Jednakże nie tylko większa głębokość kopalni, lecz także złożoność budowy geologicznej sprawiły, że w tej części wyrobiska spodziewano się szczególnie trudnych warunków geotechnicznych. Przepuszczenia te potwierdziły się w miarę schodzenia z eksploatacją złoża w rowie II rzędu na coraz większą głębokość. Dowód stanowi osuwisko 22S, usytuowane w miejscu, gdzie obniżanie się eksploatacji złoża rozpoczęło się najwcześniej. Szczegółowa analiza pierwszego dużego osuwiska w tej części kopalni może ułatwić prognozowanie miejsc zagrożonych rozwojem osuwisk w rowie II rzędu, ich monitorowanie, a w przypadku powstawania osuwisk — ograniczanie ich negatywnych skutków.

³Łączna objętość koluwiów po obydwu etapach nie została jeszcze dokładnie określona z powodów technicznych; wstępnie oszacowano je na 1 mln m³.

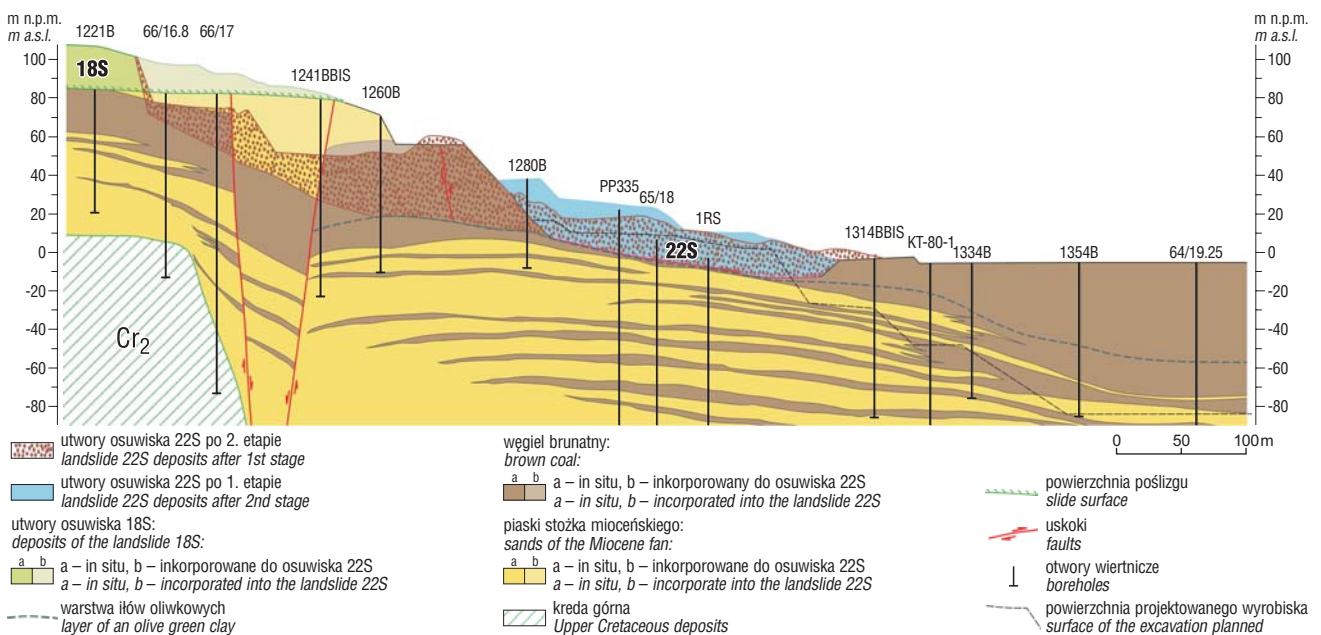
Czynniki sprzyjające powstaniu osuwiska 22S

Rozwijająca się eksploatacja złoża w strefie rowu II rzędu napotyka coraz trudniejsze warunki górniczo-geologiczne. Wiąże się to z pogłębianiem wyrobiska do rzędnej –80 m n.p.m. i z geometrią rowu II rzędu. Jest to wąska, o szerokości 300–700 m, i głęboka rozpadlina, zlokalizowana przy południowym, ramowym uskoku brzeżnym rowu Kleszczowa (ryc. 1). Pewną zapowiedzią trudnych warunków geotechnicznych było powstanie osuwiska 18S, o kubaturze 2 mln m³, blisko wschodniej granicy rowu II rzędu i osuwiska 20S (2,5 mln m³) na tej granicy. Osuwiska obejmowały utwory znajdujące się na zboczu między rzędnymi +205 m (naturalna powierzchnia terenu) i +72 m n.p.m., złożone z czwartorzędowych piasków i glin oraz trzeciorzędowych piasków i ilów (Rybiński i in., 2000; Jończyk & Organiściak, 2004).

W południowo-wschodnim narożu rowu II rzędu uskoki brzeżny, tutaj o orientacji E-W, jest silnie poprzecinany diagonalnymi uskokami o kierunku NW-SE i w mniejszym stopniu uskokami NE-SW. Uskoki o orientacji NW-SE należą do tzw. dyslokacji Kodrąb–Kleszczów i w tym miejscu tworzą prawdopodobnie strukturę typu palmowego (Hałuszczak, 1999). Krzyżowanie się różnokierunkowych uskokiów doprowadziło w omawianej części rowu II rzędu



Ryc. 2. Wschodnia część strefy zagrożeń osuwiskowych XII/S i osuwisko 22S
Fig. 2. The eastern part of the landslide hazard zone XII/S and the landslide 22S



Ryc. 3. Przekrój geologiczny wzdłuż osuwiska 22S
Fig. 3. Cross-section through the landslide 22S

do podzielenia złoza węgla i jego bezpośredniego podłoża na stosunkowo drobne bloki, które nieregularnymi stopniami opadają w kierunku północno-zachodnim.

Należy podkreślić, że do wzrostu stopnia upadu złoza węgla w kierunku północno-zachodnim przyczyniło się coś jeszcze. W omawianym fragmencie rowu Kleszczowa osady wiszące skrzydła południowego ramowego uskoku brzeżnego stanowią piaskowce albu. Osady te, jako najslabszy pod względem odporności element obrzeżenia rowu, podlegały erozji, a pochodzący z nich materiał był sypany w kierunku osi rowu i tworzył rozległy stożek (ryc. 2, 3) przewarstwiający spągowe części złoza (Słomka i in., 2000).

Przyczyny tektoniczne i obecność stożka sprawiają, że warstwy kompleksu węglowego w omawianej strefie zapadają w kierunku północno-zachodnim, a więc ku osi wyrobiska. Taki układ spowodował silną tensję stropowej partii głównego pokładu węgla, której przejawem było tworzenie się rowów ekstensyjnych o przebiegu NE-SW. Cechą charakterystyczną tych form jest zauważalny wzrost szerokości w stronę południowego uskoku ramowego. Dowodziło to istotnego wpływu tego uskoku na tensję złoza.

Przedstawione cechy budowy geologicznej w południowo-wschodnim narożu rowu II rzędu wskazywały na możliwość rozwoju w tej części zbocza intensywnych procesów osuwiskowych. Na tej podstawie w 1999 r. został wydzielony rejon zagrożeń XII/S, którego część wschodnia jest zaznaczona na rycinie 2. Rejon ten od początku rozpoczęcia w tej strefie robót górniczych podlegał monitoringowi odkształceń wgłębnym i powierzchniowym w sukcesywnie rozbudowywanej sieci obserwacyjnej. Prace kartograficzne prowadzone na skarpach wyrobiska górniczego równoległe z rozwojem eksploatacji

w rejonie zagrożeń osuwiskowych XII/S oraz wykonane dodatkowo wiercenia pozwoliły na dokładniejsze rozpoznanie budowy geologicznej rejonu zagrożeń i dokonanie podziału na część wschodnią i zachodnią.

W części wschodniej początkowo warstwy węgla zapadają ku północnemu zachodowi (30° w rejonie inklinometru 1553B/IN-5SBis), następnie upad maleje do $10-20^\circ$ w rejonie półki -5 m i -15 m n.p.m., a w części spągowej złoza, w rejonie rzędnych -70 m i -80 m n.p.m., wynosi tylko 5° . Równocześnie w tej części rejonu XII/S w obrębie złoza węgla stwierdzono obecność warstwy ilów oliwkowych (ryc. 3). Warstwa ta naśladuje w przybliżeniu zapadanie warstw węglowych ku północnemu zachodowi i prawdopodobnie była to paleopowierzchnia poślizgu. Wymienione cechy budowy geologicznej części wschodniej omawianego rejonu XII/S pozwalały sądzić, że w tej części stopień zagrożeń osuwiskowych jest większy.

Rozwój ruchów mas w pierwszym etapie osuwiska 22S

Rejon prognozowanych zagrożeń XII/S był monitorowany od września 2003 r. Powierzchniowa sieć obserwacyjna początkowo liczyła 9 reperów zainstalowanych na stałych półkach zbocza południowego oraz inklinometr 1553B/IN-5SBis (ryc. 2).

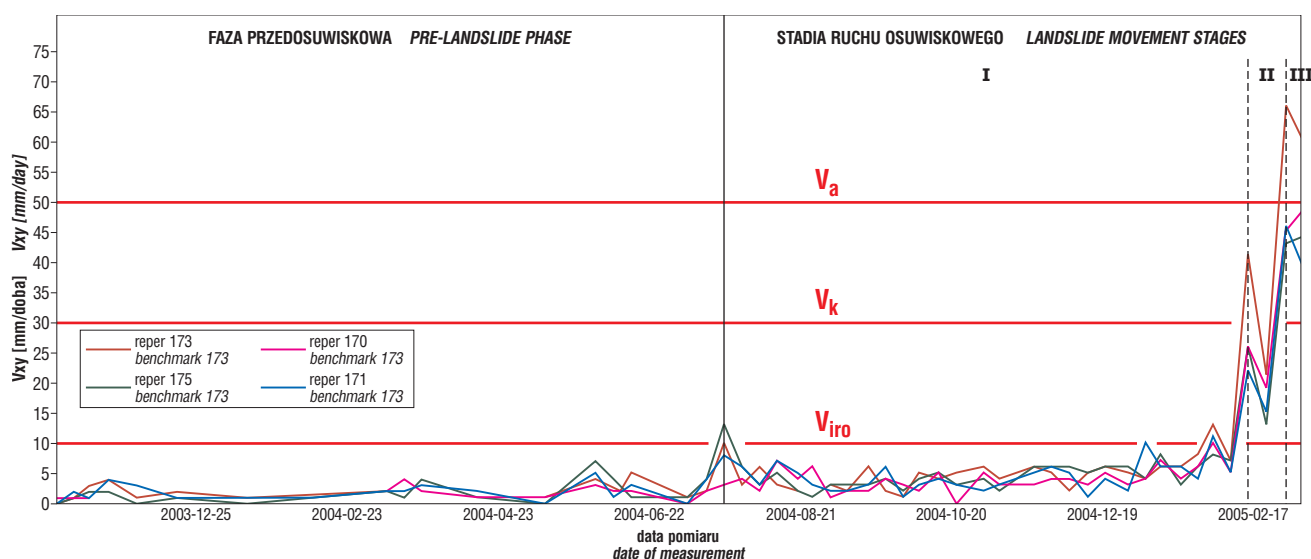
Dane z monitoringu osuwiska 22S pozwalają określić kolejne okresy jego rozwoju, które można powiązać z fazami i stadiami z ogólnego schematu przemieszczeń osuwiskowych ustalonych na podstawie analizy osuwisk zbocza południowego (Rybicki i in., 2000).

Początkowo tempo przemieszczania poziomego było niewielkie — $1,4-5,0$ mm/dobę (tab. 1), ale w krótkich

Tab. 1. Wartości poziomych przemieszczeń reperów w 1. etapie rozwoju osuwiska 22S w nawiązaniu do robót górniczych w rejonie zagrożeń osuwiskowych (Δxy — przemieszczenia w poszczególnych okresach)

Table 1. Values of benchmark superficial displacement during the 1st stage of the 22S landslide development in relation to the mining works in the landslide hazard zone (Δxy — displacement during particular periods)

Okres obserwacji Observation period	Numer repera Number of benchmark														Postęp robót górniczych w rejonie zagrożeń Advance of mining works in hazard zone
	170		171		172		173		174		180		182		
	Δxy (cm)	$\Sigma \Delta xy$ (cm)	Δxy (cm)	$\Sigma \Delta xy$ (cm)	Δxy (cm)	$\Sigma \Delta xy$ (cm)	Δxy (cm)	$\Sigma \Delta xy$ (cm)	Δxy (cm)	$\Sigma \Delta xy$ (cm)	Δxy (cm)	$\Sigma \Delta xy$ (cm)	Δxy (cm)	$\Sigma \Delta xy$ (cm)	
do 1.03.2004	8,4	8,4	14,8	14,8	8,7	8,7	9,0	9,0	3,5	3,5					brak robót górniczych no mining works
1.03–1.04.2004	7,1	15,5	4,8	19,6	1,7	10,4	12,6	21,6	11,3	14,8					skarpa +20/-5 m n.p.m. ramp +20/-5 m a.s.l.
1.04–1.05.2004	3,1	18,6	5,1	24,7	2,9	13,3	2,6	24,2	3,5	18,3					brak robót górniczych no mining works
1.05–9.06.2004	7,6	26,2	9,2	33,9	5,1	18,4	9,9	34,1	14,6	32,7					skarpa +20/-5 m n.p.m. ramp +20/-5 m a.s.l.
9.06–1.07.2004	1,1	27,3	2,4	36,3	1,6	20,0	3,4	37,5	2,0	34,7					brak robót górniczych no mining works
1.07–1.08.2004	7,8	35,1	14,7	51,0	14,5	34,5	14,2	51,7	16,3	51,0					skarpa -5/-15 m n.p.m. ramp -5/-15 m a.s.l.
1.08–1.09.2004	0,8	35,9	-3,3	47,7	0,8	35,3	4,2	55,9	5,7	56,7					skarpa -5/-15 m n.p.m. ramp -5/-15 m a.s.l.
1.09–1.10.2004	5,4	41,3	7,3	55,0	8,0	43,3	7,2	63,1	7,6	64,3	1,8	1,8	1,8	4,0	brak robót górniczych no mining works
1.10.2004–17.01.2005	38,6	79,9	41,3	96,3	38,8	82,1	50,6	113,7	48,0	112,6	4,8	6,6	4,3	8,3	brak robót górniczych no mining works
17.01–10.02.2005	12,5	92,4	12,1	108,4	9,0	91,1	16,6	130,3	14,3	126,9	0,4	7,0	0,7	9,0	brak robót górniczych no mining works
10.02–8.03.2005	96,1	188,5	86,0	194,4	50,7	141,8	130,5	260,8	94,9	221,8	0,7	7,7	2,8	11,8	brak robót górniczych no mining works
15.03.2005 r. powstało osuwisko 22S 15.03.2005 – landslide 22S was formed															



Ryc. 4. Tempo deformacji poziomych w 1. etapie rozwoju osuwiska 22S; V_a — prędkość alarmowa, V_k — prędkość krytyczna, V_{iro} — prędkość inicjująca ruch osuwiskowy

Fig. 4. Rate of horizontal deformations during the 1st stage of the 22S landslide development; V_a — alert velocity, V_k — critical velocity, V_{iro} — velocity initiating the landslide movement

okresach wzrastało do 10 mm. Te okresy zbiegały się z terminami prowadzonych robót górniczych w sąsiedztwie zainstalowanych reperów. Epizodyczny wzrost prędkości przemieszczeń poziomych był spowodowany odprężeniami górotworu w miarę eksploatacji złoża. Jeśli pominiemy te epizody, stosunkowo powolne tempo przemieszczeń, utrzymujące się w przybliżeniu na tym samym poziomie, trwało do lipca 2004 r., gdy zakończył się wstępny okres ruchu mas. Stosując nazewnictwo wspomnianego schematu przemieszczeń osuwiskowych, etap ten można określić jako fazę przedosuwiskową. Trwała ona w osuwisku 22S prawie rok.

W lipcu 2004 r., w trakcie prowadzenia robót górniczych w piętrze IX (w przedziale od -5 m do $+20$ m n.p.m.), zarejestrowano prawie dwukrotny wzrost szybkości przemieszczeń poziomych oraz tendencję wzrostową tempa deformacji (ryc. 4, tab. 1). Pojawiały się również inne sygnały świadczące o intensyfikacji ruchu mas. W świetle późniejszych wydarzeń ten moment można uznać za inicjację procesu osuwiskowego, a dokładniej początek 1. stadium fazy zasadniczego ruchu osuwiskowego. Dnia 12.07.2004 r. nastąpiło ścięcie inklinometru na głębokości około 20 m, na której w spągu złoża węgla występują ily. Ponadto prowadzone sukcesywnie od początku eksploatacji okresowe kontrole w rejonie zagrożeń XII/S wykazały we wrześniu 2004 r. obecność nieciągłych deformacji na skarpach i półkach (rzędne od -15 m do $+75$ m n.p.m.), przy czym w części górnej zbocza (20 – 75 m n.p.m.) stwierdzono występowanie szczelin normalno-zrzutowych wzdłuż dwóch kierunków NNE-SSW i E-W, natomiast w dolnej części (od -15 m do -5 m n.p.m.) zarejestrowano występowanie stref wypierania i wyłamywania węgla, o ogólnej orientacji NE-SW (ryc. 2). Przebieg szczelin w stosunku do ukształtowania powierzchni iłow oliwkowych w spągu serii węglowej wskazywał, że na tej powierzchni odbywały się ruchy prowadzące do rozwoju deformacji nieciągłych.

Dodatkowe wiercenia pozwoliły stwierdzić, że warstwa iłow oliwkowych schodzi poniżej stopy skarpy -5 – -15 m n.p.m., zapadając ku NW. We wrześniu 2004 r. umieszczono na poziomie -5 m n.p.m. dodatkowe repery

180–182 (ryc. 2). Analiza wyników pomiarów (tab. 2) wykazała silne rozciąganie pomiędzy półką $+35$ m (rep. 170–172) i półką $+20$ m (rep. 173, 174). Odległość między reperami 170 i 173 zwiększyła się o około 70 cm w okresie 24.03.2004–8.03.2005 r. Jednocześnie zachodził proces ściskania zbocza przy skarpie -5 – -15 m n.p.m. Odstęp mię-

Tab. 2. Ważniejsze parametry osuwiska 22S po 1. i 2. etapie rozwoju

Table 2. Main parameters of no 22S landslide after 1st and 2nd stage of the development

	Po 1. etapie After 1 st stage	Po 2. etapie After 2 nd stage
Długość wzdłuż kierunku ruchu <i>Length along movement direction</i>	280 m	720 m
Szerokość: <i>Width:</i>		
— na półce $+55$ m n.p.m. — on bench $+55$ m a.s.l.	120 m	
— na półce $+20$ m n.p.m. — on bench $+20$ m a.s.l.	300 m	
— na półce -5 m n.p.m. — on bench -5 m a.s.l.	290 m	
— wzdłuż skarpy -5 – -15 m n.p.m. — along ramp -5 – -15 m a.s.l.	200 m	
— w części SE — in SE part		440 m
— w części NW — in NW part		240 m
Powierzchnia Area	60 950 m²	224 280 m²
Średnia miąższość koluwiów <i>Mean thickness of colluvium</i>	11,2 m	10,3 m
Maksymalna miąższość koluwiów <i>Maximal thickness of colluvium</i>	32 m	22 m
Wysokość osuwiska <i>Height of landslide</i>	75 m	114 m
Wysokość czoła osuwiska <i>Height of head of landslide</i>	24 m	16 m
Objętość koluwiów Volume of colluvium	~650 000 m³	~1 mln m³

dzy reperami 170 i 180 zmniejszył się o około 140 cm w okresie 17.09.2004–8.03.2005 r. (por. tab. 1). Był to dowód, że półka –5 m stanowiła strefę zaporową dla postępującego procesu osuwiskowego. Prowadzone pomiary odkształceń wgłębnych świadczą o tym, że zainstalowany w dniu 23.07.2003 r. inklinometr 1567B/IN-7S został ścięty na głębokości 3 m, w strefie kontaktu pokładu głównego z warstwą piaszczystą zalegającą w spagu.

Wyniki symulacyjnych obliczeń numerycznych wykonanych w styczniu 2005 r. wykazały, że powstrzymanie rozwoju ewentualnego procesu osuwiskowego wiązałoby się z rozszerzeniem półki –15 m n.p.m. o około 400 m, co ograniczyłoby w znacznym stopniu eksploatację węgla z rowu II rzędu. Podjęto decyzję o nieposzerzaniu półki i ściślejszym kontrolowaniu procesu osuwiskowego. W dniu 17.02.2005 r. po przekroczeniu przez repery 170, 171, 173 i 174 wartości krytycznej tempa deformacji (Rybicki i in., 2000), tj. 30 mm/dobę, trwale zamknięto dostęp do zagrożonego rejonu, a także oznakowano go i wyprowadzono z niego pomocniczy sprzęt technologiczny (stacje wysokiego napięcia, agregaty pompowe itp.). Wydano też zakaz prowadzenia robót w tym rejonie. Rozpoczęło się 2. stadium fazy zasadniczego ruchu osuwiskowego.

W dniu 2.03.2005 r. tempo deformacji repera 173 wyniosło 66 mm/dobę, a więc przekroczyło wartość 50 mm/dobę przyjmowaną za alarmową. Nastąpił początek ostatniego — 3. stadium zasadniczego ruchu osuwiskowego. W wyniku gwałtownego ruchu mas w dniu 15.03.2005 r. powstało osuwisko 22S, a ściślej, jak się okazało później, kończył się pierwszy etap jego rozwoju. Jego ważniejsze parametry zostały przedstawione w tabeli 2.

W południowo-zachodniej części osuwiska język przemieścił się na odległość około 56 m, w północno-wschod-



Ryc. 5. Środkowa część osuwiska 22S po 1. etapie rozwoju
Fig. 5. The central part of the 22S landslide after 1st stage

niej 66–74 m i oparł się o przeciwną skarpe –5/–15 m. Ten fakt jest jednym z dowodów na to, że dynamika osuwiska była przestrzennie zróżnicowana. Nawiażywała ona do już wcześniej zaznaczających się różnic w tempie przemieszczania mas w okresie poprzedzającym powstanie formy osuwiskowej, kiedy szybkość ruchu w części wschodniej (repery 170 i 173) była większa niż w części zachodniej (repery 171, 172, 174 — tab. 1).

Ze względu na różnice w dynamice osuwiska poniżej niszy osuwiskowej można było wydzielić trzy zasadnicze części: południowo-zachodnią, środkową i północno-wschodnią:

1) Część południowo-zachodnia, w której wzajemny układ skarp (skarpy zbocza zmieniają tutaj orientację z NE-SW na E-W) blokował procesy osuwiskowe, dlatego cechowała je słaba dynamika. Węgiel, z którego jest zbudowane zbocze, uległ dezintegracji na wiele drobnych bloków, język osuwiskowy zaś, jak już wspomniano, był najkrótszy.

2) Część środkową charakteryzowała się większą dynamiką przemieszczeń niż poprzednia, gdyż w wyniku zsuwu strukturalnego po powierzchni łożów oliwkowych nastąpiło przemieszczenie translacyjne i duży fragment zbocza, długości około 100 m, został przesunięty ku północnemu zachodowi *en bloc*, z zachowaniem morfologii półka-skarpa (ryc. 5). Powierzchnia węgla została pocięta licznymi szczelinami prostopadłymi do kierunku ruchu mas.

3) W części północno-wschodniej dynamika przemieszczeń była największa. Gwałtowne przemieszczenie półki 20 m n.p.m. skarp +20 m i –5 m spowodowało osunięcie się skarpy +40/+20 m n.p.m. wraz z półką +40 m. W czasie tych ruchów nastąpiła silna dezintegracja węgla na wiele bloków, bezładnie i wielokierunkowo zrotowanych. Wytworzyła się tu silnie urozmaicona rzeźba (ryc. 6) z głębokimi rozpadlinami oraz



Ryc. 6. Północno-wschodnia część osuwiska 22S po 1. etapie rozwoju
Fig. 6. The NE part of the 22S landslide after 1st stage

Tab. 3. Wartości poziomych przemieszczeń reperów w 2. etapie rozwoju osuwiska 22S (Δxy — przemieszczenia w poszczególnych okresach)Table 3. Values of benchmark superficial displacement during the 2nd stage of the 22S landslide development (Δxy — displacement during particular periods)

Okres obserwacji <i>Observation period</i>	Numer repera <i>Number of benchmark</i>							
	149 Δxy (cm)	159 Δxy (cm)	160 Δxy (cm)	167 Δxy (cm)	169 Δxy (cm)	177 Δxy (cm)	194 Δxy (cm)	195 Δxy (cm)
15.03–15.04.2005	2,3	10,1	17,6	4,2	11,3	3,8	0,0	0,0
15.04–15.05.2005	4,0	9,9	10,5	3,6	8,9	3,5	9,6	6,0
15.05–15.06.2005	4,8	10,4	16,3	2,3	10,3	3,9	15,0	11,9
15.06–15.07.2005	5,6	15,6	8,7	-0,5	11,0	1,5	15,1	12,4
15.07–15.08.2005	1,5	14,3	11,4	5,9	12,4	1,7	15,3	11,5
15.08–15.09.2005	6,0	15,4	19,2	4,2	13,6	2,2	21,7	15,4
15.09–15.10.2005	3,1	11,6	16,1	2,5	11,3	2,2	17,2	12,6
15.10–08.11.2005	11,6	25,4	32,5	7,0	25,9	2,0	35,4	24,2
08.11–24.11.2005	10,0	27,6	37,5	5,0	27,1	4,1	39,4	27,9
5.12.2005	Rozwój osuwiska 22S — II etap <i>Second stage of the 22S landslide development</i>							

dużymi, ostrokrawędzistymi blokami wyniesionymi ponad powierzchnię osuwiska.

Natychmiast po powstaniu osuwiska przystąpiono do prac zabezpieczających, których celem było:

- zapewnienie stateczności koluwiów osuwiska 22S,
- zabezpieczenie rozluzowanego węgla w koluwiach przed endogenicznymi pożarami,
- umożliwienie swobodnego odpływu wód opadowych poza teren projektowanego konturu osuwiska.

Żeby osiągnąć te cele, w rejonie osuwiska, poczynając od niszy osuwiskowej w dół, uformowano zbocze. Część węgla została przesunięta na półkę, która była eksploatowana w drugiej połowie 2005 r.

Drugi etap rozwoju osuwiska 22S

W niewielkiej odległości od omawianego osuwiska w kierunku wschodnim znajduje się powstałe w 2002 r. osuwisko 18S, o którym już wspomniano. Nisza osuwiska 22S sięgnęła niemal do jezora osuwiska 18S (ryc. 2). Bliskie sąsiedztwo dwóch dużych osuwisk, położonych w rozległej strefie zaliczonej do zagrożonych osuwiskami, skłoniło do szczegółowszej analizy stateczności filara ochronnego między osuwiskami. W analizie uwzględniono nowe dane z kolejnych odsłonień, dodatkowych wierceń i zainstalowanych inklinometrów. W filarze ochronnym, na przedłużeniu w kierunku wschodnim powierzchni, po której odbywało się przemieszczanie koluwiów osuwiska 22S, wykryto powierzchnię osłabień wzdłuż warstwy iłów oliwkowych (ryc. 3); przy czym w przeciwieństwie do silnie nachylonej (10–20°) powierzchni poślizgu osuwiska 22S powierzchnia osłabień w filarze ochronnym przebiegała prawie horyzontalnie. Wykrycie powierzchni osłabień spowodowało zainstalowanie dodatkowych reperów, żeby rejestrować przemieszczenia i zwiększyć częstotliwość obserwacji powierzchniowych.

Po 1. etapie rozwoju osuwiska 22S pomiary geodezyjne początkowo nie wykazywały pełnienia górotworu. Dopiero w lipcu 2005 r. stwierdzono, że prędkość prze-

mieszczeń 3 reperów — 159, 160 i 169 (tab. 3) przekraczała 10 mm/dobę — wartość przyjmowaną za dolną granicę inicjacji ruchu osuwiskowego. W sierpniu zauważono w skarpie +45/+22 m n.p.m. pojawienie się, w węglach pokładu głównego, słabo zaznaczającego się wybrzuszenia, a w nim punktowy wyciek wód. Równocześnie dostrzeżono na półkach +45 m i +55 m n.p.m. zespoły szczelin o kierunku NE-SW. Wykonano prace zmierzające do zaiłowania szczelin. Po wykonaniu tych prac nastąpiła krótkotrwała przerwa sączenia powierzchniowego. Jednakże we wrześniu 2005 r. szczelina, z której wyciekały wody, pojawiła się ponownie. Zaobserwowano liczne nowe szczeliny i spękania, w tym także na półce +72 m n.p.m. Cały system szczelin rozwinął się na obszarze około 30 tys. m², a objętość bryły górotworu z penetrującymi go szczelinami wyniosła około 360 tys. m³.

Wyniki obserwacji szczelin powstających na powierzchni i pomiarów przemieszczeń reperów oraz porównanie z odpowiednimi danymi z osuwiska 22S pozwalały w październiku 2005 r. przypuszczać, że w obszarze filara ochronnego aktywne procesy osuwiskowe mogą się rozwinąć na przełomie 2005 i 2006 r. (Czarnecki & Organiściak, 2005). W związku z rosnącym zagrożeniem zwiększono częstotliwość pomiarów.

W dniu 5.12.2005 r. nastąpił drugi etap rozwoju osuwiska 22S. Czasza osuwiska cofnęła się w górę zbocza o około 320 m w kierunku SE. Przemieszczona została nie tylko część filara położonego między osuwiskami 18S i 22S, ale także czołowa partia jezora pierwszego z wymienionych osuwisk. Przemieszczające się koluwia osuwiska 22S z 2. etapu podzieliły się na dwie części. Jedna z nich przemieściła się w kierunku północnym, tworząc zupełnie nowy fragment jezora osuwiskowego z nowymi koluwiami. Natomiast druga część, przemieszczająca się w kierunku północno-wschodnim „popchnęła” znajdujące się tam koluwia osuwiska 22S z 1. etapu tak mocno, że przekroczyły one pierwotny zasięg jezora (ryc. 3). Parametry osuwiska po 2. etapie zostały podane w tabeli 2.

Zaraz po zakończeniu 2. etapu rozwoju osuwiska 22S przystąpiono do prac zabezpieczających. Zmierzają one głównie do ograniczenia dopływu wód powierzchniowych do osuwiska.

Wnioski

1) Budowa geologiczna, obserwacje procesu osuwiskowego i dominujące cechy strukturalne koluwiów pozwalają zaliczyć osuwisko 22S do określonego przez S. Dmitruka (1994) typu odprężeniowo-strukturalnego.

2) Potwierdziły się prognozy, że budowa geologiczna wschodniego obrzeżenia rowu II rzędu szczególnie sprzyja rozwojowi procesów osuwiskowych.

3) Specyficzna budowa geologiczna w omawianej części kopalni w powiązaniu ze stałym zwiększaniem głębokości wyrobiska w wyniku eksploatacji węgla stwarzają niebezpieczeństwo reaktywowania procesów osuwiskowych, o czym świadczą dotychczasowe dwa etapy rozwoju osuwiska. Wyniki pomiarów powierzchniowej i wgłębnej sieci obserwacyjnej wskazują na możliwość rozwoju osuwiska w miarę postępu eksploatacji.

4) Dane zarejestrowane przez system powierzchniowej sieci geodezyjnej oraz przez inklinometry informujące o wgłębnych przemieszczeniach górotworu są gromadzone w bazie danych deformacyjnych, co pozwala na prowadzenie analiz porównawczych.

Autorzy dziękują mgr inż. Barbarze Organiściak za pomoc w zbieraniu i opracowaniu materiału oraz dr. Rayowi Rileyowi za korektę abstraktu.

Publikację sfinansowano ze środków projektu: K091/P04/2004.

Literatura

- CZARNECKI L. & ORGANIŚCIAK B. 2005 — Ocena warunków geologiczno-inżynierskich oraz analiza stateczności filara ochronnego pomiędzy osuwiskami 18S i 22S na stałym zboczu południowym. Arch. Działu Geologicznego BOT KWB Bełchatów.
- DMITRUK S. 1994 — Stateczność głębokich wyrobisk odkrywkowych. Węg. Brunat., 3 (9): 20–23.
- GOTOWAŁA R. & HAŁUSZCZAK A. 2002 — The Late Alpine structural development of the Kleszczów Graben (Central Poland) as a result of a reactivation of the pre-existing, regional dislocation. EGS Stephan Mueller Spec. Publ. Series 1: 137–150.
- HAŁUSZCZAK A. 1999 — Struktury deformacyjne o cechach kontrakcyjnych w utworach trzeciorzędowych zachodniej części odkrywki KWB Bełchatów i problem ich genezy. [W:] Młodopiejstoceniński rów Kleszczowa: rozwój i uwarunkowania w tektonice regionu. XX Konf. Terenowa Sekcji Tech. PTG, Słok k. Bełchatowa 15–16.10.1999. Wrocław: 39–58.
- ILCEWICZ-STEFANIUK D., LEMBERGER M., MAGIERA J., RYBICKI S., SŁOMKA T. & STEFANIUK M. 2004 — Cataloguing natural geological hazards over Poland's territory. Pol. Geol. Inst. Spec. Pap., 15: 53–60.
- JONCZYK W. & ORGANIŚCIAK B. 2004 — Zagrożenia naturalne związane z eksploatacją złoża w Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów”. [W:] Materiały Sympozjum Warsztaty Górnicze z cyklu „Zagrożenia naturalne w górnictwie”. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków: 169–186.
- OLBRYCH M. 2004 — Landslide damage recovery: creation of the landslide management system. Pol. Geol. Inst. Spec. Pap., 15: 9–12.
- PATRZYK J. 1995 — Warunki geologiczno-górniczne eksploatacji węgla brunatnego ze złoża Bełchatów w zakresie niektórych zagrożeń geotechnicznych. Węg. Brunat., 3(12): 19–23.
- PATRZYK J. 1996 — Zagrożenia osuwiskowe w KWB Bełchatów. WUG, 2: 13–16.
- RYBICKI S., CZARNECKI L. & ORGANIŚCIAK B. 2000 — Zagrożenia geotechniczne w KWB Bełchatów, ich uwarunkowania, możliwości prognozy oraz zapobieganie. Sympozjum 25 lat doświadczeń KWB Bełchatów, Bełchatów 2000.
- SŁOMKA T., DOKTOR M., WAGNER M. & MATL K. 2000 — Sedymentologiczne studium mioceńskich stożków napływowych w złożu węgla brunatnego Bełchatów. Pr. Geol. Komis. Nauk Geol. PAN, 147: 21–49.

Praca wpłynęła do redakcji 18.07.2007 r.
Po recenzji akceptowano do druku 18.01.2008 r.