

Charakterystyka osuwisk powstałych na hałdach po górnictwie rud żelaza w rejonie częstochowskim

Konrad Górka¹, Andrzej Piotrowski²

Characteristics of landslides in dumps after mining of iron ores in the Częstochowa region. Prz. Geol., 70: 682–694; doi: 10.7306/2022.22

Abstract. For about 600 years Middle Jurassic iron ores had been mined in the Częstochowa region. This process created many forms, among which mining and processing waste dumps are the best visible in this area. After the mining process had stopped, mass movements occurred in the surface of the dumps. The paper presents specificity of landslides developed in dumps in the Częstochowa region, intensity of this phenomenon and landslides activity. Mass movements are present in each dump higher than 40 m and broader than 300 m. The largest and highest dump slopes are all covered by a vast landslide zones, where rotational slides and complex slides dominates. Despite the fact that exploration of iron ores had ended about 40 years ago, a large number of dump landslides are still active or periodically active. Some of these signs of activity can be seen on Differential Digital Model (DDM).

Keywords: landslides, dumps of mining and processing waste, iron ores, Digital Terrain Model (DTM), Differential Digital Model (DDM)

W rejonie częstochowskim występowanie sydereytowych rud żelaza jest związane z utworami jury środkowej (Różycki, 1953; Osika, 1954; Białaczewski, 1960). Tworzą one pas wychodni, o szerokości dochodzącej do 20 km, rozciągający się od Zawiercia do Krzepic i dalej w kierunku północno-zachodnim aż do Wielunia (ryc. 1). Rudy żelaza na obszarze częstochowsko-wieluńskim były eksploatowane głównie z tzw. formacji częstochowskich ilów rudonośnych wieku górny bajos–baton (Kopik, 1998).

Odpady po wydobyciu i przeróbce rudy były gromadzone na licznych hałdach rozmieszczonych między Przystajnią i Zawierciem (ryc. 1, 2). Na początku lat 70. XX w. w rejonie częstochowskim istniało 556 zwałowisk związanych z podziemnym wydobyciem rud żelaza, na których zgromadzono ok. 50 mln t odpadów (Serwan, 1972). Od zakończenia eksploatacji hałdy były stopniowo likwidowane – częściowo lub całkowicie (np. w wyniku wtórnej eksploatacji), a ich liczba sukcesywnie spada.

Zwałowiska podlegają procesom naturalnym, takim jak wywiewanie drobnych frakcji, spływy powierzchniowe, spłukiwanie i żłobienie na zboczach hałd bruzd erozyjnych przez wody opadowe czy samoczynne zalesianie. Istotną rolę w kształtowaniu morfologii hałd odgrywają przede wszystkim osuwiska.

Celem artykułu jest przedstawienie problematyki występowania ruchów masowych na hałdach powstałych po eksploatacji rud żelaza w rejonie częstochowskim, określenie intensywności tego zjawiska, charakterystyka cech morfometrycznych osuwisk oraz ich aktywności. Autorzy podjęli również próbę określenia czynników decydujących o powstawaniu osuwisk, w tym parametrów hałd, które mogą mieć znaczenie dla występowania ruchów masowych.

HISTORIA EKSPLOATACJI RUD ŻELAZA W REJONIE CZĘSTOCHOWSKIM

Pierwsze wzmianki na temat eksploatacji rud żelaza w rejonie częstochowskim sięgają lat 70. XIV w. (Serwan, 1981; Adamski, 1994; Pabich, 2011). W ciągu 600 lat wiel-

kość wydobycia zmieniała się w zależności od dostępnych metod górniczych, zapotrzebowania hutnictwa na rudy żelaza oraz różnych czynników społecznych i politycznych (tab. 1). W okresie 20-lecia międzywojennego Częstochowski Obszar Rudonośny dostarczał ok. 80% ogółu rud żelaza wydobywanych w Polsce (Adamski, 1994), zaś w latach 1945–1982 wydobyto tu ok. 46 mln ton rudy, co stanowiło 82% krajowego wydobycia (Pabich, 2011).

W XX w. eksploatację rud żelaza prowadzono w 7 rejonach: Żarki–Osiny, Jastrząb–Osiny, Bargły–Poczesna–Brzeziny, Konopiska–Łaziec–Dźbów, Gnaszyn–Wyrazów, Wręczyca, Truskolasy–Panki (Hermański, 1984) (ryc. 1, 2). W różnych okresach było tam czynnych 68 kopalń (Ratajczak, 1998). Od początku lat 70. ze względu na niską rentowność następował proces stopniowego ograniczania wydobycia rud żelaza i zamykania poszczególnych kopalń. W 1982 r. zamknięto ostatnią kopalnię – we Wręczyca Wielkiej. W sumie na terenie Częstochowskiego Obszaru Rudonośnego udokumentowano 27 złóż w kategoriach A+, B+, C₁ i C₂, o łącznych zasobach rud żelaza wynoszących 426 mln t (w przeliczeniu na żelazo 128 mln t; Adamski, 1994).

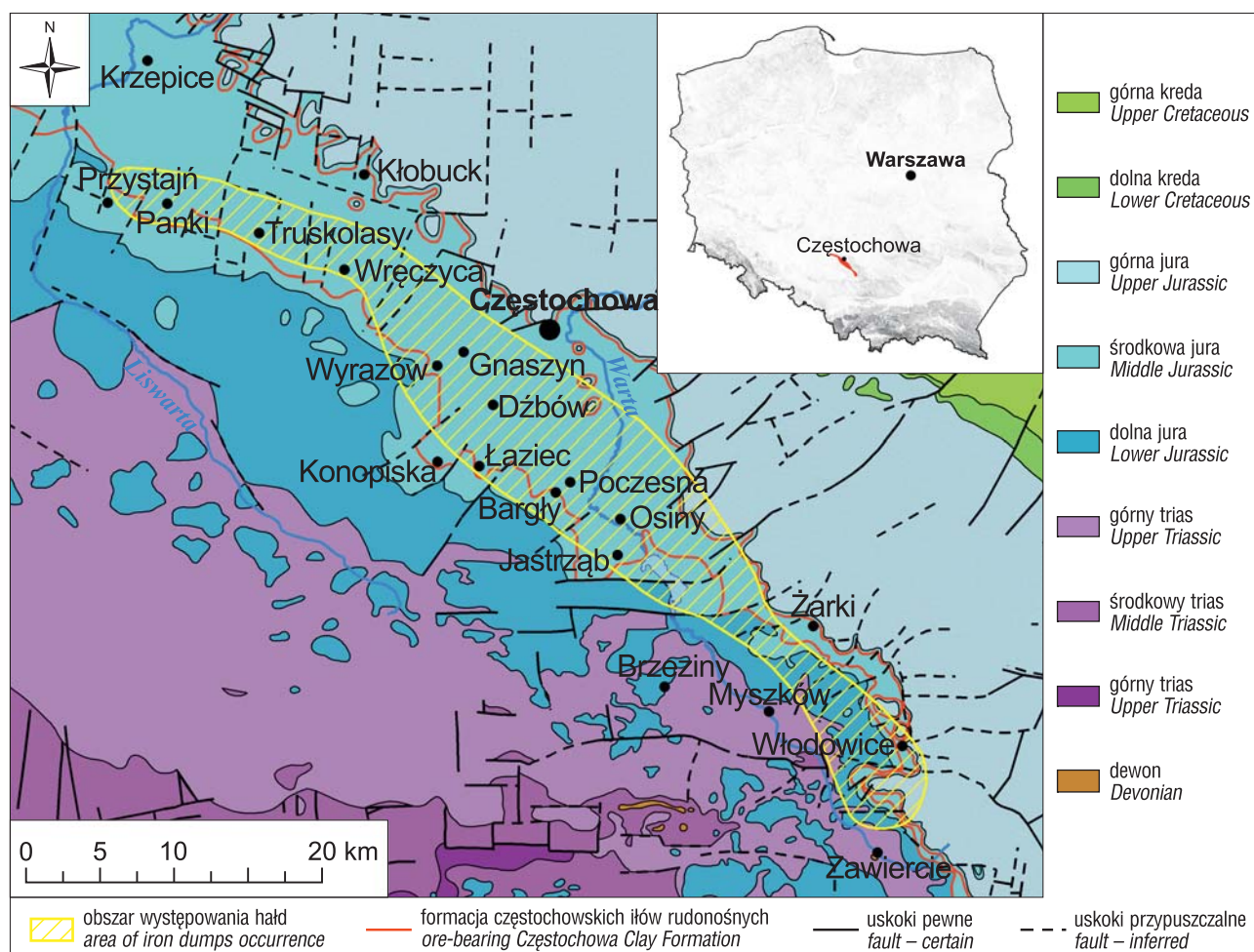
HAŁDY PO EKSPLOATACJI RUD ŻELAZA

Długotrwała eksploatacja rud żelaza pozostawiła liczne ślady oraz formy antropogeniczne (zarówno wklęsłe, jak i wypukłe). Hałdy poeksploatacyjne rud żelaza są jednym z najbardziej charakterystycznych elementów krajobrazu pomiędzy Krzepicami a Zawierciem (ryc. 1). W początkowej fazie (XIV–XVII w.), gdy wydobycie odbywało się głównie metodą powierzchniową i szybikową, eksploatacja koncentrowała się w rejonie Panek, Przystajni, Truskolas, Łojek, Bargłów czy Jastrzębia (ryc. 2). Największe hałdy pochodzą ze schyłkowego okresu wydobycia (lata 1950–1982), kiedy techniki górnicze pozwalały na intensywną eksploatację metodami podziemnymi.

W opracowaniu zostały uwzględnione hałdy o wysokości co najmniej 5 m i 50 m średnicy (lub długości). Nie

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Centrum Geozagrożeń, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków; kgor@pgi.gov.pl; ORCID: 0000-0002-0137-873X

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec; apiotr@pgi.gov.pl; ORCID: 0000-0002-9683-9841



Ryc. 1. Mapa geologiczna obszaru występowania hałd po eksploatacji rud żelaza (Kotlicki, 1979; Kaziuk, 1980; Haisig, 2008, 2011, ze zmianami)

Fig. 1. Geological map of the iron ore mining tips area (Kotlicki, 1979; Kaziuk, 1980; Haisig, 2008, 2011, modified)

zostały tu ujęte zwałowiska o mniejszych rozmiarach, których na opisywanym obszarze jest kilkaset. Na terenie Częstochowskiego Zagłębia Rudonośnego autorzy zidentyfikowali 84 zwałowiska poeksploatacyjne i poprzemysłowe spełniające powyższe kryteria (ryc. 2). Ich wielkość, kształt oraz forma były determinowane głównie metodą wydobywania oraz rodzajem składowanego materiału. Blisko 30% z nich objętych jest procesami ruchów masowych (tab. 2).

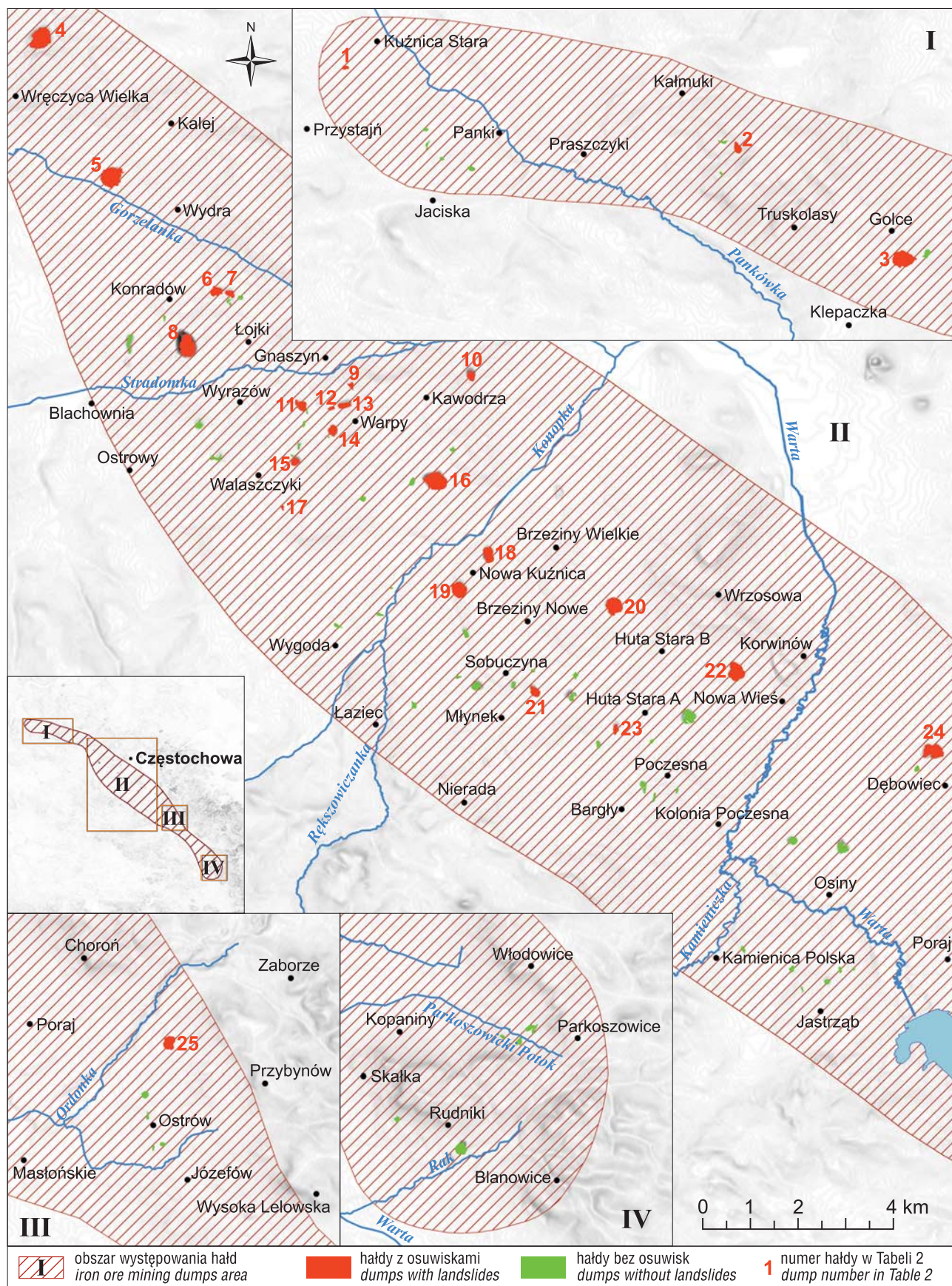
Powierzchniowo największy obszar zajmują hałdy: Malice – 15,11 ha, Wręczyca – 14,93 ha, Barbara szyb główny – 13,62 ha, XX-lecia PRL – 12,48 ha, Jerzy Nowy szyb 2 – 12,41 ha, Dębowiec – 10,17 ha, Tadeusz II – 10,07 ha, Szczekaczka – 9,5 ha i Kuźnica szyb główny – 8,0 ha (tab. 2). Wysokość względną powyżej 50 m osiągają hałdy: Malice – 57 m, XX-lecia PRL – 53 m, Wręczyca – 51 m oraz Jerzy Nowy szyb 2 – 51 m. Najwięcej odpadów górniczych zgromadzono na zwałowiskach: Wręczyca – 2852 tys. m³, Barbara szyb główny – 2458 tys. m³, Malice – 2243 tys. m³, Jerzy Nowy szyb 2 – 2070 tys. m³ i XX-lecia PRL – 2064 tys. m³. Większość z wyżej wymienionych hałd występuje w północno-zachodniej i środkowej części Częstochowskiego Obszaru Rudonośnego (ryc. 2).

Hałdy rejonu częstochowskiego mają różne kształty. Największe zwałowiska zostały uformowane jako nieregularne stożki ze ściętym wierzchołkiem lub wysokie pryzmy, a mniejsze mają najczęściej kształt wydłużonych

wałów lub płaskich, niskich pryzm (czasem zwieńczonych lub nadsypanych niewielkim stożkiem). W licznych przypadkach hałdy mają zróżnicowane bryły, będące kombinacją wymienionych powyżej, co świadczy o ich formowaniu w kilku etapach. Niejednokrotnie ich podstawę tworzyła prostokątna lub kwadratowa pryzma, a dopiero na niej była usypywana zasadnicza część zwałowiska w postaci stożka (Ratajczak, 1998). Występują tu również hałdy tworzące kompleksy: podwójne (Dębowiec), a nawet potrójne (Paweł V i Paweł VI).

Materiał, z którego zbudowane są hałdy, jest silnie zróżnicowany. Większość zwałowisk powstałych po roku 1950 była składowana nieselektywnie, a co za tym idzie materiał, który je tworzy, jest mieszany (Ratajczak, Korona, 2000). Ze względu na sposób powstawania odpadów i ich pochodzenie Ratajczak (1998) sugeruje podział hałd na trzy grupy:

- poeksploatacyjne, utworzone z ilów, łupków ilastych, mułowców, piaskowców oraz syderytów stanowiących odpady uzyskane podczas eksploatacji górniczej i zlokalizowane w rejonie kopalń (oznaczone literą E w tabeli 2);
- powstałe w trakcie procesów wzbogacania rud syderytowych tzw. wysiewki surowe (fragmenty syderytów lub rud z ilami o średnicy do 3 cm), będące efektem przesiewania i kruszenia rudy (oznaczone literą P w tabeli 2);
- powstałe w wyniku wzbogacania i prażenia rud w piecach prażalniczych (tzw. wysiewki prażone) oraz wytwa-



Ryc. 2. Szkic rozmieszczenia hałd z podziałem na obszary
 Fig. 2. Location of the dumps and the division into areas

Tab. 1. Wydobywanie rud żelaza w Częstochowskim Okręgu Rudonośnym (za Adamskim, 1994)
Table 1. Iron ore mining in the Częstochowa region (after Adamski, 1994)

Rok / Year	1390	1475	1580	1785	1820	1840	1900	1938	1967
Wydobywanie rudy żelaza [t] Iron ore output [t]	920	3600	9800	5500	530	2300	178 696	742 920	2 507 173

Tab. 2. Wykaz hałd Częstochowskiego Zagłębia Rudonośnego objętych osuwiskami
Table 2. List of dumps with landslides in the Częstochowa region

Numer No.	Nazwa hałdy Dump name	Powierzchnia hałdy [ha] Dump area [ha]	Wysokość maksymalna [m] Maximum height [m]	Objętość [tys. m ³] Volume [thous. m ³]	Rodzaj* Type*	Powierzchnia osuwisk [ha] Total landslides area [ha]	Wskaźnik osuwiskowości powierzchniowej hałdy [%] Landslide area indicator of the dump [%]
1	Otto	1,06	10	40	E	0,16	15
2	Czesław I	2,82	33	270	E	0,16	6
3	XX-lecia PRL	12,48	53	2064	E/P	8,71	70
4	Wręczyca	14,93	51	2852	E/P	9,23	62
5	Malice	15,11	57	2243	E/P	12,51	83
6	Jerzy Nowy szyb 4W	4,04	26	388	E	2,23	55
7	Jerzy Nowy szyb 4E	2,20	25	210	E	0,50	23
8	Jerzy Nowy szyb 2	12,41	51	2070	E	8,85	71
9	Paweł III	1,27	20	55	E	0,21	16
10	Barbara szyb 3	2,83	28	318	E	0,48	17
11	Franciszek Nowy	3,84	30	376	E/P	1,13	30
12	Paweł IV	0,95	21	53	E/P	0,12	13
13	Paweł I	2,85	21	190	E	0,28	10
14	Paweł V	3,33	31	331	E/P	1,48	45
15	Paweł VI	2,44	33	258	E/P	0,10	4
16	Barbara szyb główny	13,62	44	2458	E	9,49	70
17	Karol	0,57	17	25	E/P	0,01	2
18	Kuźnica szyb 8	5,97	26	613	E/P	4,05	68
19	Kuźnica szyb główny	8,00	33	950	E/P	3,92	49
20	Szczekaczka	9,50	49	1437	E	7,18	76
21	Maria IV/Aleksander I	3,49	24	252	E/P	2,81	81
22	Tadeusz II	10,07	44	1771	E/P	3,29	33
23	Druga Maszynowa	1,89	28	145	E	0,48	25
24	Dębowiec	10,17	44	1830	E/P	1,92	19
25	Żarki IV	5,68	39	842	E/P	2,04	36

* E – hałdy poeksploatacyjne, P – hałdy poprzarobcze (za Ratajczakiem, 1998)

* E – mining waste dumps, P – processing waste dumps (after Ratajczak, 1998)

rzania żelaza grudkowego (żelgrudy) w zakładach wielkopiecowych.

Na hałdy trafiały również skały pochodzące z prac udostępniających złoża (Fajer, Waga, 2012), a także elementy stanowiące części infrastruktury górniczej, przerobczej i jej wyposażenia (Ratajczak, 1998).

HISTORIA BADAŃ OSUWISK

Problematyka osuwisk powstałych na hałdach w rejonie częstochowskim nie była dotychczas szeroko dyskutowana. Część osuwisk zlokalizowanych na zwałowiskach znajdujących się w granicach Częstochowy została rozpoznana przez Piotrowskiego i Górkę (2018). W ramach opracowania zidentyfikowano 50 osuwisk rozwiniętych na hałdach, 19 zwałowisk wskazano jako tereny zagrożone wystąpieniem ruchów masowych. Analizie poddano hałdy

występujące w rejonie pomiędzy Gnaszynem a Nową Kuźnicą (ryc. 2). W części publikacji dotyczących hałd jedynie w śladowym stopniu odnotowano występowanie ruchów masowych. W pracy Gawora i in. (2015) zidentyfikowano formę genetyczną związaną z ruchami masowymi na zwałowisku we Wręczycy. Gawor (2017) stwierdził także obecność osuwisk na hałdach: Wręczyca, Malice, Tadeusz II i Barbara szyb główny. Występowanie osuwisk na hałdach zostało również opisane przez Ratajczaka (1998) oraz Ratajczaka i Koronę (2000). Fajer i Waga (2012) odnotowali jedynie, że materiał ilasty występujący na hałdach sprzyja przekształcaniu zboczy zwałowisk przez osuwiska.

Osuwiska związane z działalnością górniczą na terenie Polski były opisywane wielokrotnie. Na temat osuwisk związanych ze zwałowiskami odpadów po eksploatacji węgla kamiennego pisali Mularz i Rybicki (1977), Kroko-

szyński i Rybicki (2010) oraz Waga i Fajer (2020). Przedmiotem badań były także ruchy masowe powstałe na hałdach związanych z eksploatacją węgla brunatnego (Rzepisko, 1970; Milkowski, Nowak, 2009; Bednarczyk, 2019). Osuwiska związane z wyrobiskami górnictwami były opisywane przez Kaczarewskiego i in. (2003), Flisiaka i in. (2014), Kowalskiego i in. (2017) oraz Wódkę (2019).

METODYKA BADAŃ

W pierwszym etapie prac posłużono się Numerycznym Modelem Terenu (NMT) uzyskanym na podstawie danych z lotniczego skaningu laserowego (ALS) z lat 2011–2012, w celu wyznaczenia wszystkich zwałowisk w rejonie częstochowskim. Następnie w wyniku kwerendy dostępnych map oraz ortofotomapy wykluczono zwałowiska, które nie są wynikiem eksploatacji rud żelaza (wysypiska i hałdy po eksploatacji innych surowców).

W kolejnym etapie dokonano analizy hałd pod kątem występowania ruchów masowych. Ze względu na powtórzną eksploatację hałd, niejednoznaczną genezę części form widocznych na modelu, występowanie i zasięg wyznaczonych osuwisk weryfikowano w terenie. W trakcie prac terenowych pozyskiwano dane na temat występowania oraz specyfiki osuwisk, a także prowadzono obserwacje hałd, głównie pod kątem ich składu oraz zmian antropogenicznych na ich powierzchni. Analizę występowania ruchów masowych na hałdach związanych z eksploatacją sydereitowych rud żelaza Częstochowskiego Obszaru Rudonośnego przeprowadzono na wszystkich zwałowisk o wysokości powyżej 5 m i średnicy (długości) powyżej 50 m.

W ostatnim etapie pracy wykorzystano oprogramowanie Global Mapper, przeprowadzono szczegółową analizę parametrów morfometrycznych hałd (tab. 2) oraz wyznaczonych osuwisk. Dla części obszaru wykorzystano również nowsze dane ALS (z lat 2012 i 2019), udostępnione przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii (za pośrednictwem portalu geoportal.gov.pl). Na podstawie danych ALS z różnych okresów czasu, wygenerowano Numeryczne Modele Terenu. Finalnie wyniki porównania obrazu zwałowisk uzyskanych w różnych latach zestawiono w postaci różnicowych modeli terenu, co pozwoliło określić aktywność osuwisk, jak również uzyskać informacje o kierunkach i wartościach przemieszczeń pionowych oraz poziomych (u podstawy hałdy).

Terminologię i klasyfikację ruchów masowych przyjęto za Dikau i in. (1996) oraz Grabowskim i in. (2008), zwracając szczególną uwagę na specyfikę rozwoju osuwisk w utworach antropogenicznych. Dla całego obszaru hałd, jak również dla poszczególnych zwałowisk (tab. 2) obliczony został wskaźnik osuwiskowości powierzchniowej (Bober, 1984).

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

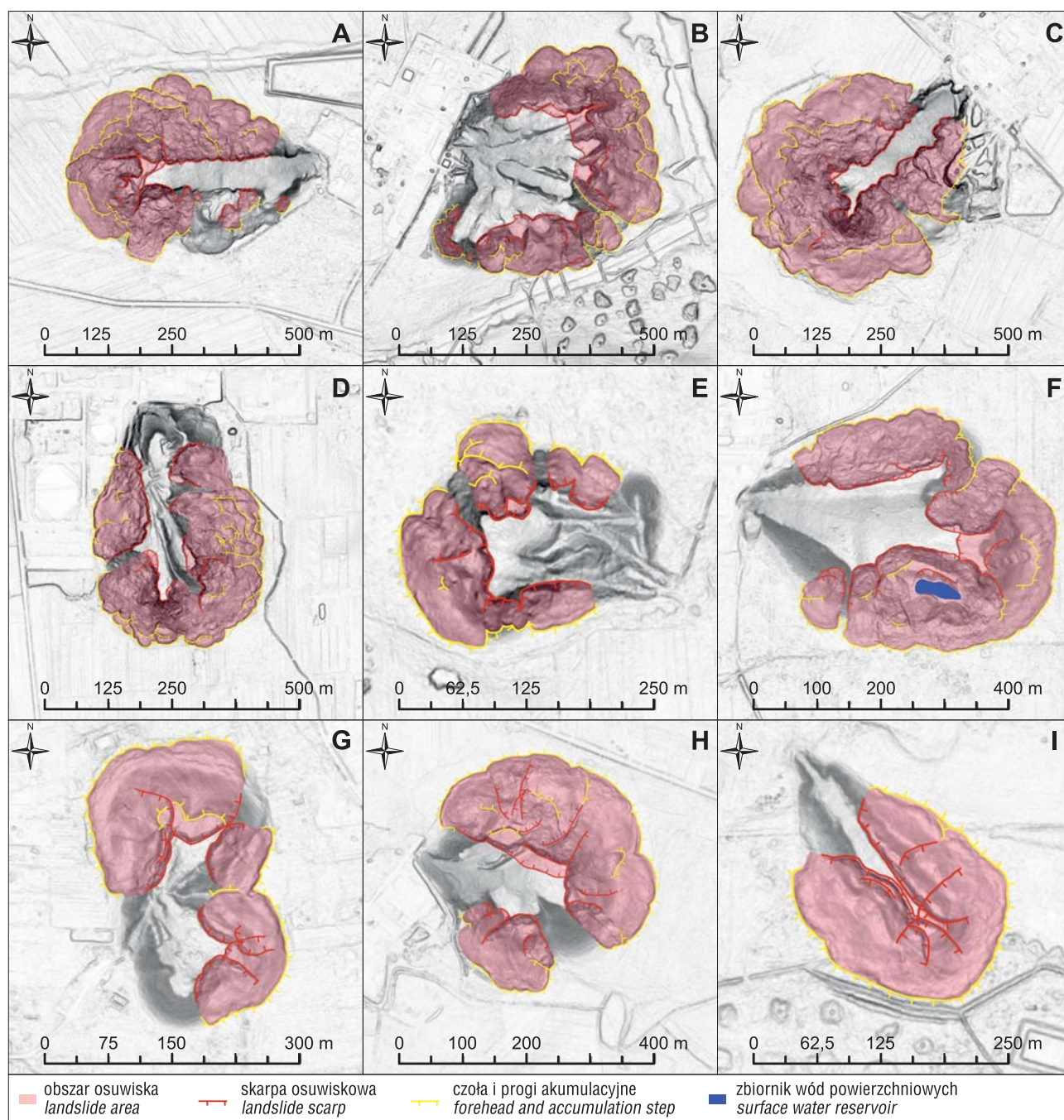
Występowanie ruchów masowych stwierdzono na 25 (spośród 84) zwałowiskach. Łącznie rozpoznano i udokumentowano ok. 97 osuwisk, o łącznej powierzchni 81,35 ha. Ze względu na fakt, że w przypadku największych hałd osunięciu uległy całe brzeżne strefy zwałowisk, w niektórych przypadkach młodsze osuwiska przekształ-

cały starsze formy, a na poszczególnych osuwiskach występowały mniejsze, wtórne zsuwy, to wskazaną powyżej liczbę zinventaryzowanych osuwisk należy traktować jako przybliżoną.

W najbardziej północno-zachodnim fragmencie omawianego terenu, między Przystajnią i Golcami (obszar I na rycinie 2) liczba zwałowisk jest niewielka. Osuwiska rozpoznano jedynie na trzech większych hałdach (Otto, Czesław I oraz XX-lecia PRL). W środkowej części obszaru rudonośnego (obszar II na rycinie 2), między Wręcyczą Wielką i Dębowcem ruchy masowe występują bardzo powszechnie, w zasadzie na wszystkich zwałowiskach o większych rozmiarach, jak również na części mniejszych hałd. W południowo-wschodniej części analizowanego obszaru, pomiędzy Choroniem i Rudnikami (obszary III i IV na rycinie 2) stwierdzono zaledwie jedno osuwisko (na hałdzie Żarki IV).

Na potrzeby niniejszej publikacji hałdy objęte ruchami masowymi podzielono na 3 grupy, ze względu na stopień przekształcenia ich powierzchni przez ruchy masowe. Pierwszą grupę stanowią hałdy z rozległymi, szerokimi strefami osuwiskowymi, obejmującymi swoim zasięgiem większe części zwałowisk (55–83%) (ryc. 3). W przypadku największych hałd osuwiska rozwinęły się na niemal całym obwodzie zwałowisk. Tego typu zjawiska mają miejsce w przypadku hałd: XX-lecia PRL (Golce), Wręcycza, Malice, Jerzy Nowy szyb 2, Jerzy Nowy szyb 4W, Barbara szyb główny, Kuźnica szyb 8, Szczekaczka i Maria IV (Aleksander I). Na hałdach Malice i Maria IV ponad 80% ich powierzchni stanowią obszary osuwiskowe. W drugiej grupie znalazły się hałdy, na których osuwiska rozwinęły się na całych zboczach, ale nachylonych tylko w jednym kierunku (ryc. 4). Sytuacja taka występuje na hałdzie Kuźnica szyb główny i Żarki IV, gdzie osunięciu uległa najmłodsza (najdalsza w stosunku do inicjalnej części) skarpa poszczególnej hałdy. Może to być efektem niskiego stopnia kompaktacji w tej części zwałowiska, jak również orientacji skarpy względem kierunku transportu materiału i przyrastania hałdy (osunięciu uległy jedynie zbocza o ekspozycji zachodniej, tam gdzie odpady były transportowane taśmociągami ze wschodu na zachód, lub zbocza północne, tam gdzie przyrost hałdy odbywał się z południa na północ). Do trzeciej i najbardziej licznej grupy zaliczają się zwałowiska z osuwiskami obejmującymi nieznaczne fragmenty zboczy hałd, często nie sięgającymi szczytu i/lub podstawy hałdy, a także obejmującymi całą pionową rozciągłość zwałowiska, ale silnie ograniczonymi horyzontalnie (ryc. 5). Osuwiska na hałdach z tej grupy najczęściej występują pojedynczo, sporadycznie tylko stykając się ze sobą w załomowej strefie zboczy – miejscu, w którym zmienia się orientacja zbocza hałdy względem kierunku geograficznego (ryc. 5F, H). W III grupie znalazły się osuwiska rozwinęte na hałdach: Otto, Czesław I, Jerzy Nowy szyb 4E, Paweł III, Barbara szyb 3, Franciszek Nowy, Paweł IV, Paweł V, Paweł I, Paweł V, Karol, Druga Maszynowa, Tadeusz II i Dębowiec.

Ruchy masowe występujące na hałdach charakteryzują się dużą różnorodnością. Rozległe strefy osuwisk są często efektem wieloetapowego rozwoju osuwisk zarówno w pionie, jak i w rozwinięciu liniowym, związanego z sukcesją ruchów masowych. Przykładem rozwoju takiej strefy jest hałda XX-lecia PRL (ryc. 6). W pierwszym etapie powierzchnia poślizgu znajdowała się prawdopodobnie na

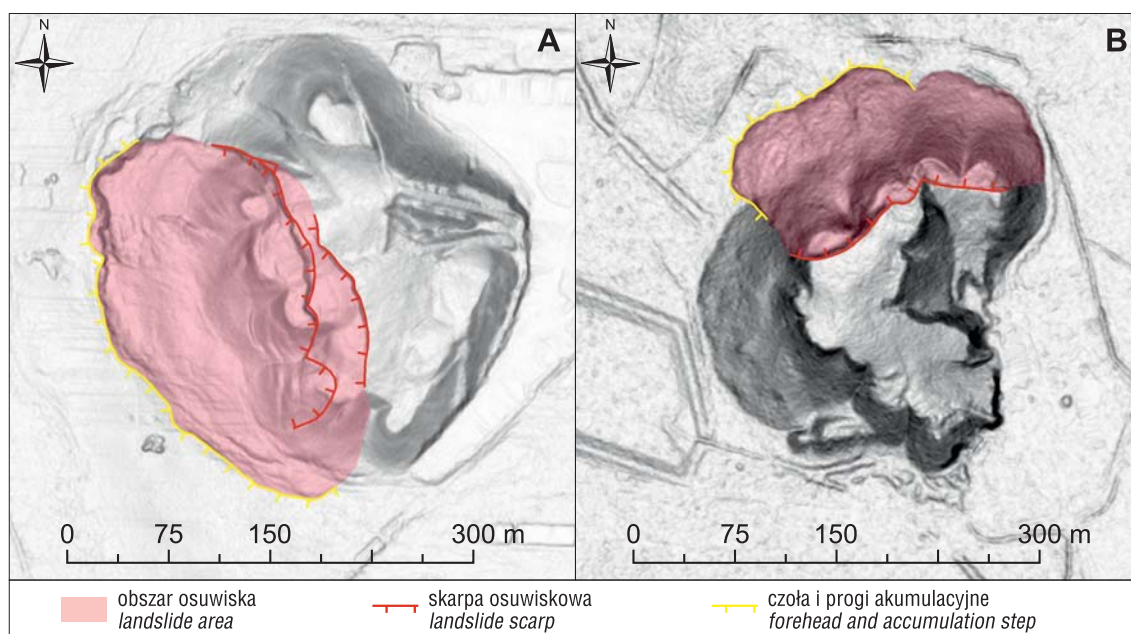


Ryc. 3. Osuwiska grupy I na hałdzie: **A** – XX-lecia PRL (Golce), **B** – Wręczyca, **C** – Malice, **D** – Jerzy Nowy szyb 2, **E** – Jerzy Nowy szyb 4W, **F** – Barbara szyb główny, **G** – Kuźnica szyb 8, **H** – Szczekaczka, **I** – Maria IV (Aleksander I)

Fig. 3. Landslides of Group I in the dump: **A** – XX-lecia PRL (Golce), **B** – Wręczyca, **C** – Malice, **D** – Jerzy Nowy pit 2, **E** – Jerzy Nowy pit 4W, **F** – Barbara main pit, **G** – Kuźnica pit 8, **H** – Szczekaczka, **I** – Maria IV (Aleksander I)

granicy hałdy i podłoża. Każde kolejne (młodsze) osunięcie rozpoczyna się skarpią zlokalizowaną wyżej i głębiej w obrębie hałdy, od poprzedniego zsuwu. Z kolei czoło każdego młodsze zsuwu zatrzymywało się powyżej czoła starszego osuwiska. W rezultacie powierzchnie młodszych osuwisk są bardziej poлогіe i cechują się mniejszą deniwelacją od starszych form. O kolejności poszczególnych zsuwów można również wnioskować na podstawie ich relacji horyzontalnych, w przypadkach gdy nowopowstałe osuwiska częściowo wkraczały w granice starszych form. Transformacja starszych osuwisk przez młodsze generacje ruchów masowych jest zjawiskiem powszechnym, zwłaszcza w strefie bocznych załamów zwałowisk. Domi-

nującym typem osuwisk są tu zsuwy, głównie rotacyjne, typowe dla ośrodków izotropowych, jakimi są utwory nasypowe tworzące hałdy. Występują tu pojedyncze zsuwy rotacyjne, jak również sukcesywne i wielokrotne. Te ostatnie są związane z częstym odmładzaniem stref osuwiskowych nowymi generacjami ruchów masowych (zob. Dikau i in., 1996). Rzadziej występują osuwiska translacyjne, przemieszczane po płaskich powierzchniach, natomiast, pomimo że w zasadzie brak tu typowych spływów, to w co najmniej kilku przypadkach można się doszukiwać osuwisk mieszanych typu complex, które są połączeniem zsuwu i spływu upłynnionego materiału (zob. Dikau i in., 1996).



Ryc. 4. Osuwiska grupy II na hałdzie: A – Kuźnica szyb główny, B – Żarki IV
 Fig. 4. Landslides of Group II in the dump: A – Kuźnica main pit, B – Żarki IV

Osuwiska powstałe na zachodnich zboczach hałdy Kuźnica szyb główny oraz północnych zboczach hałdy Żarki IV (ryc. 4) mają charakter zsuwów rotacyjnych, z nieznacznym przemieszczeniem materiału wzdłuż wklęsłocylindrycznej (listrycznej) powierzchni poślizgu w górnej części osuwiska (maksymalna wysokość skarp nie przekracza tu 4 m), bez wyraźnych deformacji powierzchni osuwiska, za to ze znacznym przemieszczeniem jęzora osuwiskowego na przedpolu hałdy. Na osuwisku na hałdzie Kuźnica szyb główny występują dwa rzędy niemal równoległych skarp, świadczących o jego rozwoju w dwóch etapach. Cała osunięta część hałdy Żarki IV to jeden, niezaburzony płat osuwiskowy – tzw. *landslide body* (Dikau i in., 1996; Margielewski, 2009). Do powstania tych osuwisk doszło na skutek dostawy znacznej ilości wody do słabo przepuszczalnych odpadów występujących na hałdzie, a w efekcie zwiększenia ciężaru hałdy i zmniejszenia kohezji ziaren (Firmanda, Nayoan, 2022), ale również silnego nawodnienia powierzchni terenu pod hałdą, która stanowiła powierzchnię poślizgu.

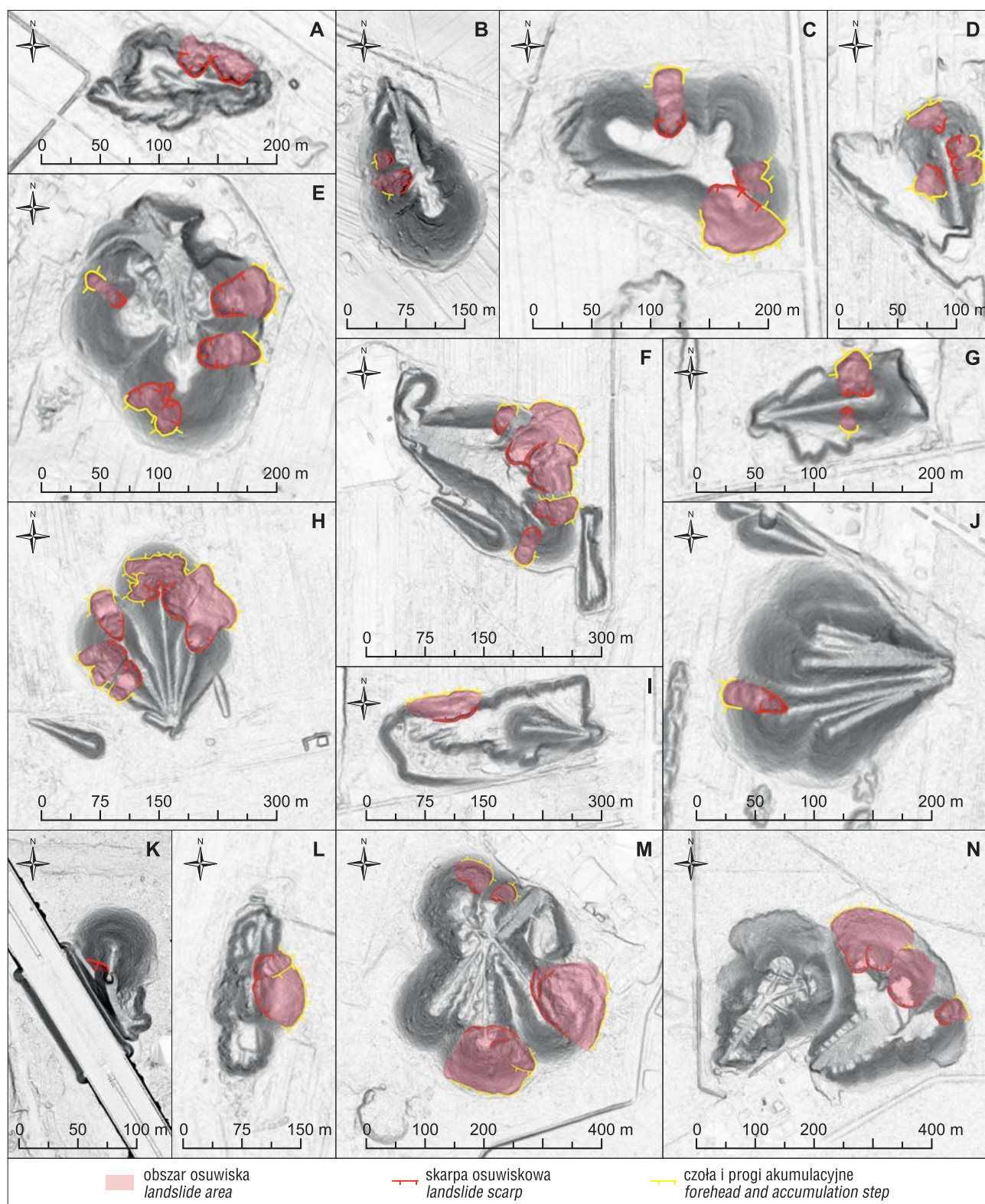
Ostatnią grupę osuwisk stanowią pojedyncze zsuwy, przeważnie o niewielkiej powierzchni, najczęściej związane z hałdami o mniejszych rozmiarach (ryc. 5), chociaż tego typu niewielkie formy stwierdzono również w strefach osuwiskowych rozwiniętych na największych zwałowiskach. Osuwiska tego typu powstają w trakcie jednego epizodu (przemieszczenia), najczęściej jako izolowane formy na zboczu hałdy, a tylko sporadycznie dochodzi do prze-modelowania starszego osuwiska przez młodszą generację zsuwów (ryc. 5F, H). Koluwia najmniejszych osuwisk często nie powiększają pierwotnego zasięgu hałdy (lub wkraczają na jej przedpolu w bardzo ograniczonym zakresie), a w niektórych przypadkach zatrzymują się na jej zboczu (ryc. 5B, E).

Na 25 najmniejszych hałdach, mających postać wałów i przyzm, o maksymalnych wysokościach względnych poniżej 10 m, nie odnotowano występowania ruchów masowych. Spośród 50 hałd o wysokości do 20 m przejawy niewielkich ruchów masowych zarejestrowano jedynie na

dwóch zwałowiskach (hałdy Otto i Karol). Jednocześnie na wszystkich hałdach o wysokości powyżej 40 m stwierdzono występowanie ruchów masowych na dużą skalę (osunięciu uległo co najmniej 19% powierzchni hałdy, ale najczęściej wartości te mieściły się w przedziale 60–80%).

Skarpy większości hałd są nachylone pod kątem 20–40° (na obszarach nie objętych ruchami masowymi). Zależność między kątem nachylenia skarp i intensywnością występowania ruchów masowych nie jest jednoznaczna. Pokażne zbocza hałd nachylone pod kątami przekraczającymi 35° (np. Dębowiec – 37°, Teodor II – 37°, Żarki IV – 36°) nie uległy osunięciu, podczas gdy na hałdach o bardziej połogich nachyleniach (Wręczyca – do 30°, Szczekaczka – do 30°, Barbara szyb główny – do 31°) zachodziły ruchy masowe na bardzo dużą skalę (osunięciu uległo odpowiednio: 62, 76 i 70% zwałowiska). W wyniku wystąpienia ruchów masowych na największych hałdach, koluwia osuwiskowe zostały przemieszczone (czasem na odległość kilkudziesięciu metrów) na jej przedpolu, co spowodowało spadek nachylenia zboczy przekształconych przez ruchy masowe (przeważnie o kilka, kilkanaście stopni w stosunku do pierwotnych nachyleń).

Najwyższe skarpy główne powstały w osuwiskach na hałdach: Barbara szyb główny (15 m), Jerzy Nowy szyb 2 (14 m) oraz Szczekaczka (10 m). Większość skarp głównych, jak również wtórnych, nie przekracza wysokości 2–3 m. Najczęściej skarpy tworzą formy o kształcie łuków i zakoli oraz rozpiętości (średnicy) kilku, kilkudziesięciu metrów. W kilku przypadkach przebieg skarp jest zbliżony do prostoliniowego (ryc. 3H, I). Powierzchnia koluwiów często została ukształtowana w formie nabrzmień i spiętrzeń, poprzecznych do kierunku zsuwu. W przypadku kilku hałd, w miejscach, gdzie skarpa osuwiska wkroczyła w obręb szczytowego spłaszczenia doszło do osunięcia niezaburzonego płatu (*landslide body*), tworzącego wyraźny próg w górnym fragmencie osuwiska. W centralnych częściach osuwisk większe progi akumulacyjne i wypłaszczenia wewnątrz osuwiskowe (zob. Grabowski i in., 2008) należą do rzadkości. Jedynie na południowych zboczach

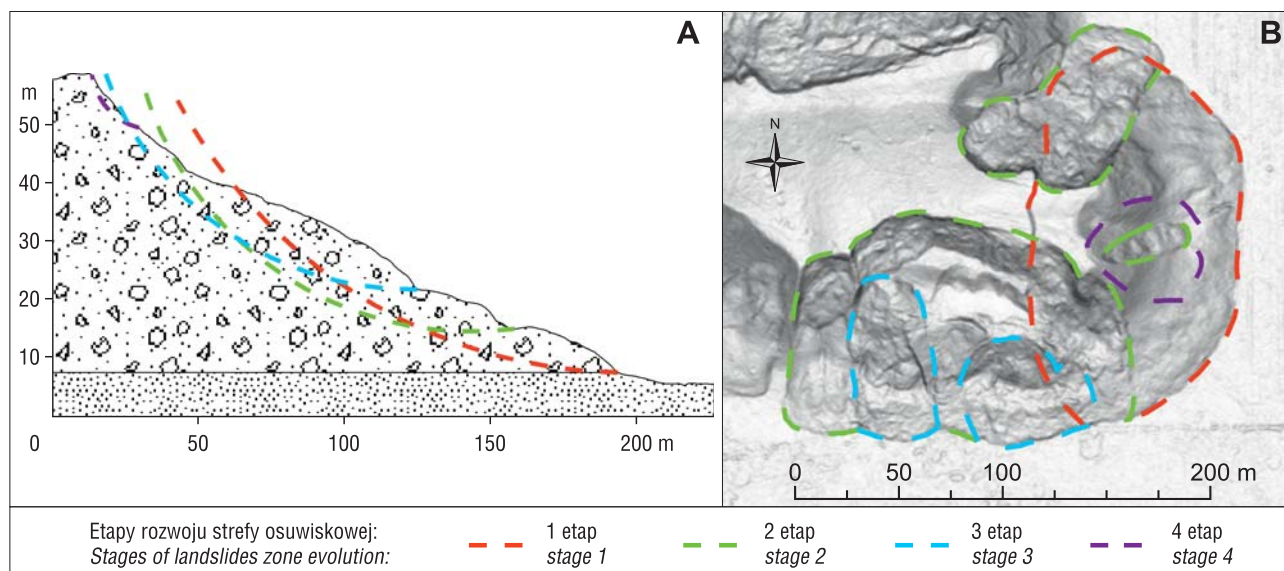


Ryc. 5. Osuwiska grupy III na hałdzie: **A** – Otto, **B** – Czesław I, **C** – Jerzy Nowy szyb 4E, **D** – Paweł III, **E** – Barbara szyb 3, **F** – Franciszek Nowy, **G** – Paweł IV, **H** – Paweł V, **I** – Paweł I, **J** – Paweł VI, **K** – Karol, **L** – Druga Maszynowa, **M** – Tadeusz II, **N** – Dębowiec
Fig. 5. Landslides of Group III in the dump: **A** – Otto, **B** – Czesław I, **C** – Jerzy Nowy pit 4E, **D** – Paweł III, **E** – Barbara pit 3, **F** – Franciszek Nowy, **G** – Paweł IV, **H** – Paweł V, **I** – Paweł I, **J** – Paweł VI, **K** – Karol, **L** – Druga Maszynowa, **M** – Tadeusz II, **N** – Dębowiec

hałdy Szczekaczka doszło do uformowania wypłaszczenia, w którym powstało zagłębienie bezodpływowe dość znacznych rozmiarów (średnica ok. 65 m).

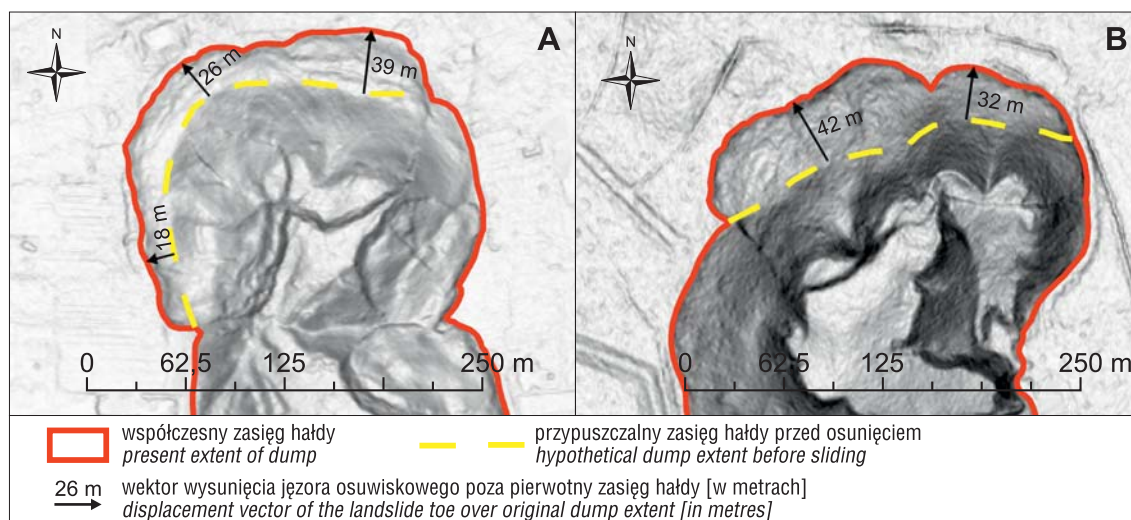
W czołowej strefie osuwisk, w wielu miejscach doszło do znacznych przemieszczeń materiału koluwalnego. W przypadku kilku osuwisk zarejestrowano szczeliny

poprzeczne, występujące w obrębie jezora osuwiskowego (Wręczyca, XX-lecie PRL, Malice). Jezory poszczególnych osuwisk często uległy przemieszczeniu na przedpole hałdy, na odległość dochodzącą do kilkudziesięciu metrów (ryc. 7). Wydaje się, że znaczne wartości modułów wektorów przemieszczeń jezorów osuwiskowych, wynikają z ro-



Ryc. 6. Schemat rozwoju strefy osuwiskowej: **A** – na północnym zboczu hałdy XX-lecia PRL, **B** – w południowo-wschodniej części hałdy Barbara szyb główny

Fig. 6. Schema of the landslides zone evolution: **A** – on the north slope of the XX-th years PRL dump, **B** – in south-east part of the Barbara main pit dump



Ryc. 7. Przemieszczenia jęzora osuwiskowego na przedpolu hałdy: **A** – Kuźnica szyb 8, **B** – Żarki IV

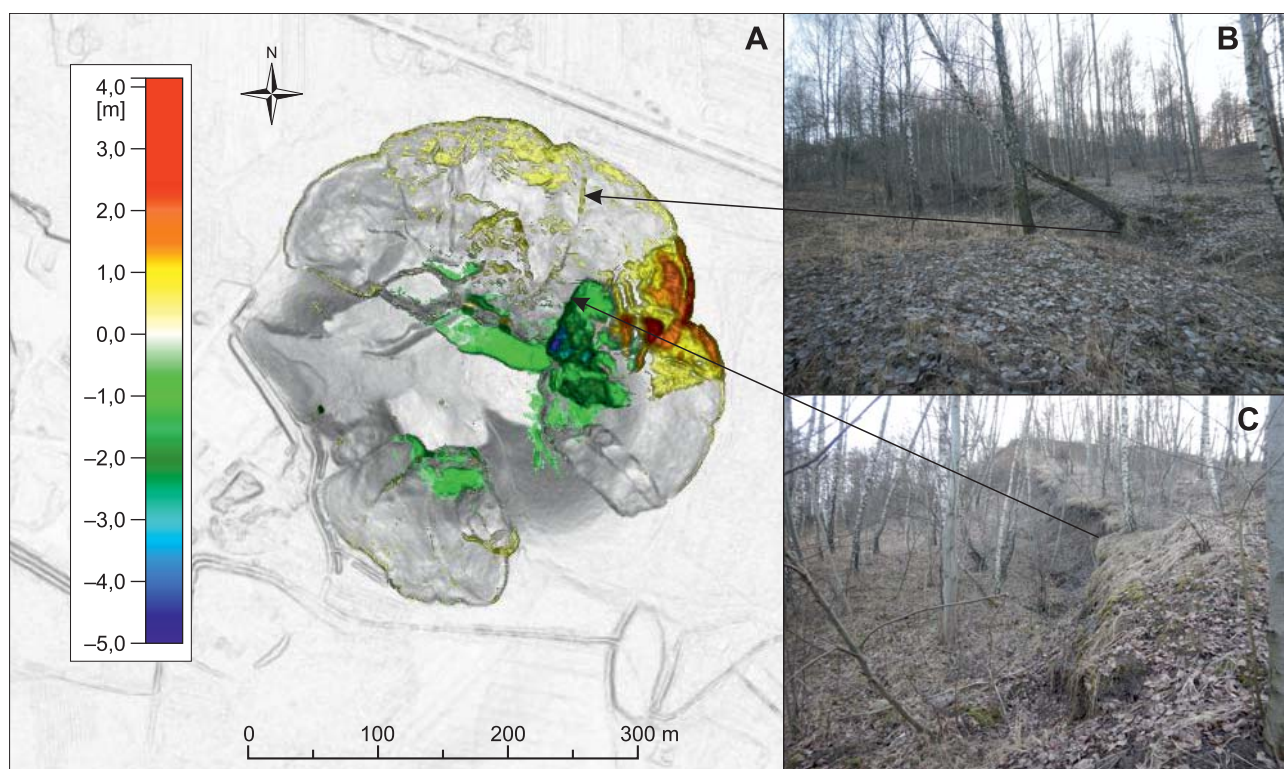
Fig. 7. Landslide toe displacement in the foreground of the dump: **A** – Kuźnica pit 8, **B** – Żarki IV

tacyjnego charakteru ruchu osuwiska po powierzchni poślizgu sięgającej do podstawy hałdy. W przypadku kilku hałd (np. Malice, Szczekaczka) zaobserwowano intensywne wysięki i sączenia spod zwałowiska, sugerujące występowanie silnie nawodnionej strefy na granicy powierzchni terenu i hałdy.

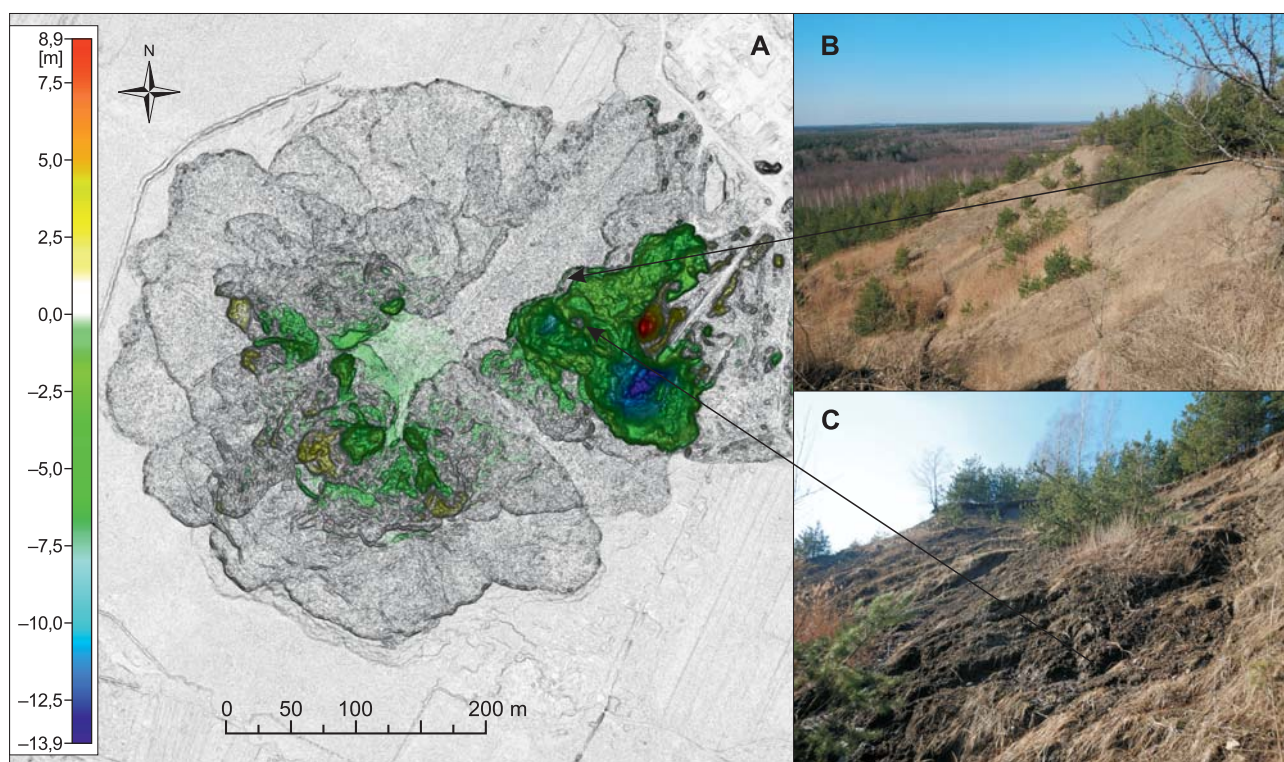
Materiałem tworzącym zwałowiska w zdecydowanej większości są luźne fragmenty skał zbudowanych z frakcji ilastej i pylastej oraz obecnością (lokalnie) frakcji piaszczystej poniżej 20% (Piecuch, 1979). Znaczny udział w budowie hałd stanowią również fragmenty syderytów o nierównej, silnie porowatej (a nawet kawernistej) powierzchni. Wszystko to w połączeniu ze sposobem formowania zwałowisk (nieselektywnym i w stosunkowo szybkim tempie) oraz niskim stopniem kompaktacji spowodowało silną porowatość hałd, sięgającą 50–60% (Greszta, 1963). Doprowadzenie znacznych ilości wody do przypowierzchniowych części hałd mogło zatem skutkować

szybką infiltracją wody i upłynnieniem zwałowiska, jak również znacznym, chwilowym wzrostem jego ciężaru. Występowanie w płaskich, grzbietowych (wierzchwinowych) częściach hałd również niezaburzonych pakietów osuwiskowych sugeruje jednak duże zróżnicowanie w stopniu kompaktacji lub porowatości nawet w obrębie jednego zwałowiska.

Zakończenie eksploatacji w większości kopalń Częstochowskiego Zagłębia Rudonośnego przypadło na schyłek 70. i początek 80. lat XX w., dlatego na ten okres można datować najstarsze, widoczne współcześnie na hałdach formy osuwiskowe (w literaturze brak informacji na temat występowania ruchów masowych w trakcie formowania zwałowisk). Przynajmniej część osuwisk na hałdach Wręczyca i Malice istniała już w ostatnich latach XX w. (Ratajczak, 1998; Ratajczak, Korona, 2000). Pomimo że rozwój pierwszych osuwisk (na największych hałdach) miał miejsce w latach 80. i 90. (lub jeszcze w trakcie formowania



Ryc. 8. Hałda Szczekaczka: **A** – model różnicowy (08.2011–08.2012 r.), **B** – jezior osuwiska, **C** – skarpa odmłodzonej części osuwiska
Fig. 8. Szczekaczka dump: **A** – DDM (08.2011–08.2012), **B** – landslide toe, **C** – scarp of landslide's younger part



Ryc. 9. Hałda Malice: **A** – model różnicowy (04.2012–08.2019 r.), **B** – skarpa główna osuwiska, **C** – koluwium
Fig. 9. Malice dump: **A** – DDM (04.2012–08.2019), **B** – main landslide scarp, **C** – colluvium

zwałowisk), to intensywne ruchy masowe na zwałowiskach zachodziły również w ostatnim dziesięcioleciu.

Liczne przejawy aktywności osuwisk można zaobserwować w północnej i wschodniej części hałdy Szczekaczka (ryc. 8). Sama hałda ma wysokość 49 m i powierzchnię

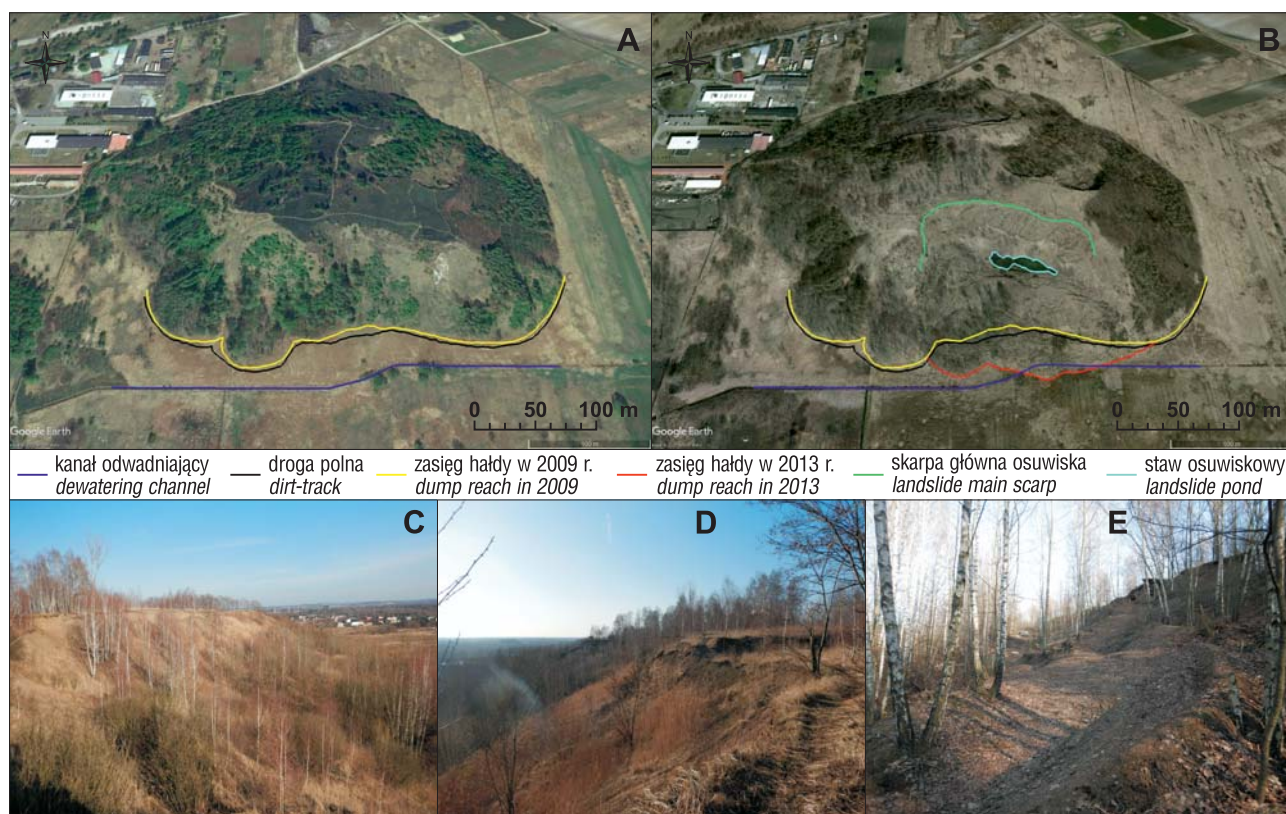
blisko 9,5 ha. Zbudowana jest wyłącznie z odpadów poeksploatacyjnych (iłów i iłupków, piasków i piaskowców oraz syderytów). Kopalnia *Szczekaczka* prowadziła wydobycie od 1962 r. i hałda związana z jej działalnością jest jedną z najmłodszych na analizowanym obszarze. Zwało-

wisko ma kształt okrągłego stożka o spłaszczonym szczycie i skarpach nachylonych pod kątem 25–30°. Doszło tu do osunięcia całych brzeżnych fragmentów zwałowiska oraz znacznego wypchnięcia mas koluwalnych poza pierwotny obszar hałdy. Osuwiska rozpoczynają się tu kilkoma skarpami o zmiennych kierunkach i wysokości 4–10 m, nachylenymi pod kątem ok. 35°. W szczytowej, płaskiej części hałdy stwierdzono skarpe o przebiegu NEE–SWW, której wysokość między sierpniem 2011 i sierpniem 2012 r. zwiększyła się o ok. 1 m (ryc. 8). Analiza różnicowego modelu terenu, sporządzonego na podstawie danych ALS obejmujących wspomniany wyżej okres, sugeruje znaczne przemieszczenia koluwiów w strefie załomu północnego i wschodniego zbocza zwałowiska. Maksymalne zmiany wysokości powierzchni terenu w odstępnie zaledwie roku mieściły się tu w przedziale od –5,0 do 4,15 m. Z kolei moduł wektora poziomego przemieszczenia koluwiów na przedpolu hałdy w tym okresie osiągnął wartości rzędu 3–4 m. Na podstawie różnicowego modelu terenu można zaobserwować różne przejawy aktywności we wszystkich osuwiskach na hałdzie Szczekaczka.

Kolejnym zwałowiskiem, na którym nieprzerwanie zachodzą intensywne ruchy masowe, jest hałda Malice. Jest to najwyższe zwałowisko Częstochowskiego Obszaru Rudonośnego osiągające wysokość względną 57 m i zajmujące powierzchnię 14,9 ha. Podobnie jak w przypadku hałdy Szczekaczka, ma kształt stożka, płasko ściętego w górnej części, a poza odpadami eksploatacyjnymi tworzą ją również odpady poprzrobocze. Kopalnia *Malice* prowadziła eksploatację w latach 1960–1976. Różnicowy model

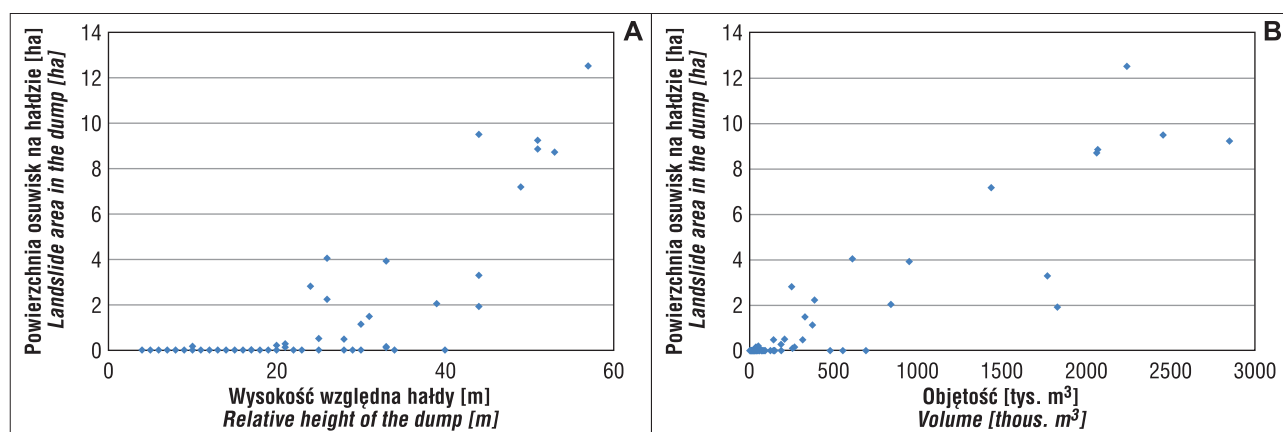
terenu wykonany dla okresu od kwietnia 2012 do sierpnia 2019 r. (ryc. 8) prezentuje obraz występowania ruchów masowych w południowo-zachodniej i przede wszystkim wschodniej części zwałowiska (ze względu na wykonanie nalotów w różnych porach roku i różny stan vegetacji roślin na modelu pominięto wartości 0–1 m). Przemieszczenia koluwiów w pionie osiągają wartości od –13,9 do 8,9 m. We wschodniej części hałdy ruchy masowe spowodowane zostały przez powtórą eksploatację hałdy i podcinanie zbocza u jego podstawy, dlatego też w tej części zwałowiska jego powierzchnia ulega wyłącznie obniżaniu, a w dolnej części brak jest akumulacji koluwiów (obszary oznaczone w tej części hałdy na czerwono i żółto to antropogeniczne odsypy). W południowo-zachodniej części hałdy zaznacza się kilka niewielkich zsuwów ze skarpami dochodzącymi do 2–3 m wysokości i czołami o wysokości do 2 m. Wydaje się, że w wyniku osunięć znacznych fragmentów zbocza doszło również do zaburzenia stabilności najwyższej, grzbietowej części hałdy, gdzie osuwiska do tej pory nie występowały, a mimo to ta część zwałowiska również ulega nieznacznemu osiadaniu (nie można jednoznacznie ocenić czy jest to jedynie efekt kompaktacji materiału czy inicjalna faza powstawania osuwiska).

Dla hałdy Barbara szyb główny analizy porównawczej obrazu hałdy dokonano na podstawie archiwalnych zdjęć lotniczych z lat 2009 i 2013 dostępnych w aplikacji Google Earth Pro (ryc. 10). Jest to hałda poeksploatacyjna, o maksymalnej wysokości 44 m. Zdjęcie południowych zboczy zwałowiska z 2013 r. przedstawia obraz rozległego zsuwu rozpoczynającego się skarpe dochodzącą do 15 m wysoko-



Ryc. 10. Hałda Barbara szyb główny: **A** – na zdjęciu lotniczym z aplikacji Google Earth (04.2009 r.), **B** – na zdjęciu lotniczym z aplikacji Google Earth (05.2013 r.), **C** – osuwisko na południowym zboczu, **D** – skarpe główne osuwiska na południowym zboczu, **E** – skarpe główne na północnym zboczu

Fig. 10. Barbara main pit dump: **A** – the view from Google Earth (04.2009), **B** – the view from Google Earth (05.2013), **C** – landslide on the south slope of the dump, **D** – landslide main scarp on the south slope, **E** – landslide main scarp on the north slope



Ryc. 11. Wykres zależności powierzchni osuwisk na hałdzie od: A – wysokości względnej hałdy, B – ilości zgromadzonych odpadów
Fig. 11. Correlation diagram of landslide areas in the dump and: A – relative height of the dump, B – amount of waste

ści. Jęzor osuwiskowy został wypchnięty na przedpole hałdy w kierunku południowym na odległość miejscami przekraczającą 40 m. Tym samym doszło do zasypania przebiegającej bezpośrednio pod hałdą drogi oraz znajdującego się w odległości ok. 30–40 m kanału odwadniającego. W górnej części osuwiska powstało zagłębienie osuwiskowe, w którym utworzył się znacznych rozmiarów staw (o powierzchni ok. 0,06 ha). Prawdopodobnie analizowane osuwisko uaktywniło się w trakcie katastrofalnych opadów w 2010 r. (jest widoczne na NMT z 08.2011 r.).

Dla hałd Częstochowskiego Zagłębia Rudonośnego obliczono wskaźnik osuwiskowości powierzchniowej (wg Bobera, 1984; Grabowskiego i in., 2008). Wskaźnik ten, liczony jako stosunek łącznej powierzchni osuwisk do całkowitej powierzchni występujących tu 84 hałd poeksploatacyjnych, wynosi 36%. W przypadku uwzględnienia tylko hałd, na których zarejestrowano osuwiska (25 hałd) wskaźnik osuwiskowości powierzchniowej wynosi 53,8%.

WNIOSKI

Głównymi czynnikami decydującymi o powstawaniu osuwisk na hałdach jest wysokość względna zwałowiska (długość zboczy hałdy) oraz jego objętość (kubatura). Wartością graniczną wysokości hałdy, powyżej której następuje skokowy wzrost występowania ruchów masowych, jest 24 m (ryc. 11A). Na hałdach, które nie mają takiej wysokości, ruchy masowe występują jedynie w bardzo ograniczonym zakresie lub wcale. Na hałdach o wysokości powyżej 40 m osuwiska tworzą rozległe strefy osunięć, przeważnie obejmując swoim zasięgiem większą część zwałowiska. Z kolei w przypadku objętości zwałowanego materiału zarysowuje się trend sugerujący proporcjonalny wzrost powierzchni osuwisk wraz ze wzrostem objętości (ilości) materiału na hałdzie (ryc. 11B). Przeprowadzone analizy nie wykazały bezpośredniego związku między kątem nachylenia skarp zwałowisk, a intensywnością występowania ruchów masowych.

Nie zauważono relacji pomiędzy rozwojem osuwisk a ekspozycją zbocza. Wprawdzie pojawiają się dominujące kierunki przemieszczeń grawitacyjnych (N–E, W oraz S), jednak są one związane z kierunkiem wydłużenia osi hałd, wynikającej z technologii zastosowanej do gromadzenia odpadów na zwałowiskach (transport taśmociągami). Najbardziej intensywne ruchy masowe zachodzą na najwyższych hałdach, uformowanych w kształcie ściętych stożków i wysoko ściętych przyz (przeważnie asymetrycznych).

Wynika to z faktu, że w takiej formie gromadzono materiał na największych i najwyższych zwałowiskach. Wśród niższych hałd, o wyżej wskazanych kształtach, osuwiska występują w bardzo ograniczonej formie lub całkowicie ich brak, podobnie jak w przypadku niskich przyz i podłużnych wałów.

Osuwiska na hałdach rozwinęły się w utworach luźnych i mało spoiwych budujących hałdy poeksploatacyjne i poprzeróbce. Odpady te charakteryzują się znaczną porowatością i niskim stopniem kompaktacji, co sprzyja występowaniu ruchów masowych. Wskazanie bezpośredniej zależności między rodzajem składowanych na hałdzie odpadów a intensywnością ruchów masowych jest problematyczne ze względu na fakt, że odpady na hałdach wyłącznie poeksploatacyjnych same w sobie również nie są homogeniczne (a dodatkowo mogą zawierać zarówno osady czwartorzędowe stanowiące nadkład złoża, jak i utwory podścielające złożo). W rezultacie można stwierdzić, że hałdy poeksploatacyjne są objęte ruchami masowymi w podobnym stopniu jak hałdy poeksploatacyjno-poprzeróbce (tab. 2).

Rozległe strefy osuwiskowe rozwinęte na największych zwałowiskach są efektem wieloetapowego rozwoju. Młodsze osuwiska wykazują tendencję do ścinania wyższych, wcześniej nie osuniętych części hałd, występują na starszych formach lub przekształcają starsze koluwia, o różnych kierunkach przemieszczeń.

Osuwiska na hałdach Częstochowskiego Zagłębia Rudonośnego powstały w wyniku niewłaściwego zaprojektowania (bądź jego braku) zwałowisk, a przede wszystkim nagromadzenia zbyt dużej ilości materiału na za małej powierzchni terenu. Odpady składowane były w nadmierne szybkim tempie i w sposób nieselektywny. W przypadku kilku hałd na ich kontakcie z podłożem stwierdzono intensywne sączenia i wysięki, sugerujące istnienie silnie nawodnionej powierzchni, która może stanowić powierzchnię poślizgu. Wydaje się zatem, że zaprojektowanie właściwego odwodnienia terenu bezpośrednio pod hałdą lub odprowadzenie części wód z powierzchni hałdy mogłoby ograniczyć występowanie ruchów masowych.

Poza opadami atmosferycznymi, które zawsze są czynnikiem determinującym powstawanie osuwisk, duże znaczenie odgrywają tu czynniki antropogeniczne. Podczas eksploatacji zwałowisk dodatkowo następuje zestromienie zboczy i zaburzenie stabilności materiału zgromadzonego

powyżej (np. hałda Malice). Do sztucznego zestromienia skarp dochodzi również w miejscach posadowienia obiektów infrastruktury, jak budynki (np. hałda Paweł III) czy szlaki komunikacyjne (np. hałda Karol).

Hałdy rejonu częstochowskiego ulegają procesom samo-rekultywacji poprzez wkroczenie na ich teren roślinności (niskiej i wysokiej), co może ograniczać rozwój ruchów masowych (przejawy aktywności osuwisk są widoczne głównie w częściach nie pokrytych roślinnością).

Ze względu na liczne przejawy aktywności osuwisk na hałdach w ostatnich latach i fakt, że jęzory osuwisk sięgały wielokrotnie na odległość kilkudziesięciu metrów poza pierwotny zasięg hałdy, posadowienie wszelkich obiektów infrastruktury należy planować w znacznym oddaleniu od granic zwałowisk, z zapewnieniem odpowiedniej strefy buforowej.

Autorzy pragną podziękować Panu Profesorowi Antoniemu Wójcikowi i recenzentom: Panu Profesorowi Markowi Cale oraz Anonimowemu Recenzentowi za poświęcony czas oraz za wnikliwe, konstruktywne i krytyczne uwagi, które przyczyniły się do poprawy jakości artykułu.

LITERATURA

- ADAMSKI A. 1994 – Górnictwo rud żelaza w regionie częstochowskim. Wydaw. Barsen, Sosnowiec.
- BEDNARCZYK Z. 2019 – Zagrożenia osuwiskowe w polskich odkrywkowych kopalniach węgla brunatnego, przykłady przeciwdziałania oraz możliwości zastosowania zdalnego monitoringu w celu ograniczenia ryzyka. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 477: 1–20.
- BIAŁACZEWSKI A. 1960 – Złóża rud żelaza rejonu częstochowskiego. *Prz. Geol.*, 8 (8): 406–408.
- BOBER L. 1984 – Rejony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną regionu. *Biul. Inst. Geol.*, 340: 115–158.
- DIKAU R., BRUNSDEN D., SCHROTT L., IBSEN M.L. (red.) 1996 – Landslide recognition. Identification, movement and causes. Wiley, New York.
- FAJER M., WAGA J.M. 2012 – Hałdy górnictwa rud żelaza w regionie częstochowskim. Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, 44: 22–34.
- FIRMANDA G., NAYOAN A.G.P. 2022 – Back analysis for landslide in mine waste dump slope using probabilistic analysis. [W:] Hammah R. et al. (red.), *The Evolution of geotech – 25 years of innovation*. CRC Press, 399–405.
- FLISIAK J., RYBICKI S., TYLIKOWSKI M. 2014 – Ocena zagrożenia osuwiskowego w kopalniach odkrywkowych na przykładzie KWB Bełchatów i KWB Turów. *Prz. Geol.*, 62 (10/2): 563–572.
- GAWOR Ł. 2017 – Zmiany rzeźby terenu związane z historyczną eksploatacją rud żelaza w rejonie częstochowskim. *Cuprum*, 2 (83): 61–70.
- GAWOR Ł., WARCHOLIK W., DOLNICKI P. 2015 – Możliwości zagospodarowania i odzysku odpadów po górnictwie i przeróbce rud żelaza ze zwałowisk w Częstochowskim Zagłębiu Rudonośnym. *Pr. Kom. Geogr. Przem. Pol. Tow. Geogr.*, 29 (3): 125–135.
- GRABOWSKI D., MARCINIEC P., MROZEK T., NESCIERUK P., RĄCZKOWSKI W., WÓJCIK A., ZIMNAL Z. 2008 – Instrukcja opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GRESZTA J. 1963 – Charakterystyka gleboznawcza zwałów kopalnictwa rud żelaza oraz metody ich zagospodarowania. *Ochrona Przyrody*, 29: 141–214.
- HAISIG J. 2008 – Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 200 000, wyd. B – mapa bez utworów czwartorzędowych, ark. Kluczbork. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- HAISIG J. 2011 – Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 200 000, wyd. B – mapa bez utworów czwartorzędowych, ark. Częstochowa. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- HERMAŃSKI S. 1984 – Warunki hydrogeologiczne jury środkowej w rejonie Żarki-Wieluń z uwzględnieniem wpływu górnictwa rud żelaza. Maszynopis pracy doktorskiej, Biblioteka Główna AGH.
- KACZAREWSKI T., MILKOWSKI D., ŻWIRSKI T. 2003 – Zabezpieczenie Kopalni Węgla Brunatnego „Turów” przed zagrożeniami naturalnymi. IGSMIE PAN, Kraków: 307–319.
- KAZIUK H. 1980 – Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 200 000, wyd. B – mapa bez utworów czwartorzędowych, ark. Kraków. Wydaw. Geol., Warszawa.
- KOPIK J. 1998 – Jura dolna i środkowa północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 378: 67–130.
- KOTLIICKI S. 1979 – Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 200 000, wyd. B – mapa bez utworów czwartorzędowych, ark. Gliwice. Wydaw. Geol., Warszawa.
- KOWALSKI M., RYBICKI S., FLISIAK J. 2017 – Wpływ drgań na stateczność skarp wybranych kopalń odkrywkowych. *Prz. Geol.*, 65 (10/2): 823–831.
- KROKOSZYŃSKI P., RYBICKI S. 2010 – Deformacje podłoża i przedpola składowiska odpadów górniczych „Pochwacie” – przyczyny, przebieg i skutki. *Prz. Górn.*, 66 (5): 30–37.
- MARGIELEWSKI W. 2009 – Problematyka osuwisk strukturalnych w Karpatach fliszowych w świetle zunifikowanych kryteriów klasyfikacji ruchów masowych – przegląd krytyczny. *Prz. Geol.*, 57 (10): 905–917.
- MILKOWSKI D., NOWAK J. 2009 – Zabezpieczenie i monitoring zagrożenia osuwiskowego na filarze rzeki Nysy Łużyckiej oraz osuwiska „Swiniec” na zwałowisku zewnętrznym przy granicy z Czechami. *Węgiel Brunatny*, 2 (67): 26–33.
- OSIKA R. 1954 – Badania geologiczne ilów rudonośnych Jury Krakowko-Wieluńskiej. *Biul. Inst. Geol.*, 1: 9–171.
- MULARZ S., RYBICKI S. 1977 – Subgrade and dump deformations caused by dumping of mine waste. *Eng. Geol.*, 11: 189–200.
- PABICH Ł. 2011 – Krajobraz górniczy ziemi częstochowskiej. Wydaw. Muzeum Częstochowskie, Częstochowa.
- PIECUCH T. (red.) 1979 – Badania nad możliwością i celowością utylizacji posyderytowych hałd rejonu Częstochowy. *Arch. Inst. Inżynierii Łąd. Politech. Częstoch.*
- PIOTROWSKI A., GÓRKA K. 2018 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi dla miasta Częstochowa. Urząd Miasta i Gminy Częstochowa.
- RATAJCZAK T. 1998 – Hałdy po górnictwie rud żelaza w rejonie częstochowskim – stan aktualny i możliwości zagospodarowania. Wydaw. PAN, Kraków.
- RATAJCZAK T., KORONA W. 2000 – Charakterystyka mineralogiczno-chemiczna i surowcowa materiałów z hałd po kopalnictwie rud żelaza w rejonie częstochowskim. *Prz. Geol.*, 48 (7): 607–616.
- RÓŻYCKI S. Z. 1953 – Górny dogger i dolny malm jury krakowko-częstochowskiej. *Pr. Inst. Geol.*, 17.
- RZEPISKO R. 1970 – Rozkład przemieszczeń pełzających skarp zwałowiska kopalni węgla brunatnego Turów. *Pr. Nauk. Inst. Górnictwa PWroc.*, 2.
- SERWAN H. 1972 – Ocena krajowych rud żelaza w świetle wybranych parametrów. Maszynopis pracy doktorskiej, Biblioteka Główna AGH.
- SERWAN H. 1981 – Historia eksploatacji surowców mineralnych. [W:] Wielgomas L. (red.), *Surowce mineralne województwa częstochowskiego*. Wydaw. Geol., Warszawa: 24–35.
- WAGA J.M., FAJER M. 2020 – Formy osuwiskowe w południowo-zachodniej części Kotliny Oświęcimskiej – rozmieszczenie i uwarunkowania rozwoju. Praca niepublikowana, <http://hdl.handle.net/20.500.-12128/15580>
- WÓDKA M. 2019 – Działalność górnicza jako jeden z czynników wpływających na rozwój osuwisk. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 477: 123–130.

Praca wpłynęła do redakcji 13.06.2022 r.
Akceptowano do druku 16.08.2022 r.