

Michał Szadura, Irena Tsermegas

Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski,
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa
e-mail:michal.szadura@gmail.com, argiro@uw.edu.pl

**WSPÓLCZESNA EROZJA WODNA NA DROGACH I ODSŁONIĘTYCH
FRAGMENTACH ZWAŁOWISKA ZEWNĘTRZNEGO KWB
„BELCHATÓW”**

**Contemporary water erosion on the roads and bare slope fragments of
external waste dump of Belchatów Lignite Mine**

Słowa kluczowe: erozja wodna, zwałowisko, Belchatów, rekultywacja
Key words: water erosion, mine waste dump, Belchatów, reclamation

WSTĘP

Odkrywkowa eksploatacja węgla wiąże się z degradacją środowiska, zwykle na bardzo rozległym obszarze, dlatego szczególnie istotnym aspektem górnictwa jest rekultywacja terenów przez nie zniszczonych. Według przepisów ustawy *Prawa geologiczne i górnicze* (Dz. U. 2011 Nr 163 poz. 983), na przedsiębiorstwach górniczych ciąży obowiązek ochrony wykorzystywanej powierzchni, w tym likwidacji wyrobisk i właściwego ukształtowania rzeźby zwałowisk, mającego na celu m.in. ograniczenie erozji wodnej.

Rekultywacja zwałowisk jest w głównej mierze uwarunkowana ich rzeźbą. Najczęściej prowadzona bywa w kierunku rolniczym, leśnym lub specjalnym. Zbocza i skarpy, w związku z dużym nachyleniem na małej powierzchni, najlepiej nadają się do zalesienia, co jednocześnie powoduje zwiększenie ich stateczności. Tereny płaskie, takie jak wierzchowiny, najczęściej zagospodarowywane są jako pola uprawne.

Szczegółowe zagospodarowanie obszarów zdegradowanych ma na celu zwiększenie ich atrakcyjności i przyciągnięcie turystów, powoduje jednak powstanie kolejnych problemów. Budowa i eksploatacja na zwałowiskach takich obiektów jak stoki narciarskie czy ścieżki rowerowe prowadzi do uruchomienia procesów niszczenia powierzchni ziemi.

Celem opracowania jest prezentacja wyników badań współczesnych procesów morfologicznych i tworzonych przez nie form występujących na obszarze zwało-

wiska zewnętrznego KWB „Bełchatów”. Najważniejszym aspektem tych badań jest próba określenia uwarunkowań przekształcania wyżej wymienionych zwałowisk, w tym wskazanie roli człowieka w przebiegu poszczególnych składowych tego przekształcania. Podjęto również próbę oceny istniejących systemów zabezpieczeń przeciwerozrywających oraz zaproponowano nowe, bardziej skuteczne rozwiązania. Badania przeprowadzono w rocznym cyklu klimatycznym – rozpoczęto je na początku lata i zakończono pod koniec lata następnego roku.

OBSZAR BADAŃ

Zwałowisko zewnętrzne KWB „Bełchatów” położone jest w zachodniej części gminy Kamieński, w powiecie radomszczańskim, w województwie łódzkim, w strefie granicznej trzech jednostek fizycznogeograficznych: Kotliny Szczercowskiej, Wzgórz Radomszczańskich i Wysoczyzny Bełchatowskiej (Kondracki 2009). Lokalizacja zwałowiska była ściśle związana z wkopem udostępniającym odkrywkę – odległość najbliższych skarp zwałowiska od wkopu wynosi około 1 km (ryc. 1).

Pokłady węgla brunatnego w rejonie Bełchatowa odkryto w roku 1960, ale ich eksploatację rozpoczęto 15 lat później na polu „Bełchatów” i 42 lata później na polu „Szczerców”. Zwałowisko zewnętrzne zajęło około 15 km² gminy Kamieński, przykrywając w południowej części tereny uprzednio całkowicie zalesione, a na północy mozaikę lasów i pól uprawnych oraz fragment podmokłej doliny Widawki. Pod zwałowiskiem znalazły się też obszary kilku wsi. Pierwsze prace związane ze zdejmowaniem nadkładu i zwałowaniem rozpoczęto w czerwcu 1977 roku (Kozłowski 2005). Projektanci kopalni zakładali, że zwałowisko obejmie powierzchnię 1200 ha, a jego kubatura osiągnie 1073 mln m³, ostatecznie jednak jest ono większe – odpowiednio: 1480 ha i 1350 mln m³, wznosi się 195 m ponad tereny otaczające i stanowi najwyższe wzniesienie w centralnej Polsce. Jest to typowe dla kopalń węgla brunatnego zwałowisko w kształcie przyzmy o przekroju trapezu (Uberman, Ostręga 2004). Odkładanie materiału w obrębie omawianej formy zakończono w roku 1992, a jej formowanie w roku 1993 (Kozłowski 2005). Od tego czasu cały urabiany nadkład składowany jest na zwałowisku wewnętrznym znajdującym się we wschodniej części wyrobiska. Zwałowisko zewnętrzne zostało całkowicie zrehabilitowane do roku 1994 i obecnie jego tereny są zarządzane przez Lasy Państwowe.

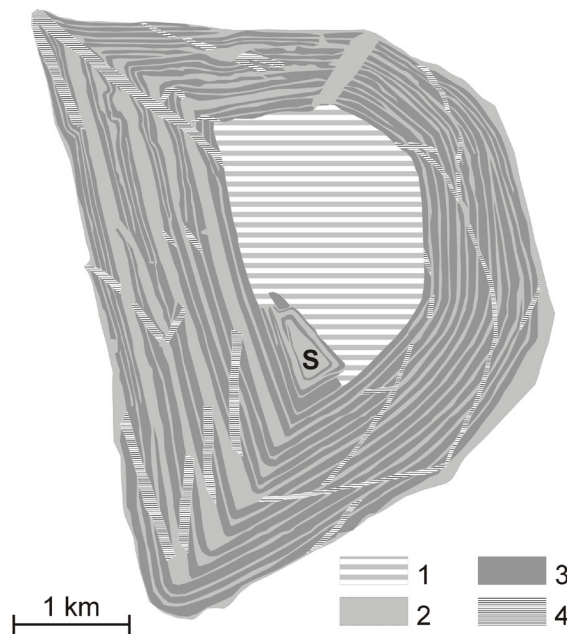
Zwałowisko zewnętrzne otrzymało kształt zamkniętej „podkowy”, której ramiona skierowane są w kierunku WSW. Zbocza tej formy składają się z szeregu półek, skarp i pochylni (ryc. 2). Wierzchowina jest nachylona w kierunku północnym i w najniższym punkcie osiąga wysokość 338,5 m n.p.m., a w najwyższym 388,5 m n.p.m. Deniwelacja w jej obrębie wynosi zatem dokładnie 50 m.

Zwałowisko zbudowane jest z różnych utworów skalnych, rozluźnionych i wymieszanych ze sobą w procesie urobku, transportu i zwałowania (79% stanowią



Ryc. 1. Lokalizacja zwałowiska zewnętrznego (prawa strona zdjęcia) względem wyrobisk KWB „Bełchatów” (źródło: Google Earth)

Fig. 1. Location of the external waste dump (on the right side of the photo) and open pits of Belchatów Lignite Mine (source: Google Earth)



Ryc. 2. Schemat rzeźby zwałowiska zewnętrznego KWB „Bełchatów”

Objaśnienia: 1 – wierzchowina, 2 – spłaszczenia stokowe, 3 – stoki, 4 – pochylnie, S – składowisko gipsu

Fig. 2. Relief scheme of the external waste dump of Belchatów Lignite Mine

Notations: 1 – hilltops, 2 – mid slope flattens, 3 – slopes, 4 – ramps, S – gypsum dump

grunty sypkie i sypkie z domieszką spoistych, a 21% grunty spoiste i spoiste z domieszką sypkich – Woźniak 1988), co warunkuje jego znaczną podatność na erozję wodną. W celu ograniczenia tego procesu wybudowano system odwodnienia powierzchniowego.

Z punktu widzenia erozji wodnej najbardziej istotnym elementem klimatu są opady. Ich sumy roczne w rejonie badań wahały się w sezonie badawczym (2008) między 522 mm (na stacji Rogowiec) a 604 mm (na stacji Huby Ruszczyńskie). Opady w półroczu ciepłym były wyższe niż w zimnym. Najbardziej deszczowymi miesiącami były lipiec (79 mm) i sierpień (88 mm), natomiast najniższe opady zanotowano w grudniu i w lutym (po 11 mm). Maksymalny opad dobowy (43,8 mm) wystąpił 15 sierpnia, półtora miesiąca po rozpoczęciu badań. Pierwsze opady śniegu odnotowano 6 listopada, a ostatnie w marcu. Pokrywa śnieżna nie była jednak trwała. Największą grubość osiągnęła nietypowo w listopadzie (do 10-12 cm). W grudniu i styczniu pojawiała się sporadycznie, zazwyczaj w postaci płatów, a jej grubość osiągała maksymalnie 5 cm (Wachowiak 2008).

Obecnie na zwałowisku dominują lasy. Wierzchowina zajęta jest przez monokulturę sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris*). Na stokach gatunkiem dominującym również jest sosna zwyczajna, ale jej udział zmniejsza się do około 60%. Towarzyszą jej głównie: robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia*), olsza czarna (*Alnus glutinosa*) i olsza szara (*Alnus incana*), topola osika (*Populus tremula*) i brzoza brodawkowata (*Betula pendula*).

Jedynym obszarem, który nie został zrehabilitowany, jest zlokalizowane w SW części wierzchowiny składowisko gipsu (ryc. 2). Obiekt ten istnieje od 1995 roku, ma powierzchnię 52 ha i pojemność 3,7 mln m³ (Musiał i in. 2001). Dzisiaj gips nie jest już dostarczany na zwałowisko (Dziadko 2004), ale pobierany z niego i wykorzystywany do celów przemysłowych, więc jego ilość stale się zmniejsza. W niedalekiej przyszłości spowoduje to wyczerpanie zapasów i teren składowiska będzie mógł zostać poddany rekultywacji. W chwili obecnej jest „na dziko” rozjeżdżany przez amatorów ekstremalnej jazdy samochodami terenowymi, motocyklami i quadami. W połączeniu z brakiem zabezpieczeń, powoduje to bardzo silną erozję powierzchni, szczególnie w obrębie zboczy składowiska.

Na wierzchowinie zlokalizowany jest także park wiatrowy, który zajmuje 2,4 ha. W górnej części północnego stoku zwałowiska wybudowano lotnisko „Orla Góra”. Turystów na badany obszar przyciąga głównie stok narciarski, zlokalizowany w NE części „Góry Kamieński”. Ma on 760 m długości i 160 m szerokości. Pod gondolami jednego z trzech wyciągów funkcjonuje 640 metrowy tor saneczkowy (Woźna 2008).

Największą atrakcją w sezonie letnim stanowi rozwiniętą sieć rowerowa. Wszystkie trasy zaczynają się i kończą u podnóża stoku narciarskiego. System składa się z 3 tras rowerowych o łącznej długości 42 km.

METODY BADAŃ

Podstawą badań było terenowe kartowanie form rzeźby i modelujących je procesów, z wykorzystaniem podkładu topograficznego w skali 1:5 000. Przeprowadzono je w pięciu okresach badawczych między lipcem 2008 roku a wrześniem roku 2009. Skartowano wszystkie drogi znajdujące się na zwałowisku (z wyjątkiem wewnętrznej sieci drogowej elektrowni wiatrowej, ze względu na zamknięty charakter tego obszaru). W ich obrębie wyznaczono odcinki (68 o łącznej długości 31 745 m) jednorodnie pod względem morfometrii i występujących mikroform oraz nachylenia terenu otaczającego, zgodnie z procedurą zaproponowaną przez P. Wałdykowskiego (2006). Odcinki te przeanalizowano pod kątem: nachylenia, szerokości, głębokości wcięcia, przebiegu w stosunku do kierunku nachylenia stożka, typu użytkowania, występowania mikroform, dominujących procesów morfogenetycznych oraz kształtu profilu poprzecznego.

Informacje o jakości i tempie niszczenia dróg uzyskano na podstawie analizy 3 profili poprzecznych dróg, z których każdy zlokalizowany był na drodze o innym nachyleniu i innej intensywności użytkowania. W dwóch profilach pomiaru wykonano pięciokrotnie, a w trzecim – czterokrotnie. Zmiany kształtu profili przeanalizowano uwzględniając nachylenie powierzchni drogi, frakcję materiału budującego powierzchnię, typ i intensywność użytkowania drogi oraz wielkość opadów w okresach między pomiarami.

Odmienną metodę zastosowano do pomiarów intensywności erozji w obrębie składowiska gipsu, gdzie na dwóch stożkach napływowym, w które wbito wyskalowane tyczki, czterokrotnie wykonano pomiary wysokości zasypiania.

STAN BADAŃ NAD PROCESAMI RZEŻBOTWÓRCZYMI W OBRĘBIE ZWAŁOWISK W POLSCE

Zainteresowanie badaniami procesów rzeźbotwórczych występujących na zwałach węgla brunatnego w Polsce wzrosło znacząco na początku lat 70. XX wieku, w związku z dużym wzrostem wydobycia tego surowca i zagrożeniami wynikającymi z powstawania coraz większych zwałowisk.

Pierwsza polska publikacja opisująca procesy osuwiskowe na zwałowiskach węgla (Serafin-Pilawska 1962) prezentowała wyniki badań prowadzonych poza granicami naszego kraju. Autorka przedstawiła w niej przypadki osunięć zboczy zwałów w zagłębiu saskim (ówczesna NRD), skupiając się na najlepiej zbadanym zwałowisku Espenhain. Wskazała najistotniejsze uwarunkowania środowiskowe tych procesów oraz sposoby ochrony okolicznych terenów. Praca ta przyczyniła się do powstania opracowań dotyczących polskich zwałowisk zewnętrznych, funkcjonujących m.in. w rejonie Konina (Furmański, Meissner 1963) i w zagłębiu turowskim (Milkowski, Nowak 2009). Autorzy ci koncentrowali się głównie na przyczynach powstania konkretnych osuwisk oraz opisywali sposoby zabezpieczania zboczy zwałowisk przed dalszym rozwojem ruchów masowych.

Zagadnienie stateczności skarp na zboczach młodych zwałowisk poruszał już wcześniej S. Dmitruk (1965), który omówił podstawowe właściwości gruntów zwałowych oraz zjawisko okresowej stateczności budowanych przez nie form i przypadki jej utraty. Przedstawił też zależność właściwości mechanicznych gruntu i kąta nachylenia zbocza od czasu i skali zmian jego nachylenia, podkreślając negatywny wpływ rozluźnienia utworów budujących stok przy braku stateczności.

Procesów osuwiskowych na stokach usypanych przez człowieka dotyczyła też praca M. Pulinowej (1972). Kilka lat wcześniej ta sama autorka (Pulinowa 1967) przedstawiła metody badania procesów stokowych na różnych etapach funkcjonowania zwałowisk, od momentu ich usypania do zakończenia rekultywacji. Zwróciła uwagę, że określenie właściwości fizycznych i stanu gruntu ułatwia analizę jego zmian w czasie oraz wskazuje, jakie warunki sprzyjają rozwojowi poszczególnych typów procesów w obrębie stoków.

Na szczególną uwagę zasługują publikacje J. Chwastka (1966, 1970, 1978), który analizował m.in. wpływ robót górniczych na ukształtowanie zboczy zwałowisk oraz osiadanie powierzchni zwałów. Szczegółowo charakteryzował wszystkie istniejące w roku 1970 w Polsce zwałowiska zewnętrzne, wraz z czynnikami, które miały wpływ na ostateczną ich formę, takimi jak: sposoby zdejmowania i litologia nadkładu, warunki wodne zwałowiska oraz metoda zwałowania. Przedstawił również szczegółowo procesy działające na stokach zwałów (osuwanie, splukiwanie, spływ powierzchniowy), kładąc nacisk na czynniki wpływające na ich przebieg i wydajność.

Zagadnieniami rekultywacji terenów kopalni „Bełchatów” zaczęto zajmować się jeszcze przed rozpoczęciem tam eksploatacji węgla (Kozłowski 1974, Monasterska 1974), jednak powstające wówczas opracowania całkowicie pomijały kwestie związane ze zwałowiskiem. Jego rekultywacja stała się przedmiotem szczegółowych rozważań dopiero, gdy obiekt ten już istniał. Opisywano go pod kątem geologiczno-inżynierskim i przedstawiano koncepcje przywrócenia mu użyteczności (Monasterska 1983, Woźniak 1988, Kaczmarek 1999).

Z punktu widzenia zagadnień poruszanych w niniejszym opracowaniu, najciekawsza wydaje się publikacja W. Czamary (1983), jedyna opisująca procesy erozji wodnej na zwale w Bełchatowie. Autor opisuje czynniki warunkujące ich przebieg i, w oparciu o rozkład prędkości spływu powierzchniowego oraz częstotliwość występowania opadów nawalnych, wskazuje stopień zagrożenia erozją poszczególnych skarp. Podkreśla również rolę roślinności, jako czynnika wpływającego na ograniczenie procesów erozyjnych. Opisane w niej badania odnosiły się jednak do procesów występujących na długo przed zakończeniem formowania zwałowiska.

WYNIKI BADAŃ

Współcześnie dominującym procesem rzeźbotwórczym przekształcającym powierzchnię zwałowiska jest erozja liniowa. Zachodzi ona zarówno na składowi-

sku gipsu, jak i wzdłuż sieci nieutwardzonych dróg rozcinających stoki Góry Kamięńsk.

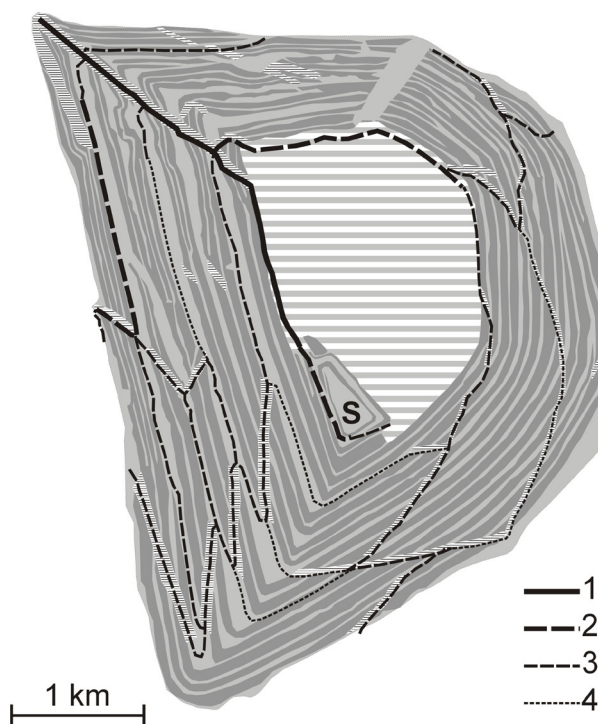
Tempo przekształcania stoków w obrębie składowiska gipsu przeanalizowano na podstawie pionowego przyrostu stożka o długości niemal 40 m u wylotu jednej z bruzd erozyjnych rozcinających powierzchnię o nachyleniu 45° (fot. 1). Pomiar przeprowadzono czterokrotnie, ale tylko podczas drugiego pomiaru (w listopadzie 2008 r.), po 4 miesiącach od zamontowania tyczek pomiarowych, zanotowano wyraźną zmianę. Pomiar na tyczce nr 1 wskazał, że centralna część stożka została nadbudowana o 12,5 cm. W tym samym czasie w górnej części stożka (tyczka nr 2) przybyło 7 cm, a od listopada do marca następnego roku kolejny 1 cm osadu. W późniejszym okresie nie odnotowano żadnych zmian. Duże zmiany pomiędzy lipcem a listopadem związane były zapewne z faktem, że dwukrotnie wystąpiły wówczas opady o znacznych sumach dobowych: 15.07.2008 – 43,8 mm i 7.10.2008 r. – 39,6 mm. Kolejny okres deszczowy (lipiec i sierpień następnego roku), w którym spadło 258 mm deszczu, nie spowodował jednak już tak wielkich zmian. Najprawdopodobniej było to związane z faktem, że miesięczne sumy opadów były bardzo wysokie, ale rozłożone równomiernie w całym omawianym okresie.



Fot. 1. Bruzdy erozyjne na wschodnim stoku składowiska gipsu (fot. M. Szadura)
Photo 1. Erosion rills on the east slope of the gypsum dump (photo M. Szadura)

Sieć drogowa zwałowiska obejmuje ponad 30 km dróg (ryc. 3). W ramach przeprowadzonych badań skartowano 31 745 m dostępnych dróg. Prace te nie objęły utwardzonych szutrem tras obsługowych parku wiatrowego.

Pod względem cech metrycznych drogi znajdujące się na terenie badań są mało zróżnicowane (ryc. 4a). Spadek 77% skartowanych odcinków dróg mieści się w przedziale $0-5^\circ$, 13% w przedziale $5-10^\circ$ i 7% w przedziale $10-15^\circ$. Jedynie dwa odcinki mają spadek rzędu $15-20^\circ$. Spadki dróg związane są z ogólnym nachyleniem zwałowiska, (zwłaszcza nachyleniem pochylni, po których poprowadzono



Ryc. 3. Sieć drogową zwałowiska zewnętrznego KWB „Belchatów”

Objaśnienia: 1 – drogi asfaltowe, 2 – pozostałe drogi

Fig. 3. Road Network of the external waste dump of Belchatów Lignite Mine

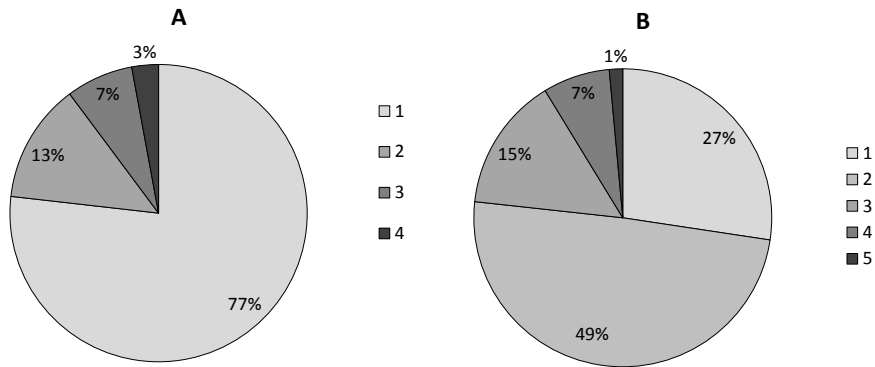
Notations: 1 – asphalt roads, 2 – other roads

ścieżki rowerowe) oraz przebiegiem względem nachylenia terenu (97% stanowią drogi poprowadzone skośnie lub równoległe do kierunku nachylenia stoku).

Zróznicowanie pod względem szerokości dróg także jest nieznaczne: 87% odcinków ma szerokość 2-5 m, 7% stanowią drogi szersze niż 5 metrów, a pozostałe 6% to drogi o szerokości 1-2 m. Omawiane drogi są też bardzo nieznacznie wcięte w podłoże: 70% z nich jest wcięte na mniej niż 5 cm, 7% wcięć mieści się w granicach 6-10 cm, 12% w granicach 11-20 cm, a 11% jest wcięte na ponad 21 cm.

Profile poprzeczne są jedną z bardziej różnicujących cech dróg zwałowiska. Niemal 50% dróg posiada symetryczny profil ze słabo zaznaczonymi dwiema koleinami. Drugi ważny typ profilu, występujący w przypadku 27% ścieżek, jest całkowicie wyrównany. Na kolejne typy profili, czyli symetryczny z dwiema dobrze zaznaczonymi koleinami, asymetryczny z jedną dominującą bruzdą/koleiną oraz asymetryczny z kilkoma bruzdami erozyjnymi przypada odpowiednio 15%, 7% i 1% udziału (ryc. 4b).

Jedynie 15% odcinków ma sztuczną nawierzchnię – asfalt, płyty betonowe lub szuter. Podłoże większości dróg gruntowych zwałowiska (80%) stanowi materiał



Ryc. 4. Zróżnicowanie spadku (A) i profili (B) ścieżek na zwałowisku KWB „Bełchatów”
 Objaśnienia: A – spadki: 1 – 0-5°, 2 – 5-10°, 3 – 10-15°, 4 – 15-20°; B – profile: 1 – całkowicie wyrównany, 2 – symetryczny, ze słabo zaznaczonymi koleinami, 3 – symetryczny, z dobrze zaznaczonymi dwiema koleinami, 4 – asymetryczny, z jedną główną koleiną / bruzdą, 5 – asymetryczny, z kilkoma bruzdami erozyjnymi

Fig. 4. The diversity of angle (A) and latitudinal profile (B) of paths on the Bełchatów waste dump

Notations: A – path angle: 1 – 0-5o, 2 – 5-10o, 3 – 10-15o, 4 – 15-20o; B – profiles: 1 – totally leveled, 2 – symmetrical with poorly visible two road grooves, symmetrical with well visible two road grooves, 4 – asymmetrical with one main road groove, 5 – asymmetrical with a few rills

mineralny (dominuje frakcja piaszczysta) lub mineralny z domieszką organicznego, jedynie 20% odcinków ma podłoże organiczne. Ścieżki o podłożu mineralnym są najczęściej nieutrwalone, a te z domieszką materiału organicznego utrwalone częściowo.

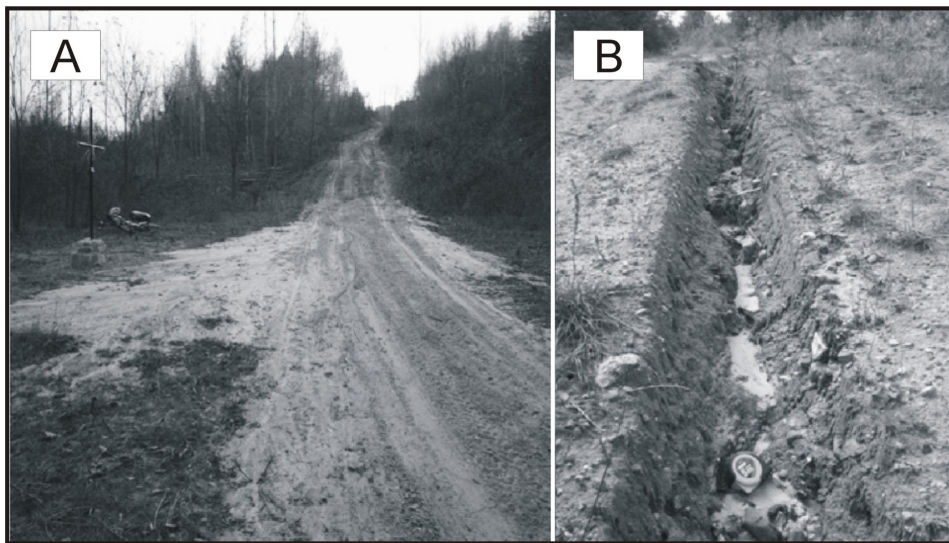
Powierzchnia dróg zwałowiska jest urozmaicona. W obrębie 47 z 59 odcinków nieutwardzonych stwierdzono obecność form związanych z ich współczesnym przekształcaniem. Do form naturalnych zaliczyć można mikroformy erozyjne, takie jak bruzdy spłukiwania skoncentrowanego (fot. 2b), które występują na 33% odcinków ścieżek nieutrwalonych. Rozmiary ich są zróżnicowane i ściśle związane z nachyleniem odcinka drogi. Najmniejsze zanotowane rozcięcia erozyjne miały 5 cm głębokości i szerokość oraz długość do kilkunastu centymetrów. Największe natomiast osiągały głębokość 75 cm, szerokość 43 cm i rozciągały się na całym odcinku drogi dochodząc do 270 m długości. Największe zanotowane bruzdy występowały na stokach, których nachylenie było większe niż 15°. Formy te powstały w wyniku długotrwałego pogłębiania powstałych wcześniej kolein. W kilku przypadkach (14% ścieżek) zanotowano także występowanie przemiennie bruzd ze spłukiwania skoncentrowanego i form akumulacyjnych, były one jednak bardzo słabo rozwinięte.

Do form akumulacyjnych występujących na zwałowisku należą różnych rozmiarów stożki napływowe (fot. 2a). Najmniejsze spośród nich występują naprzemiennie z bruzdami erozyjnymi, a ich rozmiary wynoszą od kilkunastu centyme-

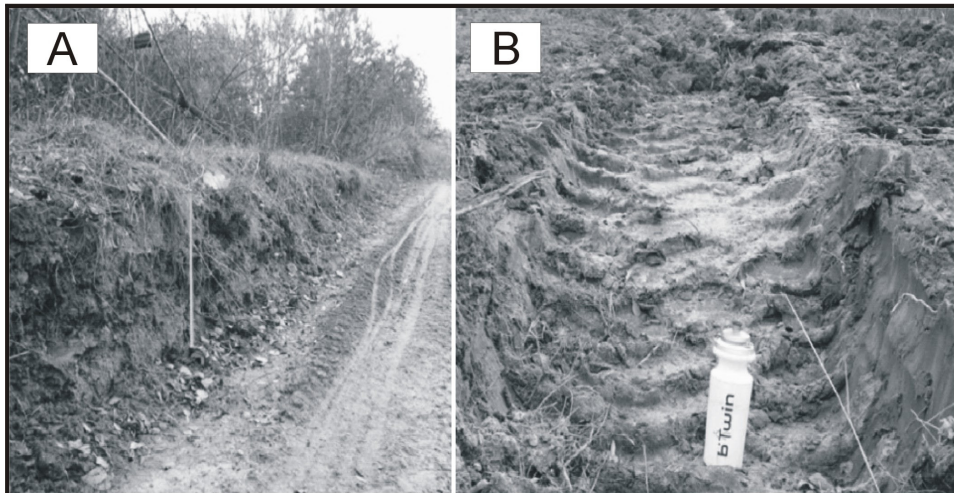
trów do metra długości i średnio kilkanaście centymetrów szerokości. Największe formy występują u wylotu silnie nachylonych dróg i osiągają długość około 25 m, szerokość 7-8 metrów i miąższość do 15 cm.

Do form antropogenicznych występujących na obszarze badań zaliczyć można koleiny i podcięcia drogowe (fot. 3). Koleiny małe osiągają rozmiary do 50 cm szerokości i 20 cm głębokości, i występują aż na 64% spośród badanych nieutwardzonych odcinków dróg. Szerokość dużych kolein jest większa niż 50 cm, a ich głębokość dochodzi w skrajnych przypadkach do 50 cm. Formy te są obecne jedynie na 10% długości odcinków nieutwardzonych. Podcięcia drogowe występują na 8% odcinków. Ich maksymalna wysokość wynosi 60 cm, ale najczęściej nie przekracza 20 cm.

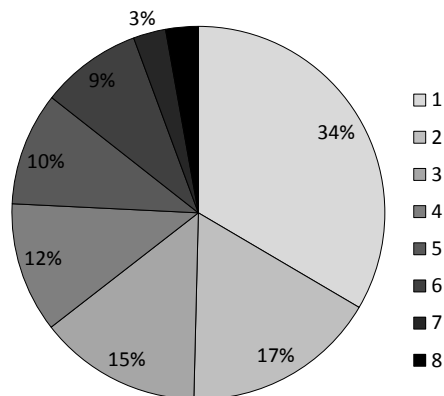
Dzięki rozpoznaniu mikrorzeźby dróg możliwe było określenie, jakie procesy rzeźbotwórcze dominują na poszczególnych odcinkach (ryc. 5). Największą grupę (34%) stanowią odcinki, na których nie występują żadne formy. 17% stanowią odcinki z dominacją erozji antropogenicznej, która uwidacznia się w formującym koleiny i podcięcia drogowe niszczeniu powierzchni przez koła pojazdów. Odcinki akumulacyjne z erozją antropogeniczną oraz z dominacją erozji naturalnej stanowią odpowiednio 15% i 12%. Na odcinki z dominacją erozji, zarówno naturalnej jak i antropogenicznej oraz odcinki akumulacyjne z miejscową erozją naturalną i antropogeniczną przypada odpowiednio 10% i 9% długości wszystkich dróg nieutwardzonych. Po 3% długości przypada na odcinki z erozją naturalną oraz na odcinki akumulacyjne.



Fot. 2. Naturalne mikroformy w obrębie badanych dróg
 Objasnienia: A – stożek napływowy, B – bruzda erozyjna (fot. M. Szadura)
Photo 2. Natural micro-landforms on the analyzed Road
 Notations: A – alluvial fan, B – erosion rill (photo M. Szadura)



Fot. 3. Formy antropogeniczne w obrębie badanych dróg
 Objaśnienia: A – podcięcie drogowe, B – duża koleina (fot. M. Szadura)
Photo 3. Human induced landforms on the analyzed Road
 Notations: A – road cut, B – big road groove (photo M. Szadura)



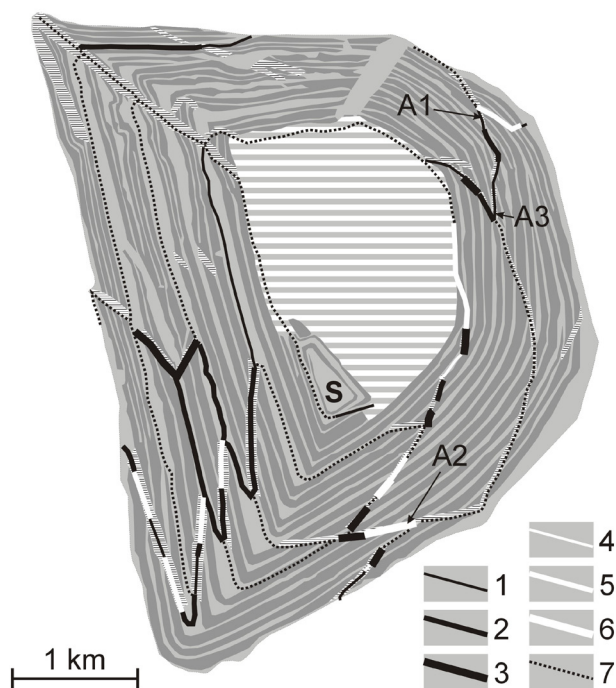
Ryc. 5. Podział kartowanych odcinków dróg ze względu na dominujący proces rzeźbotwórczy

Objaśnienia: 1 – brak procesów, 2 – dominacja erozji antropogenicznej, 3 – występowanie akumulacji i erozji antropogenicznej, 4 – dominacja erozji naturalnej, 5 – erozja naturalna i antropogeniczna, 6 – akumulacja z erozją naturalną i antropogeniczną, 7 – erozja naturalna z akumulacją, 8 – dominacja akumulacji

Fig. 5. The diversity of path fragments with respect to main morphological process
 Notations: 1 – lack of processes, 2 – dominance of direct human induced erosion, 3 – direct human induced accumulation and erosion, 4 – dominance of natural erosion, 5 – natural and direct human induced erosion, 6 – accumulation with natural and direct human induced erosion, 7 – natural erosion and accumulation, 8 – dominance of accumulation

Odcinki, na których dominuje erozja naturalna i antropogeniczna, stanowią łącznie prawie 40% długości dróg, a odcinki akumulacyjne jedynie 3%. Należy zatem uznać, że dominującym procesem na omawianych drogach jest erozja, a także, że powszechniej występuje niszczenie antropogeniczne niż naturalne.

Brak jednoznacznej korelacji otrzymanych wyników z parametrami morfometrycznymi powierzchni, na których położone są poszczególne badane odcinki (ryc. 6). Drogi, na których stwierdzono występowanie erozji antropogenicznej, biegną zarówno po stokach jak i na spłaszczeniach. Brak form związanych ze współczesnym przekształcaniem dróg stwierdzono na odcinkach ze sztuczną nawierzchnią oraz na odcinkach przebiegających w obrębie spłaszczeń.



Ryc. 6. Procesy rzeźbotwórcze dominujące na badanych odcinkach dróg

Objaśnienia: 1 – erozja naturalna, 2 – erozja antropogeniczna, 3 – erozja naturalna i antropogeniczna, 4 – akumulacja, 5 – akumulacja i erozja antropogeniczna, 6 – akumulacja z erozją naturalną i antropogeniczną, 7 – brak wyraźnych procesów. A1, A2, A3 – lokalizacja wybranych profili. Pozostałe oznaczenia jak na ryc. 2

Fig. 6. Morphogenetic processes predominant on the analyzed road fragments

Notations: 1 – natural erosion, 2 – direct human induced erosion, 3 – natural and direct human induced erosion, 4 – accumulation, 5 – direct human induced accumulation and erosion, 6 – accumulation with natural and direct human induced erosion, 7 – lack of visible processes. A1, A2, A3 – location of selected profiles. Other symbols the same as in the fig. 2

Na bardzo niewielu odcinkach stwierdzono obecność zabezpieczeń przeciw-erozyjnych w postaci drewnianych belek i gumowych opasek. Ich zadaniem jest odprowadzanie wody płynącej po powierzchni. Niestety, w wielu miejscach zabezpieczenia te nie spełniają swojego zadania. Przed belkami następuje akumulacja materiału i woda może swobodnie przepływać nad nimi, a po ich pokonaniu spływa z większej wysokości, powodując powstawanie kociołków, których głębokość dochodzi do 75 cm (fot. 4). Sytuacja ta powoduje powstawanie większych szkód niż w przypadku braku zabezpieczeń. Gumowe opaski działają w podobny sposób, ale zostały zainstalowane na mniej nachylonych drogach, dlatego są bardziej skuteczne.

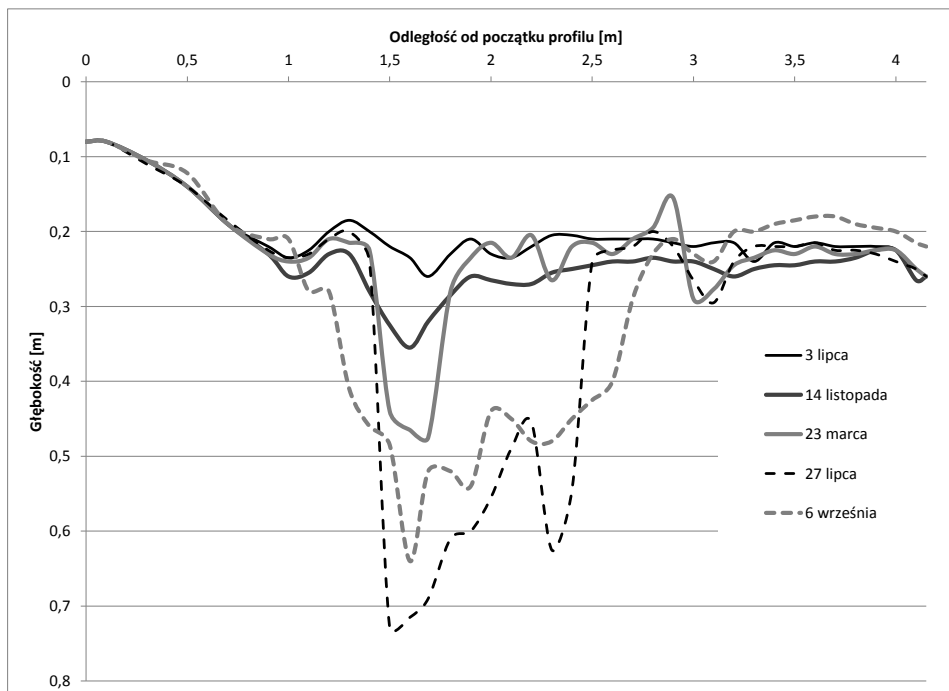
W celu określenia intensywności procesów występujących na drogach w różnych porach roku, na trzech odcinkach wyznaczono profile pomiarowe (ryc. 6). Wybrano lokalizacje zróżnicowane pod względem nachylenia terenu i intensywności użytkowania przez turystów poruszających się na rowerach oraz przez inne pojazdy. Wszystkie profile wyznaczono w obrębie dróg o podłożu piaszczystym, dominującym i najsilniej erodowanym w obrębie całego badanego terenu.



Fot. 4. Erozja poniżej belki zabezpieczającej drogę (fot. M. Szadura)

Photo 4. Erosion below a road protective timber (photo M. Szadura)

Profil A1 wyznaczono na drodze biegnącej skośnie do nachylenia terenu, które w tym miejscu wynosi 15° , na wschodnim stoku zwałowiska. Powierzchnia drogi opada łagodnie w stronę zbocza zwałowiska. Lewa strona drogi pokryta jest trawą na odcinku 1,8 m od początku profilu, a prawa na odcinku 1,1 m od końca profilu. Stabilizuje ona znacząco te strefy, uniemożliwiając erozję. Droga jest użytkowana przez pojazdy – w jej profilu występują 3 wyraźne wgłębienia – koleiny (ryc. 7, fot. 5). Podczas pierwszego pomiaru szerokość największej koleiny wynosiła 60 cm, a głębokość 5 cm. Dwie mniejsze koleiny miały szerokość 20 cm i głębokość maksymalną 2,5 cm.

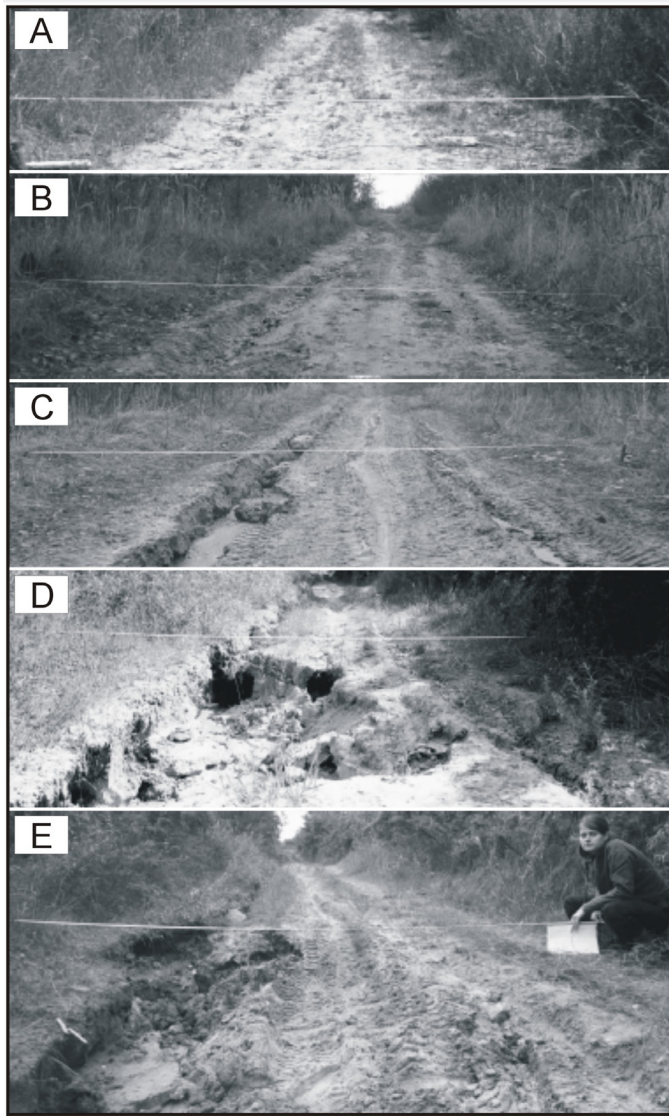


Ryc. 7. Zmiany kształtu poprzecznego profilu drogowego A1

Fig. 7. Changes of the A1 road profile configuration

Podczas lata i jesieni nastąpiło znaczne obniżenie powierzchni drogi na prawie całym odcinku profilu. Największemu pogłębieniu uległa lewa koleina, której najniższy punkt został obniżony o 9,5 cm. Jej szerokość nie uległa zmianie. Koleina położona najdalej od początku profilu została pogłębiona o 4,5 cm, a jej szerokość wzrosła do 35 cm. Przyczyną erozji mogło być wzmożone użytkowanie drogi przez samochody terenowe. Istotną rolę odegrały też prawdopodobnie opady nawalne z 15 sierpnia i 7 października (odpowiednio 43,8 mm i 39,6 mm opadu).

Późna jesień i zima przyniosły dalsze pogłębienie dwóch głównych kolein (ryc. 7). Większa z nich została wcięta na głębokość 12 cm, a jej szerokość wzrosła do 80 cm. Pierwotny V-kształtny przekrój uzyskał formę trapezu. Druga skrajna koleina uległa erozji o kolejne 5 cm, ale w związku z rozjeżdżaniem jej przez pojazdy z jednej strony grunt uległ wyciśnięciu i podniesieniu o 9,5 cm. Pomiędzy dwiema głównymi koleinami (1,8-2,9 m od początku profilu) nastąpiła wyraźna akumulacja materiału. Poziom drogi w tym sektorze podniósł się o od 2 do 6 cm. W zakumulowanym materiale wytworzyły się trzy mniejsze bruzdy o szerokości kilku centymetrów i głębokości (odpowiednio od lewej strony profilu) 2 cm, 5 cm i 2 cm. Po prawej i lewej stronie profilu w obszarach, które były wcześniej porośnięte trawą, zanotowano także niewielką akumulację rzędu 0,5-1,5 cm. Na powierzchni drogi zauważono wiele śladów opon, co wskazuje na intensywne użytkowanie drogi przez pojazdy kołowe.



Fot. 5. Wygląd drogi w profilu A1 w kolejnych okresach pomiarowych
Objaśnienia: A – 3.07, B – 14.11, C – 3.03, D – 27.07, E – 6.09 (fot. M.Szadura)

Photo 5. A view of A1 road profile

Notations: A – 3.07, B – 14.11, C – 3.03, D – 27.07, E – 6.09 (photo M.Szadura)

Przedostatni okres pomiędzy pomiarami, który objął wiosnę i pierwszą połowę lata, charakteryzował się bardzo dużą liczbą dni z opadem – od 23.03 do 27.07 zanotowano piętnaście dni z opadem powyżej 10 mm, w tym trzy dni z opadem wyższym niż 25 mm. Spowodowało to wzmocnienie intensywności erozji. Największa

bruzda uległa znacznemu pogłębieniu, maksymalnie o 29 cm (1,5 m od początku profilu), co spowodowało, że całkowita głębokość erodowanej koleiny wzrosła do 49 cm. Uległa ona także poszerzeniu do 90 cm. Profil bruzdy stał się dwudzielny, przedzielony „żebrem” o wysokości 27,5 cm.

Druga bruzda (3,1 m od początku profilu) uległa pogłębieniu jedynie o 0,5 cm, ale została przesunięta 10 cm w prawo. Z prawej strony dodatkowo zanotowano niewielką akumulację (1,5 cm) oraz erozję (1,5 cm).

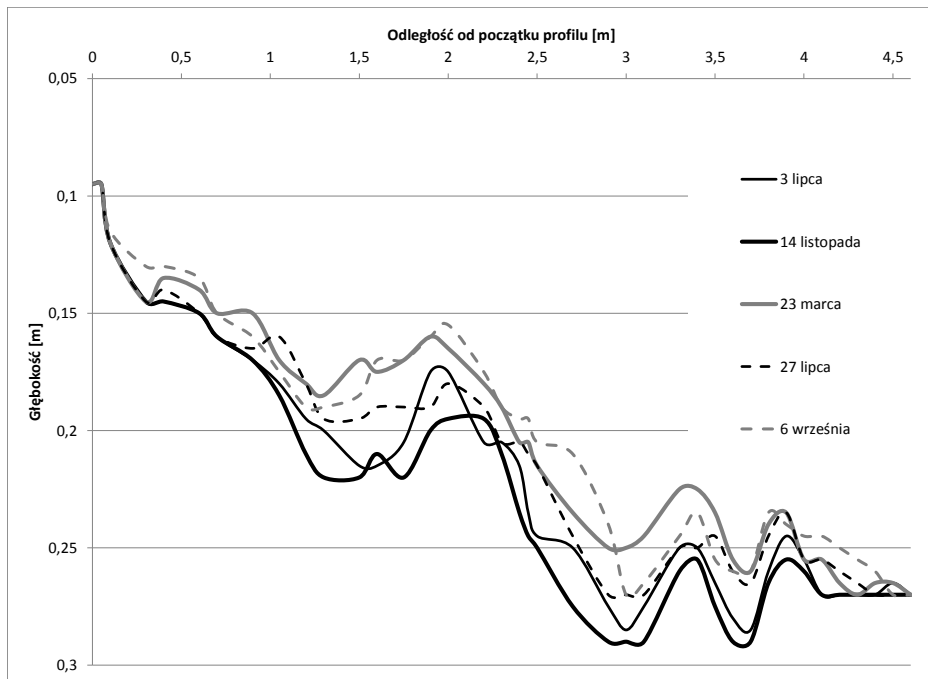
Podczas ostatniego okresu badawczego (między końcem lipca a początkiem września) główna koleina uległa wypłyceniu – jej maksymalna głębokość zmniejszyła się do 36 cm, przy jednoczesnym poszerzeniu w górnej części do 160 cm. W dniu tej formy pojawiły się trzy mniejsze zagłębienia. Na prawym krańcu zanotowano akumulację (2-4,5 cm), wypłyceniu uległa także prawa bruzda (o 5,5 cm).

Profil A2 zlokalizowano na drodze przebiegającej w południowej części zwałowiska, którą wytyczono po pochylni skierowanej ukośnie do nachylenia stoku (ryc. 8). Profil stoku w tym miejscu określono jako wypukło-wklęsły, a jego nachylenie powyżej drogi wynosiło 9° , zaś poniżej 6° . Długość profilu to 4,6 m, a różnica wysokości pomiędzy skrajnymi punktami pomiarowymi osiągała 17,5 cm (ryc. 8). Badany odcinek drogi charakteryzował się na przemian występującą erozją i akumulacją. W momencie rozpoczęcia pomiarów na profilu widoczne były dwie wyraźne koleiny, wcięte na głębokość 4 cm, pierwsza 1,55 m od początku profilu, druga, znacznie szersza, dwudzielna – jej najniżej położone punkty znajdowały się w odległości 3,0 i 3,7 m od początku profilu.

W pierwszym okresie badawczym (między początkiem lipca a połową listopada) stwierdzono niewielką erozję prawie na całej długości profilu (maksymalnie 2,5 cm). Niewielkiemu pogłębieniu uległy obie koleiny (maksymalnie o 1,5 cm). Lewa koleina uległa poszerzeniu i podziałowi na dwie mniejsze bruzdy. Erozja w tym okresie, podobnie jak w przypadku profilu A1, mogła być spowodowana występowaniem splukiwania o dużym natężeniu podczas wspomnianych dwóch dni z intensywnym opadem (15.07 i 7.10.2008 r.).

Podczas kolejnego pomiaru (w trzeciej dekadzie marca) odnotowano akumulację na całym odcinku profilu (przyrost 0,5-5 cm osadu). Najwięcej materiału zakumulowane zostało w koleinach, które jednak nadal pozostawały widoczne. Prawa z nich została podzielona na dwie osobne formy, z których lewa była znacznie większa. Taka sytuacja mogła wiązać się z faktem, że średnie sumy miesięczne opadów w zimie kształtowały się na podobnym poziomie co latem, ale deszcze były mniej intensywne.

W następnym okresie (od początku wiosny do połowy lata) sytuacja wyraźnie się zmieniła i nastąpiło ponowne rozcięcie badanego odcinka drogi. Na całej długości profilu zarejestrowano skutki erozji (0,5-2,5 cm), a jedynie w dwóch miejscach zanotowano niewielką akumulację (0,5-1 cm). Lewa koleina uległa poszerzeniu aż do 80 cm, a jej dno przestało być dwudzielne i stanowiło jedną, prawie płaską powierzchnię. Kształt prawej koleiny nie uległ znacznym zmianom.



Ryc. 8. Zmiany kształtu poprzecznego profilu drogowego A2

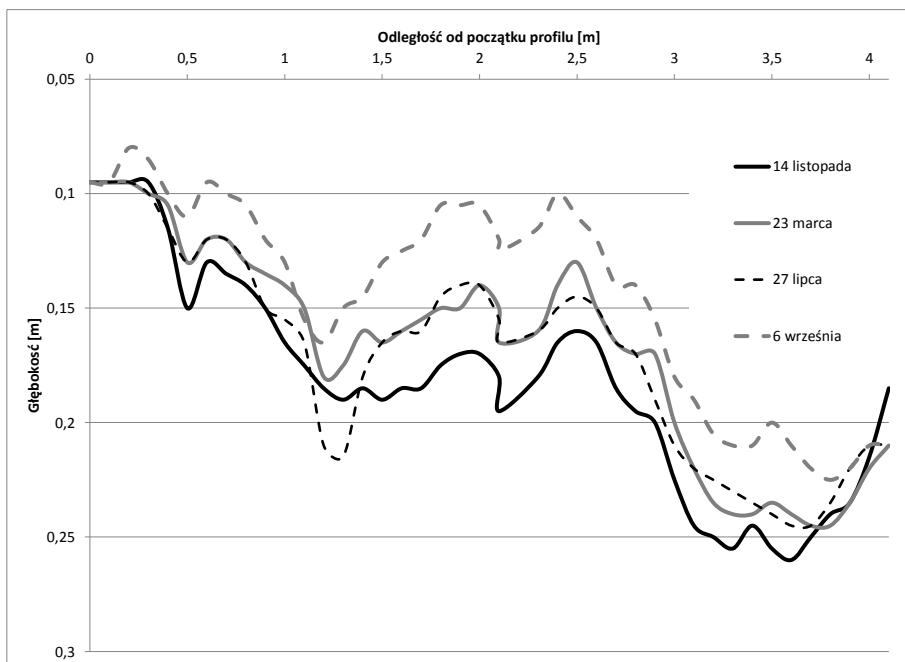
Fig. 8. Changes of the A2 road profile configuration

Podczas ostatniego pomiaru (na początku czerwca) niemal wzdłuż całego profilu drogi zanotowano niewielką akumulację (0,5-3,5 cm), a jedynie w trzech miejscach słabą erozję (0,5-1,5 cm). Lewa koleina uległa wypłyceniu i znacznemu zwężeniu (do około 40 cm), natomiast prawa pozostała płytka, ale stała się wyraźniejsza, z lepiej zaznaczonym dwudzielnym profilem.

W okresie od pierwszego do ostatniego pomiaru powierzchnia drogi na całej długości profilu uległa podniesieniu (maksymalnie o 4,5 cm). Tendencja ta była najbardziej widoczna wewnątrz kolein. Badany odcinek należy zatem uznać za akumulacyjny.

Profil A3 został zamontowany na wschodnim stoku, w odległości około 850 metrów od profilu A1. Nachylenie powierzchni na tym odcinku wynosi 3° . Długość profilu wynosi 4,1 m. Zarówno z lewej, jak i prawej, strony grunt utrwalony był murawą, odpowiednio na długości 50 cm od początku profilu i 30 cm od końca. Murawą pokryta była także środkowa część drogi (1,7-2,7 m od początku profilu) (ryc. 9). W przekroju drogi zaznaczały się dwie słabo wcięte, ale podkreślone przez brak pokrywy roślinnej, koleiny, o osiach w odległości 1,5 m i 3,3 m od początku profilu. W środkowej części drogi zaznaczała się wcięta na głębokość 3,5 cm bruzda erozyjna.

W pierwszym okresie między pomiarami (od połowy listopada do pierwszych dni wiosny następnego roku) w niemal całym profilu zaznaczyła się niewielka aku-



Ryc. 9. Zmiany kształtu poprzecznego profilu drogowego A3
Fig. 9. Changes of the A3 road profile configuration

mulacja na prawie całym odcinku drogi (0,5-3 cm). Niewielką erozję (0,5-2,5 cm) stwierdzono tylko na krańcach profilu. Lewa koleina stała się płytsza, równocześnie zauważono płytką bruzdę erozyjną w zakumulowanym materiale, świadcząca o zmianie tendencji z akumulacyjnej na erozyjną.

W kolejnym okresie badawczym (do końca lipca) zaznaczyła się wyraźna dominacja erozji. Powierzchnia drogi obniżyła się o 0,5-4 cm, a w trzech miejscach nastąpiła niewielka akumulacja (0,5-1,5 cm). Największemu pogłębieniu uległa wcześniej wspomniana bruzda w lewej koleinie, znajdująca się w odległości 1,3 m od początku profilu. Głębokość oraz kształt prawej koleiny nie uległy znaczącym zmianom. Przyczyną stwierdzonej erozji była prawdopodobnie głównie duża liczba dni deszczowych, jakie wystąpiły wiosną i latem.

Podczas ostatniego pomiaru (na początku września) stwierdzono, że ponownie cały analizowany odcinek drogi uległ podwyższeniu o od 1 do 5 cm. Jednak nadal w mikrorzeźbie badanego fragmentu widoczne były dwie małe bruzdy erozyjne. Prawa koleina stała się zdecydowanie mniej widoczna niż podczas pierwszego pomiaru, ale jej kształt był bardzo podobny do początkowego. Ogólnie należy stwierdzić, że odcinek ten, ze względu na niewielkie pochylenie, jest typowo akumulacyjny. Między pierwszym a ostatnim pomiarem cała powierzchnia drogi uległa podwyższeniu o 0,5-7 cm.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania wykazały, że najważniejsze we współczesnym modelowaniu rzeźby zwałowiska procesy spłukiwania występują obecnie na o wiele mniejszym obszarze niż przed zakończeniem rekultywacji. Obszarami, na których zachodzą aktywnie procesy morfogenetyczne są składowisko gipsu oraz drogi zwałowiska.

Na stokach w obrębie składowiska gipsu dominuje erozja będąca efektem spłukiwania skoncentrowanego, która w kilku przypadkach osiągnęła stadium erozji wąwozowej. Na spłaszczeniach przeważa akumulacja – u wylotu wszystkich rozcięć liniowych utworzyły się liczne stożki napływowe, które łączą się w zwarte pokrywy. Proces akumulacji jest stosunkowo wolny i ściśle wiąże się z występowaniem intensywnych opadów deszczu. W związku z tym, że składowisko jest użytkowane tylko jako źródło surowca, zachodzące na nim procesy nie mają większego znaczenia, gdyż ich skutki należy uznać za odwracalne.

Inaczej jest w przypadku procesów zachodzących na drogach zwałowiska. W związku z tym, że na wielu odcinkach pełnią one funkcję ścieżek rowerowych (co niewątpliwie zwiększa atrakcyjność turystyczną zwałowiska), powinny być utrzymywane w jak najlepszym stanie. Nie zawsze ma to jednak miejsce. Na badanych drogach stwierdzono występowanie zarówno erozji naturalnej, jak i antropogenicznej oraz akumulacji. Szczególnie istotna była erozja wywołana bezpośrednio przez koła pojazdów terenowych, występująca praktycznie na wszystkich typach odcinków. Erozja liniowa występowała znacznie rzadziej, ale powstałe w jej wyniku formy osiągały o wiele większe rozmiary. Akumulacja występowała sporadycznie, najczęściej na styku odcinków położonych na stokach i spłaszczeniach.

Wszystkie opisane procesy wpływają bardzo negatywnie na powierzchnię dróg. Rozwinięte bruzdy erozyjne oraz koleiny sprawiają, że ścieżki rowerowe są bardzo trudne w użytkowaniu lub wręcz nieprzejezdne. Obecność stożków napływowych jest równoznaczna z występowaniem bardzo rozległych pokryw piaszczystych, które także uniemożliwiają rowerzystom płynną jazdę. Na odcinkach, na których procesy zachodzą szczególnie intensywnie, zamontowano nieliczne zabezpieczenia przeciwerozyjne. Niestety, nie spełniają one swojego zadania. Jedynym realnym rozwiązaniem wydaje się wyrównanie powierzchni dróg oraz pokrycie jej sztuczną nawierzchnią, najlepiej szutrem. Dzięki takim zabiegom ścieżki byłyby dostępne dla szerszego grona turystów, nawet młodszych rowerzystów, i nie straciłyby swego unikatowego charakteru. Wzmocnienie ich asfaltem czy betonowymi płytami skutkowałoby zbyt dużymi zmianami w krajobrazie, dlatego nie wydaje się wskazane.

Zwałowisko zewnętrzne KWB „Bełchatów” jest jedną z lepiej utrzymanych tego typu form w Polsce. Mimo lokalnie znacznych nachyleń stoków, inżynierom udało się w dużym stopniu ograniczyć ich erozję. Z punktu widzenia użytkowania przez człowieka, Góra Kamieński jest obiektem ważnym, dlatego modelując ją

procesy rzeźbotwórcze, zwłaszcza te zachodzące na drogach, powinny być nadal monitorowane.

Literatura

- Chwastek J., 1966, Z praktyki zagadnień rekultywacji i zagospodarowania poeksploatacyjnych terenów odkrywkowych, *Węgiel Brunatny*.
- Chwastek J., 1970, Wpływ czynników górniczo-geologicznych na formy zwałowisk, *Czasopismo Geograficzne*, 51, 4, 409-425.
- Chwastek J. 1978, Analiza osiadania zwałowisk w aspekcie ich poeksploatacyjnego zagospodarowania, *Prace Naukowe Instytutu Geotechniki Politechniki Wrocławskiej, Seria Monografie*, Wrocław, 1-144.
- Czamura W., 1983, Ocena rozwoju erozji wodnej na północnych skarpach zwałowiska KWB Bełchatów, *Górnictwo Odkrywkowe*, 7/9, 4-7.
- Dmitruk S., 1965, Zadania mechaniki gruntów w wymiarowaniu zwałowisk. *Zeszyty Naukowe Politechniki Wrocławskiej, Budownictwo*, 25, 116, Praca habilitacyjna, Wrocław.
- Dziadko S., 2004, Działalność elektrowni „Bełchatów” w dziedzinie ochrony środowiska, Raport za rok 2003.
- Furmański J., Meissner K., 1963, Badania stateczności zwałów odkrywek węgla brunatnego w rejonie Konina, *Przegląd Geologiczny*, 3, 150-156.
- Kaczmarek K., 1999, Rekultywacja terenów pogórnich i użytków zielonych w obszarze wpływów działalności górniczej KWB „Bełchatów”, *Węgiel Brunatny*, 1.
- Kondracki J., 2009, *Geografia regionalna Polski*, PWN, Warszawa.
- Kozłowski Z., 1974, Generalna koncepcja przemysłowego zagospodarowania złoża Bełchatów, archiwum PGE KWB Bełchatów.
- Kozłowski Z., 2005, Historia budowy Zespołu Górniczo-Energetycznego Bełchatów, archiwum PGE KWB Bełchatów.
- Milkowski D., Nowak J., 2009, Zabezpieczenie i monitoring zagrożenia osuwiskowego na filarze rzeki Nysy Łużyckiej oraz osuwiska „Świniec” na zwałowisku zewnętrznym przy granicy z Czechami, *Węgiel Brunatny*, 67.
- Monasterska H., 1974, Koncepcja rekultywacji terenów pogórnich kopalni Bełchatów, PGE KWB Bełchatów (nie publ.).
- Monasterska H., 1983, Zmiana koncepcji rekultywacji terenów poeksploatacyjnych kopalni Bełchatów, PGE KWB Bełchatów (nie publ.).
- Musiak W., Krawczyk J., Liszewski S., Orska M., Retkiewicz W., Szewczyk K., 2001, Strategia Rozwoju Powiatu Bełchatowskiego, Starostwo Powiatowe w Bełchatowie.
- Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. 2011 Nr 163 poz. 983).
- Pulinowa M.Z., 1967, Geomorfologiczne metody badania zwałowisk na przykładzie Zagłębia Turosszowskiego, *Czasopismo Geograficzne*, 38, 3, 291-297.
- Pulinowa M.Z., 1972, Procesy osuwiskowe w środowisku sztucznym i naturalnym. *Dokumentacja Geograficzna*, 4, 1-112.
- Serafin-Pilawska J., 1962, Osuwiska zwałów zewnętrznych kopalń węgla brunatnego w NRD, *Węgiel Brunatny*, 4, 3, 143-150.
- Uberman R., Ostreża A., 2004, Sposób rekultywacji i zagospodarowania zwałowisk nadkładu i składowisk odpadów górniczych, *Górnictwo Odkrywkowe*, 46, 7-8, 80-87.

- Wachowiak G. (red.), 2008, Rocznik meteorologiczny i hydrologiczny obszaru oddziaływania odwodnienia PGE KWB Bełchatów S.A. (nie publ.).
- Wałykowski P. 2006, Wpływ dróg górskich na dynamikę procesów morfogenetycznych w rejonie Turbacza, *Ochrona Beskidów Zachodnich*, 1, 67-79.
- Woźna A., 2008, Jak górnicy z Bełchatowa wielką górę usypali, *Węgiel Brunatny* 3/64.
- Woźniak H., 1988, Właściwości fizyczno-mechaniczne gruntów zwałowych z uwzględnieniem zawodnienia na przykładzie KWB Bełchatów, rozprawa doktorska, AGH, Kraków.

Summary

The aim of this paper is to present results of the research on contemporary morphogenetic processes and landforms on an external waste dump of the Bełchatów Lignite Mine. The most important aspect of the research was the determination of human impact on this transformation. The recultivation of the Bełchatów waste dump has been almost finished (except of a gypsum storage yard) and now the hill is forested. It is known as Mount Kamięnsk and is used for recreation such as skiing and biking.

The research was based on geomorphological mapping. Field study was conducted in five periods, between July 2008 and September 2009. The authors showed that the linear water erosion is the main morphogenetic process acting on unpaved roads and paths – biking routes of Mount Kamięnsk. Particularly damaged, both by water erosion and by erosion caused by vehicles, are the roads on sandy ground. Information about the rate of erosion processes on roads was obtained on the basis of measurements along three selected road cross-profiles located on sandy road fragments (fig. 6). In the whole research period these roads were deepened by 0.2-0.4 m on average (fig. 7, 8, 9). On the roads localized on other grounds (not sandy) erosion caused directly by off-road vehicles was the most significant. Signs of erosion (natural and caused by vehicles) were registered on roads located on slopes as well as on flat areas.

The gypsum storage yard is subject to intensive rill and gully erosion. This process was assessed indirectly by measuring accumulation rate on two small alluvial fans. The accumulation in four months period with some intense rainfall episodes was determined to be 0.07-0.125 m.

The external waste dump of the Bełchatów Lignite Mine is a good example of successful recultivation of transformed landscape. Nowadays, linear erosion occurs on a very limited area, mainly in the gypsum storage yard and on roads. Erosion control devices are present only on a few road sectors. In authors' opinion the best way to preserve the "Mount Kamięnsk" roads is to cover their surface by crushed stone. It is also recommended to continue the monitoring of processes which transform the most damaged fragments of the waste dump.