

dr inż. Andrzej Mazur

Załącznik 2a

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wydział Inżynierii Produkcji

Katedra Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji

AUTOREFERAT

**przedstawiający cykl publikacji powiązanych tematycznie oraz pozostałe
osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i organizacyjne**

Lublin, 2019 r.

Spis treści

1. Imię i nazwisko	3
2. Życiorys naukowy.....	3
2.1. Inne formy kształcenia	3
3. Przebieg pracy zawodowej	3
4. Osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego.....	4
a) Tytuł osiągnięcia naukowego i dane bibliograficzne o cyklu powiązanych tematycznie publikacji.....	4
b) Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	6
4.1. Wprowadzenie i uzasadnienie badań	6
4.2. Cele osiągnięcia naukowego	8
4.3. Osiągnięte wyniki cyklu tematycznie powiązanych publikacji będących podstawą postępowania habilitacyjnego	10
4.4. Wskazanie najważniejszych osiągnięć cyklu publikacji.....	18
4.5. Możliwość zastosowania osiągniętych wyników.....	22
4.6. Piśmiennictwo	22
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	26
5.1. Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora	26
5.2. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora	27
6. Zestawienie dorobku naukowo-badawczego	31
7. Osiągnięcia dydaktyczne i popularyzatorskie.....	33
8. Działalność organizacyjna	34
8.1. Działalność w ramach Uczelni i Wydziału	34
8.2. Organizacja konferencji naukowych.....	35

1. Imię i nazwisko

Andrzej Mazur

2. Życiorys naukowy

- 1995 r. Ukończenie studiów magisterskich i uzyskanie stopnia magistra inżyniera techniki rolniczej i leśnej, w zakresie technika rolnicza, Wydział Techniki Rolniczej, Akademia Rolnicza w Lublinie.
Praca magisterska pt. *Wpływ rzeźby terenu na zawartość wody w glebie i plonowanie marchwi*. Promotor prof. dr hab. Zygmunt Mazur.
- 2001 r. Uzyskanie stopnia naukowego doktora nauk rolniczych w zakresie inżynieria rolnicza, specjalność inżynieria kształtowania środowiska, Wydział Techniki Rolniczej, Akademia Rolnicza w Lublinie.
Rozprawa doktorska pt. *Analiza funkcjonowania przeciwerozyjnej zabudowy wybranych wąwozów na Wyżynie Lubelskiej*. Promotor prof. dr hab. Stanisław Pałys.

2.1. Inne formy kształcenia

- 1996 r. Ukończenie kursu doskonalenia pedagogicznego dla nauczycieli akademickich, Akademia Rolnicza w Lublinie.
- 2005 r. Ukończenie studiów podyplomowych w zakresie „Systemów Informacji Przestrzennej”, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie.

3. Przebieg pracy zawodowej

- 1.10.1995 – 28.02.2002 r. asystent w Katedrze Melioracji i Budownictwa Rolniczego, Wydział Techniki Rolniczej, Akademia Rolnicza w Lublinie.
- 01.03.2002 r. – adiunkt w Katedrze Melioracji i Budownictwa Rolniczego, Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie w Katedrze Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie).

4. Osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego

a) Tytuł osiągnięcia naukowego i dane bibliograficzne o cyklu powiązanych tematycznie publikacji

Na podstawie art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311) za osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę do ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, przyjąłem cykl 8 publikacji powiązanych tematycznie i zebranych pod wspólnym tytułem „*Erozja wodna w lessowej zlewni z okresowym odpływem wód*”. W publikacjach przedstawiłem wyniki oryginalnych prac badawczych, stanowiących znaczący wkład w rozwój dyscypliny ochrona i kształtowanie środowiska. Dane bibliograficzne publikacji zaliczonych do cyklu zestawiono w tabeli 1.

Sumaryczny Impact Factor (IF) cyklu publikacji stanowiących podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego wynosi 2,468, a łączna liczba punktów tych publikacji, ustalona na podstawie list czasopism punktowanych udostępnionych przez MNiSW wynosi 74 punkty, z czego 71 punktów (96%) to udział własny.

Kopie publikacji wchodzących w skład cyklu stanowią załącznik nr 5 niniejszej dokumentacji. Liczby porządkowe z tabeli 1 w dalszej części autoreferatu stanowią odnośniki do publikacji z cyklu.

Tabela 1. Cykl publikacji powiązanych tematycznie wraz z punktacją w roku ich wydania, stanowiących osiągnięcie naukowe pt. „Erozja wodna w lessowej zlewni z okresowym odpływem wód”

A – opracowanie koncepcji, B – badania terenowe, C – analiza danych, D – redakcja tekstu

Lp.	Publikacja naukowa	Udział	Punkty IF
A1	Mazur A. , Pałys S. 2006. <i>Erozja wodna gleb w rolniczej zlewni lessowej na Wyżynie Lubelskiej w latach 1987-2005</i> . Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, 375, 65: 75-80.	50% B, C, D	2
A2	Mazur A. , Wnuczek A. 2006. <i>Erozja wodna gleb na przykładzie rolniczej zlewni lessowej w 2003 roku</i> . Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie, 49, 2: 69-72.	50% A, B, C, D	4
A3	Mazur A. 2008. <i>Rozwój wąwozu drogowego w Wielkopolu (Wyżyna Lubelska)</i> . Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 17, 2(40): 70-77.	100%	2
A4	Mazur A. 2011. <i>Rozwój wąwozu dolinowego w Wielkopolu (Wyżyna Lubelska) w latach 2003-2009</i> . Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 560: 177-182.	100%	0
A5	Mazur A. 2018. <i>Quantity and Quality of Surface and Subsurface Runoff from an Eroded Loess Slope Used for Agricultural Purposes</i> . Water, 10: 1132, DOI: 10.3390/w10091132.	100%	30 2,069
A6	Mazur A. 2018. <i>Straty chemicznych składników pokarmowych roślin oraz gleby w wyniku odpływu wody z zadarnionego stoku lessowego</i> . Przemysł Chemiczny, 97/12: 2154-2157, DOI: 10.15199/62.2018.12.28.	100%	15 0,399
A7	Mazur A. 2018. <i>Surface and Subsurface Water Runoff and Selected Matter Components From the Forested Loess Slope</i> . Journal of Ecological Engineering, 19(6): 259-266, DOI.org/10.12911/22998993/95092.	100%	12
A8	Mazur A. 2018. <i>Erozja wodna gleb w rolniczej zlewni lessowej z okresowym odpływem wody w Wielkopolu (Wyżyna Lubelska) w latach 2008-2011</i> . Inżynieria Ekologiczna, 19(6): 121-132, DOI.org/10.12912/23920629/99168.	100%	9
Suma			74 2,468

b) Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

4.1. Wprowadzenie i uzasadnienie badań

Nieustający wzrost liczby ludności, postępująca urbanizacja i nadmierna eksploatacja środowiska sprawiają, że wzrasta poziom zagrożenia degradacją i dewastacją poszczególnych jego komponentów. Bardzo poważny problem stanowi degradacja środowiska glebowego, będąca wynikiem bardzo szerokiego spektrum działalności gospodarczej człowieka [Rybicki i in. 2016; Rząsa i in. 2000; Wu i in. 2018]. Szczególnie silna antropopresja występuje na terenach zurbanizowanych, przemysłowych, a także rolniczych [Duan i in. 2011; Gąsiorek i in. 2017, Stasik, Szafranski 2005; Zhang i in. 2018]. Wytworzona przez przyrodę – często z udziałem człowieka – gleba, poprzez niewłaściwe użytkowanie może zostać zdegradowana i zdewastowana, tracąc właściwości odróżniające ją od „martwej skały” [Baran, Turski 1996; Olson i in. 2002]. Odtworzenie jej stanu pierwotnego jest trudne, czasem wręcz niemożliwe, bowiem procesy glebotwórcze zachodzą bardzo powoli [Pimentel i in. 1993; Seybold i in. 1999]. Dlatego gleba należy do ograniczonych i niewymienialnych, na określonym etapie, elementów środowiska naturalnego. Stąd zrównoważone gospodarowanie jej zasobami i ich ochrona dla przyszłych pokoleń ma bardzo istotne znaczenie.

W degradacji gleb szczególnego znaczenia nabiera erozja, która jest procesem przyrodniczo-geologicznym, kształtującym powierzchnię Ziemi od zarania dziejów. Początkowo występująca jako erozja geologiczna (naturalna) o małym natężeniu, od czasu gdy człowiek zaczął uprawiać ziemię, występuje jako erozja gleb (przyspieszona, antropogeniczna) o dużym natężeniu [Józefaciuk, Józefaciuk 1999]. Erozja gleb, a szczególnie erozja wodna, wymieniana jest obecnie na pierwszym miejscu wśród czynników degradujących gleby w skali świata. Procesy erozji wodnej przekształcają rzeźbę terenu i budowę profili glebowych [Jankauskas, Fullen 2002; Young, Hammer 2000], redukują z gleb związki próchniczne i składniki pokarmowe [Lal 2005; Olson, Jones 2005] oraz pogarszają właściwości fizykochemiczne [Hladký i in. 2016; Ijaz i in. 2006]. Prowadzi to do obniżenia żyzności gleb erodowanych [Duan i in. 2011; Lobo i in. 2005] oraz spadku plonów roślin uprawnych [Arriaga, Lowery 2003]. Erozja wodna wpływa także na pogorszenie stosunków hydrologicznych, wzrost zagrożenia powodziowego oraz jest przyczyną niszczenia urządzeń infrastruktury technicznej [Asiedu 2018; Koreleski 1997; Mioduszewski 2003]. Składniki pokarmowe, wyerodowane z użytków rolnych, pogarszają

jakość wód powierzchniowych prowadząc do ich eutrofizacji [Dupas i in. 2015; Smoroń 2012].

Wzrost świadomości ekologicznej społeczeństwa sprawia, że coraz większą uwagę zwraca się na ochronę komponentów środowiska przyrodniczego, w tym glebowego. Aby zapewnić przyszłym pokoleniom możliwości korzystania oraz gospodarowania zasobami glebowymi o jak najwyższym standardzie, objęto ochroną w postaci szeregu aktów prawnych komponenty środowiska, w tym również powierzchnię Ziemi. W Polsce zagadnienia te reguluje ustawa z 2001 roku „Prawo ochrony środowiska” [Ustawa 2001] oraz ustawa z 1995 roku „O ochronie gruntów rolnych i leśnych” [Ustawa 1995]. Z zawartych tam zapisów wynika, że obowiązkiem właściciela gruntu jest m.in. ograniczenie zmian naturalnego ukształtowania terenu, w tym zapobieganie erozji gleb. Jednak przepisy te nie precyzują, w jaki sposób należy chronić glebę przed erozją.

Dużą potencjalną podatnością na procesy erozji wodnej charakteryzują się gleby wytworzone z lessów, co wynika z ich właściwości fizykochemicznych [Józefaciuk, Józefaciuk 1999]. Z drugiej strony, gleby te zaliczane są do najbardziej żyznych na świecie [Catt 2001], co sprawia, że od lat są intensywnie użytkowane rolniczo. Na wyżynnych, lessowych terenach Polski południowo-wschodniej, warunki geomorfologiczne, klimat i specyfika opadów atmosferycznych sprzyjają rozwojowi rolnictwa, którego początek datowany jest tutaj na neolit [Nogaj-Chachaj 1991]. Z pojawieniem się 5000 lat temu pierwszych osiadłych społeczeństw neolitycznych, rozpoczęła się antropopresja, której skutkiem była rolnicza deforestacja [Nogaj-Chachaj 2000]. Zapoczątkowana wówczas presja człowieka na środowisko sprawiła, że w krajobrazie zaczęły pojawiać się tereny bezleśne, na których rozwijały się procesy erozji gleb.

Poznanie mechanizmów i zależności funkcyjnych pomiędzy obiegiem wody, a denudacją w środowisku naturalnym i zmienionym antropogenicznie, realizowane jest poprzez badania prowadzone w zlewniach, ciekach stałych, na poletkach doświadczalnych oraz eksperymenty laboratoryjne. Badania te poruszają problematykę dotyczącą: rozpoznania obszarów zagrożonych erozją, procesów morfogenetycznych modelujących rzeźbę, wprowadzania oraz skuteczności zabiegów przeciwoerozyjnych, przeciwoerozyjnego zagospodarowania terenu, agrotechniki terenów erodowanych, podatności gleb na erozję, zmian w pokrywie glebowej, modelowania procesów erozyjnych [Fatyga 1989; Gil 1999; Hernik 2005; Orlik 1998; Pałys, Mazur 2002; Rejman 2006; Stasik, Szafranski 2005; Szewrański 2009; Świeca 1996; Święchowicz 2012; Woch 2001; Żmuda i in. 2005]. Dotychczasowe badania nad erozją wodną doprowadziły do wyznaczenia wielu zależności

funkcyjnych, określających wielkości strat erozyjnych, ale ze względu na regionalne zróżnicowanie warunków nie zawsze można je bezpośrednio ze sobą powiązać. Jak podaje Rejman [2006], z prognozy Van Rompaej'a i in. wynika, że wielkość erozji wodnej dla Polski, przewidywana na podstawie modelu USLE dochodzi do $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ (2-5 dla obszarów gór, pogórzy i wyżyn), we francuskiej modyfikacji USLE – do $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ (3-30 dla ww. regionów), natomiast według modelu PESERA – do $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Badania przeprowadzone przez Baryłę i in. [2007] wykazały, że ilość faktycznie zmytej gleby w doświadczeniu polowym, była znacznie mniejsza, niż obliczona za pomocą równania USLE i WEPP. Podobne wyniki uzyskał Rejman i in. [1998], prowadząc badania na Wyżynie Lubelskiej, gdzie wyerodowana masa gleby była od 6 do 8 razy mniejsza w stosunku do prognozowanej na podstawie modelu USLE. Należy zatem stwierdzić, że natężenie erozji wodnej gleb w poszczególnych regionach jest nadal niedostatecznie rozpoznane, co skłania do podejmowania dalszych badań, celem ustalenia rzeczywistych strat gleby w wyniku erozji wodnej dla danych obszarów. W literaturze dotyczącej badań nad erozją wodną na terenach lessowych wyżyn południowo-wschodniej Polski, mało akcentowane są badania dotyczące chemizmu wód odpływających powierzchniowo, bezpośrednio z erodowanych zboczy lub okresowymi ciekami ze zlewni [Patro 2004]. Badania takie najczęściej prowadzono w ciekach stałych [Świeca 1996], co nie pozwala na dokonanie właściwej oceny ilości migrujących składników materii z cząstkowych zlewni rolniczych, czy uruchamianych bezpośrednio w strefie zboczy. Obecność stref buforowych sprawia, że dochodzi do redukcji zanieczyszczeń obszarowych w trakcie spływu i w ciekach stałych wartości badanych wskaźników jakości wód są niższe [Orlik i in. 2005]. Ponadto należy zaznaczyć, że w literaturze naukowej brakuje danych ilościowych i jakościowych dotyczących śródglebowego odpływu wody i zawartych w niej składników materii z erodowanych, lessowych zboczy na wyżynnych terenach południowo-wschodniej Polski.

4.2. Cele osiągnięcia naukowego

Prace z zakresu erozji wodnej, wchodzące w skład osiągnięcia naukowego, wpisują się w aktualne trendy naukowe badań erozyjnych w Polsce i na świecie. Erozja wodna jest obecnie jednym z najbardziej uciążliwych problemów i wyzwań w ochronie środowiska glebowego. Szacuje się, że gleby zdegradowane stanowią około 24% obszarów na świecie, czyli około 3500 mln ha [Gentile 2000]. Dalsza degradacja gleb, w perspektywie wzrostu liczby ludności na świecie, będzie skutkować zmniejszeniem areалу gleb uprawnych oraz

plonów roślin i barakiem żywności. Dlatego też, coraz częściej obserwuje się daleko idącą troskę o wysoką jakość środowiska glebowego.

Uwzględniając dotychczasowy stan wiedzy oraz własne doświadczenia z zakresu erozji wodnej na urzeźbionych, lessowych obszarach wyżyn południowo-wschodniej Polski, sformułowano następującą tezę badawczą: **przebieg warunków meteorologicznych oraz sposób i struktura użytkowania terenu wpływają na rozwój i natężenie erozji wodnej oraz odpływ wody i zawartych w niej składników materii.**

Weryfikacja sformułowanej tezy wymagała przeprowadzenia badań, których głównym celem było rozpoznanie procesów erozji wodnej, ich natężenia i lokalizacji w rzeźbie zlewni, na tle panujących warunków meteorologicznych oraz sposobu i struktury użytkowania terenu. Badania prowadzono na obszarze zlewni lessowej z okresowym odpływem wód na Wyżynie Lubelskiej w mezoregionie Wyniosłość Giełczewska.

W ramach badań, których wyniki przedstawiłem w cyklu publikacji prezentujących osiągnięcie naukowe, sformułowano cztery wspomagające cele cząstkowe, służące weryfikacji przyjętej tezy badawczej oraz realizacji celu głównego. Należą do nich:

1. określenie miejsca występowania, charakterystyki i dynamiki procesów morfogenetycznych modelujących rzeźbę terenów użytkowanych rolniczo i zalesionych;
2. ocena wpływu sposobu użytkowania erodowanych zboczy na ilość wody i zawartych w niej wybranych składników materii odpływających powierzchniowo i śródglebowo;
3. rozpoznanie procesów erozji wodnej, ich natężenia i lokalizacji w wąwozach występujących na obszarze zlewni;
4. określenie ilości wody i zawartych w niej wybranych składników materii odprowadzanych okresowym ciekim poza przekrój hydrometryczny zamykający zlewnię.

Prace wchodzące w skład cyklu publikacji, będącego podstawą do złożenia wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego, stanowią znaczące uzupełnienie dotychczasowej wiedzy o procesach erozji wodnej. Badania wykonane w warunkach naturalnych (w geomorfologicznym środowisku stokowym, wąwozach i okresowym cieku), ujmujące wpływ analizowanych czynników w szerokim spektrum zmiennych, pozwoliły rozpoznać procesy morfodynamiczne i ich natężenie oraz oszacować rzeczywiste straty wybranych składników materii w wyniku procesów erozji wodnej. Podejście systemowe do badań nad erozją wodną i potraktowanie zlewni jako złożonej całości, pozwoliło rozpoznać funkcjonowanie systemu deluwialnego w zlewni. Badania przeprowadzono na obszarze

lessowej zlewni, użytkowanej głównie rolniczo (ponad 79%), którą można uznać za typową dla obszarów lessowych wyżyn południowo-wschodniej Polski

4.3. Osiągnięte wyniki cyklu tematycznie powiązanych publikacji będących podstawą postępowania habilitacyjnego

1. Określenie miejsca występowania, charakterystyki i dynamiki procesów morfogenetycznych modelujących rzeźbę terenów użytkowanych rolniczo i zalesionych

Kluczowe znaczenie w badaniach nad erozją wodną ma rozpoznanie procesów rzeźbotwórczych oraz określenie ich natężenia i miejsca występowania. Niewątpliwie znaczenie ma badanie erozji wodnej na tle lokalnych czynników, których wzajemne powiązanie może potęgować lub ograniczać erozję gleb [Laflen, Moldehauer 2003, Shainberg i in. 2003]. W artykułach Mazur, Pałys 2006 (A1), Mazur, Wnuczek 2006 (A2) oraz Mazur 2018 (A8), wykazanych jako osiągnięcie naukowe, badania nad erozją wodną prowadzono w oparciu o bezpośrednie pomiary i obserwacje terenowe na obszarze wytypowanej zlewni. Badano rodzaje procesów rzeźbotwórczych i ich natężenie oraz przestrzenne rozmieszczenie powstałych form erozyjnych w rzeźbie zlewni. Badania prowadzono z uwzględnieniem panujących w zlewni warunków meteorologicznych i agrotechnicznych oraz sposobu i struktury użytkowania terenu. Wyniki przeprowadzonych badań, pozwoliły wydzielić strefy morfodynamiczne charakteryzujące się innymi zespołami procesów rzeźbotwórczych, które można podzielić na niszczące i budujące. Dominowały procesy niszczące w formie erozji żłobinowej i spłukiwania powierzchniowego, a do procesów budujących należała akumulacja (A1, A2, A8). Erozja żłobinowa rozwijała się w miejscach koncentracji spływającej wody, tj.: drogach gruntowych, dnach niecek denudacyjnych, polach zlokalizowanych na zboczach o kierunku uprawy zgodnym lub ukośnym do spadku. Spłukiwanie powierzchniowe stwierdzono w obrębie wierzchowin i na zboczach. Szczególnie podatne na erozję żłobinową i spłukiwanie powierzchniowe były gleby na polach zlokalizowanych na zboczach, pozbawione okrywy roślinnej wczesną wiosną, a w późniejszym okresie wegetacji z uprawą roślin okopowych. Akumulacja wyerodowanego materiału glebowego była zlokalizowana głównie: u podstaw zboczy, na płaskich fragmentach terenu (dna dolin denudacyjnych, ujściowy odcinek dna doliny głównej), na powierzchniach trwale zadarnionych bądź polach obsianych oziminami, a także na terenach zalesionych lub zakrzewionych (A2, A8).

Przebieg warunków meteorologicznych, obok działalności człowieka, należy do głównych czynników powodujących erozję gleb [Rejman 2006; Szewrański 2009;

Świąchowicz 2012; Żmuda 2006]. Erozja wodna zachodzi w wyniku spływu powierzchniowego, który powstaje po przekroczeniu tzw. fazy detencji, kiedy to równocześnie z infiltracją ma miejsce odpływ powierzchniowy wody. Wywołują go opady burzowe deszczu lub szybkie topnienie pokrywy śnieżnej [Józefaciuk, Józefaciuk 1999; Świąchowicz 2012]. Uzyskane wyniki badań wskazują, że objętości zinwentaryzowanych szkód erozyjnych były bardzo zróżnicowane w 23-letnim okresie prowadzenia badań (**A1**, **A2**, **A8**). Stwierdzono, że podczas spływów wód wywołanych wiosenno-letnimi opadami burzowymi, średnioroczna objętość powstałych szkód w postaci erozji żłobinowej wyniosła $50,32 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$ i była ponad dwukrotnie większa, niż średnioroczna objętość żłobin ($22,48 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$) powstałych podczas spływów powierzchniowych wskutek topnienia śniegu. W przypadku zmywu powierzchniowego różnica była ponad czterokrotna i wyniosła: $27,23 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$ w trakcie spływów wywołanych opadami deszczów, zaś $6,70 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$ w okresie roztopów. Z kolei średnioroczna objętość namulów, odłożonych na obszarze zlewni, była ponad trzykrotnie większa podczas spływów wywoływanych wiosenno-letnimi opadami burzowymi ($31,11 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$), niż w okresie topnienia śniegu ($12,51 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$). Średnioroczny zmyw powierzchniowy gleby w przeliczeniu na powierzchnię zlewni podczas spływów wywołanych opadami burzowymi wyniósł $0,071 \text{ mm}$ i był około 2,5-krotnie większy niż zmyw gleby w okresie topnienia śniegu, który wyniósł $0,029 \text{ mm}$. Na podstawie analizy zależności pomiędzy rocznymi sumami opadów atmosferycznych i szkodami erozyjnymi (erozją żłobinową, splukiwaniem powierzchniowym, akumulacją w postaci płatów odłożonych namulów oraz zmywem gleby przeliczonym na powierzchnię zlewni), stwierdziłem korelacje istotne statystycznie na poziomie $\alpha = 0,05$ (**A1**, **A8**). Również korelacje pomiędzy wysokością opadów wywołujących zdarzenie erozyjne, a objętościami zinwentaryzowanych szkód erozyjnych były istotne statystycznie. Wyjątek stanowiła zależność pomiędzy opadem erozyjnym, a objętością zmywu powierzchniowego, gdzie zależność nie była istotna (**A8**).

Temperatury powietrza zimą oraz opady śniegu decydują o tworzeniu się pokrywy śnieżnej oraz jej miąższości. Na podstawie obserwacji tajania śniegu stwierdziłem, że spływ roztopowy wód, generujący erozję gleb, występował w przypadku szybkiego tajania pokrywy śnieżnej o miąższości wynoszącej co najmniej 15 cm , lub gdy gleba była zamrożona i nie retencjonowała wody z topniejącego śniegu. Opady deszczu występujące pod koniec topnienia śniegu potęgowały spływ powierzchniowy (**A2**, **A8**).

2. Ocena wpływu sposobu użytkowania erodowanych zboczy na ilość wody i zawartych w niej wybranych składników materii odpływających powierzchniowo i śródglebowo

Badania nad erozją wodną, prowadzone w warunkach naturalnych w geomorfologicznym środowisku stokowym, dają najbardziej miarodajne wyniki odpowiadające faktycznej intensywności procesów erozyjnych [Rejman 2006, Żmuda 2006]. Woda, oddziałując na środowisko glebowe, oprócz mechanicznego przemieszczania stałych cząstek gleby [Rejman 2006; Świąchowicz 2012], przemieszcza również składniki chemiczne naturalnie zawarte w glebie i dostarczone przez człowieka w procesie produkcji roślinnej [Pietrzak 2013; Żmuda 2006]. Zjawisko to określane mianem erozji chemicznej, jest bardzo słabo akcentowane w literaturze. W artykułach wskazanych jako osiągnięcie naukowe, określiłem ilości wód i zawartych w nich wybranych składników materii odpływających powierzchniowo i śródglebowo ze stoków lessowych różniących się sposobem użytkowania: grunt orny (A5), łąka kośna (A6) oraz las (A7). Badania prowadziłem w latach 2008-2011.

Badania własne wykazały, że potencjał erozyjny opadu, wyrażony poprzez wskaźnik erozyjności i spływu powierzchniowego EI_{30} , był bardzo wysoko skorelowany z wysokością opadu wywołującego zdarzenie erozyjne. Współczynnik korelacji wahał się od 0,78 na stoku użytkowanym jako grunt orny (A5), do 0,80 na stoku zalesionym (A7). Otrzymane wartości korelacji są wyższe niż podawane w bibliografii ($r_{xy} = 0,51$) [Świąchowicz 2012]. Określiłem, że odpływ wody i erozję na stokach uaktywniały opady, dla których minimalna wartość wskaźnika EI_{30} wynosiła: $8,9 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ – na gruncie ornym, $12,3 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ – na łące, $145,3 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ – na stoku zalesionym.

Wyniki badań własnych dowodzą, że wielkości spływów powierzchniowych i odpływów śródglebowych wody były istotnie statystycznie skorelowane z wysokością opadów erozyjnych oraz wskaźnikiem EI_{30} . Najwyższy spływ powierzchniowy wody wystąpił na gruncie ornym – 18,2 mm, co stanowiło 28,8% opadu erozyjnego. Na stoku zadarnionym maksymalnie wyniósł on 10,2 mm (16% opadu erozyjnego), a na stoku zalesionym 2,84 mm (4,5% opadu erozyjnego). Najwyższy odpływ śródglebowy również zarejestrowałem na gruncie ornym – 3,6 mm, co stanowiło 6,3% opadu erozyjnego. Na stoku zadarnionym wyniósł on 2,3 mm (3,6% opadu erozyjnego), a na stoku zalesionym 0,08 mm (0,1% opadu erozyjnego). Spływy powierzchniowe 3-krotnie częściej występowały na gruncie ornym oraz 2-krotnie częściej na łące, niż na stoku zalesionym. Odpływ śródglebowy (z głębokości 0,25 m) występował 4,5-krotnie częściej na gruncie ornym oraz 3-krotnie częściej na łące, niż na stoku zalesionym.

Wody odpływające powierzchniowo lub śródglebowo ze stoków unosiły ze sobą rozpuszczone, lub zawieszone w nich, składniki materii. Wyniki badań własnych wykazały, że stężenie zawiesiny glebowej w odpływających ze stoków wodach, było istotnie statystycznie skorelowane z parametrami opadu erozyjnego oraz ilością odpływających ze stoków wód (**A5**, **A6**, **A7**). Największe straty gleby wystąpiły na zboczu użytkowanym jako grunt orny (**A5**). W okresie czterech lat prowadzenia badań, średnioroczne straty gleby podczas powierzchniowych spływów wód wyniosły $76,623 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, przy czym największe straty odnotowałem w roku 2010 ($169,458 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), gdy uprawiano buraki cukrowe. Masa gleby wyerodowanej wskutek odpływów śródglebowych wyniosła średnio $1,579 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w ciągu roku (maksymalnie $3,674 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w 2010 roku). Masa wyerodowanej gleby w trakcie spływów powierzchniowych i odpływów śródglebowych wody była istotnie statystycznie skorelowana z wysokością opadu erozyjnego oraz wskaźnikiem EI_{30} . Określiłem, że podczas spływu powierzchniowego, wzrost opadu erozyjnego o 1 mm zwiększał masę wyerodowanej gleby o $0,34 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, zaś wzrost wskaźnika EI_{30} o $1 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ powodował zwiększenie masy wyerodowanej gleby o $0,08 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Zbadałem, że na stoku użytkowanym jako łąka kośna (**A6**), straty gleby w wyniku spływów powierzchniowych wód ze zbocza wyniosły średniorocznie $99 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, a podczas odpływów śródglebowych $11 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Maksymalne roczne straty gleby w wyniku spływu powierzchniowego ($180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) były od 6 do 10 razy wyższe niż podczas odpływu śródglebowego (maksymalnie $17 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Na stoku zalesionym (**A7**), straty gleby powodowane przez spływy powierzchniowe wyniosły średnio w ciągu roku $1,348 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (maksymalnie $2,953 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), zaś strata gleby wyerodowanej wskutek odpływów śródglebowych wyniosła $0,017 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ – maksymalnie $0,036 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Badania własne wykazały, że chemizm wód odpływających ze stoków był bardzo zróżnicowany w poszczególnych latach i w okresach wystąpienia odpływów. Przeprowadzona analiza zależności, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, nie wykazała istotnych statystycznie korelacji pomiędzy stężeniami badanych chemicznych wskaźników jakości wody, a parametrami opadów erozyjnych (wysokości, energii kinetycznej oraz wskaźnika EI_{30}) oraz ilością odpływających ze stoków wód. Określiłem, że w wodach odpływających śródglebowo, stężenia większości badanych chemicznych wskaźników jakości wody były wyższe niż w wodach odpływających powierzchniowo. Maksymalne stężenia azotu amonowego oraz fosforu w odpływających wodach ze stoków użytkowanych jako grunt orny (**A5**) oraz stok zadarniony (**A6**), przekraczały wartości graniczne, odpowiadające dobrej

klasie wód powierzchniowych. Na stoku zalesionym (A7) maksymalne stężenia ww. wskaźników jakości wód przekraczały wartości graniczne dla I klasy czystości wody. W okresie czterech lat prowadzenia badań, ze zbocza użytkowanego jako grunt orny (A5), razem z wodą podczas spływów powierzchniowych średniorocznie odpływało: 11,58 kg·ha⁻¹ N, 1,97 kg·ha⁻¹ P oraz 10,83 kg·ha⁻¹ K. Podczas odpływów śródglebowych straty składników pokarmowych wyniosły: 2,34 kg·ha⁻¹ N, 0,33 kg·ha⁻¹ P oraz 1,96 kg·ha⁻¹ K.

Spływy powierzchniowe ze stoku zadarnionego (A6), powodowały średnio w ciągu roku straty składników pokarmowych w ilości: 2,95 kg·ha⁻¹ N, 0,38 kg·ha⁻¹ P oraz 1,85 kg·ha⁻¹ K. Podczas odpływów śródglebowych straty te wyniosły: 0,54 kg·ha⁻¹ N, 0,08 kg·ha⁻¹ P oraz 0,39 kg·ha⁻¹ K.

Na stoku zalesionym (A7), podczas spływu powierzchniowego, średniorocznie tracono: 0,37 kg·ha⁻¹ N, 0,08 kg·ha⁻¹ P oraz 0,35 kg·ha⁻¹ K. Podczas odpływów śródglebowych straty składników pokarmowych roślin wyniosły około: 0,02 kg·ha⁻¹ N, 0,004 kg·ha⁻¹ P oraz 0,02 kg·ha⁻¹ K.

3. Rozpoznanie procesów erozji wodnej, ich natężenia i lokalizacji w wąwozach występujących na obszarze zlewni

Występowanie wąwozów świadczy o intensywnych procesach erozji wodnej, zachodzących na danym obszarze, bowiem są one najbardziej destrukcyjną formą erozji wodnej [Józefaciuk, Józefaciuk 1992]. W artykułach: Mazur, Wnuczek 2006 (A2), Mazur 2008 (A3) oraz Mazur 2011 (A4), wykazanych jako osiągnięcie naukowe, badania erozji wodnej przeprowadzono w oparciu o bezpośrednie pomiary i obserwacje terenowe w dwóch wąwozach (dolinowym i drogowym), występujących na terenie wytypowanej do badań zlewni. Ich celem było określenie rodzaju i natężenia procesów rzeźbotwórczych oraz dokonanie przestrzennej lokalizacji powstałych form erozyjnych w rzeźbie wąwozów. Wyniki badań własnych oraz zespołowych, w których uczestniczyłem, pozwoliły wydzielić w wąwozach strefy morfodynamiczne, różniące się zachodzącymi procesami rzeźbotwórczymi, które można podzielić na niszczące i budujące. Do procesów niszczących należały: sufozja, ruchy masowe (grawitacyjne) oraz erozja żłobinowa, zaś do budujących akumulacja. Procesy niszczące obejmowały strefę przykrawędziową, zbocza oraz dna wąwozów. Akumulacja skupiona była głównie w dnach wąwozów (szczególnie na ich ujściowych odcinkach).

W strefie przykrawędziowej stwierdziłem występowanie licznych studni sufozyjnych. Powstawaniu ich sprzyjała uprawa płuzna, dochodząca do krawędzi wąwozu. Poniżej studni

sufozyjnych, w strefie zboczy wąwozów, występowały korytarze sufozyjne, których wyloty często były w okolicy dna wąwozu. Soliflukcja, występująca głównie wiosną na stromych zboczach pozbawionych okrywy roślinnej, nie zachodziła na dużą skalę i jej znaczenie rzeźbotwórcze było nieduże. Powierzchnie objęte tym zjawiskiem wynosiły do 20 m². Odrywanie, odpadanie i osuwiska występowały w górnych i środkowych odcinkach wąwozów na stromych, często pionowych ścianach, pozbawionych roślinności. Występowały również na stromych ścianach rynien erozyjnych, wytworzonych poniżej progów erozyjnych w dnie wąwozu dolinowego. Powierzchnie objęte tymi procesami maksymalnie osiągały 990 m². Oderwany od pionowych ścian materiał glebowy tworzył u podstaw zboczy stożki usypiskowe o objętości do 27 m³. W obrębie den wąwozów dominowały procesy erozji żłobinowej (górne i środkowe odcinki wąwozów) oraz akumulacji (środkowe i dolne odcinki den wąwozów) w różnych wzajemnych relacjach i o natężeniu zmieniającym się w profilu podłużnym. Powstające żłobiny osiągały maksymalnie szerokości i głębokości do 0,8 m, a ich długości dochodziły nawet do 150 m. Wyniki badań własnych dowodzą, że w wąwozie dolinowym, a szczególnie w jego górnym i środkowym odcinku, przepływ wód uaktywniał procesy erozji wstecznej. Średnioroczne tempo cofania się progów erozyjnych w górnym odcinku wąwozu wyniosło 0,3 m (maksymalne 1,2 m), a w środkowym odcinku 0,8 m (maksymalne 3,7 m). Oprócz lokalizacji, na tempo cofania się progów wpływ miała ich obudowa biologiczna oraz materiał, w którym się one wytworzyły. Poniżej progów erozyjnych stwierdziłem występowanie kotłów ewersyjnych i rynien erozyjnych. Czoło wąwozu przesuwało się w tempie 0,1 m·rok⁻¹. Akumulacja materiału glebowego w wąwozie drogowym występowała na dnie jego ujściowego odcinka. W wąwozie dolinowym płyty odłożonych namulów rejestrowano na dnie środkowego i dolnego odcinka wąwozu. Powierzchnie namulów dochodziły do 500 m², a ich miąższość osiągała 15 cm. Na podstawie wyników badań ustalono, że średnioroczne tempo obniżania się den obu wąwozów było podobne i dla wąwozu dolinowego wyniosło 1,4 cm, natomiast dla wąwozu drogowego 1,5 cm.

Wyniki przeprowadzonych badań, oprócz rozpoznania procesów erozyjnych i ich natężenia, pozwoliły mi określić mechanizm rozwoju wąwozów. W wąwozie dolinowym (A2, A4), woda spływając z przyległych pól, wyflukiwała less i tworzyła studnie oraz korytarze sufozyjne. Zapadające się stropy korytarzy sufozyjnych dawały początek bocznym odgałęzieniom. W ten sposób wąwóz rozwijał się i powiększał swoją powierzchnię, rozczłonkowując pola uprawne. W górnej i środkowej części wąwozu, procesy erozji żłobinowej i wstecznej intensywnie modyfikowały jego dno, które pełni funkcję tranzytową

dla spływających powierzchniowo wód. Przesuwające się ku górze wąwozu progi erozyjne oraz procesy erozji żłobinowej doprowadzały do erodowania i obniżania się dna wąwozu, które stanowi podstawę erozyjną dla zboczy. W wyniku obniżania się podstawy erozyjnej, wzrastała głębokość wąwozu oraz następowało podcinanie jego zboczy, na których intensywnie rozwijały się procesy rzeźbotwórcze (grawitacyjne). Rozwój procesów grawitacyjnych na zboczach oraz usuwanie przez płynącą wodę materiału koluwalnego, wypełniającego dno wąwozu, prowadziły do jego poszerzania się.

W wąwozie drogowym (A3) w strefie przykrawędziowej stwierdziłem występowanie procesów sufozyjnych, których geneza była identyczna jak w wąwozie dolinowym. W wyniku procesów sufozyjnych tworzyły się jego boczne odgałęzienia. Na stromych, często pionowych ścianach wąwozu, stwierdziłem występowanie procesów grawitacyjnych, których następstwem było odspajanie od ścian gruntu, który osadzał się u podstaw skarp na jego dnie. W wyniku spływu powierzchniowego wód odspojony materiał glebowy był wymywany. Spływ wód w dolnej i środkowej części dna wąwozu (w mniejszym stopniu w części górnej) powodował intensywny rozwój erozji żłobinowej. Powstające żłobiny niszczyły nawierzchnię drogi gruntowej w wąwozie. Usuwanie rozmywów (żłobin) na drodze, poprzez skrawanie gruntu z jezdni oraz dolnych części skarp i przemieszczanie go do rozmywów, prowadziło do pogłębiania wąwozu i pionizacji jego skarp. Wzrost pionizacji ścian wąwozu sprzyjał rozwojowi procesów grawitacyjnych i poszerzaniu się formy erozyjnej.

4. Określenie ilości wody i zawartych w niej wybranych składników materii odprowadzanych okresowym ciekami poza przekrój hydrometryczny zamykający zlewnię

W przypadku, gdy woda dostarczona w postaci opadów atmosferycznych na obszar zlewni, nie zostanie zretencjonowana, rozpoczyna się jej grawitacyjny spływ do miejsc położonych niżej, a w końcowej fazie odpływ poza granicę zlewni [Świąchowicz 2012]. Na podstawie wyników badań własnych oraz zespołowych, stwierdziłem, że ilość wody odpływającej ze zlewni okresowym ciekami nie zależała od wysokości opadów rocznych (A1, A8). Obliczona wartość współczynnika korelacji dla analizowanych zmiennych wyniosła $r_{xy} = 0,12$ (korelacja nieistotna statystycznie). Maksymalny odnotowany odpływ poza zlewnię wyniósł 24,63 mm, co stanowiło 6,1% opadu rocznego. Nie stwierdziłem także istotnych statystycznie korelacji pomiędzy wysokością odpływu wody poza zlewnię a wysokością opadu erozyjnego wywołującego ten odpływ (A8). Obliczona wartość współczynnika korelacji dla analizowanych zmiennych wyniosła $r_{xy} = 0,49$ (korelacja przeciętna). Odnotowany maksymalny odpływ wody (5,34 mm) poza zlewnię stanowił 9,3% wysokości

opadu erozyjnego wywołującego ten odpływ. Średnio, w okresie 23 lat prowadzenia badań, poza zlewnię odpływało rocznie 5,39 mm wody, co stanowiło 0,85% średniego opadu rocznego. Większy był odpływ wody podczas wiosennego topnienia śniegu. Wyniósł on 3,58 mm, co stanowiło 66,4% odpływu średniorocznego.

Ilość gleby wynoszonej okresowym ciekim poza przekrój hydrometryczny zamykający zlewnię, nie była istotnie skorelowana z wysokością opadów rocznych (**A1**, **A8**). Bardzo wysoką korelację ($r_{xy} = 0,85$) stwierdziłem pomiędzy odpływem wody i ilością gleby odpływającej ze zlewni. Z równania regresji opisującego linię trendu dla analizowanych zmiennych wynika, że wzrost odpływu wody o 1 mm powoduje wzrost odpływu gleby o $3,64 \text{ Mg}\cdot\text{km}^{-2}$ (**A8**). W okresie 23 lat prowadzenia badań, średnio w ciągu roku poza zlewnię odpływało $50,557 \text{ Mg}\cdot\text{km}^{-2}$ gleby. Wyższy odpływ gleby wystąpił podczas wiosenno-letnich opadów burzowych. Wyniósł on $33,923 \text{ Mg}\cdot\text{km}^{-2}$, co stanowiło 67,1% odpływu średniorocznego. Na podstawie średniej rocznej objętości szkód erozyjnych, wynoszącej $106,73 \text{ m}^3\cdot\text{km}^{-2}$ (erozja żłobinowa plus zmyw powierzchniowy) oraz ciężaru objętościowego gleb występujących w zlewni (około $1,4 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ – poziom A) obliczyłem, że średnio w ciągu roku w zlewni erodowane było około $149,422 \text{ Mg}\cdot\text{km}^{-2}$ gleby. Powyższe kalkulacje oraz wyniki przeprowadzonych badań pozwalają stwierdzić, że z ogólnej średniej rocznej masy wyerodowanej gleby w zlewni, około 34% było wynoszone poza przekrój hydrometryczny zamykający zlewnię, a około 41% osadziło się w postaci płatów odłożonych namulów w strefach depozycji. Pozostałe 25% masy wyerodowanej gleby osadziło się w zlewni w postaci rozproszonej, trudnej do oszacowania w terenie.

Ocenie poddałem również odpływ składników pokarmowych okresowym ciekim poza przekrój hydrometryczny zamykający zlewnię. Średnio w ciągu roku w formie rozpuszczonej odpływało około: $0,13 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N, $0,02 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P oraz $0,15 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ K. Maksymalne roczne straty składników pokarmowych dochodziły do: $0,21 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N, $0,04 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P oraz $0,27 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ K (**A8**). Odpływy azotu ogólnego, fosforu i potasu z badanej zlewni były niskie w stosunku do podawanych w literaturze ($4,5\text{-}20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N-Nog, $0,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P, $2\text{-}17 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ K) [Żmuda 2006]. Należy jednak podkreślić, że dane literaturowe dotyczą odpływu N, P, K z rolniczych zlewni ciekami stałymi. Badania własne wykazały, że są lata, kiedy nie występuje odpływ okresowym ciekim lub jest on niewielki, zatem wynoszenie składników pokarmowych poza zlewnię też jest nieduże lub nie występuje. Z kolei cieki stałe zasilane są regularnie wodami z odpływów śródglebowych, zawierającymi rozpuszczone składniki materii, co wpływa na wyższy odpływ składników pokarmowych.

Przeprowadzone badania umożliwiły mi rozpoznanie systemu deluwialnego funkcjonującego w zlewni, w którym można wyróżnić trzy zasadnicze strefy: zasilania, transportu i akumulacji. Do strefy zasilania należą górne części systemu deluwialnego, obejmujące głównie wierzchowiny (mające kształt garbów) oraz zbocza dolin. Strefa ta dostarczała materiału glebowego, który był transportowany i akumulowany w dolnej, bądź środkowej części systemu deluwialnego, lub częściowo wynoszony poza przekrój hydrometryczny zamykający zlewnię podczas odpływu powierzchniowego wód okresowym ciekim. W strefie zasilania dominowały procesy spłukiwania powierzchniowego oraz erozji żłobinowej, lokalnie obserwowano akumulację. Dodatkowo w strefie zasilania systemu deluwialnego, w miejscach występowania wysokich krawędzi wąwozów, rozwijały się procesy erozji podpowierzchniowej (sufozji mechanicznej). Procesy te były skutkiem działalności infiltracyjnych wód. W wyniku wypłukiwania skały lessowej, powstawały studnie oraz korytarze sufozyjne. Strefa transportu to środkowa część systemu deluwialnego, która obejmowała dna suchych niecek denudacyjnych oraz dna wąwozów. Dominował tu transport materiału glebowego nad procesami erozji i akumulacji. W strefie transportu, skoncentrowany spływ wód powodował także erozję żłobinową oraz epizodyczną erozję korytową (w wąwozie dolinowym tworzyły się progi erozyjne i kotły eworsyjne). Strefa akumulacji to głównie dolna część systemu deluwialnego. Obejmowała ona obszar podstaw stoków, dna ujściowych odcinków wąwozów oraz płaskie fragmenty den dolin denudacyjnych i ujściowy odcinek dna doliny głównej. W tych miejscach wyerodowany z górnej części systemu deluwialnego materiał glebowy, osadzał się w postaci płatów namułów. Dodatkowo na środkowym odcinku dna wąwozu dolinowego (głównie na wypłaszczeniach w miejscach wlotu odgałęzień bocznych pierwszego rzędu), występowały strefy akumulacji. Tworzyły się tu formy akumulacyjne w postaci ławic ze żwirów i bloków kredowych, potoków kamienistych i mułowo-żwirowych oraz stożków napływowych. Część materiału glebowego, który nie został zatrzymany w strefach akumulacji, odpływała okresowym ciekim poza przekrój hydrometryczny zamykający zlewnię.

4.4. Wskazanie najważniejszych osiągnięć cyklu publikacji

Przeprowadzone badania stanowią znaczące uzupełnienie stanu wiedzy dotyczącej erozji wodnej w świetle badań krajowych i zagranicznych oraz mają charakter poznawczy i praktyczny. Wyniki badań prezentują jakościową i ilościową charakterystykę procesów erozyjnych analizowanych w szerokim spektrum zmiennych. Wnioski wynikające

z przeprowadzonych badań wskazują racjonalne sposoby gospodarowania na lessowych obszarach zagrożonych erozją wodną w aspekcie zachowania ich potencjału produkcyjnego.

Mój autorski wkład w rozwój dyscypliny naukowej ochrona i kształtowanie środowiska polega na nowym, dotychczas rzadko stosowanym w badaniach nad erozją wodną gleb, podejściu systemowym, w którym zlewnia jako złożony i otwarty system, składa się z funkcjonujących i wzajemnie ze sobą powiązanych stref. Takie podejście do badań powoduje, że każda strefa może być traktowana indywidualnie, a rozpoznanie procesów erozyjnych i ich natężenia w tych strefach, pozwala na rozpoznanie funkcjonowania systemu deluwialnego zlewni jako złożonej całości oraz wskazanie okresów jego szczególnej aktywności.

Na szczególną uwagę zasługuje określenie ilości wody i zawartych w niej wybranych składników materii odpływających powierzchniowo i śródglebowo ze stoków lessowych różniących się sposobem użytkowania (grunt orny, użytek zielony, las).

Przeprowadzone badania pozwoliły potwierdzić postawioną na wstępie tezę badawczą, że przebieg warunków meteorologicznych oraz sposób i struktura użytkowania terenu wpływają na rozwój i natężenie erozji wodnej oraz odpływ wody i zawartych w niej składników materii na lessowych obszarach wyżyn południowo-wschodniej Polski.

Podsumowanie

Do najważniejszych moich osiągnięć, stanowiących oryginalny wkład do dyscypliny naukowej – ochrona i kształtowanie środowiska, zaliczam:

- 1) **Rozpoznanie rodzajów, określenie natężenia i miejsca występowania procesów morfogenetycznych przekształcających rzeźbę w lessowej zlewni na obszarach użytkowanych rolniczo i zalesionych.** Na podstawie przeprowadzonych badań terenowych wskazałem miejsca występowania form erozyjnych na tle rzeźby i sposobu użytkowania terenu oraz struktury upraw w zlewni. Określiłem okresy szczególnej aktywności erozji wodnej, które są ściśle uzależnione od warunków meteorologicznych (występowania i szybkości topnienia pokrywy śnieżnej oraz opadów burzowych i ich parametrów). Procesy niszczące (spłukiwanie powierzchniowe i erozja żłobinowa) zachodziły głównie na polach uprawianych zgodnie lub ukośnie do spadku terenu oraz pozbawionych okrywy roślinnej, zlokalizowanych w partiach przywierzchwinowych i na stokach. Największe ich natężenie miało miejsce podczas wiosennego topnienia śniegu na polach pozbawionych okrywy roślinnej, lub podczas opadów burzowych w uprawach roślin okopowych i zbóż jarych. Erozja żłobinowa dodatkowo występowała

w miejscach koncentrowania się spływającej wody (drogi polne, dna niecek denudacyjnych, dna wąwozów). Akumulacja miała miejsce głównie na płaskich fragmentach terenu trwale zadarnionych, zalesionych lub zakrzewionych i lokalnie na polach obsianych oziminami.

- 2) **Określenie ilości wody, gleby oraz składników pokarmowych (N, P, K), odpływających powierzchniowo i śródglebowo ze stoków lessowych różniących się sposobem użytkowania: grunt orny, łąka kośna oraz las.** Określiłem zależność pomiędzy wysokością opadu wywołującego zdarzenie erozyjne a jego potencjałem erozyjnym wyrażonym poprzez wskaźnik EI_{30} oraz obliczyłem minimalne wartości wskaźnika EI_{30} , przy których na stokach uaktywniały się procesy erozji wodnej. Ustaliłem zależności pomiędzy parametrami opadu erozyjnego a ilością odpływającej wody ze stoków różnie użytkowanych oraz zawartymi w niej składnikami materii. Koncentracja zawiesiny glebowej, a także straty gleby, N, P i K okazały się zależne od parametrów opadów erozyjnych oraz ilości wody odpływającej powierzchniowo i śródglebowo. Potwierdziłem bardzo dużą skuteczność lasu w ochronie gleb przed erozją. Wykazałem, że trwale zadarnienie (łąka) również odznacza się dużą skutecznością w ochronie przed erozją wodną. Wielkości strat gleby i składników pokarmowych okazały się największe na stoku użytkowanym jako grunt orny.

Realizacja dwóch powyższych celów cząstkowych pozwoliła na sformułowanie zaleceń dotyczących użytkowania lessowych gruntów, zagrożonych erozją wodną: i) należy unikać pozostawiania gleby bez okrywy roślinnej, stosując odpowiedni płodozmian przeciwoerozyjny, uwzględniający międzyplony; ii) należy stosować uprawę poprzecznostokową; iii) wskazane jest zakładanie na stokach pasów przeciwoerozyjnych, rozpraszających energię płynącej wody i stanowiących potencjalne miejsce akumulacji wyerodowanego materiału glebowego; iv) należy wyłączać z użytkowania ornego grunty położone na stokach o nachyleniu przekraczającym 15% i zakładać plantacje drzew lub krzewów owocowy w zadarnieniu, trwale użytki zielone lub je zalesiać.

- 3) **Rozpoznanie rodzajów, natężenia i lokalizacji procesów morfogenetycznych modelujących rzeźbę wąwozów występujących na terenie zlewni.** Dokonałem przestrzennej lokalizacji powstałych form erozyjnych w rzeźbie wąwozów. Na tej podstawie wydzieliłem strefy morfodynamiczne, różniące się zachodzącymi procesami rzeźbotwórczymi oraz określiłem tempo i mechanizm rozwoju wąwozów. Stwierdziłem, że strefy przykrawędziowe, strome zbocza oraz dna wąwozów są najintensywniej modelowane przez erozję wodną. W miejscach występowania wysokich krawędzi

wąwozów rozwijała się sufozja, na stromych zboczach procesy grawitacyjne, a w dnach wąwozów erozja liniowa i wsteczna. Akumulacja skupiona była głównie w dnach wąwozów (szczególnie na ich ujściowych odcinkach).

Na podstawie obserwacji i uzyskanych wyników sformułowałem zalecenia, pozwalające ograniczyć rozwój wąwozów: i) należy unikać uprawy płużnej, dochodzącej do krawędzi wąwozów; ii) zaleca się wydzielić kilkumetrowe strefy ochronne wzdłuż krawędzi wąwozów i umocnić je biologicznie; iii) należy dążyć do zwiększania retencji krajobrazowej zlewni; iv) należy dążyć do zmniejszania pionizacji ścian wąwozów i umacniać je technicznie i biologicznie; v) zaleca się umacniać biologicznie i technicznie dna wąwozów dolinowych, szczególnie w miejscach gdzie intensywnie rozwija się erozja liniowa i wsteczna; vi) w wąwozach drogowych należy utwardzać nawierzchnie technologicznych dróg dojazdowych do pól uprawnych.

- 4) **Określenie ilości wody, gleby oraz składników pokarmowych (N, P, K), odpływających okresowym ciekim poza przekrój hydrometryczny zamykający zlewnię.** Ustaliłem zależności pomiędzy ilością odpływającej ze zlewni wody i gleby a wysokością opadów. Określiłem odpływ wody, gleby i składników pokarmowych ze zlewni w trakcie odpływów powodowanych topnieniem śniegu i opadami burzowymi. Wykazałem wzajemną relację pomiędzy masą gleby uruchamianej w zlewni i odpływającej okresowym ciekim poza jej obszar. Masa wynoszonej gleby okazała się zależna od ilości odpływającej wody. Ustaliłem, że odpływ wody ze zlewni jest większy w trakcie odpływów powodowanych topnieniem śniegu, a odpływ gleby i składników pokarmowych jest większy podczas odpływów powodowanych opadami burzowymi.

Na podstawie obserwacji i wykonanych badań sformułowałem zalecenie, pozwalające ograniczyć bądź wyeliminować odpływ powierzchniowy wód i zawartych w nich zanieczyszczeń ze zlewni: na urzeźbionych lessowych obszarach wskazane jest przeprowadzanie prac urządzeniowo-rolnych (w tym scaleniowych), których celem jest reorganizacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej, polegająca na prawidłowym rozmieszczeniu użytków w rzeźbie zlewni oraz wprowadzaniu melioracji przeciwerozyjnych. Działania takie pozwolą zmniejszyć spływ powierzchniowy i chronić glebę przed erozją wodną oraz środowisko wodne przed eutrofizacją.

4.5. Możliwość zastosowania osiągniętych wyników

Uzyskane wyniki badań nad erozją wodną w rolniczej zlewni lessowej mogą być bezpośrednio zastosowane w praktyce, a także mogą stanowić podstawę do dalszych badań w tym obszarze. Użytkownicy lessowych gruntów ornych mogą na ich podstawie typować tereny silnie zagrożone erozją wodną, na których należy podejmować działania zapobiegające erozji, np. stosowanie płodozmianów przeciwerozyjnych, uprawa poprzecznostokowa lub ewentualna zmiana sposobu użytkowania. Wyniki badań mogą być przydatne również z punktu widzenia planowania przestrzennego, sporządzania planów urządzeniowo-rolnych (w tym opracowania założeń do prac scaleniowych) na obszarach lessowych o urozmaiconej rzeźbie terenu w aspekcie ochrony gleb przed erozją wodną oraz wód przed rolniczymi zanieczyszczeniami obszarowymi. Pozwoli to bardziej efektywnie gospodarować rolniczą przestrzenią produkcyjną oraz chronić gleby zagrożone erozją i środowisko wodne przed postępującą degradacją.

4.6. Piśmiennictwo

1. Arriaga F.J, Lowery B. 2003. *Corn production on an eroded soil: effects of total rainfall and soil water storage*. Soil Till. Res., 71: 87-93.
2. Asiedu J.K. 2018. *Assessing the Threat of Erosion to Nature-Based Interventions for Stormwater Management and Flood Control in the Greater Accra Metropolitan Area, Ghana*. J. Ecol. Eng., 19(1): 1-13.
3. Baran S., Turski R. 1996. *Degradacja, ochrona i rekultywacja gleb*. Wyd. AR w Lublinie: 223 ss.
4. Baryła A., Pierzgalski E., Jodłowski P. 2007. *Określenie strat gleby wskutek erozji wodnej*. Inż. Ekolog., 18: 63-65.
5. Catt J.A. 2001. *The agricultural importance of loess*. Earth-Sci. Reviews, 54: 213-229.
6. Duan X., Xie Y., Ou T., Lu H. 2011. *Effects of soil erosion on long-term soil productivity in the black soil region of northeastern China*. Catena, 87: 268-275.
7. Dupas R., Delmas M., Dorioz J.M., Garnier J., Moatar F., Gascuel-Oudou C. 2015. *Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk*. Ecol. Indic., 48: 396-407.

8. Fatyga J. 1989. *Problemy erozyjne Dolnego Śląska*. Bibliotheca Fragmenta Agronomica, 4A/98: 23-29.
9. Gąsiorek M., Kowalska J., Mazurek R., Pająk M. 2017. *Comprehensive assessment of heavy metal pollution in topsoil of historical urban park on an example of the Planty Park in Krakow (Polanad)*. Chemosphere, 179: 148-158.
10. Gentile A.R. 2000. *Soil degradation in Europe*. In *Soil Degradation in Central and Eastern Europe: The Assessment of the Status of Human-induced Degradation*. United Nations Environment Programme (UNEP), and ISRIC–World Soil Information, Wageningen: 68-89.
11. Gil E. 1999. *Obieg wody i splukiwanie na fliszowych stokach użytkowanych rolniczo w latach 1980-1990*. Zesz. IGiPZ PAN, 60: 78 ss.
12. Hernik J. 2005. *Model zarządzania przeciwoerozyjną ochroną gleb*. Acta Agrophysica, 5(1): 31-38.
13. Hladký J., Novotná J., Elbl J., Kynický J., Juříčka D., Novotná J., Brtnický M. 2016. *Impacts of Water Erosion on Soil Physical Properties*. Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun., 64: 1523-1527.
14. Ijaz A., Khan F., Bhatti A.U. 2006. *Some physico-chemical properties of soil as influenced by surface erosion under different cropping systems on upland-sloping soil*. Soil and Environ., 25(1): 28-34.
15. Jankauskas B, Fullen M.A. 2002. *A pedological investigation of soil erosion severity on undulating land in Lithuania*. Canadian J. Soil Sci., 82: 311-321.
16. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz. 1999. *Ochrona gruntów przed erozją*. Wyd. IUNG – Puławy: 109 ss.
17. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A. 1992. *Gęstość sieci wąwozowej w fizjograficznych krainach Polski*. Pam. Puł., 101: 51-66.
18. Koreleski K. 1997. *Ochrona gruntów przed erozją w gospodarce przestrzennej*. Roczn. AR w Poznaniu, 294: 195-202.
19. Laflen J.M., Moldehauer W.C. 2003. *Pioneering soil erosion prediction. The USLE story*. World Ass. Soil Water Conesrv., Spec. Publ., 1, Beijing, China: 1-43.
20. Lal R. 2005. *Soil erosion and carbon dynamics*. Soil Till. Res., 81: 137-142.
21. Lobo D., Lozano Z., Delgado F. 2005. *Water erosion risk assessment and impact on productivity of a Venezuelan soil*. Catena, 64: 297-306.
22. Mioduszewski W. 2003. *Mała retencja. Ochrona zasobów wodnych i środowiska naturalnego*. Wyd. IMUZ, Falenty: 166 ss.

23. Nogaj-Chachaj J. 1991. *The stone-packed graves of the Funnel Beaker culture in Karmanowice, site 35*. Antiquity Publication, 65(248): 628-639.
24. Nogaj-Chachaj J. 2000. *W epoce kamienia*. W: Archeologiczne odkrycia na obszarze Kazimierskiego Parku Krajobrazowego. Lublin, LWKZ.
25. Olson K.R., Gennadiyew A.N., Jones R.L., Chernyanskii S. 2002. *Erosion pattern on cultivated and reforested hillslopes in Moscow Region, Russia*. Soil Sci. Soc. Am. J., 66: 193-201.
26. Olson K.R., Jones R.L. 2005. *Soil organic carbon and fly-ash distribution in eroded phases of soils in Illinois and Russia*. Soil Till. Res., 81: 143-153.
27. Orlik T. 1998. *Zadania agrotechniki jako metody przeciwdziałania degradacji gleb na obszarach erodowanych*. Bibliotheca Fragmenta Agronomica, 4A/98: 315-337.
28. Orlik T., Józwiakowski K., Marzec M. 2005. *Rola użytku zielonego w ograniczaniu zanieczyszczeń obszarowych pochodzących z rolnictwa na terenie urzeźbionym*. Acta Agrophysica 115, 5(1): 91-101.
29. Pałys S., Mazur A. 2002. *Wpływ zabudowy biotechnicznej na ilość materiału glebowego zatrzymanego na dnie wąwozu*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 487: 223-230.
30. Patro M. 2004. *Jakość wód w małych zbiornikach wodnych w zlewni rolniczej*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Inż. Środ. XIII, 502: 381-389.
31. Pietrzak S., Wesołowski P., Brysiewicz A., Dubil M. 2013. *Chemizm polowego spływu powierzchniowego na tle uwarunkowań agrotechnicznych, w wybranym gospodarstwie województwa zachodniopomorskiego*. Woda Środ. Obsz. Wiej., 13, 3(43): 115-129.
32. Pimentel D., Allen J., Beers A., Guinand L., Hawkins A., Linder R., McLanghlin P. Meer B., Musonda D., Perdue D., Poisson S., Salazar R., Siebert S., Stoner K. 1993. *Soil erosion and agricultural productivity*. [in:] World soil erosion and conservation. Cambridge Univ. Press, Cambridge: 277-292.
33. Rejman J. 2006. *Wpływ erozji wodnej i uprawowej na przekształcenie gleb i stoków lessowych*. Acta Agrophysica, 136: 90 ss.
34. Rejman J., Turski R., Paluszek J., 1998. *Spatial and temporal variations in erodibility of loess soil*. Soil Till. Res., 46: 61-68.
35. Rybicki R., Obroślak R., Mazur A., Marzec M. 2016. *Assessment of tillage translocation and tillage erosion on loess slope by contour mouldboard tillage*. J. Ecol. Eng., 17/5: 247-253.

36. Rząsa S., Mocek A., Owczarzak W. 2000. *Podatność gleb na kopalnianą degradację odwodnieniową w aspekcie merytorycznym i formalnym*. Roczn. AR w Poznaniu, 317: 225-239.
37. Shainberg I., Mamedow A.I., Levy G.J. 2003. *Role of wetting rate and rain energy in seal formation and erosion*. Soil Sci., 168: 54-62.
38. Smoroń S. 2012. *Zagrożenie eutrofizacją wód powierzchniowych wyżyn lessowych Małopolski*. Woda Środ. Obsz. Wiej., 12, 1(37): 181-191.
39. Seybold C.A., Herrick J.E., Brejda J.J. 1999. *Soil resilience: a fundamental component of soil quality*. Soil Sci., 164: 224-234.
40. Stasiak R., Szafranski Cz. 2005. *Zmiany w pokrywie glebowej erodowanych terenów Pojezierza Gnieźnieńskiego*. Acta Agrphosica, 116: 447-454.
41. Szewrański S., 2009. *Rozbryzg jako forma erozji wodnej gleb lessowych*. Wyd. UP we Wrocławiu: ss. 138.
42. Świeca A. 1996. *Zróźnicowanie agroekosystemów na międzyrzeczu Wisły i Bugu w świetle badań chemizmu wód rzecznych*. Mat. Ogólnopolskiego Sympozjum Naukowego „Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją”. IUNG Puławy, 1: 165-180.
43. Święchowicz J. 2012. *Wartości progowe parametrów opadów deszczu inicjujących procesy erozyjne w zlewniach użytkowanych rolniczo*. Wyd. IGiGP UJ, Kraków: 279 ss.
44. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych. Dz. U. 2004, poz. 12661, ze zm.
45. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. prawo ochrony środowiska. Dz. U. 2001 Nr 62, poz. 627, ze zm.
46. Woch F. 2001. *Optymalne parametry rozłogu gruntów gospodarstw rodzinnych dla wyżynnych terenów Polski*. Wyd. IUNG, Pam. Puł., 127: 105 ss.
47. Wu J., Lu J., Min X., Luo Y. 2018. *Pollution, ecological-health risk, and sources of heavy metals in soil of the northeaster Qinghai-Tibet Plateau*. Chemosphere, 201: 234-242.
48. Young F.J., Hammer R.D. 2000. *Soil-landform relationship on a loess-mantled landscape in Missouri*. Soil Sci. Soc. Am. J., 61-4: 1443-1454.
49. Zhang F., Wang J., Xiaoping X. 2018. *Recognizing the relationship between spatial patterns in water quality and land-use/cover types: A case study of the Jinghe Oasis in Xinjiang, China*. Water, 10: 646.

50. Żmuda R. 2006. *Funkcjonowanie transportu fluwialnego w małej zlewni zagrożonej erozją wodną*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, 544, Rozprawy CCXLIII: 165 ss.
51. Żmuda R., Sasik J., Szewrański S. 2005. *Analiza potrzeb zmian zagospodarowania przestrzennego Wzgórz Trzebnickich w aspekcie ochrony przed erozją wodną gleb*. Acta Agrophysica 115, 5(1): 229-237.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Głównym nurtem moich zainteresowań naukowych i badawczych jest problematyka szeroko pojętej ochrony środowiska, wpisująca się w dyscyplinę ochrona i kształtowanie środowiska. Od początku mojej działalności naukowej skupiałem się na tematyce dotyczącej erozji wodnej, ze szczególnym uwzględnieniem lessowych terenów Wyżyny Lubelskiej. Na wybór tej tematyki badawczej wpływ miały doświadczenia zdobyte podczas studiów, szczególnie w trakcie prowadzenia badań i gromadzenia materiałów do pracy dyplomowej. Mój pierwszy artykuł naukowy pt. „*Wpływ rzeźby terenu na zawartość wody w glebie i plonowanie marchwi*”, był wynikiem analiz materiałów zgromadzonych w ramach pracy magisterskiej (**zał. 3, III.B. 1**). Na podstawie wyników stwierdziłem, że wydzielone strefy agroekologiczne w rzeźbie erodowanego terenu, różniły się zawartością wody w glebie oraz uzyskanymi plonami marchwi. Największym zasobem wody charakteryzowała się dolina, a najmniejszym zbocze o wystawie południowej.

Wyniki uzyskane w ramach badań statutowych „*Erozja gleb i stosunki wodne wybranych ekosystemów*”, w których uczestniczyłem od początku pracy (1995 r.) w ówczesnej Katedrze Melioracji i Budownictwa Rolniczego Akademii Rolniczej w Lublinie, potwierdziły, że retencja wodna w terenie lessowym zależy od jego urzeźbienia (**zał. 3, II.D. 4**). Prowadziłem również badania, których celem było określenie wpływu przeciwerozyjnych pól wstęgowych wydzielonych na polach produkcyjnych RZD w Elizówce, na plonowanie roślin i ograniczenie procesów erozji wodnej (**zał. 3, III.B. 2; II.D. 5**). Uzyskane wyniki wskazywały jednoznacznie, że pola wstęgowe i związany z nimi poprzecznostokowy kierunek uprawy, wpływały na zwiększenie plonów roślin uprawnych oraz ograniczenie procesów erozji wodnej w stosunku do pól kontrolnych uprawianych zgodnie ze spadkiem.

Kolejnym tematem moich badań była ocena przeciwerozycyjnej zabudowy wąwozów (**zał. 3, II.D. 3, 6, 7**). Uzyskane wyniki badań wskazywały, że zabudowa biotechniczna, zastosowana w wąwozie drogowym w Elizówce, okazała się skuteczna. Procesy erozyjne

zostały wyeliminowane, a teren wąwozu uproduktywniony. Stwierdziłem, że taki kierunek zabudowy wydaje się być najodpowiedniejszy dla wąwozów drogowych wytworzonych w skale lessowej. Dużą skuteczność stabilizacji progów erozyjnych w dnach wąwozów, wykazały budowle hydrotechniczne. Skutecznie utrwaliły progi erozyjne i dna wąwozów przed rozmywaniem, przyczyniły się do zmniejszenia ich spadków podłużnych i ułatwiły wzrost roślinności.

Od 1996 roku, w ramach tematu badań własnych pt. „*Wpływ zabiegów przeciwoerozyjnych na zmianę rzeźby i ograniczenie procesów erozji wąwozowej*”, podjąłem badania, których celem było dokonanie oceny pionierskiej, przeciwoerozyjnej zabudowy wąwozów zboczowych w Opoce Dużej oraz określenie przydatności poszczególnych typów budowli hydrotechnicznych i ich lokalizacji w rzeźbie wąwozów dla zatrzymania procesów erozji wodnej. Zabudowę wąwozów wykonano w latach 1960-1964. Wyniki kompleksowych badań, prowadzonych w latach 1996-2000, stanowiły podstawę rozprawy doktorskiej pt. „*Analiza funkcjonowania przeciwoerozyjnej zabudowy wybranych wąwozów na Wyżynie Lubelskiej*”.

5.2. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk rolniczych, specjalność inżynieria kształtowania środowiska, zostałem zatrudniony na stanowisku adiunkta, na którym pracuję do chwili obecnej. Moje badania naukowe nadal były ukierunkowane na erozję wodną. Uznając, że wyniki badań, zamieszczone w pracy doktorskiej, mogą być bardzo przydatne do stabilizacji innych czynnych wąwozów o zbliżonych warunkach glebowo-geologicznych, opublikowałem je w czasopiśmie o większym zasięgu (**zał. 3, II.D. 9, 10, 14, 39**). Wyniki badań wskazywały, że wykonana zabudowa biotechniczna wąwozów zboczowych w Opoce Dużej okazała się bardzo skuteczna, a docelowy kierunek leśnego zagospodarowania wąwozów, będących w stadium dużej aktywności erozyjnej, wydaje się racjonalnym sposobem rekultywacji i uproduktywnienia terenów zdegradowanych w wyniku erozji wąwozowej oraz ochrony terenów przyległych. Umocnione wąwozy nie pogłębiły się i nie powiększyły swoich rozmiarów, a ujściowy odcinek rzeki Sanny nie wymagał kosztownego bagrowania. Porastający wąwozy drzewostan cechował się wysoką jakością, chociaż miejscami wymaga przebudowy, co wydaje się łatwiejsze do zrealizowania, bowiem intensywny rozwój erozji wodnej został wyhamowany. Wprowadzone umocnienia techniczne w postaci progów żelbetowych i stopni skrzynkowych, skutecznie umocniły progi erozyjne zlokalizowane w dnach wąwozów głównych i ich odgałęzieniach bocznych. Chroniły także

dna wąwozów przed erozją liniową i przyczyniały się do zatrzymywania materiału glebowego, co ułatwiało wzrost roślinności, która z czasem przejęła funkcje przeciwoerozyjne. Wprowadzona zabudowa techniczna, dająca skuteczną stabilizację podstawom erozyjnym (dnom wąwozów), pozwoliła na wprowadzenie docelowej zabudowy biologicznej. Pomimo upływu 36 lat od wykonania umocnień, budowle hydrotechniczne nadal pełniły swoją funkcję, chociaż wymagały kosztownej konserwacji. Wyniki badań własnych wskazywały także, że pomimo wysokiej przeciwoerozyjnej skuteczności, stosowanie w wąwozach żelbetowych budowli hydrotechnicznych powinno być ograniczone do niezbędnego minimum, ze względu na wysoki koszt budowy oraz wprowadzanie sztucznych elementów w krajobraz. Ich stosowanie jest uzasadnione tylko przy dużym i bardzo dużym zagrożeniu erozyjnym, kiedy wymagane jest uzyskanie szybkiej i pewnej ochrony gruntów rolnych oraz terenów zurbanizowanych i istnieje obawa, że zabudowa biologiczna nie zapewni skutecznej ochrony przed erozją wodną. Stwierdziłem, że niecelowe jest stosowanie budowli żelbetowych do umacniania niskich progów erozyjnych oraz zabudowy progów erozyjnych w dnach wąwozów, których zlewnie są zalesione. Takie progi należy umacniać za pomocą budowli faszynowych lub faszynowo-ziemnych. Zbędne wydaje się również stosowanie zapór przeciwrumowiskowych zamykających wąwozy. Można je zastąpić mniejszymi i tańszymi budowlami, bowiem skuteczna przeciwoerozyjna zabudowa wąwozów wyeliminowała transport materiału glebowego do ich odcinków ujściowych. Funkcjonowanie wykonanej zabudowy biotechnicznej zboczowych wąwozów w Opoce Dużej monitorowałem również w późniejszych latach (**zał. 3, II.D. 17, 37**). Wyniki badań wykazały, że wykonana zabudowa nadal skutecznie chroniła wąwozy przed erozją wodną, pomimo upływu ponad pół wieku od jej wdrożenia.

Prowadziłem również badania, których celem była ilościowa i jakościowa charakterystyka rzeźbotwórczych procesów morfogenetycznych zachodzących w wąwozach drogowych. Poddałem także ocenie zastosowane metody stabilizacji wąwozu drogowego (**zał. 3, II.D. 25, 28**). Wyniki badań wskazywały, że podczas spływów powierzchniowych wód, intensywnie erodowana była gruntowa droga dojazdowa do pól uprawnych, zlokalizowana w dnie wąwozu oraz strome skarpy. Na dnie wąwozu dominowały procesy erozji liniowej, a na skarpach grawitacyjne. Stwierdziłem, że w wyniku zachodzących procesów erozyjnych wąwóz rozwijał się powiększając swoje rozmiary. Niszczeniu ulegały przyległe do wąwozu pola uprawne, a także nawierzchnia drogi gruntowej w wąwozie. Droga stawała się nieprzejezdna i wymagała napraw po każdym większym spływie wód. Określono, że wąwóz pogłębiał się w tempie około $1,5 \text{ cm} \cdot \text{rok}^{-1}$. Na podstawie obserwacji i uzyskanych wyników

sformułowałem zalecenia, pozwalające ograniczyć rozwój wąwozu (**zał. 3, II.D. 25**). Wyniki badań w umocnionym wąwozie drogowym wskazywały, że wykonana zabudowa techniczna nie stabilizuje go skutecznie przed dalszym rozwojem w wyniku erozji wodnej. Skutecznie zabezpieczono dno wąwozu przed erozją liniową, utwardzając nawierzchnię drogi. Zapewniono też bezpieczne odprowadzenie wody z wąwozu wybudowanym bystrotokiem. Nie odcięto natomiast dopływu wód obcych do wąwozu oraz nie zabezpieczono skutecznie jego skarp. Skutkiem tego był rozwój procesów sufozcyjnych w strefach przykrawędziowych oraz grawitacyjnych na ścianach, co prowadziło do poszerzania się formy erozyjnej. W oparciu o wykonane badania sformułowałem zalecenia mające na celu ograniczenie dalszego rozwoju wąwozu (**zał. 3, II.D. 28**). W ramach monitoringu procesów erozji wąwozowej, przeprowadziłem także badanie tempa rozwoju krawędzi jednej z odnóg bocznych wąwozu dolinowego (**zał. 3, II.D. 38**). Uzyskane wyniki wskazywały, że nawet wąwozy znajdujące się w stadium starości, mogą się rozwijać w przypadku złej organizacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Spływ powierzchniowy wód z terenów użytkowanych rolniczo oraz uprawa płużna, dochodząca do krawędzi wąwozu, były przyczyną rozwoju formy erozyjnej. Stwierdzono, że krawędź wąwozu przesunęła się od 1,5 do 2 m (maksymalnie 3,8 m), a powiększający się wąwóz niszczył przyległe pola uprawne.

Kolejny aspekt mojej pracy naukowej związany był z badaniem natężenia erozji wodnej w zlewniach z okresowym odpływem wód, zlokalizowanych na urzeźbionych terenach lessowych. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdziłem, że nasilenie erozji wodnej było bardzo zróżnicowane w poszczególnych latach, stąd ocena zagrożenia erozyjnego wymaga prowadzenia badań wieloletnich. Rozwój procesów erozji wodnej oraz ich natężenie było wynikiem nakładających się i ściśle ze sobą powiązanych, zmiennych czynników meteorologicznych, hipsometrycznych, pedologicznych, agrotechnicznych oraz urządzeniowo-rolnych (**zał. 3, II.D. 8, 11-13, 15, 26**). Szybkie topnienie śniegu przy zamrożonej glebie oraz opady burzowe, których natężenie przekraczało $1 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, a czas opadu wynosił co najmniej 10 minut, sprzyjały powstawaniu spływów powierzchniowych i erozji wodnej. Spłukiwanie powierzchniowe i erozja żłobinowa to procesy erozyjne o dużym zasięgu, zlokalizowane w obrębie wierzchowin i na stokach uprawianych zgodnie lub ukośnie do spadku terenu. Na polach o poprzecznostokowej uprawie szkody były mniejsze. Wykazano, że w celu zmniejszenia erozji uprawowej podczas orki, należy odkładać skibę do góry stoku (**zał. 3, II.D. 32**). Stwierdziłem, że szkody erozyjne powstawały podczas wiosennego topnienia śniegu na polach pozbawionych okrywy roślinnej oraz w trakcie opadów burzowych na polach z uprawami roślin okopowych i zbóż jarych. Erozja żłobinowa

inwentaryzowana była również w miejscach koncentrowania się spływającej wody (drogi polne, dna niecek denudacyjnych, dna wąwozów). Akumulację materiału glebowego wyerodowanego w zlewniach, najczęściej rejestrowano na płaskich fragmentach den dolin trwale zadarnionych, terenach zalesionych lub zakrzewionych i lokalnie na polach obsianych oziminami. Ustaliłem, że średnio w ciągu roku więcej wody oraz rozpuszczonych soli wynoszone było poza zlewnię podczas odpływów wywoływanych topnieniem śniegu. Natomiast odpływ gleby był większy podczas wiosenno-letnich opadów burzowych.

Stwierdziłem, że intensywna gospodarka rolna na urzeźbionych terenach lessowych zagrożonych erozją wodną doprowadziła do transformacji krajobrazu (**zał. 3, II.D. 16, 20**). W pierwszej kolejności zniszczona została naturalna szata roślinna. Doprowadziło to do nasilenia procesów rzeźbotwórczych uwarunkowanych antropogenicznie. Pojawiły się linie proste niespotykane w krajobrazie naturalnym – krawędzie teras uprawowych, drogi. Zmienił się profil poprzeczny zboczy z wypukłego czy prostoliniowego na schodkowy. Pojawiła się mozaika typów i podtypów gleb. Naturalny krajobraz został przekształcony w kulturowy.

Wyniki badań własnych wskazują, że oprócz zmian w krajobrazie i degradacji gleby, erozja wodna jest źródłem dostawy zanieczyszczeń do wód powierzchniowych, co wpływa na pogorszenie ich jakości (**zał. 3, II.D. 19**). Spływy powierzchniowe wód z terenów rolniczych, niosą ze sobą wyerodowane cząstki stałe materiału glebowego oraz rumowisko rozpuszczone. W okresie wezbrań w ciekach stałych, powodowanych spływami powierzchniowymi, odnotowałem wyraźny wzrost stężeń badanych wskaźników jakości wody. Warunkiem ochrony i kształtowania zasobów wodnych na terenach zagrożonych erozją wodną jest kompleksowe rozwiązanie problemu, z zachowaniem hierarchii potrzeb. Podstawą jest realizacja działań spowalniających odpływ wody ze zlewni – zwiększenie retencji krajobrazowej (**zał. 3, II.D. 40**). Wykazany w badaniach, wzrost powierzchni gruntów zalesionych na terenie województwa lubelskiego, jest dobrym prognostykiem zwiększania retencji krajobrazowej, a tym samym ochrony gleb przed erozją wodną i wód przed zanieczyszczeniami (**zał. 3, II.D. 24, 34**). Również budowa zbiorników zaporowych na ciekach stałych wpływa na zwiększenie zasobów wodnych i poprawę jakości wód. Wyniki badań własnych dowodzą, że największe redukcje stężeń badanych wskaźników jakości wód w zbiorniku, miały miejsce w okresie intensywnego wzrostu makrofitów (**zał. 3, II.D. 18, 21**).

Na ilościowy i jakościowy stan zasobów wodnych wpływ ma nie tylko erozja wodna, ale wiele innych czynników związanych z działalnością człowieka (**zał. 3, II.A. 1; II.D. 22**). W badaniach stwierdziłem, że do pogorszenia stanu wód przyczynia się m.in. nieuregulowana gospodarka wodno-ściekowa (**zał. 3, II.D. 29**). Jednym ze sposobów ograniczania tych

niekorzystnych zmian jest rozwój systemów kanalizacji, a w przypadku zabudowy rozproszonej na terenach wiejskich – budowa przydomowych oczyszczalni ścieków. Badania zespołu naukowego, w których uczestniczyłem, pozwoliły ocenić skuteczność funkcjonowania oczyszczalni przydomowych i wskazać optymalne rozwiązania, gwarantujące wysoką niezawodność działania w trakcie wieloletniej eksploatacji (**zał. 3, II.A. 3**). Wyniki prowadzonych badań stanowią podstawę do opracowania licznych koncepcji budowy hydrofitowych oczyszczalni ścieków, realizowanych następnie w terenie przez różne jednostki (samorządy, firmy, użytkowników indywidualnych) (**zał. 3, II.I. 5**).

Troska o stan środowiska, wskazuje na potrzebę podejmowania działań minimalizujących wpływ człowieka na otoczenie. Racjonalnym sposobem zmniejszania antropopresji jest ograniczanie emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Można to osiągnąć zastępując energię wytwarzaną w oparciu o surowce konwencjonalne – energią pochodzącą z odnawialnych źródeł. Najważniejszym OZE w Polsce jest biomasa stała, pochodząca z celowych upraw lub drewno i odpady z przetwórstwa drzewnego. Wyniki badań własnych wskazują, że surowiec ten może być pozyskiwany jako produkt uboczny, np. z pielęgnacji drzewostanów (**zał. 3, II.D. 31**), czy nasadzeń pełniących funkcje przeciwoerozyjne (**zał. 3, III.B. 33**). Innym źródłem odnawialnej energii jest hydroenergetyka. W artykułach naukowych (**zał. 3, II.D. 33, 35**), których jestem współautorem, oceniano techniczne oraz prawne możliwości lokalizacji małych elektrowni wodnych na wybranych rzekach Lubelszczyzny. Stwierdzono, że mimo istnienia pewnego potencjału energii, realizacja inwestycji na istniejących budowach hydrotechnicznych, lub budowa nowych, jest ograniczona przez procedury wynikające z obwarowań prawnych. Innym ograniczeniem budowy różnych obiektów OZE jest ich wpływ na otoczenie, m.in. krajobraz (**zał. 3, III.B. 28**). Biomasa oraz energia wodna, są zasobami o charakterze lokalnym i powinny być wykorzystywane w urządzeniach rozproszonych. Badania dowiodły, że istnieją lokalne możliwości produkcji energii z różnych OZE, jednak ich potencjał w Polsce jest ciągle słabo wykorzystany (**zał. 3, II.D. 36**).

6. Zestawienie dorobku naukowo-badawczego

Mój dotychczasowy dorobek obejmuje łącznie 94 pozycje, w tym: 49 to oryginalne prace naukowe, 2 monografie, 1 patent, 1 ekspertyza, 37 publikacji w materiałach konferencyjnych oraz 4 raporty (tabela 2). Oryginalne prace twórcze zostały opublikowane w 24 różnych czasopismach (tabela 3), w tym 5 znajdujących się w bazie JCR. Spośród 49

oryginalnych prac naukowych 16 zostało opublikowanych w języku angielskim. Największy liczbowy udział w strukturze dorobku naukowego stanowią oryginalne prace twórcze (52%), z czego około 45% to prace samodzielne.

Prace naukowe, których jestem autorem lub współautorem, wg bazy Web of Science były cytowane 23 razy (bez autocytowań 18), a Indeks Hirscha wynosi 2. Według bazy Scopus liczba cytowań wynosi 27 (bez autocytowań 21), a Indeks Hirscha - 3.

Łączna suma punktów mojego dorobku naukowego wynosi 530 pkt., a IF=8,009 (tabela 3). Spośród 49 oryginalnych prac naukowych 8 publikacji stanowi podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego. Ich sumaryczny Impact Factor (IF) wynosi 2,468, a liczba punktów 74, z czego 71 punktów (96%) to udział własny.

Tabela 2. Zbiorcze zestawienie dorobku naukowego

Rodzaj publikacji	Język	Przed doktoratem	Po doktoracie	Łącznie
Oryginalne prace twórcze				
W czasopismach z listy JCR	A		3	3
	P		2	2
Prace oryginalne opublikowane w czasopismach recenzowanych	A		13	13
	P	5	26	31
Monografie	P		2	2
Publikacje łącznie		5	46	51
Inne prace				
Patenty			1	1
Ekspertyzy			1	1
Raporty			4	4
Publikacje w materiałach konferencyjnych		6	31	37
Inne prace łącznie		6	37	43

Tabela 3. Zestawienie dorobku z uwzględnieniem oceny punktowej czasopism wg MNiSW oraz IF za rok publikacji

Nazwa czasopisma	Liczba publikacji	Liczba punktów wg MNiSW za dany rok	Sumaryczna liczba punktów MNiSW	Sumaryczny IF za rok wydania
Czasopisma z IF				
Przemysł Chemiczny	2	15	30	0,367; 0,399
Water	1	30	30	2,069
Water Science & Technology	1	20	20	1,247
Separation and Purification Technology	1	45	45	3,927
Pozostałe czasopisma recenzowane				
Acta Agrophysica	2	3; 4	7	
Annales UMCS – Sectio E	1	2	2	
Bibliotheca Fragmenta Agronomica	1	4	4	
Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis	1	1	1	

Gaz, Woda i Technika Sanitarna	1	5	5	
Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich	3	2x4; 10	18	
Inżynieria Ekologiczna	6	5; 5x9	50	
Journal of Ecological Engineering	8	12	96	
Journal of Water and Land Development	1	14	14	
Przegląd Naukowy - Inżynieria i Kształtowanie Środowiska	1	2	2	
Przegląd Naukowy Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska – SGGW	1	1	1	
Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu	1	2	2	
Roczniki Gleboznawcze	2	5; 4	9	
Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych – OL PAN	1	2	2	
Teka Komisji i Ochrony Kształtowania Środowiska Przyrodniczego - OL PAN	2	6	12	
Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie	5	3x4; 2x8	28	
Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie	1	10	10	
Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych	4	3x4; 1x0	12	
Postępy Nauk Rolniczych	1	0	0	
Acta Horticulturae et Regiotecturae	1	0	0	
Monografie/rozdziały w monografiach				
Monografie w języku polskim	2	50	100	
Patenty				
Patenty krajowe	1	30	30	
Łącznie	52		530	8,009

7. Osiągnięcia dydaktyczne i popularyzatorskie

W ramach zajęć dydaktycznych dla studentów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych prowadziłem lub prowadzę wykłady, ćwiczenia i seminaria dla studentów na czterech wydziałach Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie: Agrobiotechnologii; Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki; Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu oraz Inżynierii Produkcji. Zajęcia dydaktyczne realizuję lub realizowałem łącznie na siedmiu kierunkach: Inżynieria Środowiska, Gospodarka Przestrzenna, Ochrona Środowiska, Architektura Krajobrazu, Ogrodnictwo, Technika Rolnicza i Leśna, Geodezja i Kartografia. Opracowałem moduły 10 przedmiotów, a zajęcia dydaktyczne prowadziłem z 14 przedmiotów (zał. 3, III.I).

Zakres tematyczny zajęć obejmuje zagadnienia związane z ochroną środowiska (w tym z erozją gleb), a także rysunkiem technicznym i geometrią wykreślną oraz geodezją

i kartografią. Byłem również opiekunem 86 prac dyplomowych, w tym: 51 prac inżynierskich i 35 prac magisterskich, które prowadziłem na wyżej wymienionych kierunkach. Jestem opiekunem Geodezyjnego Koła Naukowego „Equator”, a także dwukrotnie byłem wybierany na opiekuna rocznika studentów kierunku Geodezja i Kartografia. Od 2013 roku jestem Przewodniczącym Komisji do przeprowadzenia zaliczenia praktyki zawodowej na kierunku Geodezja i Kartografia (**zał. 3, III.J**). Za działalność dydaktyczną otrzymałem w 2015 r. nagrodę zespołową I^o Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie (**zał. 3, III.D**).

Poza macierzystą Uczelnią zajęcia dydaktyczne prowadziłem również w Wyższej Szkole Humanistyczno-Przyrodniczej w Sandomierzu oraz w Wyższej Inżynierskiej Szkole Bezpieczeństwa i Organizacji Pracy w Radomiu (**zał. 3, III.I**).

W ramach popularyzacji nauki, wyniki badań prezentowałem na 23 konferencjach naukowych, w tym 9 międzynarodowych. Mój aktywny udział w tych konferencjach polegał na przedstawieniu 9 referatów oraz 27 posterów (**zał. 3, II.K**). Wyniki badań popularyzowałem również w ramach 3 seminariów naukowych, które odbyły się na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie oraz Politechnice Lwowskiej. Od kilku lat aktywnie uczestniczę w programach i inicjatywach mających na celu popularyzację nauki i promocję Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, wygłaszając referaty oraz przygotowując pokazy w ramach Lubelskiego Festiwalu Nauki (4-krotnie) oraz Dnia Otwartego Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie (4-krotnie) (**zał. 3, III.I**).

8. Działalność organizacyjna

8.1. Działalność w ramach Uczelni i Wydziału

W ramach działalności organizacyjnej byłem w latach 2013-2015, członkiem Komisji Przetargowej na dostawę wraz z montażem aparatury naukowo-badawczej oraz wyposażenia dydaktycznego budynku Centrum Innowacyjno-Wdrożeniowego Nowych Techniki i Technologii w Inżynierii Rolniczej. W latach 2012-2016 byłem elektorem uprawnionym do wyboru Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Jestem współautorem planów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych I^o o profilu ogólnoakademickim, a później o profilu praktycznym dla kierunku Geodezja i Kartografia. Pełnię też funkcję członka Rady Programowej kierunku Geodezja i Kartografia. Byłem współautorem raportu samooceny kierunku Geodezja i Kartografia przygotowanego dla Polskiej Komisji Akredytacyjnej. Jestem także elektorem uprawnionym do wyborów Dziekana i Prodziekanów Wydziału Inżynierii Produkcji na lata 2016-2020 oraz członkiem Rady Wydziału Inżynierii Produkcji

na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie (zał. 3, III.Q). Za osiągnięcia organizacyjne na Uczelni otrzymałem nagrodę zespołową II^o Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie (zał. 3, III.D).

8.2. Organizacja konferencji naukowych

Brałem aktywny udział w organizacji ośmiu konferencji naukowych, w tym trzech międzynarodowych i pięciu krajowych. Podczas organizacji konferencji międzynarodowych dwukrotnie byłem członkiem komitetu organizacyjnego, a raz sekretarzem. W trakcie organizacji konferencji o zasięgu krajowym trzykrotnie pełniłem funkcje przewodniczącego komitetu organizacyjnego, raz byłem zastępcą przewodniczącego komitetu naukowego i raz sekretarzem (zał. 3, III.C).

Andrzej Mazur