

ANALIZA FUNKCJONOWANIA BIOTECHNICZNEJ ZABUDOWY WĄWOZU ZBOCZOWEGO

Andrzej Mazur

Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego, Akademia Rolnicza w Lublinie

Wstęp

Przyspieszona erozja wodna wymieniana jest na pierwszym miejscu wśród czynników degradujących gleby, a najbardziej destrukcyjną formą erozji wodnej jest erozja wąwózowa. Wyżyna Lubelska zaliczana jest do silnie rozczłonkowanych erozją wąwózową [JÓZEFACIUK, JÓZEFACIUK 1992]. Rozwojowi erozji wąwózowej na Wyżynie Lubelskiej sprzyja bogactwo form hipsometrycznych, o czym świadczy wyodrębnienie aż 9 subregionów [DYLIKOWA 1973] oraz występowanie gleb wytworzonych z lessów.

Od wielu lat prowadzone są badania mające na celu wypracowanie skutecznych metod stabilizacji wąwozów. Powszechnie znana jest gleboochronna funkcja roślinności. Jednak w niektórych przypadkach, szczególnie w trakcie intensywnego rozwoju wąwozu, wprowadzenie roślinności jest niemożliwe bez wykonania dodatkowych zabezpieczeń technicznych. Jednym z pierwszych obiektów w Polsce, gdzie wykonano profesjonalną zabudowę biotechniczną, jest kompleks umocnionych wąwozów w Opoce Dużej wg koncepcji ZIEMNICKIEGO [1966].

W niniejszej pracy przedstawiono analizę funkcjonowania biotechnicznej zabudowy zboczowego wąwozu nr 3 w Opoce Dużej po upływie 38 lat od zrealizowania projektu.

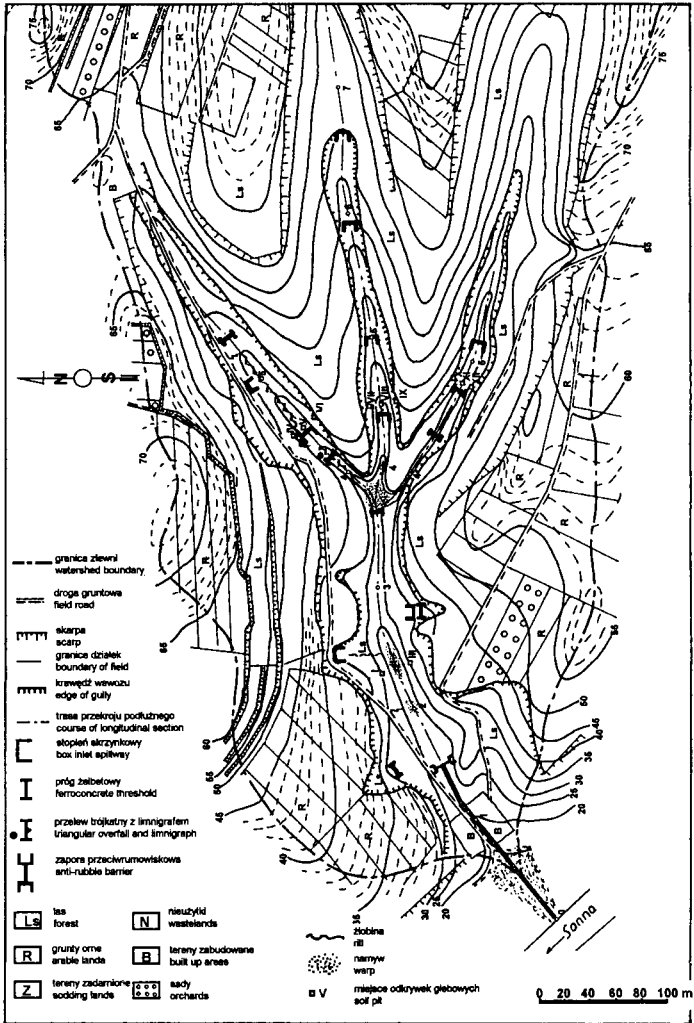
Materiał i metody badań

Miejscowość Opoka Duża leży w zachodniej części Wyżyny Lubelskiej w pobliżu Annapola, w mezoregionie Wzniesienia Urzędowskie [KONDRACKI 1998]. Podział klimatyczny terenu zaliczany jest do dzielnicy opolsko-puławskiej ze średnim rocznym opadem 520 mm [ZINKIEWICZ, ZINKIEWICZ 1975].

Wąwóz nr 3 (rys. 1) wytworzył się w dnie głębokiej doliny. Zajmuje powierzchnię 4,8 ha. Jego długość wynosi 650 m, maksymalna głębokość i szerokość odpowiednio 30 m i 130 m. W środkowej części wąwóz rozgałęzia się na trzy odnogi. Średni spadek dna od czoła odnogi środkowej do wylotu wąwozu wynosi 7,7%, a maksymalny 22,1%. W przekroju wąwóz zbliżony jest do litery V, ma zbocza przeważnie proste i urwiste o nachyleniu od 59 do 102%, a szerokość dna miejscami nie przekracza 0,5 m.

Badania wykonano w latach 1996–2000. W okresie badań prowadzono rejestrację procesów erozyjnych w wąwozie. W 1997 roku wykonano pomiary niwelacyjne dna wąwozu, a porównanie otrzymanych wyników z wynikami pomiarów z

1970 roku pozwoliło na określenie zmiany niwelety dna, obliczenie kubatury przemieszczonego materiału glebowego oraz ocenę działania budowli hydrotechnicznych umacniających progi erozyjne. W 1999 roku określono strukturę użytkowania zlewni. W 2000 roku wykonano badania glebowe oraz pomiary pierśnicy drzew i uproszczony opis stosunków florystycznych. Nazwy łacińskie podano wg MIRKA i in. [1995]. Stan techniczny budowli hydrotechnicznych określono wizualnie.



Rys. 1. Plan sytuacyjno-wysokościowy wąwozu
 Fig. 1. Altitude scheme of the gully

Wyniki i dyskusja

Wąwóz ma zlewnię o powierzchni 38,92 ha. Grunty orne zajmują 12,76 ha, co stanowi 32,8% ogólnej powierzchni zlewni. Las (20,84 ha) stanowi 53,5%, a

stosunkowo dużo, bo aż 2,53 ha, czyli 6,5% ogólnej powierzchni zlewni zajmują grunty nieużytkowane (odłogi). Pozostały udział użytków stanowią: zadarnienia – 2,3%; sady – 1,8%; drogi gruntowe – 1,6%; zabudowania – 1,1%; zakrzewienia – 0,4%.

W badanym wąwozie występują głównie gleby bielcowe wytworzone z piasku luźnego i słabo gliniastego (odkrywka I, III, IV, VI, XII) oraz gleby płowe powstałe z materiału pylastego lub piasku słabo gliniastego pylastego (odkrywka IX i X). W odnodze środkowej (odkrywka VII) występują gleby brunatne wytworzone z piasku gliniastego lekkiego. Dno wąwozu wyścielają gleby deluwialne wytworzone z piasków luźnych (odkrywka II, VIII, XI) i gliny piaszczystej (odkrywka V). Lokalizację odkrywek glebowych pokazano na planie sytuacyjno-wysokosciowym (rys. 1).

Zawartość próchnicy w wierzchniej warstwie gleby jest zależna od lokalizacji i wynosi od 0,51 do 3,87%, ale najczęściej jest mała i nie przekracza 1%. CaCO₃ występuje w badanych glebach głównie na dnie wąwozu (0,92–15,68%). Zasobna w ten składnik jest również skała lessowa – 9,56%. Odczyn gleb jest przeważnie kwaśny, a odczyn obojętny lub lekko zasadowy mają gleby brunatne i deluwialne. Współczynnik przepuszczalności wodnej gleb jest dość duży od 298 do 993 cm·d⁻¹. Mniejszy współczynnik przepuszczalności mają gleby płowe (od 15 do 69 cm·d⁻¹).

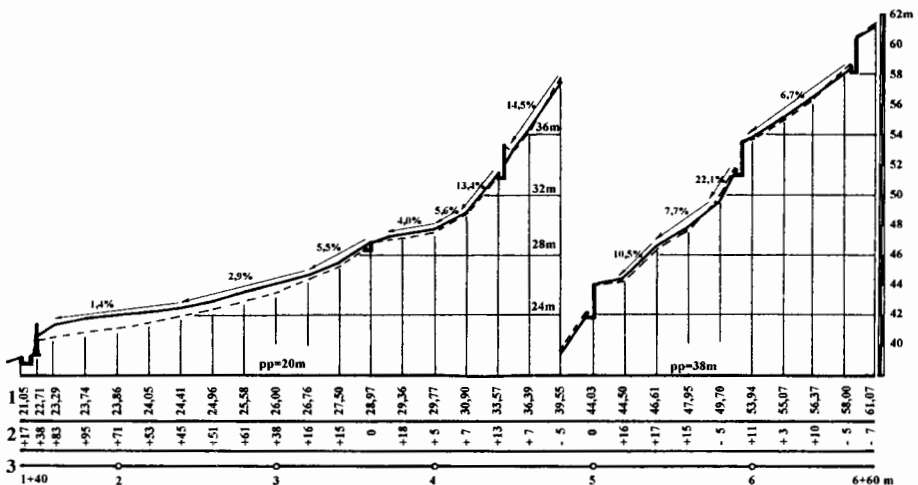
W lewej odnodze wąwozu i jej zlewni występuje drzewostan sosnowy (*Pinus sylvestris* L.) jednopiętrowy o wysokości około 22 m, z niewielką domieszką dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) i brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* ROTH.). Średnia pierśnica sosny pospolitej (*Pinus sylvestris* L.) wynosi 25 cm (max. 39 cm). Drzewostan jest dość zwarty. Pokrycie powierzchni wynosi około 80%. Jednak pomimo stosunkowo dużego zwarcia drzewa są słabo oczyszczone. W skład podszytu (pokrycie 50%) wchodzi: dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.), grab zwyczajny (*Carpinus betulus* L.), śliwa tarnina (*Prunus spinosa* L.), berberys pospolity (*Berberis vulgaris* L.), czeremcha amerykańska (*Padus serotina* (EHRH.) BORKH.), bez czarny (*Sambucus nigra* L.). W runie (pokrycie 70%) rosną głównie siewki drzew i roślinność zielna.

Słabsze wyniki zalesienia osiągnięto w pozostałej części wąwozu. Obecnie drzewostan składa się z: lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* MILL.), klonu jaworu (*Acer pseudoplatanus* L.), jesionu wyniosłego (*Fraxinus excelsior* L.), sosny pospolitej (*Pinus sylvestris* L.), olszy czarnej (*Alnus glutinosa* (L.) GAERTN.), robinii akacjowej (*Robinia pseudacacia* L.) i dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.). Zwarcie drzewostanu jest luźne, pokrycie powierzchni wynosi 40%. Drzewa o wysokości 15 m posiadają kłody bardzo słabo oczyszczone i pierśnicę rzadko przekraczającą 20 cm. Jedynie powyżej czoła odnogi środkowej drzewostan jest zwarty (pokrycie wynosi 90%) i rokuje nadzieje hodowlane. W skład podszytu (pokrycie 40%) wchodzi głównie: czeremcha amerykańska (*Padus serotina* (EHRH.) BORKH.), jesion wyniosły (*Fraxinus excelsior* L.), grab zwyczajny (*Carpinus betulus* L.), leszczyna pospolita (*Corylus avellana* L.), bez czarny (*Sambucus nigra* L.), berberys pospolity (*Berberis vulgaris* L.), śliwa tarnina (*Prunus spinosa* L.), robinia akacjowa (*Robinia pseudacacia* L.), dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.). W runie (pokrycie 30%) rosną głównie siewki drzew i krzewów występujących w wąwozie oraz roślinność zielna.

Dzięki wprowadzonej zabudowie biotechnicznej wąwozu obserwuje się obecnie jego stabilizację, chociaż w miejscach skoncentrowanego spływu wody wido-

czne są ślady procesów erozji wodnej. Lokalizację szkód erozyjnych pokazano na rysunku 1.

Po opadzie burzowym w sierpniu 2000 roku rozmywy zarejestrowano w dniu odnogi bocznej na zboczu o wystawie S. Poniżej stopnia skrzynkowego powstała żłobina o średniej szerokości 0,2 m, głębokości 0,17 m i długości 20 m oraz próg erozyjny o wysokości 0,6 m, a poniżej niego żłobina o szerokości 0,6 m, głębokości 0,3 m i długości 7 m. Objętość żłobin wynosi 1,94 m³, a objętość osadzonego na dnie wąwozu materiału glebowego oszacowano na 6,6 m³. Powiększyła się żłobina powstała podczas spływu roztopowego w 1979 roku w prawej odnodze wąwozu powyżej stopnia skrzynkowego [ZIEMNICKI i in. 1980]. W 1997 roku jej długość wynosiła 23 m, maksymalna szerokość 3 m, głębokość 1,38 m, a objętość 21 m³. Spływ roztopowy na początku marca 1999 roku zwiększył jej długość do 24 m, a objętość wzrosła do 22,5 m³. Kolejny spływ wywołany opadem burzowym w sierpniu 2000 roku zwiększył jej długość do 25,5 m, a objętość do 25 m³. Również po tym opadzie w odnodze prawej na zboczu wąwozu powstały dwa rozmywy o objętości 2 m³ w miejscach spływu wody z drogi do wąwozu. W dniu powstała żłobina, której średnia głębokość wynosiła 0,15 m, szerokość 0,3 m, a długość 38 m. Powyżej przelewu trójkątnego zarejestrowano żłobinę o średniej głębokości 0,2 m, szerokości 0,4 m i długości 10 m. Poniżej przelewu powstała żłobina o średniej głębokości 0,15 m, szerokości 0,5 m i długości 7 m. W okresie badań w odnodze lewej i środkowej nie rejestrowano śladów procesów erozyjnych. Należy zatem przypuszczać, że materiał glebowy osadzony powyżej progów żelbetowych, w miejscu gdzie wąwóz rozgałęzia się na trzy odnogi, pochodzi głównie z prawej odnogi wąwozu. Kubaturę namułów określono na 16 m³, natomiast łączna kubatura materiału wymytego z odnogi prawej wynosi tylko 9,03 m³, świadczy to o transporcie zawiesiny glebowej ze zlewni oraz z rozmywanej drogi do wąwozu.



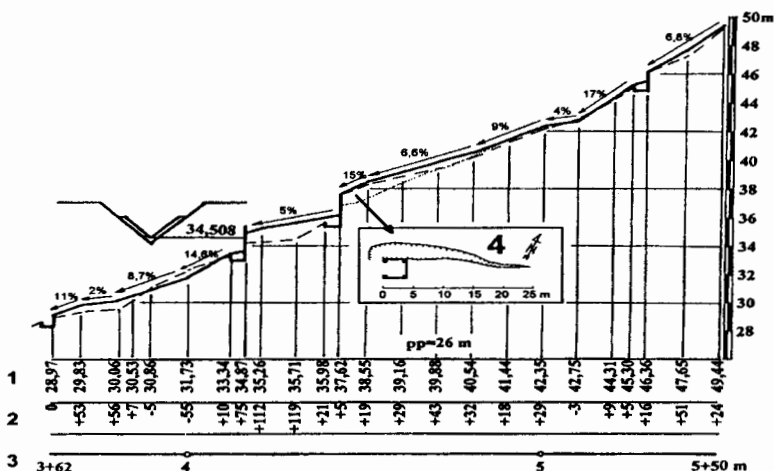
Rys. 2. Profil dna wąwozu nr 3: 1 – rzędne dna w 1977 roku; 2 – namyw (+), rozmywy (-) w okresie 1970–1997 w cm; 3 – hektometry

Fig. 2. The gully no. 3 bottom profile: 1 – bottom ordinates in 1977; 2 – silting up (+) and washing out (-) in the period 1970–1997 in cm; 3 – hectometers

Analizując wyniki pomiarów niwelacyjnych dna wąwozu z lat 1970 i 1997 od czoła odnogi środkowej do zapory przeciwrumowiskowej można stwierdzić, że

dno wąwozu uległo podwyższeniu, świadczy to o przewadze akumulacji materiału glebowego nad wynoszeniem (rys. 2). Największe podniesienie dna wystąpiło w dolnej części wąwozu powyżej zapyry przeciwrumowiskowej maksymalnie o 0,95 m. Obniżenie dna wystąpiło na odcinkach o długości około 12 m poniżej stopni skrzynkowych umacniających progi erozyjne w górnej części odnogi (maksymalnie o 0,13 m). W ciągu 27 lat na dnie osadziło się 600,2 m³ materiału glebowego. Przy średniej szerokości dna 3,5 m i długości 516 m, daje to warstwę namulów o miąższości 0,33 m.

W odnodze prawej również na zdecydowanie większej długości dno uległo podwyższeniu maksymalnie o 1,19 m (rys. 3). Średnia miąższość osadzonych namulów wynosi 0,32 m. Przy średniej szerokości dna około 4,3 m i długości 167 m, w okresie 27 lat na dnie tej odnogi osadziło się 226,1 m³ materiału glebowego. Obniżenie dna zarejestrowano w dolnej części odnogi na długości 17 m, maksymalnie o 0,55 m.



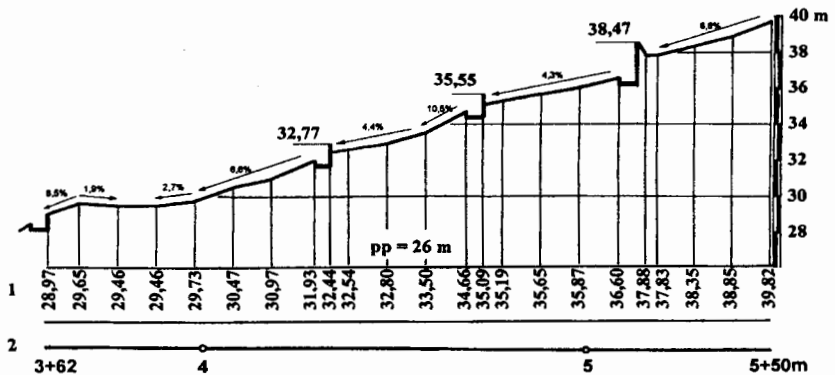
Rys. 3. Profil dna odnogi prawej wąwozu nr 3: 1 – rzędne dna w 1997 roku; 2 – namyw (+), rozmyw (-) w okresie 1970 – 1997 w cm; 3 – hektometry; 4– plan dna wąwozu z rozmywem

Fig. 3. The right arm gully no. 3 bottom profile: 1 – bottom ordinates in 1997; 2 – silting up (+) and washing out (-) in the period 1970–1997 in cm; 3– hectometers; 4– sketch of the gully bottom with outwash

Z analizy pomiarów niwelacyjnych dna odnogi lewej wąwozu wynika, że nie zachodzą tu procesy erozyjne oraz nie występuje transport materiału glebowego ze zlewni do wąwozu (rys. 4). Świadczy o tym fakt, że zbiorniki utworzone powyżej budowli hydrotechnicznych przez ich ścianki czołowe wystające ponad dno wąwozu (maksymalnie 0,59 m) nie zostały zamulone.

Budowle hydrotechniczne wykonane w wąwozie są w zadowalającym stanie technicznym. Tylko w odnodze środkowej jeden stopień skrzynkowy uległ uszkodzeniu i próg erozyjny zaczyna przesuwac się ku górze. W dwóch stopniach skrzynkowych, w poduszkach w których stoi woda, w dolnych częściach ścian widoczna jest korozja betonu. Prawdopodobnie zasadniczym powodem występowania tego zjawiska jest oddziaływanie na beton nagromadzonej w stopniu skrzynkowym dużej ilości substancji humusowej i wody. Uszkodzeniu uległ bystrotok

wykonany w odnodze środkowej wąwozu poniżej drugiego stopnia skrzynkowego (licząc od czoła odnogi).



Rys. 4. Profil dna odnogi lewej wąwozu nr 3: 1 – rzędne dna w 1997 roku; 2 – hektometry

Fig. 4. The left arm gully no. 3 bottom profile: 1 – bottom ordinates in 1997; 2 – hectometers

Zagospodarowanie wąwozów jak i ochrona gruntów przed erozją wąwozową jest jednym z zadań kompleksowego programu zagospodarowania tych gruntów i ich rekultywacji oraz niedopuszczenia do dalszej dewastacji terenu. Rozpatrując przedstawiony kierunek biotechnicznej zabudowy wąwozu w Opoce Dużej, pod względem ochronnej skuteczności zastosowanych rozwiązań, należy ocenić go pozytywnie. Po upływie 38 lat od zrealizowania projektu wąwóz nie pogłębił się i nie powiększył swoich rozmiarów. Osiągnięcie takich wyników było możliwe dzięki wprowadzeniu w pierwszym etapie zabudowy wąwozu, budowli hydrotechnicznych umacniających linię ciekowe. Stopnie skrzynkowe i progi żelbetowe skutecznie utrwaliły dno przed erozją liniową nie dopuszczając do dalszego pogłębiania się wąwozu. Oprócz skutecznej stabilizacji dna, budowle hydrotechniczne razem z zabudową biologiczną przyczyniły się do zatrzymania namulów. Osadzający się na dnie wąwozu żyzny materiał glebowy przyczynia się do lepszego wzrostu i rozwoju roślinności, która dodatkowo chroni dno przed rozmywaniem.

Na podstawie przeprowadzonych badań można ocenić przydatność poszczególnych budowli hydrotechnicznych i ich rozmieszczenia w rzeźbie wąwozów. Umacnianie stosunkowo niskich progów erozyjnych budowlami żelbetowymi w wąwozach o zalesionych zlewniach wydaje się niecelowe. Wprawdzie budowle skutecznie utrwaliły progi erozyjne, ale nie przyczyniły się do zatrzymania materiału glebowego, ponieważ las porastający zlewnię hamuje procesy erozyjne i zmniejsza odpływ powierzchniowy [PAŁYS 1999]. Prawdopodobnie wystarczyłoby wyrównanie niskich progów i umocnienie ich budowlami faszynowymi, a następnie należało wprowadzić w to miejsce roślinność. Podobne rozwiązania sugerują MAZUREK i WĘGOREK [1987]. Natomiast w wąwozach, których zlewnie uprawiane są rolniczo, a spływ powierzchniowy kierowany jest do wąwozu, tego typu budowle wydają się być nieodzowne. Przyczyniają się one do stabilizacji dna oraz zatrzymują znaczne ilości materiału glebowego.

Zapora przeciwrumowiskowa zamykająca wąwóz spełniła swoje zadanie,

choć spodziewano się, że zatrzyma znacznie więcej namulów niż to uczyniła. Fakt ten można tłumaczyć mniejszym dopływem materiału glebowego, który zatrzymywany był w górnej części wąwozu przez skutecznie działającą zabudowę biotechniczną. Przy właściwej zabudowie wąwozu zapora przeciwrumowiskowa może być zastąpiona mniejszą budowlą (progiem żelbetowym, stopniem skrzynkowym lub groblą ziemną).

Wnioski

1. Należy dążyć do likwidacji dróg biegnących w bliskim sąsiedztwie wąwozów. W przypadku gdy jest to niemożliwe należy zapewnić bezpieczne odprowadzenie wody z drogi na dno wąwozu.
2. Umocnienia techniczne czynnych wąwozów są niezbędne dla wprowadzenia zabezpieczeń biologicznych, które z czasem pełnią główną funkcję przeciwoerozyjną.
3. Stopnie skrzynkowe i progi żelbetowe skutecznie umacniają progi erozyjne na liniach ciekowych oraz przyczyniają się do zatrzymania materiału glebowego i stabilizacji dna wąwozu.
4. Zabudowa techniczna wąwozów wymaga okresowych przeglądów i ewentualnych niezbędnych napraw lub konserwacji, a roślinność odpowiedniej pielęgnacji. Rozmywy powstałe w bliskim sąsiedztwie budowli należy likwidować ponieważ mogą doprowadzić do ich zniszczenia.
5. Zastosowanie żelbetowych budowli hydrotechnicznych powinno być ograniczone do niezbędnego minimum. Należy je stosować tylko w przypadku konieczności uzyskania szybkiej i pewnej ochrony przed procesami erozyjnymi gruntów rolnych i terenów zurbanizowanych. Niecelowe wydaje się stosowanie ich do umacniania niskich progów erozyjnych w wąwozach o zalesionych zlewniach. Niskie progi należy zabezpieczać przy pomocy prowizorycznych budowli technicznych (faszynowych, faszynowo – ziemnych) i zabiegów biologicznych. Za takim rozwiązaniem przemawia również wysoki koszt budowy i konserwacji budowli żelbetowych, a koszty konserwacji rosną wraz z wiekiem budowli.
6. Przy właściwej zabudowie przeciwoerozyjnej wąwozu, niecelowe wydaje się stosowanie zapory przeciwrumowiskowej zamykającej wąwóz.

Literatura

- DYLIKOWA A. 1973. *Geografia Polski – Krainy Geograficzne*. PZWSz., Warszawa: 616 ss.
- JÓZEFACIUK Cz., JÓZEFACIUK A. 1992. *Gęstość sieci wąwozowej w fizjograficznych krajinach Polski*. Pam. Puławski, suplement 101: 51–66.
- KONDRACKI J. 1998. *Geografia regionalna Polski*. PWN, Warszawa: 440 ss.
- MAZUREK T., WĘGOREK T. 1987. *Wpływ użytkowania zlewni na procesy erozyjne w umocnionych wąwozach*. Roczn. Glebozn. 38(1): 199–208.

MIREK Z., PIEKOŚ-MIRKOWA H., ZAJĄC A., ZAJĄC M. 1995. *Vascular plants of Poland a checklist*. Polish Academy of Sciences, w: Szafer Institute of Botany. Polish Botanical Studies. Guidebook Series. 15: 215 ss.

PAŁYS S. 1999. *Spływy roztopowe i procesy erozyjne na terenach lessowych w 1999 r.* Acta Agrphysica 23: 107–113.

ZIEMNICKI S. 1966. *Zastosowanie stopnia skrzynkowego do umacniania dna wąwozów na przykładzie wąwozu w Opoce Dużej.* Wiad. IMUZ 5(4): 11–35.

ZIEMNICKI S., PAŁYS S., WĘGOREK T. 1980. *Ocena ilości i jakości materiału glebowego osadzonego na dnie wąwozu w Opoce Dużej.* Roczn. Glebozn. 31(3/4): 203–209.

ZINKIEWICZ W., ZINKIEWICZ A. 1975. *Atlas klimatyczny województwa lubelskiego 1951–1960.* Wyd. UMCS Lublin.

Słowa kluczowe: wąwóz, erozja, umocnienia biotechniczne

Streszczenie

Badania wykonano w wąwozie nr 3 w Opoce Dużej, w którym na początku lat 60-tych wykonano intensywną przeciwoerozyjną zabudowę biotechniczną.

Na podstawie badań można stwierdzić, że zastosowana zabudowa wąwozu okazała się skuteczna. Wąwóz nie pogłębił się i nie powiększył swoich rozmiarów. Na dnie wąwozu obserwuje się głównie akumulację materiału glebowego. W ciągu 27 lat na dnie osadziło się 830 m³ namulów. Budowle hydrotechniczne skutecznie utrwaliły progi erozyjne i dno wąwozu przed erozją liniową i są w zadowalającym stanie technicznym pomimo braku konserwacji. Jednak stosowanie tego typu budowli w wąwozach, których zlewnie są zalesione, wydają się niecelowe, ponieważ las hamuje procesy erozyjne i zmniejsza odpływ powierzchniowy.

THE ANALYSIS OF FUNCTIONING OF BIOTECHNICAL CONSOLIDATION IN A GULLY

Andrzej Mazur

Department for Land Reclamation and Agricultural Structures,
Agricultural University, Lublin

Key words: gully, erosion, biotechnical consolidations

Summary

The studies were carried out in gully No 3 in Opoka Duża where intensive anti-erosion bio-technical consolidations were made at the beginning of the 60's. On a base of studies it can be stated that applied gully buildings appeared to be efficient. Gully did not get deeper and did not enlarge its dimensions. Mainly the accumulation of soil material is observed at the bottom of the gully. In 27 years, about 830 m³ of warp accumulated at the bottom. Hydro-technical buildings efficiently strengthened the erosion threshold and ravine bottom against linear ero-

sion and they are in a sufficient technical state despite the lack of conservation works. However, the use of this type of buildings in the gullies whose basins are covered with forests, seem to be aimless because woods inhibit the erosion processes and reduces the surface out-flow.

Dr inż. Andrzej **Mazur**
Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego
Akademia Rolnicza
ul. Króla Leszczyńskiego 7
20-069 LUBLIN