

UNIwersYTET PRZYRODnicZY W LUBLINIE

Wydział Agrobiotechnologii

Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska

Zakład Biologii Gleby



**UNIwersYTET
PRZYRODnicZY**
w Lublinie

dr inż. Barbara Futa

Autoreferat

**Enzymatyczne wskaźniki
antropogenicznych przeobrażeń gleb**

Lublin 2017

Spis treści

1. Życiorys naukowy i przebieg pracy zawodowej	3
2. Opis osiągnięcia naukowego	4
2.1. Wykaz publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego	4
2.2. Wprowadzenie	6
2.3. Ogólny opis metod zastosowanych w badaniach	8
2.4. Badania własne	10
2.4.1. Enzymatyczne wskaźniki przeobrażeń gleb na rekultywowanych terenach przemysłowych. Publikacje [1, 4, 5]	10
2.4.2. Wpływ śmietników miejskich na zmiany ekochemicznego stanu gleb. Publikacja [3]	15
2.4.3. Enzymy glebowe jako bioindykatory jakości gleby w krajobrazach rolniczych. Publikacje [2, 6, 7, 8]	16
2.5. Wnioski	20
2.6. Bibliografia	21
3. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	23
3.1. Funkcjonowanie gleb leśnych na terenach zagrożonych	23
3.2. Ocena oddziaływania niekontrolowanych wysypisk odpadów na właściwości chemiczne i biochemiczne gleb	25
3.3. Przeobrażenie gleb na terenach zurbanizowanych	26
3.4. Wpływ proekologicznych systemów produkcji rolniczej na jakość gleb	27
3.5. Ekotoksyczność nanocząstek metali	28
3.6. Współpraca naukowa	29
4. Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego	30

1. Życiorys naukowy i przebieg pracy zawodowej

Dr inż. Barbara Futa

Zakład Biologii Gleby

Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska

Wydział Agrobiotechnologii

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

barbara.futa@up.lublin.pl

Wykształcenie

- Tytuł magistra inżyniera, **2002 rok**, Wydział Rolniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie

Tytuł pracy magisterskiej: *Wpływ ogławiania i pasynkowania na plon i jakość liści tytoniu Burley*

Promotor: prof. dr hab. Janusza Wiśniewskiego

- Stopień doktora nauk rolniczych w zakresie agronomii, specjalność: biologia gleby, **2007 rok**, Wydział Rolniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie (*uchwała Rady Wydziału Rolniczego Akademii Rolniczej w Lublinie z dnia 16 maja 2007 roku*)

Tytuł rozprawy doktorskiej: *Zależności pomiędzy biologicznymi i chemicznymi wskaźnikami zanieczyszczenia gleb poleśnych i leśnych w warunkach długoletniej emisji azotowej*

Promotor: prof. dr hab. Elżbieta Jolanta Bielińska

Recenzenci: prof. dr hab. Jadwiga Wyszowska,
prof. dr hab. Henryk Domżał

Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- **01.10.2006 – 30.09.2007**, Starszy technik w Instytucie Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska, Wydział Rolniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie;

- **01.10.2007 – 28.02.2013**, asystent w Instytucie Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie;
- **01.03.2013 – do chwili obecnej**, adiunkt w Instytucie Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska, Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

2. Opis osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe, o którym mowa w 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. nr 65, poz. 595 ze zm.)

Tytuł osiągnięcia naukowego – jednotematycznego cyklu publikacji pod wspólnym tytułem:

Enzymatyczne wskaźniki antropogenicznych przeobrażeń gleb

2.1. Wykaz publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego:

1. Bielińska E.J., **Futa B.** 2009. *Wpływ materii organicznej na przemiany biochemiczne w glebach antropogenicznych na składowisku popiołów z elektrowni*. Roczniki Gleboznawcze, 60, 3, 12-17.

6 pkt. wg MNiSW*

2. Oleszczuk P., Joško I., **Futa B.**, Pasieczna-Patkowska S., Pałys E., Kraska P. 2014. *Effect of pesticides on microorganisms, enzymatic activity and plant in biochar-amended soil*. Geoderma, vol. 214-215: 10-18.

45 pkt. wg MNiSW

IF 2.772

3. **Futa B.** 2015. *Wpływ śmieci miejskich na właściwości chemiczne i biochemiczne gleb*. Inżynieria Ekologiczna, 43, 94-99.

9 pkt. wg MNiSW

* liczba punktów według ujednoliconego wykazu MNiSW za lata 2007-2010

4. Bielińska E.J., **Futa B.**, Baran S., Żukowska G., Olenderek H. 2015. *Enzymy glebowe jako bioindykatory jakości i zdrowotności gleb leśnych w obszarze oddziaływania Zakładów Azotowych „Puławy” S.A.* Sylwan, 159 (11): 921-930.

15 pkt. wg MNiSW

IF 0.410

5. **Futa B.** 2016. *The use of enzymatic tests for quality assessment of soils in remedied post-industrial areas.* Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura, Alimentaria, Piscaria et Zootechnica, 328 (39) 3, 71–78.

10 pkt. wg MNiSW

6. **Futa B.** 2016. *Influence of black locust (Robinia Pseudoacacia L.) shelterbelts on fractional humus composition and biochemical properties of eroded loess soil.* Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura, Alimentaria, Piscaria et Zootechnica, 328 (39) 3, 63–70.

10 pkt. wg MNiSW

7. **Futa B.**, Mocek-Płóciniak A. 2016. *The influence of uncontrolled grass burning on biochemical qualities of soil.* Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 61(3), 98-100.

12 pkt. wg MNiSW

8. **Futa B.**, Bielińska E.J., Mocek-Płóciniak A. 2016. *The use of enzymatic tests to assess the quality of arable soils along main thoroughfares in Lublin.* Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 61(3), 94-97.

12 pkt. wg MNiSW

Powyższe publikacje przedstawione jako osiągnięcie naukowe nt.: „Enzymatyczne wskaźniki antropogenicznych przeobrażeń gleb”, zostały opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora. Łączny IF powyższych publikacji wg listy JCR wynosi **3.182**, a suma punktów wg MNiSW – **119**.

2.2. Wprowadzenie

Gleby są funkcją działających zmiennie w czasie czynników glebotwórczych, ale to działalność człowieka stanowi podstawowy czynnik przeobrażeń gleb współczesnych. Gleby jako termodynamicznie otwarte systemy są podatne na działania wszystkich zewnętrznych czynników antropogenicznych. Czynniki te mogą mieścić się w wewnątrzsystemowym układzie kompensacyjnym i regenerującym gleb lub go przekraczać. Prowadzi to do różnych form degradacji gleb, polegających na odwracalnych lub trwałych zmianach w ich strukturach i funkcjach.

Jakość gleby jest kształtowana głównie poprzez transformację materii organicznej, związaną przede wszystkim z drobnoustrojami i wydzielanymi przez nie enzymami oraz tempem przemian biogeochemicznych w krążeniu pierwiastków [Schloter i in. 2003; Bielińska i in. 2014]. Enzymy glebowe katalizują przemiany związane z przetwarzaniem materii i energii w ekosystemach. Aktywność enzymów uznawana jest za jeden z bardziej wrażliwych wskaźników ich funkcjonowania. Odzwierciedla zarówno kierunek i charakter procesów biogeochemicznych, jak i całość podstawowych przemian związanych z biologią i właściwościami fizykochemicznymi gleb [de la Paz Jimenez i in. 2002; Bastida i in. 2008]. Pomiary aktywności enzymatycznej dostarczają wczesnych dowodów subtelnych zmian w środowisku glebowym, na długo przed zmianami składu chemicznego i właściwości fizycznych gleb [Bielińska i in. 2014].

Badania oceniające jakość gleby na podstawie aktywności enzymów glebowych prowadzone są od początku XX wieku. Jednakże enzymologia glebowa, mimo niewątpliwych sukcesów, mierzonych nie tylko wielotysięczną bibliografią, napotyka wiele trudności metodycznych i interpretacyjnych [Russel i in. 2006; Bielińska i in. 2014]. Określenie jakości gleby w różnych krajobrazach antropogenicznych, a także prognozowanie skutków zmian w środowisku glebowym, które są pod wpływem zastosowanego systemu ochrony, bądź metod rekultywacji, jest zadaniem trudnym, ze względu na złożoność i heterogeniczność tego środowiska [Karlen i in. 2003; Wätzold 2006; Ryszkowski 2007; Bastida i in. 2008]. Silne oddziaływanie całego splotu wielkości determinujących środowisko glebowe zakłóca bowiem poszczególne wpływy na poziomie pojedynczej komórki, jak też całej biocenozy utworzonej przez populacje różnych gatunków organizmów glebowych. Zależności rozpoznane w warunkach

laboratoryjnych nie odzwierciedlają wielokierunkowych mechanizmów metabolizmu glebowego, polegających m.in. na odpowiedniej adaptacji szlaków metabolicznych w odpowiedzi na zmiany zachodzące w środowisku glebowym. Potwierdza to np. brak korelacji między skutkami stopniowego nagromadzenia się zanieczyszczeń (m.in. metali ciężkich i WWA) w glebach z wynikami studiów modelowych w warunkach inkubacji [Bielińska i Kołodziej 2009; Bielińska 2012]. Dlatego bardzo ważne jest poznanie relacji, jakie zachodzą pomiędzy aktywnością enzymatyczną gleby a intensywnością i rodzajem oraz czasem trwania antropopresji w skali ekosystemu (w warunkach terenowych). Spotykane w literaturze naukowej dość sprzeczne wyniki badań w zakresie wpływu antropopresji na aktywność enzymów mogą być także związane z tym, że mierzona wartość aktywności enzymatycznej odzwierciedla stan *in situ* determinowany nie tylko przez aktualne warunki istniejące w glebie, ale także przez historię zdarzeń poprzedzających oznaczenie, w tym warunków klimatycznych, stosowanych zabiegów, lokalizację gleby, obecność roślin. Wiarygodną ocenę jakości gleby mogą dać badania szeregu enzymów w warunkach wieloletniej presji antropogenicznej, co pozwoli na rejestrowanie wyraźnych zmian w środowisku glebowym [Russel i in. 2006; Bielińska i in. 2014]. Badania w tym zakresie mogą ułatwić opracowanie liczb granicznych określających aktywność enzymów w danych warunkach glebowych.

Coraz intensywniejsza presja na środowisko glebowe, wynika z poszukiwania nowych sposobów zaspokajania rodzących się potrzeb, związanych z rozwojem cywilizacyjnym. Pomimo oczywistej sprzeczności w układzie potrzeby ludzkości – potrzeby środowiska, istnieje pewna granica równowagi między biegunami tego układu, w zależności od rodzaju, intensywności i zakresu antropopresji. Antropopresja jest bowiem pochodną działań kształtujących środowisko, które obejmują m.in.: działalność przemysłową, rolnictwo, ochronę środowiska, ochronę różnorodności biologicznej, gospodarkę odpadami [Malczyk 2012; Bielińska i in. 2014a].

W pracach dokumentujących osiągnięcie naukowe przedstawiono wyniki badań dotyczące zastosowania wskaźników enzymatycznych do oceny przeobrażeń środowiska glebowego pod wpływem zróżnicowanych czynników antropogenicznych w skali ekosystemu i krajobrazu. Kompleksowe badania, obejmujące wielokierunkowe oddziaływania antropopresji w różnych krajobrazach antropogenicznych (przemysłowych i rolniczych) na zmiany aktywności enzymatycznej gleb pozwolą na wiarygodną ocenę jakości gleby oraz kwantyfikację ekologicznych efektów realizacji

zabiegów ochronnych i metod rekultywacji gleb, a także rozpoznanie ciągu sprawczego antropopresji.

Strategicznym celem badawczym jest rozpoznanie kierunków i dynamiki zmian zachodzących w glebach ekosystemów na terenach poddanych zróżnicowanym wpływom antropogenicznym oraz ocena stabilności ekosystemów na terenach zagrożonych. Ułatwi to optymalny wybór instrumentów realizacyjnych przy kolejnych działaniach umożliwiających ograniczenie presji na środowisko glebowe, w tym zarządzania adaptacyjnego opartego na ewolucyjności ekosystemu. Celem utylitarnym jest wykorzystanie testów enzymatycznych do szybkiej oceny jakości gleb na terenach zagrożonych oraz prognoza dalszych zmian w ekosystemach poprzez określenie wpływu zabiegów ochronnych na reaktywację lub stymulowanie procesów samoregulacyjnych w ekosystemie.

2.3. Ogólny opis metod zastosowanych w badaniach

Metodykę oznaczania aktywności enzymatycznej gleb oparto na szczegółowych badaniach Russela i in. [2006]. Polegały one na wyselekcjonowaniu najlepszych i dających powtarzalne wyniki metod oznaczania wybranych enzymów glebowych. Metody te zostały sprawdzone w trakcie wieloletniego stosowania przez autorów opracowania.

Oznaczeniami objęto aktywność szeregu enzymów glebowych: dehydrogenaz, fosfatazy kwaśnej, fosfatazy alkalicznej lub fosfataz, tj. tzw. fosfatazy obojętnej [Bielińska, Mocek-Płóćiniak 2009], ureazy oraz w większości przypadków (6 publikacji) proteaz. Enzymy te biorą bezpośredni udział w biogeochemicznym obiegu węgla (dehydrogenazy), azotu (ureaza oraz proteza) i fosforu (fosfatazy) w ekosystemach. Ponadto reagują wyraźnie na działanie czynników stresowych, a wielkość zmiany ich aktywności jest związana z natężeniem działających czynników [Bielińska i in. 2014].

Aktywność wybranych enzymów oznaczano następującymi metodami:

- dehydrogenaz (EC 1.1) – metodą Thalmanna [1968], z użyciem 1% roztworu TTC (chlorek trifenylotetrazolu) jako substratu oraz zastosowaniem 96-godzinnej inkubacji w temperaturze 37°C, aktywność enzymów oznaczono

kolorymetrycznie ($\lambda = 485 \text{ nm}$), mierząc ekstynkcję wytworzonego TFF (trifenyloformazanu);

- fosfataz (EC 3.1.3) – metodą Tabatabai i Bremnera [1969], z użyciem 0,8% roztworu p-nitrofenylofosforanu sodu (PNPNa) jako substratu, odpowiednio w buforze o: pH 5,4 (fosfataza kwaśna, EC 3.1.3.2); 8,5 (fosfataza alkaliczna, EC 3.1.3.1); 7,0 (fosfataza obojętna, EC 3.1.3.3) oraz zastosowaniem 1-godzinnej inkubacji w temperaturze 37°C, aktywność enzymów oznaczono kolorymetrycznie przez pomiar na spektrofotometrze ($\lambda = 410 \text{ nm}$) ekstynkcji p-nitrofenolu (PNP) powstałego z hydrolizy PNPNa;
- ureazy (EC 3.5.1.5) – metodą Zantua i Bremnera [1975], z użyciem 2,5% roztworu mocznika jako substratu oraz zastosowaniem 18-godzinnej inkubacji w temperaturze 37°C, aktywność enzymu oznaczono kolorymetrycznie mierząc ekstynkcję tlenojodku amidortęciowego ($\lambda = 410 \text{ nm}$), powstałego w wyniku reakcji odczynnika Nesslera z jonami NH_4^+ , wytworzonymi w wyniku hydrolizy mocznika;
- proteaz (EC 3.4.4) – metodą Ladda i Butlera [1972], z użyciem 1% roztworu kazeinianu sodu jako substratu oraz zastosowaniem 1-godzinnej inkubacji w temperaturze 50°C, aktywność enzymu oznaczono według ilości wytworzonej tyrozyny, kolorymetrycznie z odczynnikiem Folina ($\lambda = 700 \text{ nm}$).

Aktywność dehydrogenaz wyrażono w $\text{cm}^3 \text{ H}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{d}^{-1}$, niezbędne do redukcji TTC do TFF lub $\text{mmol TFF} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{h}^{-1}$; fosfataz - w $\text{mmol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{h}^{-1}$; ureazy - w $\text{mg N-NH}_4^+ \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{h}^{-1}$; proteaz w $\text{mg tyrozyny} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{h}^{-1}$, zgodnie z obowiązującymi wytycznymi [Filipek i in. 2001; 2009].

Próbki glebowe do analiz enzymatycznych pobierano i przechowywano zgodnie z zasadami określonymi w polskiej normie PN-ISO 1998 [Drzymała 1998]. Wszystkie oznaczenia wykonywano w trzech równoległych powtórzeniach.

Szczegóły dotyczące rutynowych analiz fizykochemicznych właściwości gleb, terminów pobierania próbek glebowych do analiz oraz analizy statystycznej przedstawiono indywidualnie w każdej z dołączonych do niniejszego opracowania publikacji.

2.4. Badania własne

2.4.1. Enzymatyczne wskaźniki przeobrażeń gleb na rekultywowanych terenach przemysłowych. Publikacje [1, 4, 5]

Rekultywacja terenów zdegradowanych w całościowym ujęciu nie jest zestawem jednorazowo wykonanych czynności inżyniersko-agrotechnicznych. Jest zespołem zabiegów inżynierskich i agrotechnicznych oraz procesów biogeochemicznych, kształtujących nową i jednocześnie pożądaną oraz trwałą strukturę biocenotyczną ekosystemu. Czynności inżynierskie i agrotechniczne nie stanowią istoty procesu. Jego istotą są przemiany biogeochemiczne zachodzące w tworzywie glebowym pod wpływem czynników abiotycznych i biotycznych, stymulujące i przyspieszające te przemiany [Bender i Gilewska 2000]. W literaturze brak jest doniesień dotyczących wykorzystania metod enzymatycznych do poznania i sprecyzowania dryfu siedliskowego pod wpływem zastosowanego systemu rekultywacji. Reakcje systemów ekologicznych na zabiegi rekultywacyjne mają często bardzo specyficzny, indywidualny charakter, a uzyskiwane efekty nie zawsze są w pełni zgodne ze spodziewanymi. W przypadku ekosystemów ubogich, długo pozostających w stadium degradacji uzyskanie spodziewanego efektu jest obarczone dużą dozą niepewności. Trwałość efektów zastosowanego systemu rekultywacji zależy od uwarunkowań przyrodniczych i antropogenicznych. Jedne i drugie mogą je stymulować lub ograniczać. Wskaźniki enzymatyczne dostarczają informacji o stanie (jakości) ekosystemu z jego podstawowym składnikiem – glebami, a także o naturze jego zmian, pozwalają na monitoring długookresowy oraz identyfikację trendów [Domżał i Bielińska 2007].

Celem badań była ocena efektywności różnych systemów rekultywacji gleb na terenach przemysłowych wyrażającej się stabilnością i trwałością ukształtowanej pod wpływem zastosowanego systemu zdolności do samoregulacji środowiska glebowego. Oceny tej dokonano na podstawie długoterminowego monitoringu obejmującego zmiany aktywności enzymatycznej gleb, na tle wybranych właściwości chemicznych, mających istotne znaczenie z punktu widzenia kształtowania się stanu biologicznego gleb.

Obiektem badań były gleby na rekultywowanych terenach na składowisku popiołów przy Zespole Elektrowni „Dolna Odra” S.A. w Nowym Czarnowie i przy

Zakładach Azotowych „Puławy” S.A. oraz na terenach pokolejowych w Lublinie i Radomiu.

Prace badawcze na terenie składowiska popiołów wytworzonych z węgla kamiennego w Nowym Czarnowie prowadzono w latach 2003 i 2008 (publikacja [1]) oraz w roku 2015 (publikacja [5]). Badania przeprowadzono w oparciu o doświadczenie rekultywacyjne. Doświadczenie założone w 2003 roku polegało na utworzeniu gleb antropogenicznych przez nałożenie na podłoże popioło-żużlowe 40-centymetrowych warstw nadkładowych uformowanych w 5 wariantach [Stankowski i in. 2003]: I – torf niski i popiół w proporcji objętościowej 1:3; II – kora, piasek luźny (naturalna gleba występująca w dolinie Odry, o składzie granulometrycznym piasku luźnego), kompost produkowany metodą GWDA, popiół w proporcji 1:1:2:4; III – piasek luźny, kompost produkowany metodą GWDA i przefermentowany osad ściekowy o składzie (w % suchej masy): 70% osadu, 15% słomy, 15% odpadów zieleni miejskiej, w proporcji 1:1:2; IV – piasek luźny, popiół, kompostu produkowanego metodą GWDA, przefermentowany komunalny osad ściekowy z odpadami zieleni miejskiej o składzie, w przeliczeniu na suchą masę: 70% osadu, 30% odpadów zieleni miejskiej, w proporcji 0,5:0,5:1:2; V – kora, piasek luźny, kompost produkowanego metodą GWDA, przefermentowany komunalny osad ściekowy o składzie w przeliczeniu na suchą masę: 70% osadu, 30% słomy w proporcji 1:1:2:4. Obiektem kontrolnym były poletka, na których nadkład utworzono wyłącznie z naturalnej gleby. Na tak przygotowanych nadkładach wysiano mieszankę rekultywacyjną traw o składzie gatunkowym: kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis*) – 41,2%, kostrzewa czerwona (*Festuca rubra*) – 19,2%, życica trwała (*Lolium perenne*) – 14,7%, życica wielokwiatowa (*Lolium multiflorum*) – 12,4%, kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata*) – 6,5%, koniczyna łąkowa (*Trifolium pratense*) – 6%.

W latach 2003 i 2008 badaniami objęto wszystkie warstwy nadkładowe (publikacja [1]). W obydwu latach badań aktywność analizowanych enzymów (dehydrogenaz, fosfataz, ureazy i proteaz) w wytworzonych glebach była kilkakrotnie większa niż w glebie kontrolnej. Jednakże po 5 latach od wprowadzenia odpadowych materiałów organicznych na składowisko popiołów aktywność enzymatyczna uformowanych gleb kształtowała się na istotnie niższym poziomie niż w początkowej fazie doświadczenia (2003 r.). Wiązało się to w głównej mierze z zaobserwowanymi w niniejszych badaniach znacznymi ubytkami materii organicznej. W obydwu latach badań największą aktywnością analizowanych enzymów cechowały się gleby poletek

wzbogaconych osadem ściekowym (obiekty III-V). Warto podkreślić, że po 5 latach od zastosowanego systemu rekultywacji omawianego składowiska popiołów w glebach poletek pochodzących z obiektów III-V stwierdzono istotnie mniejsze ubytki materii organicznej niż w glebach obiektów I-II. Uzyskane rezultaty wskazują na celowość wykorzystywania osadów ściekowych do rekultywacji składowisk popiołów z elektrowni. Potwierdzają to wyniki badań przeprowadzone na przedmiotowym składowisku w 2015 roku (publikacja [5]). Do badań tych wytypowano wierzchnią warstwę nadkładu zbudowaną z naturalnej gleby występującej w dolinie Odry, o składzie granulometrycznym piasku luźnego, kompostu produkowanego metodą GWDA i przefermentowanego osadu ściekowego o składzie (w % suchej masy): 70% osadu, 15% słomy, 15% odpadów zieleni miejskiej, w proporcji 1:1:2 oraz poletka kontrolne, na których nadkład utworzono wyłącznie z naturalnej gleby. Przeprowadzone badania wykazały, że aktywność badanych enzymów glebowych w uformowanej przed 12 laty warstwie żyznej kształtowała się na relatywnie wysokim poziomie, dorównującą aktywności enzymatycznej gleby pochodzącej z parku w Lublinie. Wiązało się to z faktem, iż wytypowany do badań nadkład, zawierający bogate w materię organiczną domieszki, cechował się nadal wyraźnie większą zawartością węgla organicznego i azotu ogółem w porównaniu z glebą kontrolną. Jak wspomniano wcześniej, poziom aktywności enzymów uzależniony jest głównie od zawartości dostępnej dla mikroorganizmów glebowych materii organicznej. Z ekologicznego punktu widzenia istotne jest, że wyższa niż w glebie kontrolnej aktywność enzymatyczna uformowanych na składowisku popiołów w Nowym Czarnowie gleb wystąpiła w okresie wielu lat (2003-2015), co świadczyłoby o utrwaleniu się tego stanu gleby oraz o efektywności zastosowanego systemu rekultywacji badanego składowiska, gwarantującego pomyślny rozwój procesów glebotwórczych oraz trwałość sztucznie uformowanego ekosystemu.

W rejonie oddziaływania Zakładów Azotowych „Puławy” S.A. badania prowadzono w obrębie doświadczalnych zalesień rekultywacyjnych (publikacje [4, 5]).

W latach 2009-2013 kompleksowymi badaniami objęto gleby strefy ryzosferowej i pozaryzosferowej drzew w uprawach sosnowych z brzozą i dębem, zlokalizowanych na terenie Nadleśnictwa Puławy (publikacja [4]). Uprawy założono w latach 1997-1998 na północny wschód od Zakładów Azotowych „Puławy” S.A., czyli na przedłużeniu dominującego kierunku wiatru w odległości: 9, 15 i 17 km w strefie średnich (II) zniszczeń lasu [Kopron 2007]. Powierzchnie kontrolne zlokalizowano

w niezniszczonych przez emisje azotowe około 60-letnich drzewostanach sosnowych. W 2015 roku (publikacja [5]) prace badawcze przy Zakładach Azotowych „Puławy” S.A. przeprowadzono na powierzchniach doświadczalnych zalesionych w 2002 roku 1-roczną sosną zwyczajną (*Pinus sylvestris* L.) - sadzonkami mikoryzowanymi oraz niemikoryzowanymi. Powierzchnie doświadczalne zostały zlokalizowane po stronie południowo-zachodniej od kombinatu. Obiektem kontrolnym była położona w pobliżu powierzchnia nie zalesiona. Przeprowadzone badania (publikacje [4] i [5]) miały na celu ocenę wpływu upraw regeneracyjnych na rewitalizację gleb zdegradowanych długoletnią emisją azotową.

Badania przeprowadzone w latach 2009-2013 (publikacja [4]) wykazały, że aktywność dehydrogenaz, fosfatazy kwaśnej i proteazy w badanych glebach wzrastała istotnie wraz z odległością od Zakładów Azotowych. Prawidłowości takiej nie stwierdzono w przypadku aktywności ureazy, która jest enzymem odpornym na działanie stresowych czynników zewnętrznych. Na wszystkich powierzchniach obserwacyjnych aktywność badanych enzymów (fosfatazy kwaśnej, dehydrogenaz, proteazy i ureazy) była kilkukrotnie większa w strefie korzeniowej niż w glebie pozaryzosferowej. Stwierdzona aktywizacja biologiczna gleb w strefie korzeniowej wskazuje, że ryzosfera tworzy system buforujący dla stresowych czynników środowiskowych, w tym docierających do gleb emisji przemysłowych. Obfitość łatwo dostępnej substancji energetycznej w strefie korzeniowej przyczynia się do dynamicznego rozwoju mikroorganizmów. Dopływ składników pokarmowych (wydzieliny korzeniowe, biomasa drobnoustrojów) nasila znacząco aktywność enzymów glebowych [Yang i in. 2007]. Wydzieliny korzeniowe wpływają zarówno na rozwój mikroorganizmów glebowych, jak i ich adaptację do degradacji zanieczyszczeń, co ma szczególne znaczenie na terenach poprzemysłowych [Bielińska i Kołodziej 2009]. Czynnikiem modyfikującym aktywność badanych enzymów był również gatunek drzewa. Największą aktywnością enzymatyczną cechowała się gleba w drzewostanach sosny, a najmniejszą w uprawach dębu szypułkowego. Oddziaływanie roślin wyższych na enzymy glebowe zależy od składu chemicznego rośliny, który w wypadku samych wydzielin korzeniowych może się różnić u poszczególnych rodzajów, gatunków, a nawet odmian [Januszek 1999]. Indywidualny wpływ określonych gatunków drzew na aktywność enzymatyczną gleby wiąże się z różnym składem gatunkowym bakterii zasiedlających ich korzenie [Bielińska i Kołodziej 2009]. Należy podkreślić, iż wykazana w okresie 5-letnich obserwacji (2009-2013) wyraźna

tendencja do wzrostu wraz z upływem lat badań aktywności analizowanych enzymów w glebach wskazuje, że wprowadzenie grupowych populacji sosny z brzozą na linii dominujących kierunków wiatrów daje możliwość poprawy biologicznego stanu gleb leśnych w rejonie oddziaływania Zakładów Azotowych „Puławy” S.A.

Przeprowadzone w 2015 roku badania (publikacja [5]) potwierdziły, że zalesienia rekultywacyjne mają szczególnie korzystny wpływ na stan ekologiczny zdegradowanego ekosystemu przy Zakładów Azotowych „Puławy” S.A. W glebach powierzchni zalesionych aktywność wszystkich analizowanych enzymów (dehydrogenaz, fosfataz, ureazy i proteaz) była istotnie większa niż w glebie powierzchni kontrolnej. Zanotowana kilkakrotnie większa aktywność dehydrogenaz w glebach powierzchni doświadczalnych niż w glebie kontrolnej świadczy o wystąpieniu w badanym ekosystemie dryfu siedliskowego pod wpływem zastosowanego zalesienia rekultywacyjnego. Wiązało się to z dopływem świeżej substancji organicznej do środowiska glebowego i wykazaniem w badaniach wzrostem zawartości C organicznego oraz N ogółem w glebach pod zalesieniami, co indukuje i stymuluje biosyntezę enzymów przez mikroorganizmy glebowe. Należy podkreślić, że świeża materia organiczna nie tylko aktywizuje działalność metaboliczną mikroorganizmów, ale także wpływa dodatnio na tempo rozkładu zanieczyszczeń [Junter i in. 2002]. Stymulujący wpływ zalesień na aktywność badanych enzymów zaznaczył się szczególnie wyraźnie w przypadku zastosowania sadzonek mikoryzowanych. Stwierdzony w niniejszych badaniach istotny wpływ mikoryzy na wzrost aktywności enzymów katalizujących najważniejsze procesy transformacji glebowej substancji organicznej ma szczególne znaczenie w warunkach długotrwałej emisji azotowej i bardzo kwaśnego odczynu gleb. Grzyby mikoryzowe zachowują bowiem w bardzo kwaśnym środowisku wyższą niż inne drobnoustroje glebowe aktywność metaboliczną [Węgorek i Bielińska 2015]. Warto podkreślić, że wykazany stymulujący wpływ mikoryzy na aktywność enzymatyczną badanych gleb oraz stabilność środowiska glebowego, ma z praktycznego punktu widzenia istotne znaczenie w aspekcie sterowania procesami biochemicznymi kształtującymi korzystne zmiany w skali ekosystemu.

Badaniami testowymi objęto również tereny pokolejowe, gdzie rekultywacja polegała wyłącznie na zadarnieniu terenu (publikacja [5]). Utrata tożsamości terenów pokolejowych pozbawia je wartości, stanowiąc problem ekologiczny i obciążenie dla samorządów lokalnych. Prace badawcze prowadzono w 2015 roku. Materiał glebowy

pobrano z poziomów próchnicznych zadarnionych powierzchni w obrębie terenów pokolejowych usytuowanych wzdłuż torów kolejowych w północnej części miasta Lublina (przy dawnym Dworcu Północnym) oraz w centrum miasta Radomia (wydzielona działka nr 3/62 położona przy ulicy Bieliny Prażmowskiego), a dla porównania - z terenu parków położonych na obrzeżach tych miast, o podobnych warunkach fizjograficznych, lecz nie poddanych bezpośredniemu oddziaływaniu presji antropogenicznych. Wszystkie wytypowane do badań powierzchnie charakteryzują się glebami typologicznie przeobrażonymi o składzie granulometrycznym piasku gliniastego. Przeprowadzone badania wykazały wysoką inaktywację analizowanych enzymów w glebach na terenach pokolejowych. Wyniki te wskazują na degradację biologiczną omawianych gleb, przejawiającą się zahamowaniem naturalnych procesów biochemicznych, wywołując szereg niepożądanych zmian. Przyczyną tego stanu jest silne zanieczyszczenie gleb na terenach przykolejowych [Uherek et al. 2010]. Uzyskane wyniki badań wskazują na konieczność przeprowadzenia efektywnej rekultywacji takich terenów.

2.4.2. Wpływ śmietników miejskich na zmiany ekochemicznego stanu gleb. Publikacja [3]

Celem niniejszych badań była ocena oddziaływania śmietników miejskich na właściwości chemiczne i aktywność enzymatyczną gleb. Oceny tej dokonano na podstawie wybranych wskaźników chemicznych i biochemicznych, które odzwierciedlają specyficzne procesy zachodzące w środowisku glebowym i opisują aktualny ekochemiczny stan gleb.

Badaniami objęto gleby w bezpośrednim sąsiedztwie pięciu osiedlowych śmietników miejskich zlokalizowanych na terenie miasta Łęczna (województwo lubelskie). W miejscach objętych badaniami przez ostatnie 10 - 25 lat znajdowały się kontenery przeznaczone do zbiórki zmieszanych odpadów komunalnych, a od 1 lipca 2013 roku pojemniki przeznaczone na tzw. „frakcję mokrą”. Skład morfologiczny odpadów składowanych w analizowanych śmietnikach był zróżnicowany, ale frakcją dominującą były odpady organiczne, głównie kuchenne, a także papier, tektura, tworzywa sztuczne, szkło, w tym: opakowania po detergentach, kosmetykach i lekach oraz metale, tekstylia, odpady sanitarne. Odniesieniem były próbki glebowe pobrane z terenu trawnika usytuowanego w odległości około 800 - 1200 m od wytypowanych śmietników. Gleby z terenów osiedlowych śmietników miejskich oraz powierzchni

kontrolnej są to gleby płowe typowe o składzie granulometryczny pyłu gliniastego oraz zawartości węgla organicznego $9,1 \text{ g kg}^{-1}$.

Przeprowadzone badania wykazały kilkakrotnie większą aktywność dehydrogenaz, fosfataz i ureazy oraz kilkakrotnie większą zawartość azotu amonowego i przyswajalnych form fosforu w glebach wokół wszystkich testowanych śmietników niż w glebie z trawnika. Wykazano również tendencję do nagromadzania metali ciężkich w glebach otaczających wytypowane śmietniki. Obserwowane nasilenie aktywności enzymatycznej gleb w sąsiedztwie osiedlowych śmietników wiązało się z bogactwem związków organicznych zawartych w odpadach, co uruchamiając dodatkowe źródła energii pobudza rozwój mikroorganizmów i stymuluje biosyntezę enzymów [Fierer i in. 2003; Niedźwiecki i in. 2004]. Zastosowane testy enzymatyczne pozwalają na wiarygodną ocenę jakości gleb w sąsiedztwie śmietników miejskich.

2.4.3. Enzymy glebowe jako bioindykatory jakości gleby w krajobrazach rolniczych. Publikacje [2, 6, 7, 8]

Jakość krajobrazów rolniczych, determinowana wzajemnym oddziaływaniem wielu czynników o charakterze przyrodniczym, społecznym, ekonomicznym i technicznym, ma dominujące znaczenie w kształtowaniu zdrowego środowiska życia człowieka, zachowaniu wartości przyrodniczych i równowagi ekologicznej oraz ochronie walorów wizualnych krajobrazu [Fischer i Magomedow 2004; Bielińska i in. 2014a]. Narastająca antropopresja powoduje biologiczne ubożenie i osłabienie stabilności ekotopów w krajobrazach rolniczych. Generuje to konieczność stałego monitoringu gleb uprawnych, a także rozwój zrównoważonych systemów gospodarowania na terenach rolniczych, pozwalających na ograniczenie niekorzystnych zmian warunków glebowych. Istotne znaczenie mają badania w zakresie poszukiwania metod i sposobów ograniczających negatywny wpływ pestycydów na środowisko glebowe, m.in. poprzez zastosowanie biowęgla. Biowęgiel jest otrzymywany w procesie pirolizy biomasy roślinnej oraz odpadów organicznych i polecany do stosowania w celu poprawy właściwości gleb uprawnych oraz ograniczania biodostępności pestycydów [Malińska 2012]. W światowym rolnictwie do zrównoważonych sposobów gospodarowania należy system *agroforestry*, polegający na wprowadzaniu sieci zadrzewień na tereny użytkowane rolniczo [Malezieux 2012]. Krajobraz rolniczy jest nie tylko tworem bardzo dynamicznym, ale także holistycznym, czyli takim, w którym występuje wzajemna współzależność elementów na różnym poziomie oddziaływań.

Zasadne jest zatem zastosowanie metod badawczych pozwalających na określenie subtelných przemian parametrów środowiska glebowego w tych krajobrazach, związanych z biologicznymi właściwościami gleb, takich m.in. jak: aktywność enzymatyczna i skład frakcyjny próchnicy [Piotrowska i Mazurek 2007, 2009].

Celem badań była ocena jakości gleb użytkowanych rolniczo na terenach zagrożonych, w tym: gruntów rolnych położonych wzdłuż dróg o nasilonej komunikacji samochodowej, gleby niszczonej corocznym, wiosennym wypalaniem traw oraz gleby lessowej sąsiadującej z zadrzewieniami z robinii akacyjowej (*Robinia pseudoacacia* L.) na terenie silnie zagrożonym erozją wodną, a także ocena wpływu biowęgla na ograniczenie biodostępności herbicydów zawierających 2,4-D (kwas 2,4-dichlorofenoksyoctowy) i dikambę (kwas 3,6-dichloro-2-metoksybenzyny). Oceny tej dokonano na podstawie określenia aktywności szeregu enzymów glebowych, a w przypadku gleby zerodowanej także na podstawie analizy składu frakcyjnego próchnicy.

Prace badawcze w zakresie oceny wpływu zadrzewień na jakość gleby zerodowanej (publikacja [6]) przeprowadzono w trzech monokulturowych odcinkach liniowych zadrzewień śródpolnych, złożonych z 20-letnich nasadzeń robinii akacyjowej (*Robinia pseudacacia* L.). Zadrzewienia założono na gruntach ornych zlokalizowanych na terenie lessowej mikrozlewni rolniczej. Jest to obszar silnie zagrożony degradacją gleb przez erozję wodną. Wykazano, że zadrzewienia wpływały znacząco na proces sekwestracji węgla organicznego w badanej glebie, jak również zaawansowanie procesu humifikacji. Gleby w obrębie zadrzewień cechowały się wyższą zawartością węgla substancji humusowych oraz kwasów fulwowych, a także większymi wartościami stosunku C kwasów huminowych do C kwasów fulwowych niż gleba orna. Zawartość węgla substancji humusowych i kwasów fulwowych malała wraz z odległością od zadrzewień. Wzrost zawartości węgla organicznego w glebie w obrębie zadrzewień był stymulatorem korzystnych zmian aktywności badanych enzymów (dehydrogenaz, fosfataz, ureazy i proteaz) katalizujących najważniejsze procesy przemiany glebowej substancji organicznej. W obrębie zadrzewień aktywność analizowanych enzymów była istotnie wyższa niż w glebie pola uprawnego i malała istotnie wraz z odległością od pasa zadrzewienia. Potwierdza to pozytywny wpływ systemu agroforestry na stan biologiczny gleby i zaawansowanie procesu humifikacji.

Badania dotyczące wpływu niekontrolowanego wypalania traw na stan biologiczny gleby (publikacja [7]) dają możliwość określenia tempa regeneracji gleb

zniszczonych przez pożar. Celem niniejszej pracy była ocena wpływu niekontrolowanego, wiosennego wypalania traw na aktywność enzymatyczną gleby użytkowanego ekosystemu łąkowego. Obiektem badań była gleba w obrębie ekosystemu łąkowego zlokalizowanego w miejscowości Turowola Kolonia k/Łęcznej (województwo lubelskie). Na łące tej corocznie praktykowane jest niekontrolowane, wiosenne wypalanie traw. Analizowana gleba to gleba płowa typowa o składzie granulometryczny pyłu gliniastego. Materiał glebowy do badań pobrano w maju, lipcu i październiku 2015 roku, z gleby objętej pożarem, ekotonu (obszaru granicznego) oraz z miejsca poza pożarem. Niekontrolowane, wiosenne wypalanie traw miało negatywny wpływ na stan biologiczny badanej gleby, wyrażający się obniżeniem aktywności enzymów katalizujących najważniejsze procesy przemiany substancji organicznej. Badania przeprowadzone 6 miesięcy po wypaleniu traw, wykazały, że zarówno w ekotonie, jak i glebie na powierzchni zniszczonej przez pożar aktywność badanych enzymów dorównywała ich aktywności oznaczonej w glebie kontrolnej. Świadczy to, że gleba na powierzchni spalonej po upływie co najmniej pół roku uzyskuje stan względnej dynamicznej równowagi biologicznej, niezbędnej dla prawidłowego funkcjonowania ekosystemu łąkowego.

Badania oceniające zasięg negatywnego oddziaływania nasilonej komunikacji samochodowej na jakość gleb uprawnych przeprowadzono wzdłuż głównych tras komunikacyjnych Lublina (publikacja [8]). Badaniami objęto 16 powierzchni położonych przy drogach o zbliżonym natężeniu ruchu pojazdów samochodowych. Próbkę glebową pobrano z pól uprawnych z warstwy ornej 0-20 cm, z odległości 10, 30, 50 i 100 m od krawędzi jezdni. W pobranym materiale oznaczono aktywność 4 enzymów: dehydrogenaz, fosfatazy kwaśnej, fosfatazy zasadowej i ureazy oraz całkowitą zawartość metali ciężkich (Zn, Pb, Cu, Cd) i sumaryczną zawartość 16 WWA. W glebach badanych powierzchni aktywność dehydrogenaz, fosfatazy kwaśnej i fosfatazy zasadowej wzrastała stopniowo wraz ze wzrostem odległości od krawędzi drogi. Maksymalną aktywność tych enzymów stwierdzono w odległości 50-100 m lub 100 m od drogi. Wyniki te wskazują, że niekorzystne zmiany stanu biologicznego gleb uprawnych na terenach otwartych przyległych do tras komunikacyjnych sięgają co najmniej na odległość do 50 m.

Badania mające na celu określenie wpływu biowęgla w warunkach zastosowania 2,4-D (kwas 2,4-dichlorofenoksyoctowy) i dicamby (kwas 3,6-dichloro-2-metoksybenzynyowy) w formie użytkowanych pestycydów na zmiany aktywności

enzymatycznej i mikrobiologicznej gleby biellicowej niecałkowitej przeprowadzono w oparciu o 2-letnie doświadczenie polowe (publikacja [2]). Prace badawcze przeprowadzono w latach 2011-2012 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Bezku. Schemat doświadczenia obejmował 3 bloki, w których wyodrębniono losowo 3 obiekty, każdy o powierzchni 5 m². W kwietniu 2011 roku do wierzchniej warstwy gleby (0-20 cm) badanych obiektów wprowadzono biowęgiel w dawkach: 0 (kontrolny) oraz 30 i 45 Mg ha⁻¹. W poszczególnych blokach zastosowano następujące herbicydy: (1) - bez pestycydów, (2) środek chwastobójczy Mustang 306 SE (główny herbicyd: 2,4-D), w dawce 0,4 l ha⁻¹ i (3) Lintur 70 WG (główny herbicyd: dicamba) w dawce 150 g ha⁻¹. Środki chwastobójcze były stosowane na glebę na początku każdego sezonu wegetacyjnego. W pierwszym roku doświadczenia uprawiano jęczmień jary (*Hordeum sativum* L.), a w drugim – owies (*Avena sativa* L.). Uzyskane wyniki badań wykazały, że zastosowanie biowęgla miało działanie ochronne, gdyż ograniczyło negatywny wpływ testowanych pestycydów na aktywność badanych enzymów glebowych (dehydrogenaz, fosfatazy kwaśnej, fosfatazy alkalicznej, ureazy, proteaz) i wybrane grupy mikroorganizmów testu MARA. Wprowadzenie biowęgla do gleby (w dawkach 30 i 45 t ha⁻¹) stymulowało jej aktywność enzymatyczną.

Podsumowując przedstawione w niniejszym opracowaniu rezultaty badań, można stwierdzić, że zaproponowane komunikatywne wskaźniki enzymatyczne, odzwierciedlające metabolizm ekosystemu glebowego, pozwalają w praktyce na szybką ocenę jakości i zdrowotności gleb, a także umożliwiają kwantyfikację ekologicznych efektów realizacji zastosowanego systemu rekultywacji, bądź programu ochrony ekosystemów w krajobrazach przemysłowych i rolniczych. Wykazana w niniejszych badaniach ścisła wzajemna współzależność pomiędzy wskaźnikami aktywności biologicznej i właściwościami chemicznymi gleb ukształtowanymi na tle zróżnicowanej, w zależności od objętego badaniami terenu (np. odległości od Zakładów Azotowych „Puławy” S.A.) presji antropogenicznej i odmiennej szaty roślinnej wskazuje, że wybrane parametry biochemiczne charakteryzują zjawiska kompleksowe o różnym stopniu złożoności.

2.5. Wnioski

1. Testy enzymatyczne pozwalają na diagnozę stanu środowiska glebowego, w tym ocenę odporności gleb na antropopresję oraz prognozę skutków zmian w środowisku glebowym, które zajdą pod wpływem istniejącego użytkowania i zagospodarowania oraz możliwej intensywności przekształceń środowiska glebowego.
2. Wskaźniki enzymatyczne umożliwiają kwantyfikację przemian antropogenicznych oraz ekologicznych efektów realizacji zabiegów ochronnych związanych z zarządzaniem antropopresją w kierunku zrównoważonego rozwoju.
3. Aktywność enzymów w glebach odzwierciedla antropogeniczne zmiany w środowisku wywołane przez czynniki stresogenne i jest precyzyjną miarą jakości i zdrowotności gleb, uwzględniającą zarówno pojemność homeostatyczną danego ekosystemu ekologicznego, jak i poziom zanieczyszczenia środowiska, który zagraża organizmom żywym.
4. Zmiany aktywności enzymów odzwierciedlają zakłócenia w obiegu materii i przepływie energii wywołane antropopresją, dostarczają informacji o stanie środowiska, a także o naturze jego zmian, pozwalają na monitoring długookresowy oraz identyfikację trendów.
5. Wykazany w niniejszych badaniach szeroki zakres aktywności enzymów dowodzi, że wybrane testy enzymatyczne mogą być dobrym wskaźnikiem antropogenicznych przeobrażeń gleb w różnych krajobrazach (przemysłowych, rolniczych, miejskich), jak i efektywności zastosowanego systemu rekultywacji i ochrony środowiska.
6. Przeprowadzone badania wskazują na celowość wykorzystywania osadów ściekowych do aktywizacji biologicznej gleb na terenach przemysłowych oraz biowęgla jako czynnika ograniczającego negatywny wpływ pestycydów na środowisko.
7. Obserwowana reakcja badanych enzymów wyrażona wysokim spadkiem ich aktywności na terenach pokolejowych wskazuje na przydatność badań aktywności enzymatycznej jako czułego wskaźnika reakcji gleby na czynniki stresowe.

8. Zastosowane testy enzymatyczne pozwalają na wiarygodną ocenę jakości gleb w sąsiedztwie śmietników miejskich, a także na określenie tempa regeneracji gleb zniszczonych przez niekontrolowane wypalanie traw.
9. Wykazany korzystny wpływ zadrzewień z robinii akacjowej na aktywność enzymatyczną i zaawansowanie procesu humifikacji badanej gleby zerodowanej wskazuje na zasadność rozwijania sieci zadrzewień na terenach rolniczych zagrożonych erozją.
10. Pomiary aktywności dehydrogenaz i fosfataz dają możliwość określenia wpływu ruchu samochodowego na jakość i zdrowotność gleb w sąsiedztwie drogowych szlaków komunikacyjnych.

2.6. Bibliografia

1. Bastida F., Zsolnay A., Hernandez T., Garcia C. 2008. Past, present and future of soil quality indices: a biological perspective. *Geoderma* 147(3-4), 159-171.
2. Bender J., Gilewska M. 2000. Rekultywacja w konfrontacji z aktami prawnymi, badaniami naukowymi i praktyką gospodarczą, *Rocz. AR Poznań*, 317, Roln., 56, 343-356.
3. Bielińska E.J. 2012. The relationship between the activity of dehydrogenases and the content of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban soils. Monograph, Editors: Jianming Xu, Jianjun Wu, Yan He: "Functions of Natural Organic Matter in Changing Environment", Zhejiang University Press, Springer, 341-343.
4. Bielińska E.J., Futa B., Baran S., Pawłowski L. 2014a. Eco-energy Anthropopressure in the Agricultural Landscape. *Problems of Sustainable Development*, vol. 9, no 2, 99-111.
5. Bielińska E.J., Futa B., Mocek-Płóciniak A. 2014. Enzymy glebowe jako bioindykatory jakości i zdrowotności gleby. Monografia Naukowa. Towarzystwo Wydawnictw Naukowych "LIBROPOLIS", Lublin 2014.
6. Bielińska E.J., Kołodziej B. 2009. The effect of common dandelion (*Terraxacum officinale* Web.) rhizosphere on heavy metal content and enzymatic activity on soils. *Acta Horticulturae* 826, 345-350.
7. Bielińska E.J., Mocek-Płóciniak A. 2009. Fosfatazy w środowisku glebowym. Monografia, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań 2009.
8. de la Paz Jimenez M., de la Horra A.M., Pruzzo L., Palma R.M. 2002. Soil quality: A new index based on microbiological and biochemical parameters. *Biol. Fertil. Soils*, 35, 302-306.
9. Domżał H., Bielińska E.J. (red.), 2007. Ocena przeobrażeń środowiska glebowego i stabilności ekosystemów leśnych w obszarze oddziaływania Zakładów Azotowych „Puławy” S.A. *Acta Agrophysica* 145, Rozprawy i Monografie 2007 (2), 79-90.
10. Drzymala S.: Zasady pobierania i przygotowania próbek glebowych do badań mikrobiologicznych. W: *Ekologiczne aspekty mikrobiologii gleby*. Wyd. Kat. Mikrobiologii Rolnej AR w Poznaniu Ekologiczne aspekty mikrobiologii gleby, Poznań, 65-71, 1998.
11. Fierer N., Schimel J.P., Holden P., 2003. Variations in microbial community composition through two soil depth profiles. *Soil Biol. Biochem.* 35, 167-176.

12. Filipek T., Gonet S., Kucharski J., Mocek A. 2001: Ważniejsze jednostki miar i symbole stosowane w naukach o glebie. Polska Akademia Nauk, Wydział Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych. Komitet Gleboznawstwa i Chemii Rolnej PAN, Warszawa.
13. Filipek T., Gonet S., Kucharski J., Mocek A., 2009. Jednostki miar i symbole stosowane w dziedzinie nauk rolniczych, Rocz. Gleb., t. LX, nr 4, 1 - 10.
14. Fischer Z., Magomedow M. 2004. Ekologia - krajobraz - energia. W: Towarzystwo Naukowe Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego.
15. Junter G.A., Cquet L., Vilain S., Jouenne T. 2002. Immobilized-cell physiology, current data and potentialities of proteomics. *Enzyme Microb. Technol.* 31, 201-212.
16. Karlen D.L., Ditzler C.A., Andrews S.S. 2003. Soil quality why and how? *Geoderma* 114, 145-156.
17. Kopron H. 2007. Rewitalizacja terenów poleśnych w otoczeniu Zakładów Azotowych w Puławach. Towarzystwo Przyjaciół Puław.
18. Ladd N., Butler J.H.A. 1972. Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. *Soil Biology Biochemistry* 4, 19-30.
19. Malczyk T. 2012. Antropopresja ekoenergetyczna w krajobrazie na przykładzie Parku Wiatrowego „Lipniki”. *Architektura Krajobrazu, Studia i Prezentacje*, 3 (36), 37-43.
20. Malezieux E. 2012. Designing cropping systems from nature. *Agron. Sust. Dev.* 32, 15-29.
21. Malińska K. 2012. Biowęgiel odpowiedzią na aktualne problemy ochrony środowiska, *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 15(4), 387-403.
22. Niedźwiecki E., Nowak A., Nowak J., Kłódka D., Meller E., Smolik B., 2004. Oddziaływanie niekontrolowanych wysypisk odpadów na właściwości chemiczne oraz aktywność mikrobiologiczną gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 501, 325-334.
23. Piotrowska A., Mazurek R. 2007. Enzyme activities of carbon and nitrogen transformation in typical brown soil of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) influence area. *Humic Substances in the Ecosystems* 7, 111-115.
24. Piotrowska A., Mazurek R. 2009. Assessment of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) shelterbelt influence on enzymatic activity and some chemical parameters of Eutric Cambisol. *Polish J. Soil Sci.* 42(1), 31-41.
25. Russel S., Wyczółkowski A.I., Bieganski A. (red.) 2006. Selected methodological aspects of soil enzyme activity tests. Institute of Agrophysics PAS, Lublin 2006.
26. Ryszkowski L. 2007. Ekologiczne zasady kształtowania i ochrony krajobrazu rolniczego. W: Małopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego: Ochrona Środowiska Rolniczego w świetle programów rolno-środowiskowych Unii Europejskiej, 7-11.
27. Schloter M, Dilly O, Munch J C, 2003. Indicators for evaluating soil quality. *Agricultural Ecosystems and Environment*, 98, 255-262.
28. Stankowski S., Krzywy E., Czyż H., Nowak A., Maciorowski R., Tomaszewicz T., Chudecka J., Zieliński J., Kitzak T. 2003. Badania modelowe nad wykorzystaniem popiołów i odpadów organicznych do rekultywacji terenów zdegradowanych. W: Popioły z energetyki. Materiały opublikowane w ramach X jubileuszowej międzynarodowej konferencji, 14–17.10.2003, Warszawa, 315-330.
29. Tabatabai M.A., Bremner J.M. 1969. Use of p-nitrophenol phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1, 301-307.
30. Thalmann A. 1968. Zur Methodik derestimmung der Dehydrogenase aktivität in Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirtsch Forschem* 21, 249-258.
31. Uhrek E., Halenka T., Borken-Kleefeld J., Balkanski Y., Berntsen T., Borrego C., Gauss M., Hoor P., Juda-Rezler K., Lelieveld J., Melas D., Rypdal K., Schmid S. 2010. Transport

- impacts on atmosphere and climate: land transport. *Atmospheric Environment*. 44, 4772 – 4816.
32. Wätzold F. 2006. Implementing management plants in Natura 2000 sites: what about cost-effectiveness? R-4 ALTER-Net meeting, Alterra, Wageningen, pp. 16.
33. Węgorek T., Bielińska E.J. (red.) 2015. Wzrost i rozwój młodników sosnowych (*Pinus sylvestris* L.) na gruntach zdegradowanych przy Zakładach Azotowych "Puławy" S.A. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, pp. 160.
34. Yang R., Tang J., Chen X., Hu S. 2007. Effects of coexisting plant species on soil microbes and soil enzymes in metal lead contaminated soils. *Appl. Soil Ecol.* , 37, 240-246.
35. Zantua M.I. Bremner J.M. 1975. Comparison of methods of assaying urease activity in soils, *Soil Biol. Biochem.* 7, 291-295.

3. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Moje zainteresowania naukowe i prace badawcze prowadzone w Instytucie Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska koncentrowały się między innymi wokół następujących zagadnień:

3.1. Funkcjonowanie gleb leśnych na terenach zagrożonych

Gleba odgrywa podstawową rolę w kształtowaniu warunków dla stabilnego funkcjonowania ekosystemów leśnych. Zanieczyszczenia przemysłowe i pożary całkowite są główną przyczyną degradacji gleb leśnych. Jednym z możliwych sposobów dążenia do zmniejszenia nasilenia lub likwidacji procesu degradacji gleb jest określenie ich stanu biologicznego na podstawie sprawdzonych, komunikatywnych wskaźników enzymatycznych. Zastosowanie testów enzymatycznych w monitoringu gleb, prowadzonym na stałych powierzchniach obserwacyjnych, ułatwia poznanie czynników kształtujących dynamikę i kierunki zmian w ekosystemach leśnych. Celem podjętych przez mnie badań była ocena jakości i zdrowotności gleb leśnych na terenach zdegradowanych oraz ocena przeobrażeń tych gleb pod wpływem sposobu ich rewitalizacji/rekultywacji. Zaproponowano nowe zasady kompleksowej interpretacji danych glebowych opisujące aktualny ekochemiczny stan (podstawowe właściwości chemiczne) oraz wskaźniki charakteryzujące długookresowe procesy zmian w środowisku glebowym badanych ekosystemów (testy enzymatyczne i liczebność mikroorganizmów).

Badania zlokalizowano na terenie Nadleśnictwa Puławy, w zniszczonym przez ponad 30-letnią emisję azotową ekosystemie leśnym (II.D.1.2; II.D.1.6; II.D.1.11; II.D.3.3; II.D.3.4; II.D.3.10; III.B.2; III.B.4; III.B.5; III.B.12; III.B.14; III.B.16) oraz na

pożarzysku położonym w środkowo-północnej części Puszczy Noteckiej, na terenie Nadleśnictwa Potrzebowice (II.A.6; II.D.1.4; II.D.2.4).

Wyniki badań gleb poleśnych i leśnych w strefie oddziaływania Zakładów Azotowych wykazały, że aktywność enzymatyczna tych gleb kształtowała się na niższym poziomie niż gleb piaszczystych w naturalnych ekosystemach leśnych. Obserwowane jednocześnie korzystne zmiany parametrów opisujących stan ekochemiczny gleb leśnych na terenie Nadleśnictwa Puławy zaznaczające się wraz ze wzrostem odległości od Zakładów Azotowych są wskaźnikiem zachowanej przez te gleby zdolności samoregulacyjnej. W okresie prowadzonych badań stwierdzono również wyraźną tendencję do wzrostu aktywności enzymatycznej i wzbogacenia gleb w Corg. i N ogółem z upływem lat, co wskazuje na homeostatyczne zmiany stanu środowiska glebowego (II.D.1.2; II.D.1.6; III.B.2; III.B.4; III.B.12; III.B.14). Przeprowadzono także badania mające na celu ocenę różnych technik ulepszenia gleby oraz rekultywacji leśnej w strefie bezleśnej w bezpośrednim sąsiedztwie Zakładów Azotowych oraz gleb leśnych w odległości od około 0,5 do około 3,0 km od źródła emisji (II.D.1.2; II.D.3; II.D.4; II.D.10; III.B.5; III.B.16). Uzyskane wyniki wykazały jednoznacznie stymulujący wpływ zastosowanych zabiegów na aktywność enzymatyczną badanych gleb.

W rezultacie wielkoobszarowego pożaru lasu, nazwanego „Memento Potrzebowice 10.VIII.1992 r.”, jednego z największych pożarów w Polsce, całkowitemu spaleni uległo 574 ha około 60-letniego drzewostanu sosnowego, a gleba została pozbawiona wierzchniej warstwy humusowej. Badania zlokalizowano na wybranych powierzchniach stanowiących fragment doświadczenia, założonego w 1994 roku przez Katedrę Hodowli Lasu Akademii Rolniczej w Poznaniu. Obiektem badań były gleby w obrębie powierzchni sukcesji naturalnej oraz powierzchni, na których zastosowano trzy skrajnie odmienne sposoby przygotowania gleby (jamki wykopane łopata; pełna płytki orka pługiem talerzowym; wyoranie bruzd pługiem dwuodkładnicowym). Powierzchnię kontrolną założono poza zasięgiem pożaru (II.A.6; II.D.1.4; II.D.2.4). Badania przeprowadzone po 10 latach od zastosowanych zabiegów rekultywacji pożarzyska (12 lat po pożarze) wykazały, że aktywność enzymatyczna gleb na powierzchniach po pożarze była istotnie niższa niż na powierzchni kontrolnej (II.D.1.4). Wykazano również, że po 18 latach od zastosowanych sposobów odnowienia pożarzyska nie nastąpiło jeszcze pełne odtworzenie mikrobiocenozy w glebach zniszczonych przez pożar. Ogólna liczebność heterotroficznych bakterii właściwych,

promieniowców i grzybów pleśniowych w glebach na pożarzysku kształtowała się na niższym poziomie niż w glebie kontrolnej, aczkolwiek tempo regeneracji mikrobiocenozy było większe w przypadku odnowienia sztucznego niż sukcesji naturalnej (II.A.6). Dokonano także analizy wyników wieloletnich ciągłych badań (1995-2012) na powierzchniach obserwacyjnych, z odpowiednią czasową i przestrzenną intensywnością pomiarów, która pozwoliła poznać i sprecyzować zarówno czasowe trendy przeobrażeń środowiska glebowego, jak i wystąpienie w ekosystemie popożarowym korzystnego dryfu siedliskowego. Przeprowadzona analiza wykazała, że dopiero po 16-18 latach od zastosowanych zabiegów rekultywacji pożarzyska zaznaczył się w ekosystemie popożarowym dryf siedliskowy wskazujący na korzystne zmiany ekochemicznego stanu gleb leśnych zniszczonych przez pożar (II.D.2.4).

Podjęto także badania w zakresie oceny potencjalnego zagrożenia degradacją biologiczną gleb leśnych, generowanego przez wypał drewna w retortach w procesie produkcji węgla drzewnego (II.A.1). Podczas produkcji węgla drzewnego, w wyniku termicznego rozkładu substancji organicznej z biomasy, powstają znaczne ilości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), co może prowadzić do nagromadzenia się w glebach leśnych tych niebezpiecznych zanieczyszczeń. Prace badawcze prowadzono na terenie Międzynarodowego Rezerwatu Biosfery „Karpaty Wschodnie”. Przeprowadzone badania wykazały, że gleby w sąsiedztwie retortów cechowały się wysokim poziomem zanieczyszczenia WWA, porównywalnym do wyników uzyskiwanych na obszarach podlegających silnej antropopresji. Pomimo tego, że nie wykazano negatywnego wpływu tych ksenobiotyków na stan biologiczny gleb, kumulacja WWA w glebach badanych ekosystemów stanowi realne ekotoksykologiczne zagrożenie.

3.2. Ocena oddziaływania niekontrolowanych wysypisk odpadów na właściwości chemiczne i biochemiczne gleb

Niekontrolowane wysypiska odpadów, najczęściej występujące na obrzeżach miast i lasów, stanowią istotne zagrożenie dla funkcjonowania ekosystemów oraz zdrowia człowieka. Powierzchniowa warstwa gleby jest szczególnie narażona na oddziaływanie substancji toksycznych zawartych w odpadach. Badaniami objęto wytypowane niekontrolowane wysypiska odpadów zlokalizowane w sąsiedztwie pól uprawnych na peryferiach miasta Lublina w obrębie dzielnicy Felin (II.D.1.6; III.B.10)

i w miejscowości Wola Sławińska (III.B.24) oraz na obrzeżach lasów Nadleśnictwa Świdnik (II.D.1.9; III.B.13; III.B.15).

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono istotne zmiany aktywności enzymatycznej gleb spod niekontrolowanych wysypisk odpadów, wskazujące na naruszenie równowagi biologicznej w środowisku glebowym. Wykazano także, że strefa negatywnego oddziaływania niekontrolowanych wysypisk odpadów na właściwości chemiczne i biochemiczne gleb sięga co najmniej na odległość do 100-150 m.

Obecnie badania nad wpływem „dzikich” wysypisk śmieci na środowisko glebowe w ekosystemach rolniczych i leśnych są kontynuowane we współpracy z pracownikami Uniwersytetu Leśnego we Lwowie.

3.3. Przeobrażenie gleb na terenach zurbanizowanych

Jakość gleb na terenach zurbanizowanych ma istotne znaczenie z punktu widzenia funkcji retencyjnych krajobrazu, różnorodności biologicznej i przede wszystkim zdrowia mieszkańców miast. Przeprowadzona szeroka analiza współczesnych koncepcji równoważenia miasta i jego otoczenia wykazała m.in. konieczność ochrony gleb w strefach podmiejskich, poddawanych obecnie nasilonej presji inwestycyjnej (II.A.2; III.B.21; III.B.28). W warunkach stale wzrastającej presji antropogenicznej na terenach zurbanizowanych, szczególne znaczenie ma stały monitoring gleb w obrębie ogrodów działkowych oraz parków miejskich. Celem podjętych badań była ocena aktywności enzymatycznej gleb miejskich w obrębie wybranych ogródków działkowych (II.D.1.5; II.D.1.9) oraz ogrodów parkowych zlokalizowanych na terenach zurbanizowanych o zróżnicowanym wpływie antropopresji (II.D.1.13; III.B.19; III.B.22). Obiektami badań były poziomy próchniczne gleb ponad 30-letnich ogrodów działkowych i parkowych zlokalizowanych w strefie śródmiejskiej, na terenach będących pod silną presją skażenia antropogenicznego oraz na obszarach peryferyjnych miast, o podobnych warunkach fizjograficznych i glebowych, lecz nie poddanych tak silnemu oddziaływaniu czynnika antropogenicznego. Zbadano także zawartość metali ciężkich w glebach ogrodów parkowych usytuowanych w częściach historycznych wybranych miast w Polsce oraz ich właściwości sorpcyjne (Kraków, Lublin, Łódź, Szczecin, Zamość), (II.D.3.5).

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że poziom aktywności enzymatycznej gleb badanych ogrodów działkowych i parkowych wahał się

w szerokich granicach, jednak wyraźnie zależał od ich lokalizacji. Wykazano, iż niższa aktywność enzymów w glebach położonych w centrum miasta, w porównaniu z obszarami peryferyjnymi, jest jedną z charakterystycznych właściwości gleb terenów zurbanizowanych. Wyniki te wskazują na odmienne warunki ekologiczne w strefach śródmiejskich i na peryferiach miast (II.D.1.5; II.D.1.9; II.D.1.13; III.B.19; III.B.22). Intensywność presji antropogenicznej była czynnikiem wpływającym istotnie zarówno na aktywność enzymatyczną, jak i zawartość WWA oraz metali ciężkich w badanych glebach miejskich (II.D.1.13; III.B.22). Natomiast oznaczone wysokie wartości parametrów określających właściwości sorpcyjne gleb badanych ogrodów parkowych wiązały się z depozycją domieszek (o wysokiej zdolności sorpcji), takich jak: odpady komunalne oraz pozostałości materiałów budowlanych i remontowych, dostających się do gleb w trakcie historycznych przeobrażeń urbanistycznych (II.D.3.5).

3.4. Wpływ proekologicznych systemów produkcji rolniczej na jakość gleb

Rolnictwo jest jednym z największych źródeł obciążeń i zakłóceń środowiska glebowego. W wyniku rolniczego, w tym sadowniczego użytkowania następują przekształcenia pokrywy gleb, powodujące różnorodne ich deformacje. Reforma kształtu Wspólnej Polityki Rolnej w 2003 roku spowodowała duże zainteresowanie opracowaniem takich systemów prowadzenia produkcji rolniczej i sadowniczej, które umożliwią ograniczenie niekorzystnych zmian warunków glebowych. W obrębie powyższych zagadnień podjęto badania, których celem była analiza dynamiki sezonowych zmian aktywności enzymatycznej gleby płowej typowej i zasobów składników pokarmowych w warunkach stosowania zróżnicowanych systemów zwalczania chwastów w sadzie jabłoniowym (II.D.1.1; III.B.11). Przeprowadzone badania wykazały, że spośród testowanych metod odchwaszczania sadu, ściółkowanie gleby w rzędach drzew słomą pszenną miało najkorzystniejszy wpływ na kształtowanie się jej właściwości biochemicznych i chemicznych. Wyniki te mają istotne znaczenie w aspekcie wdrażania proekologicznych metod pielęgnacji gleby w uprawach sadowniczych.

Podjęto również badania w zakresie oceny wpływu biopreparatów, tzw. użyźniaczy glebowych na stan biologiczny gleb. Badania przeprowadzone w latach 2012-2013, w ramach projektu badawczego nr N N305298940, obejmowały ocenę wpływu czterech preparatów użyźniających: EM, PRP Sol, Rosahumus i UG max na zmiany aktywności enzymatycznej gleb dwóch kategorii agronomicznych (II.D.1.12;

II.D.2.2; III.B.18). W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowane preparaty użyźniające wpłynęły pozytywnie na badane parametry biochemiczne analizowanych gleb. Spośród testowanych preparatów najkorzystniej na aktywność enzymatyczną gleb oddziaływał Rosahumus (II.D.2.2). Uzyskane wyniki mają istotne znaczenie w świetle wielu sprzecznych opinii na temat skuteczności stosowania preparatów użyźniających w praktyce rolniczej.

Przeprowadzona szeroka analiza w zakresie oceny zagrożeń środowiskowych generowanych energetycznym wykorzystaniem rolniczej przestrzeni produkcyjnej wykazała m.in., że produkcja rolnicza na cele energetyczne powinna być optymalizowana pod względem maksymalizacji efektywności energetycznej, a nie cech jakościowych dominujących w konwencjonalnym wytwarzaniu żywności i pasz. Decyzje produkcyjne dotyczące energetycznych upraw rolniczych podejmowane są z wykorzystaniem rezultatów niepełnych analiz energetycznych i ekologicznych, często pod wpływem zmiennych uregulowań ekonomicznych (system dotacji). Wykazano także, iż zastosowanie wskaźników enzymatycznych pozwala na ocenę przemian antropogenicznych związanych z wytwarzaniem energii odnawialnej na terenach użytkowanych rolniczo (II.A.4).

3.5. Ekotoksyczność nanocząstek metali

Zwiększający się obszar zastosowań nanocząstek w życiu codziennym skutkuje wzmożoną obecnością nanomateriałów we wszystkich komponentach środowiska. W bardzo krótkim czasie po wprowadzeniu nanomateriałów do użytku pojawiły się pytania dotyczące bezpieczeństwa korzystania z nich. Rozwój nanotechnologii stanowi ryzyko środowiskowe, którego do tej pory kompleksowo nie oceniono. Celem podjętych badań było określenie wpływu nanocząstek (ZnO, CuO, Cr₂O₃, Ni) na aktywność enzymatyczną dwóch gleb o zróżnicowanych właściwościach fizykochemicznych (II.A.3). Przeprowadzone badania wykazały silny wpływ nanocząstek na zmiany aktywności enzymatycznej analizowanych gleb. Natężenie i kierunek obserwowanych zmian zależały od rodzaju nanocząstek, ich stężenia i czasu oddziaływania, typu gleby oraz indywidualnych właściwości enzymu. Stwierdzono, że najsilniejszym inhibitorem aktywności enzymów glebowych były nano-CuO. Wpływ pozostałych z testowanych nanocząstek w znacznej mierze zależał od rodzaju badanego enzymu. Największą inaktywację zanotowano w przypadku dehydrogenaz, niezależnie

od rodzaju nanocząstek, czasu ich oddziaływania i typu gleby, co wskazuje, że aktywność tych enzymów może być markerem zanieczyszczenia gleb nanomateriałami.

Współpraca naukowa

Chciałabym podkreślić szeroki zakres mojej współpracy naukowej, dzięki której powstały wartościowe i często interdyscyplinarne prace opublikowane w wysokiej rangi czasopismach. Prace te mogły powstać dzięki współpracy z naukowcami z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Politechniki Lubelskiej w Lublinie, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, Politechniki Krakowskiej w Krakowie, Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Chińskiego Uniwersytetu Rolniczego w Beijing oraz Ukraińskiego Uniwersytetu we Lwowie. Obecnie prowadzę współpracę z pracownikami Instytutu Zootechniki – PIB w Krakowie, Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Stadniny Koni Michałów Sp. z o.o., Stadniny Koni Janów Podlaski Sp. z o.o., Małopolskiej Hodowli Roślin Sp. z o.o., Zakładu Hodowlano-Produkcyjnego Stado Ogierów Białka JK Sp. z o.o. oraz Parkur Sp. z o.o w ramach strategicznego programu „Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo” – BIOSTRATEG pt.: *Kierunki wykorzystania oraz ochrona zasobów genetycznych zwierząt gospodarskich w warunkach zrównoważonego rozwoju.*

4. Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego

Tabela 1. Liczbowe zestawienie dorobku naukowego przed i po uzyskaniu stopnia doktora

Wyszczególnienie		Liczba prac		
		Przed doktoratem	Po doktoracie	Razem
Oryginalne prace twórcze	Samodzielne	-	3	3
	Pierwszy autor	-	3	3
	Drugi i kolejny autor	5	16	21
Rozdziały w monografiach		2	8	10
Monografie		-	4	4
Razem		7	34	41
Podręcznik		-	1	1
Prace konferencyjne		1	2	3
Streszczenia konferencyjne		6	20	26
Razem publikacje		14	56	71
Sprawozdania z badań		2	-	2

Tabela 2. Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego

Lp.	Nazwa czasopisma	Liczba dokonań	Impact factor ¹	Punkty wg MNiSW ²	Liczba prac	Suma punktów wg MNiSW
Czasopisma z IF						
1.	Geoderma	3	2.772	45	3	135
2.	Problems of Sustainable Development	3	0.804 0.661	20 15	2 1	55
3.	Sylvan	2	0.410	15	2	30
Pozostałe czasopisma recenzowane						
4.	Acta Agrophysica	2	-	4	2	8
5.	Ekologia i Technika	2	-	6	2	12
6.	Inżynieria Ekologiczna	1	-	9	1	9
7.	Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura, Alimentaria, Piscaria et	2	-	10	2	20

Zootechnica						
8.	Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering	4	-	5 12	2 2	34
9.	Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	5	-	4 6	2 3	26
10.	Roczniki Gleboznawcze	3	-	5 6	1 2	17
11.	Monografie	4	-	20 25	3 1	85
12.	Rozdziały w monografiach	10	-	6 3 5	1 3 6	45
13.	Podręcznik	1	-	0	0	0
Pozostałe						
14.	Materiały konferencyjne/streszczenia	26	-	0	0	0
15.	Prace konferencyjne	3	-	0	0	0
16.	Wygłoszone referaty konferencyjne	7	-	0	0	0
17.	Sprawozdania z badań	2	-	0	0	0
18.	Kierownik projektu badawczego	1	-	0	0	0
19.	Udział w projektach badawczych	6	-	0	0	0
RAZEM				11.405		476

¹wartość IF zgodnie z datą wydania

²liczba punktów według wykazu MNiSW zgodnie z datą wydania lub ujednoliconego wykazu MNiSW za lata 2007-2010

Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS): 4

Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS): suma cytowań **41**, suma cytowań bez autocytowań **39**, liczba artykułów cytujących **38**, liczba artykułów cytujących bez autocytowań **37**, średnia liczba cytowań na pozycję **5,12** (ryc. 1).

Rycina 1. Liczba cytowań publikacji oraz Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS) z dnia 02.01.2017 roku

AUTHOR: (Futa B.)

Timespan=All years. Indexes=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, BKCI-SSH, ESCI, CCR-EXPANDED, IC.



Results found: 8
 Sum of the Times Cited: 41
 Average Citations per Item: 5.12
 h-index: 4

	2013	2014	2015	2016	2017	Total	Average Citations per Year
	0	1	14	26	0	41	10.25
1. Title: Microbiological, biochemical and ecotoxicological evaluation of soils in the area of biochar production in relation to polycyclic aromatic hydrocarbon content By: Oleszczuk, Patryk; Josko, Izabela; Kusmierz, Marcin; et al. Source: GEODERMA Volume: 213 Pages: 502-511 Published: JAN 2014	0	1	7	8	0	16	4.00
2. Title: Effect of pesticides on microorganisms, enzymatic activity and plant in biochar-amended soil By: Oleszczuk, Patryk; Josko, Izabela; Futa, Barbara; et al. Source: GEODERMA Volume: 214 Pages: 10-18 Published: FEB 2014	0	0	1	10	0	11	2.75
3. Title: Integrating Role of Sustainable Development Paradigm in Shaping the Human-landscape Relation By: Bielinska, Elzbieta Jolanta; Futa, Barbara; Baran, Stanislaw; et al. Source: PROBLEMY EKOROZWOJU Volume: 10 Issue: 2 Pages: 159-168 Published: 2015	0	0	0	5	0	5	1.67
4. Title: The effect of inorganic nanoparticles (ZnO, Cr2O3, CuO and Ni) and their bulk counterparts on enzyme activities in different soils By: Josko, Izabela; Oleszczuk, Patryk; Futa, Barbara Source: GEODERMA Volume: 232 Pages: 528-537 Published: NOV 2014	0	0	2	3	0	5	1.25
5. Title: Eco-energy Anthropopressure in the Agricultural Landscape By: Bielinska, Elzbieta Jolanta; Futa, Barbara; Baran, Stanislaw; et al. Source: PROBLEMY EKOROZWOJU Volume: 9 Issue: 2 Pages: 99-111 Published: 2014	0	0	3	0	0	3	0.75
6. Title: Theoretical aspects of the integrated protection of suburban areas By: Bielinska, Elzbieta Jolanta; Baran, Stanislaw; Pawlowski, Lucjan; et al. Source: PROBLEMY EKOROZWOJU Volume: 9 Issue: 1 Pages: 127-139 Published: 2014	0	0	1	0	0	1	0.25
7. Title: Effect of the revitalisation method on microbial activity of soils 20 years after the complete burn-out By: Mocek-Plociniak, Agnieszka; Bielinska, Elzbieta J.; Wolna-Maruska, Agnieszka; et al. Source: SYLWAN Volume: 160 Issue: 3 Pages: 247-255 Published: MAR 2016	0	0	0	0	0	0	0.00
8. Title: Soils enzymes as bio-indicators of forest soils health and quality within the range of impact of Zakłady Azotowe 'Pulawy' SA By: Bielinska, Elzbieta J.; Futa, Barbara; Baran, Stanislaw; et al. Source: SYLWAN Volume: 159 Issue: 11 Pages: 921-930 Published: NOV 2015	0	0	0	0	0	0	0.00

Barbara Futa