

OCENA BIOTECHNICZNEJ ZABUDOWY WĄWOZÓW ZBOCZOWYCH W OPOCE DUŻEJ (WYŻYNA LUBELSKA)

Andrzej Mazur¹

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin, e-mail: amazur70@op.pl

STRESZCZENIE

Badania wykonano w umocnionych wąwozach w Opoce Dużej, gdzie w latach 1962–1964 wykonano przeciwo-erozyjną zabudowę biotechniczną. Na podstawie badań można stwierdzić, że zastosowana zabudowa wąwozów okazała się skuteczna. Wąwozy nie pogłębiły się i nie powiększyły swoich rozmiarów, a koryto Sanny nie wymagało kosztownego bagrowania. Na dnach wąwozów obserwuje się głównie akumulację materiału glebowego. W ciągu 51 lat na dnach wąwozów osadziło się około 4000 m³ namulów. Budowle hydrotechniczne skutecznie utrwaliły progi erozyjne i dno wąwozu przed erozją liniową oraz przyczyniły się do zatrzymania żyznego materiału glebowego, dzięki czemu powstały korzystniejsze warunki dla wzrostu roślinności. Jednak stosowanie tego typu budowli w wąwozach powinno być ograniczone do niezbędnego minimum ze względu na wysoki koszt zatrzymania m³ materiału ziemnego oraz wprowadzanie sztucznych elementów w krajobraz.

Słowa kluczowe: wąwóz, umocnienia biotechniczne, erozja wodna, erozja wąwozowa

EVALUATIONS OF BIOTECHNICAL CONSOLIDATIONS OF SLOPES GULLIES IN OPOKA DUŻA (LUBLIN UPLAND)

The studies were carried out in consolidated gullies in Opoka Duża, an anti-erosion biotechnical structure created in 1962–1964. On the basis of the studies it can be stated that the applied gullies buildings appeared to be efficient. Gullies did not deepen and did not increase its dimensions, whereas the Sanna river bed did not require expensive dredging. Accumulation of soil material is mainly observed at the bottoms of the gullies. In 51 years, about 4000 m³ of material accumulated at the bottoms. Hydrotechnical structures efficiently strengthened the erosion thresholds and bottoms of gullies against linear erosion and contributed to the inhibition of the fertile soil material creating more favourable conditions for plants growth. However, application of this type of buildings in gullies should be reduced to a necessary minimum, due to the high cost of maintaining a m³ of soil material and the introduction of additional elements in the landscape.

Keywords: gully, biotechnical consolidations, water erosion, gully erosion

WSTĘP

Bogactwo form hipsometrycznych, a także przewaga gleb wytworzonych z lessów zdecydowało, że Wyżyna Lubelska zaliczana jest do krain fizjograficznych silnie zagrożonych erozją wodną. Procesy erozji wodnej przejawiają się tu w różnych formach modyfikacji powierzchni Ziemi, a najbardziej destrukcyjną formą jest erozja wąwozowa. Wyżyna Lubelska rozczłonkowana jest wąwozami w stopniu silnym, a sieć wąwozów o gęstości powyżej 0,5 km·km⁻² obejmuje aż 29,3% jej obszaru [Józefaciuk, Józefaciuk 1995]. Występowanie wąwozów na danym te-

renie wiąże się z utrudnieniami w mechanizacji prac agrotechnicznych i transporcie. Rozwijając się niszczą pola uprawne oraz osuszają przyległe tereny w wyniku drenującego charakteru rozcięć, a materiał ziemny wymywany z wąwozów zamuła urządzenia drogowe [Mazur 2008, 2011], cieki i zbiorniki wodne jak również może prowadzić do zmian stosunków wilgotnościowych w dolinach rzecznych. Wąwozy są też trasami skoncentrowanego spływu wód powierzchniowych i wyerodowanego materiału glebowego. Ich gęsta sieć przyczynia się do zwiększenia fali powodziowej [Józefaciuk, Józefaciuk 1998; Ziemnicki 1961, 1966]. Dlatego też, erozja wąwozowa stanowi

poważny problem przyrodniczo-gospodarczy, wymagający wnikliwej analizy zachodzących procesów i ich następstw oraz poszukiwania nowych i skutecznych metod stabilizacji wąwozów, a także oceny przeciwoerozyjnej skuteczności zastosowanych już rozwiązań.

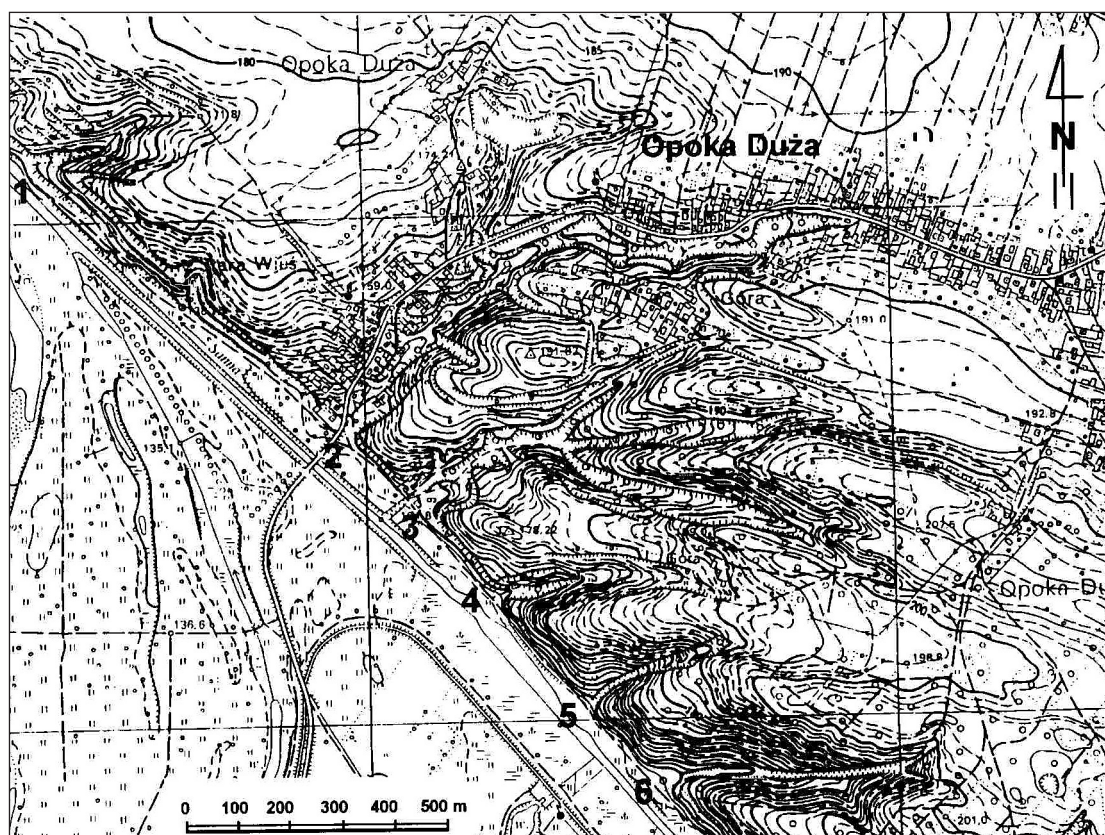
W pracy przedstawiono ocenę skuteczności przeciwoerozyjnej zabudowy wąwozów zboczowych w miejscowości Opoka Duża na Wyżynie Lubelskiej.

MATERIAŁ I METODY

Miejscowość Opoka Duża leży na prawym zboczu przełomowego odcinka doliny Wisły na zachodniej krawędzi Wyżyny Lubelskiej w pobliżu Annopola. Regionalnie jest to krawędź Wzniesień Urzędowskich, gdzie przebiegają dwie antykliny jurajskie: rachowska i gościeradowska. Wzniesienia Urzędowskie o powierzchni 1330 km² i wysokościach od 200 do 270 m n.p.m. [Kondracki 1994], rozczłonkowane są erozyjnie przez Wyżlicę, Sannę i górną Bystrycę. Połu-

dniowo-zachodnia krawędź Wzniesień Urzędowskich porożcinana jest licznymi wąwozami o zasadniczym kierunku równoleżnikowym, których wyloty znajdują się w kilkusetmetrowych odstępach, zlokalizowanych przy ujściowym odcinku rzeki Sanna do Wisły. Deniwelacje dochodzą tu do 40 m (rys. 1).

Wąwozy powstały najprawdopodobniej przed lub w okresie ostatnich zlodowaceń, o czym świadczy występowanie piasków i żwirów fluwioglacjalnych widocznych na zboczach w dolnym i środkowym biegu dolin i wąwozów [Ziemnicki 1966]. Długość wąwozów wynosi od 150 do 1000 m, a głębokość od 5 do 30 m. Łączna długość wąwozów wraz z odgałęzieniami bocznymi wynosi około 2660 m, a powierzchnia ich zlewni około 204 ha. Do roku 1939 wąwozy były zalesione. Podczas wojny i w pierwszych latach po wojnie, miejscowa ludność wycięła drzewa w wąwozach (z wyjątkiem wąwozu nr 6) i użytkowała teren jako pastwisko [Ziemnicki i in. 1977]. Nadmierny wypas i brak opieki nad wąwozami doprowadził do silnego uaktywnienia procesów erozyjnych na stromych zboczach i dnach wąwo-



Rys. 1. Mapa sytuacyjno-wysokościowa miejscowości Opoka Duża (1, 2, 3, 4, 5, 6 – umocnione wąwozy)

Fig. 1. The situation and contour map of the village Opoka Duża (1, 2, 3, 4, 5, 6 – strengthened gullies)

zów głównych i rozgałęzień bocznych. Materiał ziemny wynoszony przez wodę utworzył u wylotów wąwozów stożki deluwialne o promieniach dochodzących do 100 m i zamulał ujściowy odcinek koryta Sanny zmuszając do ciągłego bagrowania (fot. 1). Tylko w 1959 roku z koryta Sanny wydobyto 7300 m³ namulów [Kisyński].

W latach 1961–64 umocniono biotechnicznie sześć wąwozów. Projekt melioracji przeciwerozryjnych przewidywał umocnienie istniejących progów erozyjnych budowlami hydrotechnicz-

nymi w postaci 21 stopni skrzynkowych o wysokościach do 2 m (fot. 2) i 31 progów żelbetowych o wysokościach około 1 m (fot. 3), budowę dwóch zapór przeciwrumowiskowych (fot. 4) zamykających dwa największe wąwozy (nr 2 i 3) oraz dwóch koryt odpływowych przez stożki deluwialne.

Ponadto w odnodze wąwozu nr 2 wykonano studnię w formie szybu wraz z rurociągiem, a u jego czoła zbiornik retencyjno-kolmatacyjny. Dodatkowo dna wąwozów umocniono za pomo-



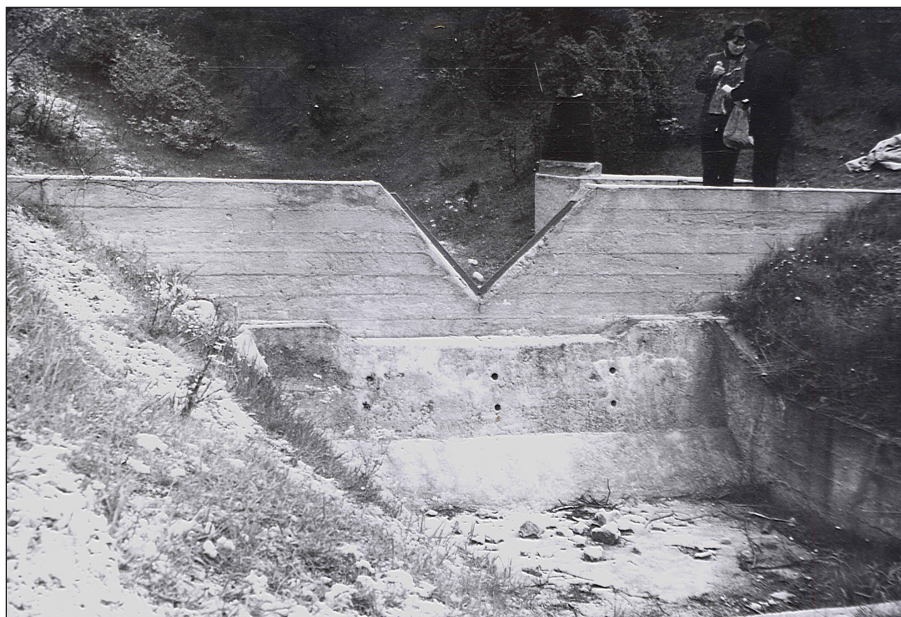
Fot. 1. Ujściowy odcinek koryta Sanny w trakcie bagrowania (1959 rok)

Photo 1. Depositional zone of Sanna river during dredging (1959)



Fot. 2. Stopień skrzynkowy umacniający próg erozyjny (1964 rok)

Photo 2. A box inlet spillway used to reinforce the erosion threshold (1964)



Fot. 3. Próg żelbetowy z posadowionym na nim trójkątnym przelewem Thomsona do pomiaru przepływu wody
Photo 3. A ferroconcrete step with the Thomson's triangular overflow on it, measuring a flow rate



Fot. 4. Zapora przeciwrumowiskowa zamykająca wąwóz. Poniżej niej koryto odpływowe odprowadzające wodę przez stożek deluwialny

Photo 4. The anti-rubble barrier closing the mouth of a gully. Below a channel leading the outflow through the deluvial cone can be seen

cą poprzecznych grobelek ziemnych i żywopłotów wiklinowych. Skarpy wąwozów umocniono płótkami faszynowymi. Po wykonaniu zabudowy technicznej przystąpiono do umocnień biologicznych. Pod zalesienia na stromych ścianach wąwozów wykonano minitarasy naorywane (fot. 5) i talerzowe.

Powierzchnie bez roślinności obsiano mieszaną traw z roślinami motylkowymi. Na dnie wąwozu i w dolnych częściach skarp posadzono

sztobry wierzbowe. Następnie przystąpiono do sadzenia drzew i krzewów na powierzchni około 18 ha. Budowę zespołów zalesieniowych dostosowano do wydzieleni istotnie różniących się warunkami siedliskowymi, głównie glebowymi i erozyjnymi oraz zadań, jakie zespoły te powinny pełnić (ochronne, fitomelioracyjne, produkcyjne). Zastosowano gatunki pionierskie: brzozę brodawkowatą, osikę, wiąz pospolity, sosnę zwyczajną, topolę, wierzbę białą, robinie akacjową,



Fot. 5. Zalesianie stromych ścian wąwozu nr 2 na przygotowanych minitarasach naorywanych. Z lewej strony widoczne dwa stopnie skrzynkowe w odnodze bocznej wąwozu

Photo 5. Foresting plowed-on miniterraces on steep slopes of no. 2 gully. Two box inlet spillways in a arm-gully can be seen on the left

różę dziką, jałowiec pospolity, śliwę tarninę, grab zwyczajny, lipę drobnolistną, dąb szypułkowy, modrzew europejski, a także gatunki, które wchodziły w skład naturalnych zadrzewień tego terenu: buk zwyczajny, dąb bezszypułkowy, jesion wyniosły, klon jawor i polny, olsza czarna [Mazur, Pałys 1987; Ziemnicki 1966].

W celu oceny funkcjonowania przeciwoerozyjnej zabudowy wąwozów, przeprowadzono badania polegające na: rejestracji procesów erozyjnych w wąwozach (w latach 2000 – 2015), wykonaniu pomiarów niwelacyjnych den wąwozów (1997 r. i 2015 r.) i porównaniu otrzymanych wyników z wynikami pomiarów z lat 1963 i 1970, wykonaniu badań gleboznawczych w 2015 r., na podstawie których scharakteryzowano gleby zgodnie z Systematyką gleb Polski stosowaną przez PTG [1998]. W celu zinwentaryzowania drzewostanu w 2015 r. wydzielono powierzchnie próbne (25 x 20 m), na których określono: uproszczony opis stosunków florystycznych, strukturę grubości drzew poprzez pomiar pierśnic i wysokości. Następnie z tablic miąższości drzew stojących [Czuraj i in. 1966] wyliczono miąższość grubizny na powierzchni próbnej, którą przeliczono na jednostkę powierzchni. Stan techniczny budowli hydrotechnicznych określono wizualnie (2015 r.), zwracając uwagę na spękania ścian i słupów, korozję betonu i rozmywy w sąsiedztwie budowli grożące ich zniszczeniem.

WYNIKI BADAŃ

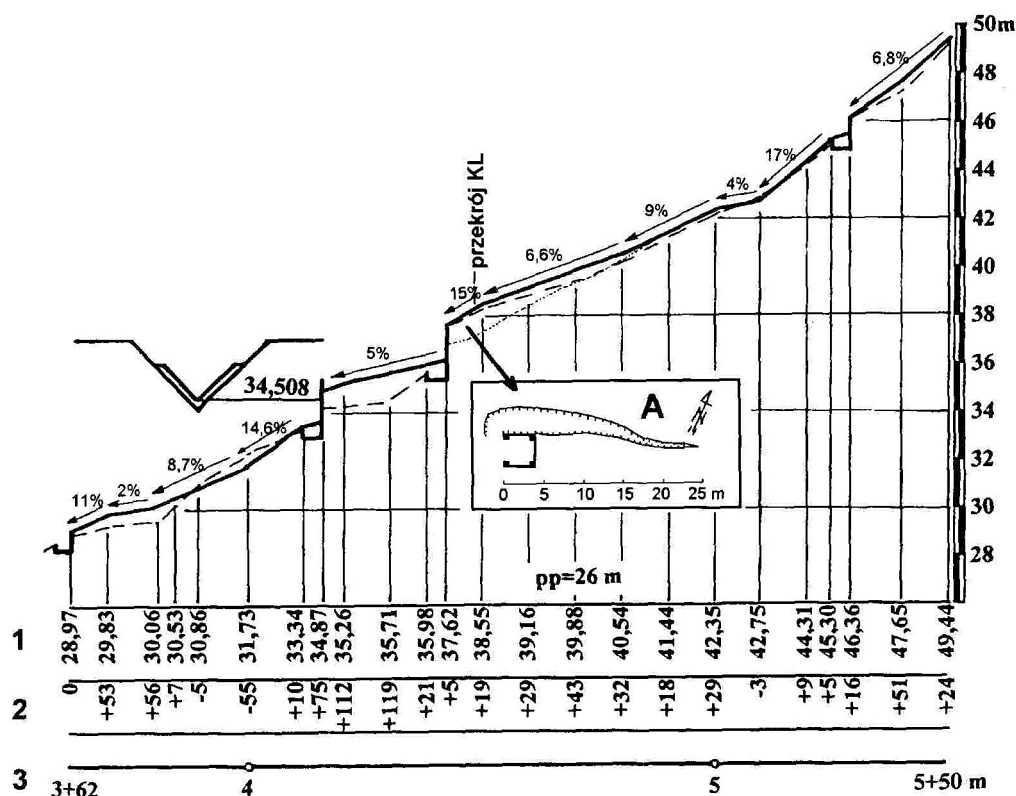
Wykonana zabudowa biotechniczna przyczyniła się do stabilizacji wąwozów, które nie powiększyły swoich rozmiarów, chociaż w miejscach skoncentrowanego przepływu wody widoczne są ślady erozji wodnej. Najwięcej szkód erozyjnych rejestrowano w największych wąwozach nr 2 i 3. Bezpośrednią przyczyną rozmywów erozyjnych w wąwozie nr 2, jest lokalizacja szosy o nawierzchni bitumicznej, biegnącej powyżej zbocza o wystawie S i SW. W miejscach, gdzie szosa styka się z krawędzią wąwozu (głównie górna i środkowa część wąwozu), powstały 4 rozmywy, które mogą dać początek bocznym odgałęzieniom. Ich czoła doszły już do szosy grożąc jej podmyciem i zniszczeniem. Największy z rozmywów, który powstał na hektometrze 4+25 ma długość 15 m, średnią szerokość 2,5 m (max. 4 m), głębokość 2,2 m (max. 3,5 m). Materiał glebowy o objętości około 82,5 m³, który został wyniesiony z tego rozmywu, osadził się głównie na dnie wąwozu kolmatując próg żelbetowy. Również w wąwozie nr 3 duże zagrożenie erozyjne, głównie dla odnogi prawej i dolnego odcinka wąwozu, stwarza droga gruntowa, która biegnie po zboczu o wystawie S. Jest ona intensywnie erodowana oraz okresowo doprowadza do wąwozu duże ilości wody i materiału glebowego z uprawianej rolniczo górnej części zlewni

tej odnogi wąwozu. W odnodze prawej wąwozu powstała największa z zarejestrowanych w wąwozie żłobin erozyjnych, której długość wynosi 25,5 m, maksymalna szerokość 3 m, głębokość 1,38 m, a objętość około 25 m³. Ponieważ forma erozyjna powstała w bliskim sąsiedztwie stopnia skrzynkowego, dalsze jej powiększanie się może doprowadzić do jego zniszczenia (rys. 2).

Analizując wyniki pomiarów niwelacyjnych den wąwozów i porównując je z wynikami pomiarów z lat wcześniejszych, można stwierdzić, że dna wszystkich sześciu wąwozów uległy podwyższeniu, co świadczy o przewadze akumulacji materiału glebowego nad wynoszeniem. Na rysunku 2 pokazano przykładowy profil podłużny dna odnogi bocznej wąwozu nr 3. Maksymalne podwyższenie dna zlokalizowano w wąwozie nr 2 – 1,56 m oraz w wąwozie nr 3 – 1,19 m. Zapory przeciwrumowiskowe również zatrzymały materiał ziemny powodując podniesienie się den wąwozów nr 2 i 3 powyżej zapór nawet o 0,95 m. Średnio w wąwozach od 1 do 6 dna podniosły się

odpowiednio: 0,35 m, 0,54 m, 0,33 m, 0,32 m, 0,36 m, 0,19 m. Nie zaobserwowano miejsc w których dna wyraźnie uległy obniżeniu. Sporadycznie obniżenie den wystąpiło na odcinkach kilku lub kilkunasto metrowych, przeważnie poniżej stopni skrzynkowych umacniających progi erozyjne. Spadek den w tych miejscach dochodził do 16%. Łączna kubatura zatrzymanego na dnach wąwozów materiału glebowego wynosi około 4000 m³. Materiał ziemny osiadał się głównie powyżej budowli hydrotechnicznych umacniających progi erozyjne w wąwozach, przyczyniając się do ich kolmatacji. Niektóre z budowli zostały pokryte warstwą namulów i obecnie są niewidoczne.

Przeprowadzone badania gleboznawcze pozwalają stwierdzić, że w badanych wąwozach gleby wytworzył się przeważnie z glin piaszczystych, piasku luźnego i słabo gliniastego oraz pyłów, bardzo często zalegających na zwietrzałej opoce silnie reagującej z HCl. Przykładowo podano niektóre właściwości fizykochemiczne gleb na zboczu SE wąwozu nr 2 (tab. 1).



Rys. 2. Profil podłużny dna odnogi prawej wąwozu nr 3

1 – rzędne dna w roku 1997 (linia ciągła); 2 – obniżenie (-) lub podwyższenie (+) dna w okresie 1970 – 1997 roku w cm; 3 – hektometry; A – plan dna wąwozu z rozmywem

Fig. 2. A longitudinal profile of a right side-gully of the no. 3 gully

1 – ordinates of a bottom in 1997 (solid line); 2 – silting up (+) and washing out (-) in 1970 – 1997 period in cm; 3 – hectometres; A – sketch of the gully bottom with outwash

Tabela 1. Niektóre właściwości fizykochemiczne gleb w wąwozie nr 2 w 2015 roku**Table 1.** Some physical and chemical properties of soils on the gully no 2 in 2015 year

Poziom	Głębokość [cm]	Próchnica [%]	CaCO ₃ [%]	pH		Wsp. przepuszczalności [10 ⁻⁶ m×s ⁻¹]
				KCl	H ₂ O	
A	0 – 24	1,51	0,00	3,9	5,8	7,75
A/B _{br}	24 – 32	0,65	0,00	4,5	6,3	6,56
B _{br}	32 – 70	0,33	0,00	7,0	7,7	7,23
D	> 70	0,00	0,00	7,1	7,8	25,89

Występują tutaj gleby brunatne niecałkowicie, wytworzone z pyłu piaszczystego zalegającego na piasku luźnym. Są to gleby bezwęglanowe o odczynie kwaśnym w górnych poziomach diagnostycznych do obojętnego w poziomach niższych. Maksymalna zawartość próchnicy (1,51%) występuje w górnym poziomie diagnostycznym (A) do głębokości około 24 cm. W niższych poziomach zawartość próchnicy wynosi 0,65% i 0,33%. Przepuszczalność wodna wynosi około $7 \times 10^{-6} \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. Na podstawie badań gleboznawczych stwierdzono również, że dzięki zahamowaniu procesów erozyjnych, które silnie erodowały górne warstwy gleby, dominują obecnie procesy glebotwórcze. Bowiem „ogłowione” kiedyś profile glebowe z poziomów próchnicznych, obecnie się odbudowują. Miąższość poziomów próchnicznych jest zróżnicowana w zależności od miejsca pomiaru i waha się na zboczach przeważnie od 5 cm do 25 cm, a w dnach wąwozów, gdzie występuje akumulacja, nawet do 115 cm.

Obecnie wąwozy, jak też i duże fragmenty ich zlewni w całości są zalesione lub zakrzewione.

Las zajmuje powierzchnię około 58 ha, co stanowi 28,5% ogólnej powierzchni zlewni wąwozów. Zbocza wąwozów porasta obecnie drzewostan mieszany, w skład którego głównie wchodzi: jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.), brzoza brodawkowata (*Betula pendula* ROTH.), topola osika (*Populus tremula* L.), modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.), lipa drobnolistna (*Tilia cordata* MILL.), klon jawor (*Acer pseudoplatanus* L.), sosna pospolita (*Pinus silvestris* L.), dąb bezszypułkowy (*Quercus petraea* LIEBL.) i szypułkowy (*Quercus robur* L.). Drzewostan ten stanowi górne piętro o wysokości od 16 do 22 m i pokrywa od 30 do 80% powierzchni zboczy wąwozów (fot. 6).

Największą wartość pod względem jakości technicznej drewna w zalesionych wąwozach ma modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.), który posiada kłody gonne i dobrze oczyszczone. Przeciętna pierśnica modrzewia wynosi 28 cm (max. 39 cm). Dolne piętro drzew o wysokości od 12 do 17 m buduje: grab zwyczajny (*Carpinus betulus* L.), wiąz pospolity (*Ulmus minor* Mill.),

**Fot. 6.** Widok fragmentu zalesionego wąwozu nr 2 (część zbocza jak na fot. 5)**Photo 6.** Forested no. 2 gully (part of the slope, as on photo 5)

dąb bezszypułkowy (*Quercus petraea* LIEBL.) i szypułkowy (*Quercus robur* L.), buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.), lipa drobnolistna (*Tilia cordata* MILL.), klon jawor (*Acer pseudoplatanus* L.). Piętro to pokrywa od 50 do 80% powierzchni i rokuje nadzieje hodowlane. Wiąz pospolity (*Ulmus minor* Mill.), grab zwyczajny (*Carpinus betulus* L.), i buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.) osiągnęły pierśnicę od 7 do 20 cm. W podszyciu rosną głównie: dereń świdwa (*Cornus sanguinea* JACQ.), trzmielina zwyczajna (*Euonymus europaeus* L.), leszczyna pospolita (*Corylus avellana* L.), śliwa tarnina (*Prunus spinosa* L.), robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia* L.), grab zwyczajny (*Carpinus betulus* L.), czeremcha amerykańska (*Padus serotina* (EHRH.) BORKH.) i buk zwyczajny (*Fagus sylvatica* L.). Pokrycie tej warstwy wynosi od 10 do 40%. W runie występują siewki drzew i krzewów rosnących w wąwozach oraz nieliczne rośliny zielne. Pokrycie tej warstwy waha się od 5% do 30%. W tabeli 2 przedstawiono przykładowe parametry drzewostanu na wytypowanej powierzchni próbnej zlokalizowanej w wąwozie nr 2 na zboczu SE.

Powierzchnię próbną porasta drzewostan dwupiętrowy o pokryciu powierzchni około 80%. Górne piętro drzew o średniej wysokości 20 m, buduje głównie modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.), a topola osika (*Populus tremula* L.), jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.) i wiąz pospolity (*Ulmus minor* Mill.) stanowią domieszkę jednostkową. W skład dolnego pietra drzew o wysokości około 13 m wchodzi głównie grab zwyczajny (*Carpinus betulus* L.). W skład podszycu, którego pokrycie wynosi około 13%, wchodzi głównie leszczyna pospolita (*Corylus avellana* L.) i grab zwyczajny (*Carpinus betulus* L.). Natomiast pokrycie runa wynosi zaledwie 4%, a w jego skład wchodzi siewki drzew i krze-

wów występujących w wąwozie i nieliczne rośliny zielne. Największe rozmiary na powierzchni próbnej osiągnął modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.), który posiada pierśnice w przedziale od 20 do 39 cm (średnio 28 cm). Grab zwyczajny (*Carpinus betulus* L.) ma średnią pierśnicę około 13 cm. Największą miąższość grubizny ma modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.), która w przeliczeniu na 1 ha wynosi 245,7 m³·ha⁻¹. Zgodnie z tablicami zasobności przyrostu drzewostanów [Szymkiewicz 2001] odpowiada to pierwszej klasie bonitacji siedliska. Natomiast miąższość grabu zwyczajnego (*Carpinus betulus* L.), jako najliczniej reprezentowanego gatunku na powierzchni próbnej, wynosi 21,7 m³·ha⁻¹. Łączny zapas grubizny wszystkich gatunków wynosi 347,5 m³·ha⁻¹. Świadczy to o dużych możliwościach produkcyjnych siedliska.

Znacznie gorsze wyniki zalesieni osiągnięto na zboczach o wystawie S i SW w wąwozach nr 2 i 3. Porastająca je roślinność ma charakter zarośli, z wybijającymi się drzewami lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* MILL.) i robinii akacjowej (*Robinia pseudoacacia* L.). Z racji, że robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia* L.) najszybciej przyrastał, został silnie przerzedzony przez okolicznych mieszkańców. Pojedyncze egzemplarze, które nie zostały wycięte obecnie mają pierśnicę do 50 cm. Pokrycie drzew wynosi od 30 do 50%. W podszyciu występuje głównie bez czarny (*Sambucus nigra* L.) i róża dzika (*Rosa canina* L.) oraz odrosty od pni i korzeni robinii akacjowej (*Robinia pseudoacacia* L.). Pokrycie tej warstwy wynosi od 20 do 80%. Runo jest bardzo słabo rozwinięte. W dnie wąwozu rośnie głównie: olsza czarna (*Alnus glutinosa* (L.) GAERTN.) o pierśnicy do 30 cm, jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.) o pierśnicy 26 cm, lipa drobnolistna (*Tilia cordata* MILL.) o pierśnicy do 30 cm oraz

Tabela 2. Wybrane parametry drzewostanu na powierzchni próbnej w 2015 roku

Table 2. Selected parameters of the forest stand on sample area in 2015

Gatunek Liczba drzew	Średnia wysokość [m]	Średnia pierśnica [cm]	Miąższość grubizny [m ³]		Zapas grubizny [m ³ ·ha ⁻¹]
			drzewo próbne	na powierzchni próbnej	
Modrzew europejski (<i>Larix decidua</i> Mill.) 24	20	28	0,53	12,28	245,7
Topola osika (<i>Populus tremula</i> L.) 2	22	30	0,64	1,26	24,9
Jesion wyniosły (<i>Fraxinus excelsior</i> L.) 4	17	27	0,41	1,64	32,9
Wiąz pospolity (<i>Ulmus minor</i> Mill.) 3	16	25	0,37	1,12	22,3
Grab zwyczajny (<i>Carpinus betulus</i> L.) 27	13	10	0,04	1,09	21,7

resztki nie wyciętych topól euroamerykańskich (*Populus x euramericana* (DOOLE) GUINIER) o pierśnicy do 60 cm. Podszyt stanowi: bez czarny (*Sambucus nigra* L.), czerwemcha amerykańska (*Padus serotina* (EHRH.) BORKH.), leszczyna pospolita (*Corylus avellana* L.), dereń świdwa (*Cornus sanguinea* JACQ.), trzmielina zwyczajna (*Euonymus europaeus* L.). Pokrycie tej warstwy jest bardzo zróżnicowane, miejscami wynosi 0%, a w niektórych miejscach osiąga 100%.

W całym wąwozie umocnione budowlami hydrotechnicznymi progi erozyjne zostały skutecznie utrwalone, a nowe nie powstały. Tylko w jednym przypadku w wąwozie nr 3, stopień skrzynkowy wykonany z prefabrykatów uległ uszkodzeniu (pękła ściana czołowa), próg erozyjny zaczyna przesuwać się ku górze. Poduszki wodne tych budowli zostały zamulone, a niektóre z budowli zostały w całości pokryte warstwą namulów i obecnie są niewidoczne, lub ponad dno wąwozu wystają tylko niewielkie fragmenty ich ścianek czołowych. Osadzające się w poduszkach wodnych namuły zmniejszają wysokość budowli i umożliwiają wzrost roślinności, dzięki czemu budowle „zespala się” z otoczeniem, co jest pożądane dla estetyki krajobrazu (fot. 7). Budowle techniczne wykonane w wąwozach, pomimo upływu lat i braku konserwacji, są w zadowalającym stanie technicznym. Chociaż w stopniach skrzynkowych, w poduszkach których stagnuje woda, w dolnych częściach ścian widoczna jest korozja betonu.

PODSUMOWANIE

Kierunek biotechnicznej zabudowy wąwozów w Opoce Dużej, pod względem ochronnej skuteczności zastosowanych rozwiązań, należy ocenić pozytywnie. Zabudowa wąwozów okazała się skuteczna i nadal spełnia założenia projektowe, jakimi były stabilizacja wąwozów oraz niedopuszczenie do zamulania ujściowego odcinka rzeki Sanny. Wąwozy nie pogłębiły się i nie powiększyły swoich rozmiarów, a koryto Sanny nie wymagało kosztownego bagrowania. Osiągnięcie takich wyników możliwe było dzięki wprowadzeniu w pierwszym etapie zabudowy wąwozów, budowli hydrotechnicznych umacniających linie ciekowe. Wykonane w dnach wąwozów głównych i rozcięć bocznych stopnie skrzynkowe i progi żelbetowe skutecznie utrwaliły progi erozyjne i dna wąwozów przed erozją liniową nie dopuszczając do ich dalszego pogłębiania się, co dało stabilną podstawę erozyjną dla zboczy wąwozów. Oprócz skutecznej stabilizacji den wąwozów stopnie skrzynkowe i progi żelbetowe (szczególnie w pierwszym okresie funkcjonowania zabudowy kiedy roślinność nie chroni dostatecznie gleby przed procesami erozyjnymi), przyczyniły się do zatrzymania materiału glebowego niesionego przez spływającą wodę, co prowadzi do łagodzenia i wyrównania spadku dna [Ziemiński i in. 1979]. Również w późniejszym okresie wspólnie z zabudową biologiczną przyczyniają się do zatrzymania namulów.



Fot. 7. Stopień skrzynkowy umacniający próg erozyjny w dnie wąwozu, „zespólny” z otoczeniem
Photo 7. Box inlet spillway integrated with an environment and used to reinforce the erosion threshold

Zapory przeciwrumowiskowe wykonane u wylotów wąwozów nr 2 i 3, których zadaniem było zatrzymywanie wynoszonego materiału glebowego, spełniły swoje zadanie, chociaż spodziewano się, że zatrzymają znacznie więcej namulów niż to uczyniły. Przez cały okres funkcjonowania zabudowy nie zachodziła potrzeba podniesienia rzędnych piętrzenia zapór, ponieważ do chwili obecnej nie zostały one zakolmatowane (rzędna dna nie zrównała się z rzędną piętrzenia zapory). Fakt ten można tłumaczyć mniejszym dopływem materiału glebowego, który zatrzymywany był w górnej części wąwozów przez skutecznie działającą zabudowę techniczno-biologiczną. Przy właściwej zabudowie wąwozu żelbetowa zapor przeciwrumowiskowa może być zastąpiona mniejszą i tańszą budowlą (progiem żelbetowym, stopniem skrzynkowym lub groblą ziemną). Za takim rozwiązaniem przemawia również fakt, że wraz z upływem czasu rozwijająca się roślinność będzie coraz lepiej chronić glebę przed procesami erozji wodnej, a w związku z tym ilość wyerodowanego materiału glebowego wynoszonego z wąwozu będzie się zmniejszać.

Zalesienie wąwozów w Opoce Dużej pełni obecnie zadowalającą funkcję ochronną, natomiast słabszą produkcyjną, a na obniżeniu wyników zalesienia wpływa rabunkowa gospodarka leśna prowadzona przez okolicznych mieszkańców, którzy systematycznie wycinają najładniejsze egzemplarze drzew. Aby zmienić ten stan i poprawić funkcję produkcyjną zalesień, należałoby drzewostany przebudować, co wydaje się teraz łatwiejsze do osiągnięcia ponieważ zahamowane zostały procesy erozji wodnej, a w górnych poziomach diagnostycznych gleb zwiększyła się zawartość próchnicy, co powinno poprawić udatność i wzrost sadzonek.

Umocnienia czynnych wąwozów należy rozpocząć od umocnień technicznych linii ciekowych, bowiem są zabiegiem o natychmiastowym działaniu, a następnie należy wprowadzać umocnienia biologiczne, które z czasem przejmą główną funkcję ochronną. Jednak zastosowanie ciężkich żelbetowych budowli hydrotechnicznych należy ograniczyć do niezbędnego minimum, tylko w przypadku konieczności uzyskania szybkiej i pewnej ochrony przed erozją wąwozową gruntów rolnych i terenów zurbanizowanych. W pozostałych przypadkach należy stosować lekką zabudowę techniczną (budowle z drewna, faszyny itp.), a następnie biologiczną. Za takim rozwiązaniem przemawiają wysokie na-

kłady finansowe ciężkiej zabudowy technicznej, wprowadzanie sztucznych elementów w krajobraz, wysokie koszty zatrzymania m³ rumowiska oraz kosztowna konserwacja budowli.

LITERATURA

1. Czuraj M., Radwański B., Strzemiński S. 1966. Tablice miąższości drzew stojących. PWRiL, Warszawa.
2. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz. 1995. Erozja agroekosystemów. PIOŚ Biblioteka Monitoringu Środowiska, IUNG Puławy.
3. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A. 1998. Erozja gleb i melioracje przeciwoerozyjne w regionie wyżyn południowo-wschodniej Polski. Cz. III. Zagospodarowanie wąwozów. Bibliotheca. Fragmenta Agronomica, t. 4A, 197–227.
4. Kisiński J. 1963. Melioracje przeciwoerozyjne w wąwozach na przykładzie obiektu Opoka Duża. Wiad. IMUZ. t. 3, z. 4, 169–184.
5. Kondracki J. 1994. Geografia Polski. Mezoregiony fizyczno-geograficzne. PWN W-wa.
6. Mazur A. 2008. Rozwój wąwozu drogowego w Wielkopoli (Wyżyna Lubelska). Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 17, 2(40), 70–77.
7. Mazur A. 2011. Rozwój wąwozu dolinowego w Wielkopoli (Wyżyna Lubelska) w latach 2003 – 2009. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 560, 177–182.
8. Mazur Z., Pałys S. 1987. Przeciwoerozyjna zabudowa wąwozów w Opoce Dużej. Wiad. Melior. i Łąk., 3, 75–77.
9. Systematyka gleb Polski. 1988. Roczn. Glebozn., 40, 3/4, PWN Warszawa.
10. Szymkiewicz B. 2001. Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
11. Ziemiński S. 1961. Wpływ erozji gleb w zlewni na stosunki wilgotnościowe łąk w dolinie. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 27, 177–181.
12. Ziemiński S. 1966. Zastosowanie stopnia skrzynkowego do umacniania dna wąwozów na przykładzie wąwozu w Opoce Dużej. Wiad. IMUZ. t. 5, z. 4, 11–35.
13. Ziemiński S., Fijałkowski D., Węgorek T. 1977. Skuteczność technicznych i biologicznych umocnień wąwozów w Opoce Dużej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 193, 211–235.
14. Ziemiński S., Węgorek T., Kucyper J. 1979. Zabudowa techniczna i roślinna wąwozów (Opoka Duża). Zesz. Probl. Post. Nauk.



Pracę dofinansowano ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Lublinie.