Rada Doskonałości Naukowej
00-901 Warszawa, pl. Defilad 1
Dział Kancelaryjny
WPŁYNĘŁO (RPW)
02. 11. 2020
Znak sprawy:
Podpis
Zał.

24.4000.51.2020

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Wydział Rolnictwa i Biologii
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, budynek 37
tel. (22) 59 325 15, fax 59 325 06
email: dwrb@sggw.pl
.....
(nazwa i dane adresowe podmiotu habilitującego, wybranego do przeprowadzenia postępowania)

za pośrednictwem:

Rady Doskonałości Naukowej
pl. Defilad 1
00-901 Warszawa
(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

Monika Anna Mierzwa-Hersztek
(imię i nazwisko wnioskodawcy)

Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
(miejsce pracy/jednostka naukowa)

WNIOSEK

z dnia ...***25.10.2020 r.***.....

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie ..... ***nauk rolniczych***..... w dyscyplinie[1].....
..... ***rolnictwo i ogrodnictwo***.....

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego ..... ***Wpływ biowęgla na jakość gleb - ocena działania na podstawie wskaźników chemicznych, biologicznych i ekofizjologicznych***.....

Wnioskuję – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu ~~**tajnym**~~**/jawnym***[2]

Zostałam poinformowany, że:

Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).
Kontakt za pośrednictwem e-mail: kancelaria@rdn.gov.pl, tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu.
Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c) Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art. 232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.
Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest na stronie www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html

Monika Mierzwa-Hersztek.....
(podpis wnioskodawcy)

[1] Klasyfikacja dziedzin i dyscyplin wg. rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin w zakresie sztuki (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818).
[2]*Niepotrzebne skreślić.

Załączniki:

1. Dane wnioskodawcy.
2. Kopia dokumentu potwierdzająca posiadanie stopnia doktora.
3. Autoreferat przedstawiający opis kariery zawodowej oraz istotnej aktywności naukowej albo artystycznej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.
4. Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny.
5. Wykaz i kopie publikacji naukowych wchodzących w skład osiągnięcia.
6. Oświadczenia współautorów.
7. Kopie dokumentów przedstawionych w wykazie osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny.

Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny

I. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH NAUKOWYCH ALBO ARTYSTYCZNYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY

W poniższych zestawieniach dla publikacji opublikowanych do dnia 31.12.2018 r. zastosowano punktację zgodną z wykazem MNiSW z dnia 25 stycznia 2017 r., z kolei dla publikacji opublikowanych od 01.01.2019 zastosowano punktację zgodną z wykazem MNiSW z dnia 31 lipca 2019 r.

Wartość impact factor (IF) przypisano zgodnie z rokiem wydania publikacji na podstawie bazy danych SCI Journal Impact Factor Database (https://www.scijournal.org/). W nawiasie poniżej wartości IF dla publikacji podano 5-letnią wartość IF czasopisma, w którym opublikowano pracę.

Symbolem „*" przy nazwisku oznaczono publikacje, w których byłam autorem korespondencyjnym.

I.2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy:

Lp.	Autorzy	Dane bibliograficzne	Punkty MNiSW	IF (5-letni IF)
4.2.1.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Gondek K., Nawrocka A., Pińkowska H., Bajda T., Stanek-Tarkowska J., Szostek M.	The FT-IR analysis and phenolic compounds content of exogenous organic matter produced from plant biomass. Journal of Elementology, **2019,** 24(3), 879-896. DOI:10.5601/jelem.2018.23.3.1716	40	0,705 (0,785)
4.2.2.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.***, Kopeć M.	Mobility of heavy metals in sandy soil after application of composts produced from maize straw, sewage sludge and biochar. Journal of Environmental Management, **2018**, 210, 87-95. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.023	35	5,305 (4,962)

Mierz-Hers

4.2.3.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Gondek K, Klimkowicz-Pawlas A., Baran A., Bajda T.	Sewage sludge biochars management-ecotoxicity, mobility of heavy metals, and soil microbial biomass. Environmental Toxicology and Chemistry, **2018**, 37(4), 1197–1207. DOI: 10.1002/etc.4045.	35	3,501 (2,989)
4.2.4.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Gondek K., Jewiarz M, Dziedziec K.	Assessment of energy parameters of biomass and biochars, leachability of heavy metals and phytotoxicity of their ashes. Journal of Material Cycles and Waste Management, **2019,** 21(4), 786–800. DOI: 10.1007/s10163-019-00832-6	70	2,249 (2,164)
4.2.5.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Gondek K., Bajda T., Kopeć M.	Zastosowanie biowęgla i zeolitu jako adsorbentów zanieczyszczeń mineralnych. Przemysł Chemiczny, **2019,** 98(12), 1969-1972. DOI: 10.15199/62.2019.12.19	40	0,376 (0,395)
4.2.6.	Gondek K, **Mierzwa-Hersztek M.***, Kopeć M., Mróz T.	The influence of biochar enriched with magnesium and sulphur on the amount of *Perennial ryegrass* biomass and selected chemical and biological properties of sandy soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, **2018,** 49(11), 1257-1265. DOI: 10.1080/00103624.2018.1455848.	15	0,770 (0,494)
4.2.7.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Wolny-Koładka K., Gondek K., Gałązka A., Gawryjołek K.	Effect of coapplication of biochar and nutrients on microbiocenotic composition, dehydrogenase activity index and chemical properties of sandy soil. Waste and Biomass Valorization, **2019.** DOI:10.1007/s12649-019-00757-z	70	2,890 (2,227)
4.2.8.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Klimkowicz-Pawlas A., Gondek K.	Influence of poultry litter and poultry litter biochar on soil microbial respiration and nitrifying bacteria activity. Waste and Biomass Valorization, **2018,** 9, 379-389. DOI: 10.1007/s12649-017-0013-z.	20	2,191 (2,227)
4.2.9.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Gondek K., Klimkowicz-Pawlas A., Kopeć M., Lošák T.	Effect of coapplication of poultry litter biochar and mineral fertilisers on soil quality and crop yield. Zemdirbyste-Agriculture, **2018**, 105(3), 203–210. DOI: 10.13080/z-a.2018.105.026.	20	1,118 (0,978)

mierz-Hers

4.2.10.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K, Klimkowicz-Pawlas A., Chmiel M.J., Dziedzic K., Hutsol T.	Assessment of soil quality after biochar application based on ezymatic activity and the microbial composition. International Agrophysics, **2019**, 33, 331-336. DOI: https://doi.org/10.31545/intagr/110807	70	1,932 (1,124)
SUMA			**415**	**21,037**

II. INFORMACJA O AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ ALBO ARTYSTYCZNEJ

II.1.	**Wykaz opublikowanych monografii naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.1).**	
	brak	
II.2.	**Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych.**	
przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora		**Punkty MNiSW**
II.2.1.	Kopeć M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K. **2014.** The use of waste materials to fertilization in Poland [w:] Proceedings of the XX. International Conference "Reasonable use of fertilizers", red. Czech University of Life Sciences Prague, ISBN 978-80-213-2511-1, pp.74-79.	2
SUMA		**2**
po uzyskaniu stopnia naukowego doktora		**Punkty MNiSW**
II.2.2.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.,** Dziedzic K., Jewiarz M., Mudryk K., Wróbel M. **2018.** Influence of Plant Biomass Added to Sewage Sludge on the Product Energy Potential. Springer International Publishing AG K. Mudryk and S. Werle (eds.), Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation, Springer Proceedings in Energy, 67, pp. 683-689. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72371-6_67	20
II.2.3.	Żabiński A., Sadowska U., Jewiarz M., Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M. 2019.** Vegetation of permanent pastures as a biomass source for energy purposes. Springer Nature Switzerland AG, A. Krakowiak-Bal and M. Vaverkova (Eds.): Infrastructure and Environment, pp. 381–389, 2019. ISBN 978-3-030-16541-3, https://doi.org/10.1007/978-3-030-16542-0	20
II.2.4.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Kopeć M., Gambuś F. **2019.** The possibility of using composts with the addition of polymer materials to increase the content of organic matter in soil [w:] Proceedings of the 25th International Conference on Reasonable Use of Fertilizers dedicated to the importance and the role of organic matter in soil, red. Czech University of Life Science Prague, ISBN 978-80-213-2983-6, pp. 87-91.	20
SUMA		**60**
II.3.	**Informacja o członkostwie w redakcjach naukowych monografii.**	
	brak	

II.4.	**Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.2).**		
	Prace opublikowane **przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora** zamieszczone **w części B** wykazu czasopism naukowych MNiSW	**Punkty MNiSW**	**IF (5-letni IF)**
II.4.1.	**Mierzwa M.***, Gondek K., Orłowska K., Koncewicz-Baran M. **2013.** Ocena zawartości niklu i manganu w mieszaninie osadu ściekowego z różnymi materiałami organicznymi po przekształceniu termicznym i biologicznym. Episteme, 18, t. 3, 209-216. ISSN 1895-2241.	4	–
II.4.2.	Orłowska K., **Mierzwa M*. 2013**. Wpływ naturalnego wycieku ropy na aktywność biologiczną gleby. Episteme, 18, t. 3, 217-223. ISSN 1895-2241.	4	–
II.4.3.	Gondek K., Koncewicz-Baran M., **Mierzwa M. 2013.** Fertilization of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) with compost of biodegradable wasteversus cadmium, lead, nickel and nitrates contents in grain. Ecological Chemistry and Engineering A, 20(7-8), 807-8017. DOI: 10.2428/ecea.2013.20(07)074	6	–
II.4.4.	Czech T., Gambuś F., Gorczyca O., Kopeć M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Urbańska K., Wieczorek J. **2013.** Solubility of heavy metals in soil fertilized with composts with polymer supplements, Ecological Chemistry and Engineering A, 20(10), 1173-1183. DOI: 10.2428/ecea.2013.20(10)107.	6	–
II.4.5.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Gondek K., Kopeć M., Ozimek A. **2013.** Content rating of chosen trace elements in plant and soil after application of newspaper waste. Ecological Chemistry and Engineering A, 20(9), 1029-1037. DOI: 10.2428/ecea.2013.20(09)094.	6	–
II.4.6.	Gambuś F., Wieczorek J., Czech T., Gorczyca O., Spałek I., Urbańska K., Babula J., **Mierzwa-Hersztek M.**, Rydarowski H., Kopeć M. **2014.** Yield forming effect of application of composts containing polymer materials enriched in biocomponents. Journal of Ecological Engineering, 15(1), 81-86. DOI: 10.12911/22998993.1084222.	7	–
II.4.7.	Orłowska K., **Mierzwa-Hersztek M.***, Baran A. **2014.** Wpływ przekompostowanych odpadów z uboju i hodowli drobiu na właściwości wodno-powietrzne gleby. Episteme, 22, t. III, 291-297. ISSN 1895-2241.	4	–

Mierna-Hers

II.4.8.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Orłowska K. **2014.** Ocena składu chemicznego stałego produktu procesu termicznego przekształcenia wybranych materiałów organicznych. Episteme, 22, t. II, 295-302. ISSN 1895-2241.	4	–
II.4.9.	Orłowska K., **Mierzwa-Hersztek M.*,** Kopeć M. **2014.** Influence of charcoal calcination in field conditions on heavy metal content in plants and in the immediate vicinity of the retorts. Ecological Chemistry and Engineering A, 15(1), 50-54. DOI: 10.12911/22998993.1084198.	6	–
II.4.10.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Kopeć M. **2015.** Zmiany zawartości cynku i manganu w czasie kompostowania materiałów roślinnych z dodatkiem folii otrzymanych z polietylenu i skrobi kukurydzianej. Episteme, 26, t. I, 313-322. ISSN 1895-4421.	5	–
II.4.11.	**Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Kopeć M. Jarosz R. **2015.** Zmiany zawartości magnezu w czasie kompostowania materiałów roślinnych z dodatkiem folii otrzymanych z polietylenu i skrobi kukurydzianej. Acta Agrophysica, 22(4), 5-15.	14	–
II.4.12.	Kopeć M., Chmiel M., Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.,** Antonkiewicz J. **2015.** Factors influencing composing poultry waste. Journal of Ecological Engineering, 16(5), 93-100. DOI: 10.12911/22998993/60460	12	–
II.4.13.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Kopeć M. **2016.** The sulfur content in soil after application of composted materials containing foils. Ecological Chemistry and Engineering A, 23(1), 77-87. DOI:10.2428/ecea.2016.23(1)6.	11	–
II.4.14.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.*,** Kopeć M. **2016.** Fractional composition of humic compounds and the capacity to bind cadmium ions from the solution by biologically and thermally processed *miscanthus giganteus* biomass. Acta Agrophysica, 23(3), 347-361.	14	–
II.4.15.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K. **2016.** Speciation of cadmium and lead in the soil after the biochar application. Polish Journal of Agronomy, 24, 9-15.	10	–
II.4.16	Kopeć M., Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.*,** Zaleski T. **2016.** Effect of the composting process on physical and energetic changes in compost. Acta Agrophysica, 23(4), 607-619.	14	–
SUMA		**129**	-

Prace opublikowane **przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora** zamieszczone **w części A** wykazu czasopism naukowych MNiSW			
II.4.17.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Kopeć M. **2014.** Zawartość azotu we frakcjach związków humusowych kompostów wytworzonych z udziałem materiałów zawierających polietylen i skrobię kukurydzianą. Przemysł Chemiczny, 93(3), 321-325. DOI: dx.medra.org/10.12916/przemchem.2014.321	15	0,399 (0,395)
II.4.18.	Gondek K., Kopeć M., Chmiel M., **Mierzwa M. 2014.** Chemical and biological properties of composts produced from organic waste. Journal of Elementology, 19, 377–390, DOI: 10.5601/jelem.2014.19.2.670	15	0,690 (0,785)
II.4.19.	Gondek K., **Mierzwa M. 2014.** Quantity and quality of organic matter in Stagnic Gleysol soil after application of various organic materials. Ecological Chemistry and Engineering S, 21(3), 477-485. DOI: 10.2478/eces-2014-0035	15	0,553 (1,226)
II.4.20.	Kopeć M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K. **2015.** Ways of increasing the magnesium content in the sward of long term fertilizer experiment. Journal of Elementology, 20(4), 911-920. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.1.791	15	0,719 (0,785)
II.4.21.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Gondek K., Baran A. **2016.** Effect of poultry litter biochar on soil enzymatic activity, ecotoxicity and plant growth. Applied Soil Ecology, 105, 144-150. DOI:10.1016/j.apsoil.2016.04.006	35	2,786 (3,714)
II.4.22.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.* 2016.** Effect of low-temperature biochar derived from pig manure and poultry litter on mobile and organic matter-bound forms of Cu, Cd, Pb and Zn in sandy soil. Soil Use Management, 32, 357–367. DOI: 10.1111/sum.12285	30	2,117 (2,542)
II.4.23.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M*. 2016.** Effect of thermal conversion of pig manure and poultry litter on the content and mobility of Mn and Fe in biochars and in soil after their application. Chilean Journal of Agricultural Research, 76(3), 349-355. DOI:10.4067/S0718-58392016000300013.	30	0,719 (1,150)
II.4.24.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.***, Smreczak B., Baran A., Kopeć M. Mróz T., Janowski P. Bajda T., Tomczyk A. **2016.** Content of PAHs activities of γ-radionuclides and ecotoxicological assessment in biochars. Polish Journal of	15	0,725 (0,878)

	Chemical Technology, 18(4), 27-35, DOI: 10.1515/pjct-2016-0067.		
II.4.25.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.***, Baran A., Szostek M., Pieniążek R., Pieniążek M., Stanek-Tarkowska J., Noga T. **2017.** The effect of low-temperature conversion of plant materials on the chemical composition and ecotoxicity of biochars. Waste and Biomass Valorization, 8, 599-609. DOI: 10.1007/s12649-016-9621-2.	20	1,874 (2,227)
II.4.26.	Gondek K. **Mierzwa-Hersztek M*. 2017.** The effect of thermal conversion of municipal sewage sludge on the content of Cu, Cd, Pb and Zn and phytotoxicity of biochars. Journal of Elementology, 22(2), 427-435. DOI: 10.5601/jelem.2016.21.1.1116.	15	0,684 (0,785)
II.4.27.	Gondek K., Baran A., **Mierzwa-Hersztek M.***, Kopeć M. **2017.** Impact of thermal treatment of mixtures of sewage sludge and plant material on selected chemical properties and *Vibrio fischeri* response. Ecological Chemistry and Engineering S, 24(3), 443-455. DOI: 10.1515/eces-2017-0030.	15	0,717 (1,226)
II.4.28.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Gondek K., Klimkowicz-Pawlas A., Baran A. **2017.** Effect of wheat and miscanthus straw biochars on soil enzymatic activity, ecotoxicity, and plant yield. International Agrophysics, 31, 367-375. DOI: 10.1515/intag-2016-0063.	25	1,242 (1,124)
SUMA		**245**	**13,225**
Prace opublikowane **po uzyskaniu stopnia naukowego doktora** zamieszczone **w części B** wykazu czasopism naukowych MNiSW			
II.4.29.	Baran A., **Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K., Szara M., Tarnawski M. **2018.** The content and composition of organic matter in bottom sediments of the Rybnik reservoir – preliminary studies. Geology, Geophysics and Environment, 44 (3), 309–317. http://dx.doi.org/10.7494/geol.2018.44.3.309	14	-
II.4.30.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Gondek K., Kopeć M. **2018.** Biochar changes in soil based on quantitative and qualitative humus compound parameters. Soil Science Annual, 69(4) 234-242. DOI: 10.2478/ssa-2018-0024	14	-
II.4.31.	Kopeć M., Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M. 2018.** Gospodarka o obiegu zamkniętym w kontekście strat i marnowania żywności. Polish Journal for Sustainable Development/Problemy	6	-

Mierzwa-Hersz

	Ekorozwoju, 22(2), 51-58. DOI: 10.15584/pjsd.2018.22.2.6		
II.4.32.	Kopeć M., Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.,** Zaleski T., Bogdał S., Bieniasz M., Błaszczyk J., Kaczmarczyk E., Knaga J., Łapczyńska-Kordon B., Nawrocki J., Pniak M. **2019.** Efekt stymulowania przyrostu biomasy truskawki powtarzającej odmiany San Andreas® poprzez nalistną aplikację preparatu zawierającego cynk. Progress in Plant Prot. 59(2), 126-132. DOI: 10.14199/ppp-2019-017	20	-
II.4.33.	Kopeć M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Zaleski T., Bogdał S., Bieniasz M., Błaszczyk J., Knaga J., Nawrocki J., Pniak M. **2019.** Variability of nutrients in the leachates from everbearing strawberry cultivated in soilless conditions on gutters. Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus, 18(4), 13-23.	20	-
II.4.34.	Kopeć M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Zaleski T., Bogdał S., Bieniasz M., Błaszczyk J., Kaczmarczyk E., Knaga J., Łapczyńska-Kordon B., Nawrocki J., Pniak M. **2020.** Recovery of leachate from everbearing strawberry cultivation as an element of retardation. Journal of Ecological Engineering, 21(7), 197-203, DOI: 10.12911/22998993/125550	20	-
SUMA		**94**	**-**
Prace opublikowane **po uzyskaniu stopnia naukowego doktora** zamieszczone **w części A** wykazu czasopism naukowych MNiSW			
II.4.35.	Kopeć M., Smreczak B., Ukalska-Jaruga A., **Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K. **2017.** Changes of PAHs and C humic fractions in composts with sewage sludge and biochar amendment. Desalination Water Treatment, 97, 234-243. DOI: 10.5004/dwt.2017.21629.	20	1,504 (1,428)
II.4.36.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Klimkowicz-Pawlas A., Gondek K. **2018.** Influence of poultry litter and poultry litter biochar on soil microbial respiration and nitrifying bacteria activity. Waste and Biomass Valorization, 9, 379-389. DOI 10.1007/s12649-017-0013-z. **(publikacja włączona w cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych)**	20	2,191 (2,227)
II.4.37.	Kopeć M., Baran A., **Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Chmiel M.J. **2018.** Effect of the addition of biochar and coffee grounds on the biological properties and ecotoxicity of composts.	20	2,191 (2,227)

	Waste and Biomass Valorization, 9, 1389-1398. DOI 10.1007/s12649-017-9916-y.		
II.4.38.	Kopeć M., Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.*,** Antonkiewicz A. **2018.** Factors influencing chemical quality of composted poultry waste. Saudi Journal of Biological Sciences, 25, 1678-1686. DOI 10.1016/j.sjbs.2016.09.012,	25	2,889 (3,192)
II.4.39.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Klimkowicz-Pawlas A. Baran A., Bajda T. **2018.** Sewage sludge biochars management - ecotoxicity, mobility of heavy metals and soil microbial biomass. Environmental Toxicology and Chemistry, 37(4):1197-1207. DOI: 10.1002/etc.4045. **(publikacja włączona w cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych)**	35	3,501 (2,989)
II.4.40.	Głąb T., Żabiński A., Sadowska U., Gondek K., Kopeć M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Tabor S. **2018.** Effect of co-composted maize, sewage sludge and biochar mixture on hydrological and physical quality of the sandy soil. Geoderma, 315, 27-35. DOI:10.1016/j.geoderma.2017.11.034	45	4,584 (4,564)
II.4.41.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.***, Kopeć M. **2018.** Mobility of heavy metals in sandy soil after application of composts produced from maize straw, sewage sludge and biochar. Journal of Environmental Management, 210, 87-95. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.01.023 **(publikacja włączona w cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych)**	35	5,305 (4,962)
II.4.42.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.*,** Kopeć M. **2018.** Mobility of heavy metals in sandy soil after application of composts produced from maize straw, sewage sludge and biochar - Discussion of Moussavi et al. - JEMA-D-18-00677. Journal of Environmental Management, 222, 1-2. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.05.034	35	5,305 (4,962)
II.4.43.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Gondek K., Klimkowicz-Pawlas A., Kopeć M., Lošák T. **2018.** Effect of coapplication of poultry litter biochar and mineral fertilisers on soil quality and crop yield. Zemdirbyste-Agriculture, 105(3):203–210. DOI: 10.13080/z-a.2018.105.026. **(publikacja włączona w cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych)**	20	1,118 (0,978)
II.4.44.	Gondek K, **Mierzwa-Hersztek M.*,** Kopeć M., Mróz T. **2018.** The influence of biochar enriched with magnesium and sulphur on the amount of *Perennial ryegrass* biomass and selected chemical	15	0,770 (0,494)

	and biological properties of sandy soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 49(11), 1257-1265. DOI: 10.1080/00103624.2018.1455848. **(publikacja włączona w cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych)**		
II.4.45.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gleń-Karolczyk K., Gondek K. **2018.** Fungistatic activity of composts with the addition of polymers obtained from thermoplastic corn starch and polyethylene - An innovative cleaner production alternative. Science of the Total Environment, 635, 1063–1075. DOI:10.1016/j.scitotenv.2018.04.220	40	6,018 (5,727)
II.4.46.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.,** Kopeć M., Sikora J., Głąb T., Szczurowska K. **2019.** Influence of biochar application on reduced acidification of sandy soil, increased cation exchange capacity and the content of available forms of K, Mg and P. Polish Journal of Environmental Studies, 28(1), 1-9. DOI: 10.15244/pjoes/81688.	40	1,487 (0,961)
II.4.47.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Kopeć M. **2019.** Degradation of polyethylene - and biocomponent-derived polymer materials: An overview. Journal of Polymers and the Environment, 27(3), 600-611. DOI: 10.1007/s10924-019-01368-4	70	2,695 (2,896)
II.4.48.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Nawrocka A., Pińkowska H., Bajda T., Stanek-Tarkowska J., Szostek M. **2019.** The FT-IR analysis and phenolic compounds content of exogenous organic matter produced from plant biomass. Journal of Elementology, 24(3), 879-896. DOI:10.5601/jelem.2018.23.3.1716 **(publikacja włączona w cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych)**	40	0,705 (0,785)
II.4.49.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Jewiarz M, Dziedziec K. **2019.** Assessment of energy parameters of biomass and biochars, leachability of heavy metals and phytotoxicity of their ashes. Journal of Material Cycles and Waste Management, 21(4), 786–800. DOI: 10.1007/s10163-019-00832-6 **(publikacja włączona w cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych)**	70	2,249 (2,164)
II.4.50.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K, Klimkowicz-Pawlas A., Chmiel M.J., Dziedzic K., Taras H. **2019.** Assessment of soil quality after biochar application based on ezymatic activity and the	70	1,932 (1,124)

	microbial composition. International Agrophysics, 33, 331-336. DOI: 10.31545/intagr/110807 **(publikacja włączona w cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych)**		
II.4.51.	Gondek K, **Mierzwa-Hersztek M.**, Kopeć M., Sikora J., Lošák T., Grzybowski P. **2019.** Sewage sludge biochar effects on phosphorus mobility in soil and accumulation in plant. Ecological Chemistry and Engineering S, 26(2), 367-381, DOI: 10.1515/eces-2019-0026	40	1,442 (1,226)
II.4.52.	Baran A., **Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Tarnawski M., Szara M., Gorczyca O., Koniarz T. **2019.** The influence of the quantity and quality of sediment organic matter on the potential mobility and toxicity of trace elements in bottom sediment. Environmental Geochemistry and Health, 41(6), 2893-2910. DOI: 10.1007/s10653-019-00359-7	100	3,621 (3,282)
II.4.53.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Bajda T., Kopeć M. **2019.** Zastosowanie biowęgla i zeolitu jako adsorbentów zanieczyszczeń mineralnych. Przemysł Chemiczny 98(12), 1969-1972. DOI: 10.15199/62.2019.12.19 **(publikacja włączona w cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych)**	40	0,376 (0,395)
II.4.54.	Baran A., **Mierzwa-Hersztek M.,** Urbaniak M., Gondek K., Tarnawski M., Szara M., Zieliński M. **2020.** An assessment of the concentrations of PCDDs/Fs in contaminated bottom sediments, and their sources and ecological risk. Journal of Soils and Sediments, 20, 2588-2597, DOI:10.1007/s11368-019-02492-3	100	2,921 (2,320)
II.4.55.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Wolny-Koładka K., Gondek K., Gałązka A., Gawryjołek K. **2019.** Effect of coapplication of biochar and nutrients on microbiocenotic composition, dehydrogenase activity index and chemical properties of sandy soil. Waste and Biomass Valorization, 11, 3911-3923DOI:10.1007/s12649-019-00757-z **(publikacja włączona w cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych)**	70	2,890 (2,227)
II.4.56.	Głąb T., Żabiński A., Sadowska U., Gondek K., Kopeć M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Tabor S., Stanek-Tarkowska J. **2020.** Fertilization of compost produced from maize, sewage sludge and biochar effects soil water retention and chemical properties. Soil and Tillage Research, 197, 104493. DOI:10.1016/j.still.2019.104493	140	5,335 (5,347)
II.4.57.	Lahori A.H., **Mierzwa-Hersztek M.,** Memon M., Zhang Z. **2020.** Residual effects of tobacco	100	4,853 (3,966)

	biochar along with different fixing agents on stabilization of trace elements in multi-metal contaminated soils. Journal of Environmental Sciences, 87, 299-309. DOI:10.1016/j.jes.2019.07.003		
II.4.58.	Lahori A.H., **Mierzwa-Hersztek M.,** Demiraj E., Umer Sajjad R., Ali I., Shehnaz H., Aziz A., Zuberi M.H., Pirzada A.M., Hassan K., Zengqiang Z. **2020.** Direct and residual impacts of zeolite on the remediation of harmful elements in multiple contaminated soils using cabbage in rotation with corn. Chemosphere, 250, 126317. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.126317	100	6,195 (5,705)
II.4.59.	Głąb T., Szewczyk W., Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.,** Palmowska J., Nęcka K. **2020.** Optimization of turfgrass fertigation rate and frequency. Agricultural Water Management, 234, 106107. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106107	140	4,601 (4,469)
II.4.60.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Lahori A.H., Kopeć M., Mazurek R., Zaleski T., Głąb T., Wieczorek J. **2020.** Analyses of micromorphological and physical properties of soils after composts application with addition of polyethylene- and biocomponent-derived polymer materials. Pedosphere, DOI:10.1016/S1002-0160(20)60046-7 (praca opublikowana online)	70	4,057 (3,564)
II.4.61.	Kopeć M., **Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Wolny-Koładka K., Zdaniewicz M. **2020.** Biological activity of composts obtained from hop waste generated during brewing. Biomass Conversion and Biorefinery. DOI: 10.1007/s13399-020-00746-6	70	2,602 (2,060)
II.4.62.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M*.,** Kopeć M., Bajda T. **2020.** Phytostabilisation on post-flotation sediment waste: mobility of heavy metals and stimulation of biochemical processes by mineral-organic mixtures. Journal of Soils and Sediments, 20, 3502-3513. DOI: 10.1007/s11368-020-02651-x	100	2,921 (2,998)
II.4.63.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.,** Kopeć M., Lošák T., von Bennewitz E., Spandel A., Kuc K. **2020.** The effectiveness of biochar in mitigating changes in chemical properties of sandy soil treated with various chemicals. Journal of Elementology, 25(3), 1045-1058. DOI:10.5601/jelem.2019.24.4.1941	40	0,705 (0,781)
II.4.64.	Głąb T., Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M. 2020.** Pyrolysis improves the effect of straw amendment on the productivity of Perennial Ryegrass (*Lolium*	100	2,603 (-)

	perenne L.). Agronomy, 10, 1455, 1-17, DOI: 10.3390/agronomy10101455.		
II.4.65.	Jarosz R., **Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Kopeć M., Lošák T., Marcińska-Mazur L. **2020.** Changes in quantity and quality of organic matter in soil after application of poultry litter and poultry litter biochar – 5 year field experiment. Biomass Conversion and Biorefinery. DOI: 10.1007/s13399-020-01005-4.	70	2,602 (2,060)
II.4.66.	Lošák T., Válka T., Elbl J., Kintl A., Keutgen A., Keutgen N., Demková L., Árvay J., Varga L., Hnátková H., Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M. 2020.** Fertilization with magnesium- and sulfur-supplemented digestate increases the yield and quality of kohlrabi. Sustainability, 12, 5733, DOI: 10.3390/su12145733.	70	2,576 (-)
II.4.67.	Lahori A.H., **Mierzwa-Hersztek M.,** Demiraj E., Idir R., Xuan Bui T.T., Vu D.D., Channa A., Samoon N.A., Zhang Z. **2020.** Clays, Limestone and Biochar Affect the Bioavailability and Geochemical Fractions of Cadmium and Zinc from Zn-Smelter Polluted Soils. Sustainability, 12, 8606. DOI:10.3390/su12208606	70	2,576 (-)
II.4.68.	Kopeć M., Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.*,** Jarosz R. **2021.** Changes in soil organic carbon nitrogen and sulphur contents in long-term fertilisation experiment in Czarny Potok (Poland). Journal of Elementology, 26(1). DOI:0.5601/jelem.2020.25.3.2011	40	0,705 (0,785)
II.4.69.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.,** Kopeć M., Zaleski T., Bogdał S., Bieniasz M., Błaszczyk J., Kaczmarczyk E., Kowalczyk B., Knaga J., Nawrocki J., Pniak M., Jarosz R. **2020.** Mineral composition of fruits and leaves of San Andreas® everbearing strawberry in soilless cultivation. Journal of Elementology, 25(4), 1333-1347. DOI: 10.5601/jelem.2020.25.2.2013	40	0,705 (0,785)
SUMA		**2100**	**98,73**
Prace popularnonaukowe			
przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora			
II.4.70.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Gondek K. **2016.** Biowęgiel – materiał o wszechstronnym zastosowaniu. Newsletter WR-E, 2016/2, ss. 3; http://wre.ur.krakow.pl/zasoby/2/Newsletter_2016_2_5.pdf	0	-
po uzyskaniu stopnia naukowego doktora			
	Brak		

Mierz-Her

II.5.	**Wykaz osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.3).**
przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora	
II.5.1.	Filipek-Mazur B., Gondek K., Tabak M., **Mierzwa-Hersztek M. 2016.** Opracowanie formuły nawozów (ZAKsan i Salmag) produkowanych przez Zakłady Azotowe w Kędzierzynie z dodatkiem mikroelementów, ss. 69.
II.5.2.	Filipek-Mazur B., Gondek K., Tabak M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Lepiarczyk A., Chowaniak M. **2017.** Opracowanie formuł i ocena działania Saletrosanu®26 z dodatkiem węgla brunatnego, kwasów humusowych, siarczanu magnezu i tytanu, ss. 41.
po uzyskaniu stopnia naukowego doktora	
II.5.3.	Filipek-Mazur B., Gondek K., Tabak M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Lepiarczyk A., Chowaniak M. **2018.** Ocena działania Saletrosanu® 26 z dodatkiem węgla brunatnego, siarczanu magnezu i tytanu - drugi rok badań, ss. 66.
II.5.4.	Filipek-Mazur B., Gondek K., Tabak M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Lepiarczyk A., Chowaniak M. **2019.** Ocena działania Saletrosanu® 26 z dodatkiem węgla brunatnego, siarczanu magnezu i tytanu - trzeci rok badań, ss. 105.
II.6.	**Wykaz publicznych realizacji dzieł artystycznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.3).**
	Nie dotyczy
II.7.	**Informacja o wystąpieniach na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych lub artystycznych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych.**

Doniesienia naukowe opublikowane w materiałach konferencyjnych lub periodykach branżowych **przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora**

	Autorzy / tytuł opracowania / dane bibliograficzne	**Miejscowość, data**	**Forma prezentacji**
II.7.1.	**Mierzwa M.,** Orłowska K. Ocena zawartości azotanów (V) w ziarnie pszenicy jarej w aspekcie produktów rolniczych przeznaczonych do wytworzenia żywności [w:] Mat. Konf. Konferencji Naukowej „Współczesne koncepcje w towaroznawstwie", ISBN 978-83-7421-188-8, s. 47-48.	Gdynia, 28.02-1.03.2013 r.	prezentacja ustna
II.7.2.	Orłowska K., **Mierzwa M.** Zawartość toksycznych metali ciężkich w ziarnie pszenicy jarej jako efekt nawożenia [w:] Mat. Konf. Konferencji Naukowej „Współczesne koncepcje w towaroznawstwie", ISBN 978-83-7421-188-8, s. 49-50.	Gdynia, 28.02-1.03.2013 r.	poster

II.7.3.	**Mierzwa M.**, Gondek K., Orłowska K., Koncewicz-Baran M. Ocena Zawartości niklu i manganu w mieszaninie osadu ściekowego z różnymi materiałami organicznymi po przekształceniu termicznym i biologicznym [w:] Mat. Konf. II International Conference of PhD Students "Multidirectional Research in Agriculture and Forestry, ISSN 1985-2241, s. 209-216.	Kraków, 16.03.2013 r.	prezentacja ustna
II.7.4.	Orłowska K., **Mierzwa M.** Wpływ naturalnego wycieku ropy na aktywność biologiczną gleby [w:] Mat. Konf. II International Conference of PhD Students "Multidirectional Research in Agriculture and Forestry, ISSN 1985-2241, s. 217-223.	Kraków, 16.03.2013 r.	poster
II.7.5.	Gondek K., Koncewicz-Baran M., **Mierzwa M.** Zawartość kadmu, ołowiu i niklu oraz azotanów (V) w ziarnie pszenicy jarej po nawożeniu kompostem z odpadów biodegradowalnych [w:] VII International Scientific Conference "Toxic Substances in The Environment", red. Prof. B. Wiśniowska-Kielian, ISBN 978-83-914308-5-9, s. 25.	Kraków, 25-26.06.2013 r.	poster
II.7.6.	**Mierzwa M.**, Gondek K., Kopeć M. Ocena zawartości wybranych pierwiastków śladowych w roślinie i glebie po aplikacji papieru gazetowego [w:] biodegradowalnych [w:] VII International Scientific Conference "Toxic Substances in The Environment", red. Prof. B. Wiśniowska-Kielian, ISBN 978-83-914308-5-9, s. 44.	Kraków, 25-26.06.2013 r.	prezentacja ustna
II.7.7.	Orłowska K., **Mierzwa M.,** Kopeć M. Wpływ wypału węgla drzewnego w warunkach polowych na zawartość metali ciężkich w najbliższym otoczeniu [w:] biodegradowalnych [w:] VII International Scientific Conference "Toxic Substances in The Environment", red. Prof. B. Wiśniowska-Kielian, ISBN 978-83-914308-5-9, s. 54.	Kraków, 25-26.06.2013 r.	poster
II.7.8.	Orłowska K., **Mierzwa-Hersztek M.,** Zaleski T. The physical properties of the soil after using compost from waste of poultry in conditions of field experience [w:] Mat. Konf. III International Conference of PhD Students "Multidirectional Research in Agriculture and Forestry, ISBN 978-83-7759-037-9, s. 66.	Kraków, 22.03.2014 r.	poster
II.7.9.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K. Evaluation of the chemical composition of solid product of the thermal transformation	Kraków, 22.03.2014 r.	prezentacja ustna

Mierz-Hers

	selected organic materials [w:] Mat. Konf. III International Conference of PhD Students "Multidirectional Research in Agriculture and Forestry, ISBN 978-83-7759-037-9, s. 118.		
II.7.10.	**Mierzwa-Hersztek M.,** Jarosz R., Kopeć M., Ozimek A., Gondek K. Ocena zawartości miedzi i cynku w roślinach w glebie po aplikacji papieru gazetowego [w:] Mat. Konf. Naukowej "Ocena gleb użytkowanych rolniczo", Wyd. IUNG-PIB Puławy, ISBN 978-83-7562-163-1, s. 119.	Puławy 26-27.06.2014 r.	poster
II.7.11.	Kopeć M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K. Możliwości zwiększenia zawartości magnezu w runi w długotrwałym doświadczeniu nawozowym [w:] Mat. Konf. XV International Conference of the Polish Society of Magnesium prof. Julian Aleksandrowicz "Magnesium - element of life, Quarterly Reports issued by the Polish Society for Magnesium Research and University of Warmia and Mazury in Olsztyn, redakcja Journal of Elementology, ISSN 1644-2296, s. 53-54.	Bydgoszcz, 19-20.09.2014 r.	poster
II.7.12.	**Mierzwa-Hersztek M.,** Jarosz R., Gondek K. Zmiany zawartości magnezu w czasie kompostowania materiałów z dodatkiem folii otrzymanych z polietylenu i skrobi kukurydzianej [w:] Mat. Konf. XV International Conference of the Polish Society of Magnesium prof. Julian Aleksandrowicz "Magnesium - element of life, Quarterly Reports issued by the Polish Society for Magnesium Research and University of Warmia and Mazury in Olsztyn, redakcja Journal of Elementology, ISSN 1644-2296, s. 60-61.	Bydgoszcz, 19-20.09.2014 r.	poster
II.7.13.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K. Kopeć M. Jarosz R. Ocena zawartości wybranych form siarki w glebie po aplikacji materiałów przekompostowanych z dodatkiem folii otrzymanych z polietylenu i skrobi kukurydzianej [w:] Mat. Konf. Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej "Transformacja Zanieczyszczeń w Środowisku", AGH, s. 73.	Kraków, 11-12.12.2014 r.	poster
II.7.14.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K., Kopeć M. Changes of zinc and manganase during composting waste materials with addition of polyethylene and corn strech [w:] Mat. Konf.	Kraków, 21-22.03.2015 r.	prezentacja ustna

Mierzwa-Hersz

	IV International Conference for PhD Students Multidirectional Research in Agriculture and Forestry, ISBN 978-83-7759-045-4, s. 130-131.		
II.7.15.	**Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K. Specjacja niklu w glebie po aplikacji biowęgla [w:] Mat. Konf. I Kongres Młodych Ludzi Nauki – wizja, nauka, postęp, s. 32-33.	Kraków, 9.05.2015 r.	prezentacja ustna
II.7.16.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K. Ocena możliwości wzbogacenia biowęgla w wybrane składniki mineralne [w:] Mat. Konf. Krajowej „Innowacyjne pomysły młodych naukowców: Nauka – Startup – Przemysł, AGH, ISBN 978-83-62922-48-2, s. 17-18.	Kraków, 28-29.05.2015 r.	prezentacja ustna
II.7.17.	Kepka W. Płytycz B., Antonkiewicz J., **Mierzwa-Hersztek M.,** Hugh M. Badanie wpływu odżywiania na żywotność, masę ciała i rozrodczość dżdżownic kompostowych Eisenia andrei [w:] Mat. Konf. XXIX National Seminar "Mechanisms for maintaining physiological life and regulation", pod red. prof. H. Lacha, Małopolska Wyższa Szkoła im. Józefa Dielta, s. 33-34.	Kraków, 20.06.2015 r.	poster
II.7.18.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K., Jarosz R., Kępka W. Skład chemiczny wybranych produktów procesu termicznego przekształcenia materiałów organicznych [w:] Mat. Konf. XXIX National Seminar "Mechanisms for maintaining physiological life and regulation", pod red. prof. H. Lacha, Małopolska Wyższa Szkoła im. Józefa Dielta, s. 47-48.	Kraków, 20.06.2015 r.	poster
II.7.19.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K. Specjacja kadmu i ołowiu w glebie po aplikacji biowęgla [w:] Mat. Konf. II National Conference on Young Scientists in Poland - Research and Development, ISBN 978-83-65362-10-0, s. 81.	Wrocław, 25.11. 2015r.	prezentacja ustna
II.7.20.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K. Speciation of zinc in soil after biochar application [w:] Book of Abstracts red. Traicon S.C., III Congress of Young People of Science - vision, science, progress, ISBN 978-83-65180-05-6, s. 44.	Warszawa, 12.12.2015 r.	prezentacja ustna
II.7.21.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K., Jewiarz M., Dziedzic K. Mudryk K., Wróbel M. The influence of plant biomass addition to sewage sludge on potential energy product [w:] Mat.	Krynica Zdrój, 17-20.05.2016 r.	poster

	Konf. 3rd International Conference Renewable Energy Sources, Techniques, Technologies, Innovations, s. 47-48.		
II.7.22.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K., Jewiarz M., Dziedzic K. Mudryk K., Wróbel M. Organic materials to energy fuels - investigation on energy-related parameters of selected types of wte fuels and biochars formed from them [w:] Mat. Konf. 3rd International Conference Renewable Energy Sources, Techniques, Technologies, Innovations, s. 48-49.	Krynica Zdrój, 17-20.05.2016 r.	poster
II.7.23.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K. Klimkowicz-Pawlas A. Ocena stanu materii organicznej oraz aktywności respiracyjnej i enzymatycznej gleby po aplikacji biowęgla [w:] Mat. Konf. 1st Conference "Biochar in Poland: science, technology, business", red. Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych and Biomass Magazine, ss.1.	Serock, 30-31.05.2016 r.	prezentacja ustna
II.7.24.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K. Stanek-Tarkowska J., Noga T. Wpływ niskotemperaturowego przekształcenia biomasy na właściwości fizyczne i chemiczne biowęgli [w:] Mat. Konf. 1st Conference "Biochar in Poland: science, technology, business", red. Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych and Biomass Magazine, ss. 1.	Serock, 30-31.05.2016 r.	poster
II.7.25.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Klimkowicz Pawlas A., Gondek K. Influence of wheat straw and mishantus gigantus straw and biochars derived from them on soil microbial parameters in field conditions [w:] Mat. Konf. 11th International Conference on Agrophysics, Soil, Plant & Climate, ISBN 978-83-89969-43-9, s. 54.	Lublin, 25-28.09.2016 r.	poster
II.7.26.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K., Baran A., Klimkowicz Pawlas A. Effect of wheat straw and mishantus gigantus straw and biochars derived from them on soil enzymatic activity, ecotoxicity and plant growth [w:] Mat. Konf. 11th International Conference on Agrophysics, Soil, Plant & Climate, ISBN 978-83-89969-43-9, s. 152.	Lublin, 25-28.09.2016 r.	prezentacja ustna
II.7.27.	Tabak M., Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.** Effect of biochar produced from pig manure and poultry litter on enzymatic activity of soil [w:] Mat. Konf. 11th International Conference on Agrophysics,	Lublin, 25-28.09.2016 r.	poster

Mierz-Hers

	Soil, Plant & Climate, ISBN 978-83-89969-43-9, s.198.		
II.7.28.	Kliszcz A., Puła J., **Mierzwa-Hersztek M.** The influence of biochar to yielding of pasture blend and jeruzalem artichoke in the field experiment [w:] Mat. Konf. 6th International Conference for Young Researchers 'Multidirectional Research in Agriculture, Forestry and Technology, s. 41.	Kraków, 24-25.04.2017 r.	poster
II.7.29.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Wolny-Koładka K., Gondek K., Sikora A., Szymonik K. Wpływ biowęgla na skład mikrobiocenotyczny gleby [w:] Mat. Konf. Scientific Conference "Biodiversity of the environment - significance, problems, challenges", ISBN 978-83-7562-258-4, s. 130-131.	Puławy, 30-31.05.2017 r.	poster
II.7.30.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K., Bajda T., Pińkowska H., Nawrocka A. Physicial and chemical properties of exogenous organic matter (EOM) producted from agricultural and industry residues [w:] Mat. Konf. 11th International Conference Humic Substances in Ecosystems, Polish Chapter of the IHSS, red. Jamroz E., Kałuża A., Jerzykiewicz M., Weber J., s. 76.	Wrocław, 29.05.-1.06.2017 r.	poster
II.7.31.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K., Kopeć M. Biochar changes in soil based on the quantitative and qualitative parameters of humus compounds. 5th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, s.1-2, Mat. Konf. online red. Dr. Konstantinos Moustakas: https://docplayer.net/53443865-Athens-th-international-conference-on-sustainable-solid-waste-management-national-technical-university-of-athens.html.	Ateny, 21-24.06. 2017 r.	poster
II.7.32.	Baran A., **Mierzwa-Hersztek M.**, Tarnawski M., Gondek K. Content and composition of organic matter in bottom sediments of Rybnik reservoir – preliminary studies [w:] VIII International Conference "Toxic substances in the environment", ISBN 978-83-948965-0-8, s. 35.	Kraków, 14-15.09.2017 r.	poster
II.7.33.	Filipek-Mazur B., Tabak M., Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.** Effect of changes in the formulation of mineral fertilizers on the content of Cu and Zn in soil – mobile forms and organic matter-bound forms [w:] Mat. Konf. VIII International Conference "Toxic	Kraków, 14-15.09.2017 r.	poster

Mierz-Hers

	substances in the environment", ISBN 978-83-948965-0-8, s. 49.		
II.7.34.	Gondek K., Filipek-Mazur B., **Mierzwa-Hersztek M.,** Tabak M. Effect of changes in the formulation of mineral fertilizers on the content of Cu and Zn in soil – forms extracted with 1 M HCl [w:] Mat. Konf. VIII International Conference "Toxic substances in the environment", ISBN 978-83-948965-0-8, s. 52.	Kraków, 14-15.09.2017 r.	poster
II.7.35.	**Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Klimkowicz-Pawlas A., Baran A. Ecotoxicity assessment of sandy soil with biochar amendment [w:] Mat. Konf. VIII International Conference "Toxic substances in the environment", ISBN 978-83-948965-0-8, s. 86.	Kraków, 14-15.09.2017 r.	poster
II.7.36.	**Mierzwa-Hersztek M**., Gondek K., Szostek M., Pieniążek M. Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in biochar-amended soil under field experiment conditions [w:] Mat. Konf. VIII International Conference "Toxic substances in the environment", ISBN 978-83-948965-0-8, s. 87.	Kraków, 14-15.09.2017 r.	poster
II.7.37.	Pieniążek R., Szostek M., Babiarz H., **Mierzwa-Hersztek M.,** Białobrzeski T., Ilek A. Persistent organic pollutants issues on the example of central landfill of toxic wastes in Jaworzno [w:] Mat. Konf. VIII International Conference "Toxic substances in the environment", ISBN 978-83-948965-0-8, s. 97-98.	Kraków, 14-15.09.2017 r.	poster
Doniesienia naukowe opublikowane w materiałach konferencyjnych lub periodykach branżowych **po uzyskaniu stopnia naukowego doktora**			
II.7.38.	**Mierzwa-Hersztek M**., Gondek K. Zmiany mobilności metali ciężkich w glebie po aplikacji biowęgla w aspekcie ograniczenia ich migracji [w:] Mat. Konf. II Konferencji Krajowej "Transformacja zanieczyszczeń w środowisku", wyd. AGH, s. 53.	Kraków, 14-15.12.2017 r.	poster
II.7.39.	Baran A., **Mierzwa-Hersztek M.,** Tarnawski M., Gondek K. Wpływ węgla organicznego na zawartość metali ciężkich i WWA w osadach dennych zbiornika Rybnik – badania wstępne [w:] Mat. Konf. II Konferencji	Kraków, 14-15.12.2017 r.	poster

	Krajowej "Transformacja zanieczyszczeń w środowisku", wyd. AGH, Kraków, s. 17.		
II.7.40.	Baran A., **Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Szara M., Tarnawski M. Zawartość węgla organicznego a toksyczność osadów dennych. VIII Krajowa Konferencja Bioindykacyjna „Praktyczne wykorzystanie systemów bioindykacyjnych do oceny jakości i toksyczności środowiska i substancji chemicznych", ISBN 978-83-914308-6-6, s. 54.	Kraków, 18 - 20.04.2018 r.	poster
II.7.41.	Baran A., Urbaniak M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Tarnawski M., Szara M. Effect of organic carbon on emerging compounds content in the bottom sediments. 7th European Bioremediation Conference & 11th ISEB Conference, ISBN 978-618-81537-6-9, s. 199.	Chania, Greece, 25-28.06.2018 r.	poster
II.7.42.	**Mierzwa-Hersztek M.,** Klimkowicz-Pawlas A., Gondek K., Chmiel M.J. **2018.** The geometric mean of enzyme activities, soil microbial composition and plant growth after biochar application [w:] Book of abstracts of 12th International Conference on Agrophysics: Soil, Plant & Climate, s. 97.	Lublin, 17-19.09.2018r.	poster
II.7.43.	Szara M. Baran A., Tarnawski M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Koniarz T. Wpływ węgla organicznego na zawartość miedzi w osadach dennych zbiornika zlokalizowanego na terenach zurbanizowanych. XII Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna „Obieg pierwiastków w przyrodzie: Bioakumulacja – Toksyczność – Przeciwdziałanie; s. 85.	Warszawa, 27-28.09.2018 r.	poster
II.7.44.	Baran A., Szara M., Tarnawski M., Koniarz T., **Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K. The effect of carbon content on mobility and potential bioavailability of trace elements in bottom sediments [w:] Mat. Konf. 19th International Conference of Humic Substances and their Contribution to the Climate Change Mitigation International Conference of International Humic Substances Society, s. 185.	Bułgaria, 16-21.09.2018r.	poster
II.7.45.	Baran A., **Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K., Szara M., Tarnawski M., Koniarz T. The role of organic matter on pollution content and ecotoxicity of bottom sediments [w:] Mat. Konf. 19th International Conference of Humic	Bułgaria, 16-21.09.2018r.	poster

	Substances and their Contribution to the Climate Change Mitigation International Conference of International Humic Substances Society, s. 186.		
II.7.46.	**Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., A Baran. Fraction composition of humus compounds and optical properties of humic acids as indicator of quality of soil with biochar amendment [w:] Mat. Konf. 19th International Conference of Humic Substances and their Contribution to the Climate Change Mitigation International Conference of International Humic Substances Society, s. 267-267.	Bułgaria, 16-21.09.2018r.	poster
II.7.47.	Baran A. Szara M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Tarnawski M., Koniarz T., Urbaniak M., Klimkowicz-Pawlas A. The use of chemical indicators and bioassays for an assessment of ecological risk in contaminated bottom sediments. International Conference "Contaminated Sites 2018", p. 117-118.	Banska Bytsrica, Slowakia, 08-10.10.2018 r.	poster
II.7.48.	**Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Dziedzic K. Effect of low-temperature conversion of wheat and miscanthus straw on the content of Cu, Cd, Pb and Zn in mobile forms and in organic matter-bound forms in sandy soil [w:] Mat. Konf. International Scientific and Practical Forum "Beekeeping of Ukraine as a basis for food safety and environmental protection", s. 71-74.	Ukraina, 2-4.11.2018 r.	poster
II.7.49.	**Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Kopeć M. Wpływ doglebowej aplikacji biowęgla na wiązanie metali ciężkich przez związki próchniczne [w:] Mat. Konf. Współczesne kierunki badan w zakresie geografii gleb, paleopedologii i materii organicznej w środowisku, s. 51.	Toruń, 3-4.03.2019 r.	poster
II.7.50.	Urbaniak M., Baran A., **Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Tarnawski M., Koniarz T. The effect of organic matter content on PCDDs/PCDFs in bottom sediments. 11th International SedNet Conference "Sediments as a dynamic natural resource from catchment to open sea", p. 118.	Dubrovnik, 3-5.04.2019 r.	poster
II.7.51.	Baran A., Szara M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Klimkowicz-Pawlas A., Tarnawski M., Krzysztof Gondek K., Koniarz T. Ekotoksykologiczne i biochemiczne właściwości zanieczyszczonych osadów	Poznań, 08-10.04.2019 r.	poster

	dennych. IX Krajowa Konferencja Bioindykacyjna „Praktyczne wykorzystanie systemów bioindykacyjnych do oceny jakości i toksyczności środowiska i substancji chemicznych", ISBN 978-83-947733-1-1, p. 37-38.		
II.7.52.	Baran A., Klimkowicz-Pawlas A., **Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Tarnawski M., Szara M. The effect of the sediment organic matter on content and potential ecotoxicity of pahs in bottom sediments from Rożnów reservoirs (Pouthern Poland) [w:] Mat. Konf. Natural organic matters geochemical flows and properties: from theory to practice, s. 33.	Ryga, 5-8.06.2019 r.	poster
II.7.53.	**Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Baran A., Kopeć M. Effect of biochar on stabilization of humus compounds and enzymatic activity of sandy soil [w:] Mat. Konf. Natural organic matters geochemical flows and properties: from theory to practice, s. 54.	Ryga, 5-8.06.2019 r.	poster
II.7.54.	**Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K. Effect of coapplication of biochar and mineral salts on the contents of Cu, Cd, Pb and Zn in mobile and organic matter-bound forms in sandy soil [w:] Mat. Konf. Natural organic matters geochemical flows and properties: from theory to practice, s. 55.	Ryga, 5-8.06.2019 r.	poster
II.7.55.	**Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Kopeć M. Biowęgiel jako innowacyjny materiał w odbudowie zasobów glebowej materii organicznej [w:] Mat. Konf. „Innowacyjne pomysły młodych naukowców: Nauka – Startup – Przemysł, AGH, ISBN 978-83-9531674-6, s. 66.	Kraków, 22-23.05.2019 r.	prezentacja ustna
II.7.56.	**Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Bajda T., Kopeć M. Zastosowanie biowęgla i zeolitu jako sorbentów zanieczyszczeń. Streszczenia online: http://szkola.imir.agh.edu.pl/konferencja/?n0=str&nr=46	Kraków, 22-19-20.09.2019 r.	prezentacja ustna
II.7.57.	Wieczorek J., **Mierzwa-Hersztek M.,** Czech T., Gambuś F., Doniec G., Kołodziej A., Spałek I., Gorczyca O. Porównanie przydatności różnych metod roztwarzania odpadów elektronicznych do oznaczania palladu metodą ICP-OES [w:] Mat. Konf. „Nowoczesne metody przygotowania prób i	Kraków, 22-24.09.2019 r.	prezentacja ustna

	analizy wielopierwiastkowej – zastosowanie technik sprzężonych z ICP-MS", s. 9-10.		
II.7.58.	**Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Kopeć M. Characterisation of humic substances and phenolic compounds extracted from soil treated with wheat straw and biochar [w:] Mat. Konf. ECOpole'20 Conference "Chemical substances in the environment", p. 5.	Polanica-Zdrój, 9-12.10.2019r.	prezentacja ustna
II.7.59.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.,** Kopeć M., Zaleski T., Bogdał S., Bieniasz M., Błaszczyk J., Kaczmarczyk E., Knaga J., Łapczyńska-Kordon B., Nawrocki J., Pniak M. Possibilities of natural use of coconut fiber recovered from growing everbearing strawberry in gutters [w:] Mat. Konf. ECOpole'20 Conference "Chemical substances in the environment", p. 17-18.	Polanica-Zdrój, 9-12.10.2019r.	poster
II.7.60.	Baran A., Czech T., Łozowicka B., Kaczyński P., **Mierzwa–Hersztek M.,** Tarnawski M., Gondek K., Szara M. The effect of the sediment organic matter on content and potential ecotoxicity of organochlorine *pesticide residues* in bottom sediments. ENVIRO 2019, 24th International Scientific Conference, ISBN 978-80-552-2049-9, p.15.	Kežmarské Žľaby, Tatranská Lomnica, Slovakia, 21-23.10.2019 r.	poster
II.7.61.	Kopeć M., **Mierzwa-Hersztek M.,** Gondek K., Zaleski T., Bogdał S., Bieniasz M., Błaszczyk J., Knaga J., Nawrocki J., Pniak M. Odzysk odcieków z uprawy truskawki powtarzającej owocowanie elementem retardacji [w:] Mat. Konf. „Retardacja przekształcenia zasobów środowiska. Osiągnięcia, problemy, perspektywy", s. 10.	Rzeszów, 2-3.03.2020 r.	referat
II.7.62.	Jarosz R., **Mierzwa-Hersztek M.,** Szerement J., Bajda T. Właściwości zeolitów oraz możliwości ich zastosowania w rolnictwie. VI Międzynarodowa Konferencja „Innowacyjne pomysły młodych naukowców: Nauka – Startup –Przemysł", s. 69.	Kraków, 11-13.05.2020 r.	poster

II.7.63.	Szerement J., Jarosz R., **Mierzwa-Hersztek M.,** Bajda T. Zeolite from fly ash: synthesis and application. VI Międzynarodowa Konferencja „Innowacyjne pomysły młodych naukowców: Nauka –Startup –Przemysł", s. 90.	Kraków, 11-13.05.2020 r.	referat
Udział w konferencjach i seminariach naukowych, na których wygłoszono referat (streszczenia niepublikowane)			
Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora			
II.7.64.	**Mierzwa M.,** Gondek K. Kopeć M. Ocena wartości nawozowej i rekultywacyjnej uzyskanych produktów biodegradacji poużytkowych materiałów polimerowych.	Białka Tatrzańska, 12-14.03.2014r.	prezentacja ustna
II.7.65.	**Kopeć M.,** Mierzwa-Hersztek M., Gondek K. **2014.** The use of waste materials to fertilization in Poland.	Czechy, 27.11.2014 r.	prezentacja ustna
II.7.66.	**Mierzwa-Hersztek M.** Specjacja wybranych pierwiastków śladowych w glebie po aplikacji biowęgla.	Puławy, 15.10.2015 r.	prezentacja ustna
II.7.67.	**Mierzwa-Hersztek M.** Aspekty nawozowe stosowania materiałów kompostowanych z dodatkiem polimerów.	Puławy, 22.10.2015 r.	prezentacja ustna
II.7.68.	**Mierzwa-Hersztek M.**, Gondek K. Effect of biochar on soil enzymatic activity and ecotoxicity. Konferencja Młodych Naukowców, Dokonania Naukowe Doktorantów – IV Edycja.	Kraków, 9.04.2016 r.	prezentacja ustna
Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora			
II.7.69.	**Mierzwa-Hersztek M.** Biowęgiel – surowce, produkcja i sposoby wykorzystania.	AGH, Kraków 21.01.2019r.	prezentacja ustna
II.7.70.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Kopeć M., Gambuś F. **2019.** The possibility of using composts with the addition of polymer materials to increase the content of organic matter in soil.	Czechy, 15.11.2019 r.	prezentacja ustna
Udział w pozostałych konferencjach i seminariach naukowych			
Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora			
II.7.71.	„Biologiczne metody w integrowanej ochronie roślin", Poznań 6-7.02.2013 r.		
II.7.72.	„Publiczne doradztwo rolnicze wobec wyzwań przyszłości i oczekiwań mieszkańców wsi", Kraków 18-20.03.2013 r.		
II.7.73.	„Razem dla środowiska – fundusze EOG i norweskie w Polsce", Poznań 8.10.2013 r.		

II.7.74.	„VII Międzynarodowa Konferencja Województwa Małopolskiego dotycząca Rozwoju Obszarów Wiejskich", Kraków 7-8.11.2013 r.
II.7.75.	Konferencja naukowa "Wyzwania zarządzania – udział społeczny w zarządzaniu obszarami Natura 2000 w Polsce", Kraków, 28.11.2013 r.
II.7.76.	The conference reporting on the implementation of project tasks BIOMASS in 2014. Title of the paper: "The use of polymeric materials produced in the project and their biodegradation products for agronomic", Łódź, 13.11.2014.
II.7.77.	„Instrumenty i metody przeciwdziałania degradacji gleb użytkowanych rolniczo", Puławy, 8-9.10. 2015 r.
II.7.78.	„Bezpieczne i odpowiedzialne stosowanie środków ochrony roślin", Polskie Stowarzyszenie Ochrony Roślin, Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach, Kraków, 22.11.2016 r.
Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora	
	brak

II.8.	**Informacja o udziale w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji.**	
	Nazwa wydarzenia naukowego	**Pełniona funkcja**
Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora		
II.8.1.	Konferencja krajowa "Instrumenty i metody przeciwdziałania degradacji gleb użytkowanych rolniczo", Puławy, 2015 r.	Członek Komitetu Organizacyjnego
II.8.2.	Międzynarodowa Konferencji Naukowej „Toxic Substances in the Environment", Kraków, 2017 r.	Sekretarz
Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora		
II.8.3.	International Scientific and Practical Forum "Beekeeping of Ukraine as a basis for food safety and environmental protection", Ukraina, 2018 r.	Członek Komitetu Naukowego
II.8.4.	International Conference of Humic Substances and their Contribution to the Climate Change Mitigation International Conference of International Humic Substances Society, Bułgaria 2018 r.	Przewodnicząca sekcji pt. Soil Physical Chemistry - Soil Fertility"

II.9.	**Informacja o uczestnictwie w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów.**			
	Numer projektu	**Tytuł projektu/okres realizacji**	**Kierownik/ Wykonawca**	**Źródło finansowania**
Projekty zrealizowane i/lub projekty, których realizację rozpoczęto przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora				
II.9.1.	POIG 01.01.02-10-123/09	Zastosowanie biomasy do wytwarzania polimerowych materiałów przyjaznych środowisku; okres realizacji: 2009-2015 r., wartość projektu: 31 326 929,24 PLN *(projekt zakończony przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora)*	Wykonawca	Projekt jest finansowany w 85% z funduszy strukturalnych Unii Europejskiej (EFRR)
II.9.2.	2015/17/N/NZ9/01132	Badania nad opracowaniem modelu przemian biowęgla w glebie na podstawie parametrów ilościowych i jakościowych związków próchnicznych, okres realizacji projektu 2016-2019 r., wartość projektu: 150 000 PLN *(projekt rozpoczęty przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora i zakończony po uzyskaniu stopnia naukowego doktora)*	Kierownik	Narodowe Centrum Nauki
II.9.3.	UMO-2016/21/B/ST10/02127	Ocena wpływu materii organicznej osadów dennych na biodostępność i toksyczność związków chemicznych, okres realizacji 2017 – 2020 r., wartość projektu: 529 491 PLN *(projekt rozpoczęty przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora i zakończony po uzyskaniu stopnia naukowego doktora)*	Wykonawca	Narodowe Centrum Nauki
II.9.4.	4161	Wpływ aplikacji stałych produktów termicznego przekształcenia biomasy na wybrane formy pierwiastków śladowych w glebie, okres realizacji projektu 2015 – 2016 r., wartość projektu: 11 075 PLN *(projekt zakończony przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora)*	Kierownik	Dotacja celowa na prowadzenie badań naukowych lub prac rozwojowych Uniwersytetu

				Rolniczego w Krakowie
II.9.5.	DS.-3217/KŻiDZ/2017	Opracowanie metody oznaczania Yb i Cr w paszach oraz próbach treści pokarmowej, kału i mediów infuzyjnych; okres realizacji projektu 2016 – 2017 r., wartość projektu: 11 075 PLN *(projekt zakończony przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora)*	Wykonawca	Działalność Statutowa, finansowana ze środków Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie
II.9.6.	RPMP.10.01.04-12-0460/16	Małopolska Chmura Edukacyjna – wykorzystanie nowoczesnych technik infromacyjno-komunikacyjnych w procesie nauczania i rozwoju kompetencji kluczowych uczniów szkół licealnych z terenu Województwa Małopolskiego - projekt pilotażowy, okres realizacji 2014-2015, Wartość dofinansowania: 3 000 000 PLN, w tym Kraków: 53 800 PLN *(projekt zakończony przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora)*	Wykonawca	Małopolski Regionalny Program Operacyjny na lata 2007-2013: oś priorytetowa 1. Warunki dla rozwoju społeczeństwa opartego na wiedzy, działanie 1.2. Rozwój społeczeństwa informacyjnego
II.9.7.	RPMP.10.02.03-12-0490/16	Modernizacja kształcenia zawodowego w Małopolsce *(projekt zakończony przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora)*	Wykonawca	Program Operacyjny Kapitał Ludzki na lata 2007-2013; Działanie 9.2.m Prowadzenie lekcji on-line oraz kół naukowych na lata 2014-2020
II.9.8.	2109	Wpływ biowęgla na aktywność enzymatyczną gleby, okres realizacji 2018-2019, wartość projektu: 4511, 60 PLN *(projekt rozpoczęty i zakończony po uzyskaniu stopnia naukowego doktora)*	Kierownik	Dotacja celowa na prowadzenie badań naukowych lub prac rozwojowych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie

Projekty będące w toku realizacji - po uzyskaniu stopnia naukowego doktora				
II.9.9.	RPMP.01.02.01 -12 -0430/16	Opracowanie możliwości wykorzystania wód drenarskich do sporządzania pożywki w uprawie truskawki powtarzającej owocowanie – zadanie realizowane w ramach projektu pt. Opracowanie optymalnego, innowacyjnego modelu uprawy truskawki powtarzającej owocowanie, uprawianej w nowoczesnych systemach rynnowych pod daszkami, na bazie podłoża bezglebowego, okres realizacji projektu 2018-2020 r., wartość projektu: 10 084 054,84 PLN, wartość zadania: 253 380 PLN	Kierownik zadania 2	Środki Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Małopolskiego na lata 2014-2020, Poddziała nie 1.2.1. Projekty badawczo – rozwojowe przedsiębiorstw.
II.9.10.	POIR.04.04.00-00-14E6/18-00	Development of a technology for the production of mineral-organic fertilizers with the addition of functionalized fly ash and lignite for the biofortification of plants projekcie realizowanego w ramach projektu pt. Fly ashes as the precursors of functionalized materials for applications in environmental engineering, civil engineering and agriculture. Projekt realizowany w ramach programu TEAM-NET Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, okres realizacji projektu 2020-2023 r., wartość projektu: 21 000 000 PLN; wartość zadania 4: 3 500 000 PLN;	Kierownik zadania 4	Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
II.9.11.	POWR.03.05.00-00-Z020/18	Innowacyjny program strategicznego rozwoju Uczelni okres realizacji 2019-2020	Wykonawca	Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój, Priorytet III Szkolnictwo Wyższe dla Gospodarki i Rozwoju, działanie 3.5.

				Kompleksowe programy szkół wyższych.
II.9.12.	Tango-IV-A/0006/2019-00	SoilBioregener – innowacyjny nawóz o właściwościach HydroBioMikroAktywnych do regeneracji gleb produkcyjnych. Okres realizacji projektu 2020-2021 r., wartość projektu: 249 999,38 PLN	Kierownik	Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
II.9.13.	Lider 0051/L-11/2019	Opracowanie bionawozów przeznaczonych do poprawy jakości biologicznej gleb. Okres realizacji projektu 2021-2023 r., wartość projektu: 1 500 000,00 PLN	Wykonawca	Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

II.10.	**Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach.**			
II.10.1.	Członek Polskiego Towarzystwa Substancji Humusowych (PTSH) i Międzynarodowego Towarzystwa Substancji Humusowych (International Humic Substances Society – IHSS)			
II.11.	**Informacja o odbytych stażach w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru.**			
	Jednostka naukowa	**Miejsce stażu**	**Czas trwania**	**Charakter stażu**
przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora				
II.11.1.	Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów, IUNG – PIB	Puławy	28.09–30.10. 2015 r.	Staż naukowo-badawczy
po uzyskaniu stopnia naukowego doktora				
II.11.2.	State Agrarian and Engineering University in Podilya, Ukraina	Kamieniec Podolski, Ukraina	1.06.–31.08. 2018 r.	Staż naukowo-badawczy

II.12.	**Członkostwo w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach (np. redaktora naczelnego, przewodniczącego rady naukowej, itp.).**			
przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora				
	Brak			
po uzyskaniu stopnia naukowego doktora				
II.12.1.	Członek Rady Redakcyjnej czasopisma międzynarodowego Podolian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics (IJPB) E-ISSN: 2706-851X. http://pb.pdatu.edu.ua/about/editorialTeam			
II.12.2.	Członek Rady Redakcyjnej czasopisma międzynarodowego Global Journal of Enviro Tech (GJET) (czasopismo w trakcie tworzenia)			
II.12.3.	Edytor gościnny wydania specjalnego pt. Soil Use Management and Soil Health w szwajcarskim czasopiśmie Sustainability (https://www.mdpi.com/journal/sustainability/special_issues/Soil_Use)			
II.13.	**Informacja o recenzowanych pracach naukowych lub artystycznych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych.**			
	Czasopismo	**Nr identyfikacyjny recenzowanej publikacji**	**Ilość wykonanych recenzji**	**Impact Factor**
przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora				
II.13.1.	Geology, Geophysics and Environment	• 2728-10695-1-RV	1	-
II.13.2.	Cogent Food & Agriculture	• COGENTAGRI-2017-0219	1	-
II.13.3.	Journal of Cleaner Production	• JCLEPRO-D-17-05428 • JCLEPRO-D-17-05428R2 • JCLEPRO-D-17-07009	3	5,651
II.13.4.	Outline of Agriculture	• Agriculture-354792-peer-review-v1	1	1,030
II.13.5.	Chemosphere	• CHEM44859	1	4,427
II.13.6.	Desalination and Water Treatment	• TDWT-2017-0989	1	1,631
II.13.7.	Environmental Pollution	• ENVPOL_2017_4422	1	4,358
II.13.8.	International Agrophysics	• INTAGRO-D-17-00062	1	1,242
II.13.9.	Journal of Equine Veterinary Science	• JEVS_2017_306	1	0,880
II.13.10.	Journal of Agricultural and Food Chemistry	• jf-2019-07244q_Proof_hi	1	0
II.13.11.	Polish Journal of Soil Science	• 7630-27371-1-RV	1	0

po uzyskaniu stopnia naukowego doktora				
II.13.12.	Geology, Geophysics and Environment	• 2728-10690-1-SP	1	-
II.13.13.	Journal of Cleaner Production	• JCLEPRO-D-18-01636R1 • JCLEPRO-D-18-05123 • JCLEPRO-D-18-01031 • JCLEPRO-D-18-14620R3 • JCLEPRO-D-18-02950	5	5,651
II.13.14.	Desalination and Water Treatment	• TDWT-2018-2150	1	1,631
II.13.15.	Ecological Chemistry and Engineering S	• ECES-00016-2018-01	1	0,700
II.13.16.	Environmental Pollution	• ENVPOL_2020_2322	1	4,358
II.13.17.	Geoderma	• GEODER_2018_321 • GEODER_2018_1919	2	3,740
II.13.18.	Chemosphere	• CHEM53795 • CHEM53795R1 • CHEM53795R2 • CHEM52589R1 • CHEM66052 • CHEM65935	6	4,427
II.13.19.	Journal of Material Cycles and Waste Management	• JMCW-D-17-00479 • JMCW-D-18-00160 • JMCW-D-18-00187 • JMCW-D-18-00543	4	1,693
II.13.20.	Journal of Soils and Sediments	• JSSS-D-18-00664 • JSSS-D-18-00382	2	2,627
II.13.21.	Science of the Total Environment	• STOTEN-D-18-04475 • STOTEN-D-20-01003	2	4,610
II.13.22.	Waste and Biomass Valorization	• WAVE-D-17-00123 • WAVE-D-18-00116 • WAVE-D-18-00958 • WAVE-D-19-00316 • WAVE-D-19-00316_R2 • WAVE-D-19-00379	6	1,874
II.13.23.	Ecological Engineering	• ECOLENG-D-18-01398	1	3,023
II.13.24.	Archives of Agronomy and Soil Science	• GAGS-2019-0179 • GAGS-2019-0681	2	1,681
II.13.25.	Journal of Elementology	• 1225-jelem-2019 • 1325-jelem-2019 • 1464-jelem-2020	3	0,733
II.13.26.	Pedosphere	• Pedos201903169	1	3,188

Mierzwa-Hersztek

II.13.27.	Soil Science and Plant Nutrition	• SSPN-19-084-F • SSPN-18-311-F	2	1,415
II.13.28.	Environment International	• ENVINT_2019_3136 • ENVINT_2019_3136_R 1	2	7,943
II.13.29.	Journal of Hazardous Materials	• HAZMAT-D-19-02439	1	7,650
II.13.31.	Fuel	• JFUE-D-19-05480 • JFUE-D-19-05480R1	2	5,128
II.13.32.	Process Safety and Environmental Protection	• PSEP_2019_804 • PSEP_2019_1413	2	4,384
II.13.33.	Arid Land Research and Management	• UASR-2019-2364	1	0,985
II.13.34.	Environmental Geochemistry and Health	• EGAH-D-19-00666_R1 • EGAH-D-19-00666_R2	2	3,252
II.13.35.	Environmental Science and Pollution Research	• ESPR-D-20-00580	1	2,914
II.13.36.	Waste Management	• WM-19-3098	1	5,431
II.13.37.	Agriculture	• agriculture-776853-peer-review-v1 • agriculture-354792-peer-review-v1	2	2,040
II.13.38.	Scientific Reports	• 309909_1_art_file_8498331_q39n3m	1	4,011
II.13.39.	Agronomy	• agronomy-737773-peer-review-v1	1	2,259
II.13.40	Journal of Environmental Management	• JEMA-D-20-02938 • JEMA-20-03679	2	5,647
II.14.	**Informacja o uczestnictwie w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych.**			
	Brak			

II.15.	**Informacja o udziale w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w pkt. II.9.**			
	Numer projektu	**Tytuł projektu/okres realizacji**	**Kierownik/ Wykonawca**	**Źródło finansowania**
przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora				
II.15.1.	BZ – 853/WRE/ KCHRiŚ/2 016	Wzbogacenie nawozów (ZAKsan i Salmag) produkowanych przez Grupę Azoty ZAK S.A. w mikroelementy – opracowanie nowych formuł nawozów, okres realizacji 2016 r., wartość projektu: 137 760 PLN	Wykonawca	Grupa AZOTY Zakłady Azotowe Kędzierzyn S.A.
II.15.2.	BZ – 870/WRE/ KCHRiŚ/2 016-2017	Opracowanie formuł i ocena działania Saletrosanu®26 z dodatkiem węgla brunatnego/kwasów humusowych, siarczanu magnezu i tytanu, okres realizacji 2016-2017 r., wartość projektu: 132 508 PLN	Wykonawca	Grupa AZOTY Tarnów S.A.
po uzyskaniu stopnia naukowego doktora				
II.15.3.	BZ – 4106/WR E/KCHRi Ś/2018	Ocena działania Saletrosanu® 26 z dodatkiem węgla brunatnego, siarczanu magnezu i tytanu – drugi rok badań, okres realizacji 2018 r., wartość projektu: 134 058 PLN	Wykonawca	Grupa AZOTY Tarnów S.A.
II.15.4.	BZ/4122/ 2019	Ocena działania Saletrosanu 26 z dodatkiem węgla brunatnego, siarczanu magnezu i tytanu – trzeci rok badań, okres realizacji projektu 2019-2020 r., wartość projektu: 164 421 PLN	Wykonawca	Grupa AZOTY Tarnów S.A.
II.15.5.	BZ/9/2020 /WRE	Badania polowe nawozów saletrzanych zawierających innowacyjne dodatki zeolitowe oraz poliamidowe oraz badania wazonowe nawozów ciekłych. Okres realizacji projektu 2020 r., wartość projektu: 209 739,60 PLN	Wykonawca	Grupa AZOTY Zakłady Azotowe Kędzierzyn S.A.

Mierz-Hers

II.15.6.	CI-UR/U/4/2020	Opracowanie innowacyjnych formuł nawozów na bazie dolomitu i siarki wpływających na żyzność gleby i poprawiających zdrowotność roślin. Okres realizacji projektu 2020 -2021 r., wartość projektu: 122 354,25 PLN	Wykonawca	Kopalnia Dolomitu Spółka Akcyjna w Sandomierzu
II.16.	**Informacja o uczestnictwie w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny.**			
	Brak			
II.17	**Informacja o ukończonych kursach i szkoleniach**			
	Tematyka szkolenia/kursu		**Miejscowość i data**	
	przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora			
II.17.1.	Audytor GMP, GHP, HACCP		Kraków, 17-19.12.2010 r.	
II.17.2.	Audytor ISO 9001:2008 I ISO 22000:2005		Kraków, 17.19.12. 2010 r.	
II.17.3.	Wdrażanie dokumentacji systemowej (GMP, GHP, HACCP, ISO 9001, ISO 22000)		Kraków, 17-19.12.2010 r.	
II.17.4.	Inspektor Rolnictwa Ekologicznego w zakresie ekologicznej uprawy roślin i utrzymania zwierząt, numer z rejestru IJHARS: 0471		Warszawa, 2.04.2012 r.	
II.17.5.	Kurs Przygotowania Pedagogicznego – Politechnika Krakowska w Krakowie, Centrum Pedagogiki i Psychologii, Studium Przygotowania Pedagogicznego.		Kraków, 21.11.2012 r.	
II.17.6.	Kurs języka angielskiego (poziom zaawansowany B2/C1) oraz kurs języka niemieckiego (poziom średniozaawansowany B1)		Kraków, 2012-2013 r.	
II.17.7.	Inspektor Integrowanej Produkcji Rolniczej, zaświadczenie nr 12/UR/2013		Kraków, 15.06.2013 r.	
II.17.8.	Szkolenie ICP-OES – optyczna spektrometria emisyjna ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnej sprzężonej. Teoria i praktyka.		Kraków, 18-19.05.2017 r.	
po uzyskaniu stopnia naukowego doktora				
II.17.9.	Szkolenie pt. Efektywne Publikowanie Naukowe		Kraków, 08.04.2019 r.	
II.17.10.	Kurs Pierwszej Pomocy		Kraków, 13-14.04.2019 r.	
II.17.11.	Auditor wewnętrznego systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy		Kraków, 16.06.2019 r.	
II.17.12.	Kurs Przygotowania Pedagogicznego – uprawnienia do prowadzenia szkoleń w zakresie BHP, Politechnika Krakowska w Krakowie		Kraków, 17.06.2019 r.	

Mierz-Her

II.17.13.	Studia Podyplomowe „Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy", Centrum Szkolenia i Organizacji Systemów Jakości	Kraków, 18.06.2019 r.
II.17.14.	Kurs pt. Kolorymetria oraz instrumentalny pomiar barwy w kontroli jakości	Kraków, 08.09.2019 r.
II.18	**Informacja o nagrodach i wyróżnieniach**	
	przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora	
II.18.1.	Wyróżnienie za innowacyjne badania z obszaru nauk medycznych/rolniczych, XV Międzynarodowa Konferencja Polskiego Towarzystwa Magnezologicznego im. Prof. Juliana Aleksandrowicza „Magnez pierwiastkiem życia".	Bydgoszcz, 2014
II.18.2.	Stypendium naukowe JM Rektora UR w Krakowie za szczególne osiągnięcia naukowe i wzorowe wypełnianie obowiązków doktoranta	Kraków, 2014
II.18.3.	Nagroda zespołowa II° JM Rektora UR w Krakowie za wybitne osiągnięcia w dziedzinie naukowej	Kraków, 2017
	po uzyskaniu stopnia naukowego doktora	
II.18.4	Stypendium z Własnego Funduszu Stypendialnego Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie dla pracowników wyróżniających się w zdobywaniu środków finansowych	Kraków, 2019
II.18.5	Nagroda zespołowa II° JM Rektora UR w Krakowie za wybitne osiągnięcia w dziedzinie naukowej	Kraków, 2019
II.19	**Informacja o działalności organizacyjnej (nie wymienionej w punkcie II.8 i II.10)**	
	przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora	
II.19.1.	Członek Odwoławczej Doktoranckiej Komisji Stypendialnej	Kraków, 2013 r. Kraków, 2014 r.
II.19.2.	Członek Odwoławczej Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów i Doktorantów	Kraków, 2012 r.
II.19.3.	Członek Zespołu Oceny Jakości Kształcenia	Kraków, 2013 r.
	po uzyskaniu stopnia naukowego doktora	
	Brak	

Mierz-Her

II.20	**Informacja o opiece naukowej nad doktorantami**			
	Imię i nazwisko doktoranta	**Tytuł rozprawy doktorskiej**	**Data otwarcia przewodu doktorskiego**	**Charakter opieki naukowej**
II.20.1.	Mgr inż. Joanna Palmowska	Integrowana metoda fertygacji murawy trawiastej	26 września 2018r.	Promotor pomocniczy
-	Mgr inż. Renata Jarosz	Wykorzystanie nawozów mineralno-organicznych z dodatkiem materiałów funkcjonalizowanych do regeneracji gleb zanieczyszczonych	-	Promotor pomocniczy
-	Mgr inż. Lidia Marcińska-Mazur	Efektywność działania nawozów nawozów mineralno-organicznych z dodatkiem materiałów funkcjonalizowanych w uprawach rolniczych	-	Promotor pomocniczy

III. INFORMACJA O WSPÓŁPRACY Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

III.1.	**Wykaz dorobku technologicznego.**
	Brak
III.2.	**Informacja o współpracy z sektorem gospodarczym.**
Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora	
III.2.1.	Współpraca z firmą Grupa AZOTY Zakłady Azotowe Kędzierzyn S.A. (realizacja projektu wymienionego w pkt. **II.15.1.** oraz **II.15.5.)**
III.2.2.	Współpraca z firmą Grupa AZOTY Tarnów S.A. (realizacja projektu wymienionego w pkt. **II.15.2.)**

Mierz-Hersz

po uzyskaniu stopnia naukowego doktora	
III.2.3.	Współpraca z firmą Stanflex-Polski Instytut Truskawki Sp. Z o.o. – realizacja projektu badawczego nr RPMP.01.02.01 -12 -0430/16 (realizacja projektu wymienionego w pkt. **II.9.9.**)
III.2.4.	Współpraca z firmą SMARTBIOCARBON TECHNOLOGY Sp. Zo.o. – przygotowywanie wniosku grantowego do szybkiej ścieżki – listopad 2020
III.2.5.	Współpraca z firmą BIKO-SERWIS sp. Z o.o. sp.k. – złożony wniosek grantowy w konkursie 3/1.1.1/2020 Szybka ścieżka dla Mazowsza, nr rejestracyjny wniosku POIR.01.01.01-00-0207/20
III.2.6.	Współpraca z firmą RDLS Sp. Z o.o. – złożony wniosek grantowy w konkursie 3/1.1.1/2020 Szybka ścieżka dla Mazowsza, nr rejestracyjny wniosku POIR.01.01.01-00-0207/20
III.2.7.	Współpraca z firmą Grupa AZOTY Zakłady Azotowe Kędzierzyn S.A. (realizacja projektu wymienionego w pkt. **II.15.5.**)
III.2.8.	Współpraca z firmą Grupa AZOTY Tarnów S.A. (realizacja projektów wymienionych w pkt. **II.15.3.** oraz **II.15.4.**)
III.2.9.	Współpraca z firmą Kopalnia Dolomitu Spółka Akcyjna w Sandomierzu (realizacja projektu wymienionego w pkt. **II.15.6.**)
III.3.	**Uzyskane prawa własności przemysłowej, w tym uzyskane patenty, krajowe lub międzynarodowe.**
przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora	
	Brak
po uzyskaniu stopnia naukowego doktora (<u>zgłoszenia patentowe</u>)	
III.3.1.	Franus W., Woszuk A., Bajda T., **Mierzwa-Hersztek M.,** Drewniak Ł. Dziewit Ł. **2019.** Sposób spieniania asfaltu z zastosowaniem dwuskładnikowego dodatku P.433572 [WIPO ST 10/C PL433572]
III.3.2.	Franus W., Woszuk A., Bajda T., **Mierzwa-Hersztek M.,** Drewniak Ł. Dziewit Ł. **2019.** Sposób spieniania asfaltu z zastosowaniem dodatku dwuskładnikowego P.433573 [WIPO ST 10/C PL433573]
III.4.	**Informacja o wdrożonych technologiach.**
	Brak
III.5.	**Informacja o wykonanych ekspertyzach lub innych opracowaniach wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców.**
	Brak
III.6.	**Informacja o udziale w zespołach eksperckich lub konkursowych.**
	Brak
III.7.	**Informacja o projektach artystycznych realizowanych ze środowiskami pozaartystycznymi.**
	Nie dotyczy

IV. INFORMACJE NAUKOMETRYCZNE*

IV.1.	**Informacja o punktacji Impact Factor (w dziedzinach i dyscyplinach, w których parametr ten jest powszechnie używany jako wskaźnik naukometryczny).**	
Suma IF przed uzyskaniem stopnia doktora		**13,225**
Suma IF po uzyskaniu stopnia doktora *(z wyłączeniem punktów dla publikacji wyłączonych do cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych)*		**77,693**
Suma IF po uzyskaniu stopnia doktora *(bez wyłączenia punktów dla publikacji wyłączonych do cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych)*		**98,730**
Suma IF przed i po uzyskaniu stopnia doktora *(z wyłączeniem punktacji Impact Factor dla publikacji wyłączonych do cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych)*		**90,918**
Suma IF przed i po uzyskaniu stopnia doktora *(bez wyłączenia punktacji Impact Factor dla publikacji wyłączonych do cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych)*		**111,955**
IV.2.	**Informacja o liczbie cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań.**	
Liczba cytowań na podstawie **Web of Science Core Collection**		Bez autocytowań: 197
		Łączna liczba cytowań: 265
Liczba cytowań na podstawie **Scopus**		Bez autocytowań: 216
		Łączna liczba cytowań: 298
Liczba cytowań na podstawie **Google Scholar**		Bez autocytowań: -
		Łączna liczba cytowań: 420
Liczba cytowań na podstawie **Research Gate**		Bez autocytowań: -
		Łączna liczba cytowań: 342
IV.3.	**Informacja o posiadanym indeksie Hirscha.**	
H – indeks na podstawie **Web of Science Core Collection**		**10**
H – indeks na podstawie **Scopus**		**10**
H – indeks wg bazy **Google Scholar**		**12**
H – indeks wg bazy **Research Gate**		**10**

Mierzwa-Hersztek

IV.4.	**Informacja o liczbie punktów MNiSW.**
Przed uzyskaniem stopnia doktora	**376**
Po uzyskaniu stopnia doktora *(z wyłączeniem punktów dla publikacji wyłączonych do cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych)*	**1839**
Po uzyskaniu stopnia doktora *(bez wyłączenia punktów dla publikacji wyłączonych do cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych)*	**2254**
Suma punktów MNiSW przed i po uzyskaniu stopnia doktora *(z wyłączeniem punktów dla publikacji wyłączonych do cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych)*	**2215**
Suma punktów MNiSW przed i po uzyskaniu stopnia doktora *(bez wyłączenia punktów dla publikacji wyłączonych do cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych)*	**2630**

*dane na dzień 25.10.2020 r.

Monika Mierzwa-Hersztek
(podpis wnioskodawcy)

AUTOREFERAT

w postępowaniu habilitacyjnym w dziedzinie nauk rolniczych, dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo

dr inż. Monika Mierzwa-Hersztek

Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej

Kraków 2020

Spis treści

1. DANE PERSONALNE 3
2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE LUB ARTYSTYCZNE – Z PODANIEM PODMIOTU NADAJĄCEGO STOPIEŃ, ROKU ICH UZYSKANIA ORAZ TYTUŁU ROZPRAWY DOKTORSKIEJ 3
3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH LUB ARTYSTYCZNYCH 4
4. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1 PKT. 2 USTAWY 5
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego 5
4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego (autorzy, rok wydania, tytuł publikacji, nazwa wydawnictwa 5
4.3. Omówienie celu naukowego publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania 9
4.4. Najważniejsze wnioski wynikające z przeprowadzonych badań wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, podsumowanie i propozycja wykorzystania wyników badań 33
5. INFORMACJA O WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ ALBO ARTYSTYCZNĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ LUB INSTYTUCJI KULTURY, W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ 39
6. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ LUB SZTUKĘ 42
7. POZOSTAŁE INFORMACJE DOTYCZĄCE KARIERY ZAWODOWEJ 45
7.1. Przebieg pracy badawczej przed uzyskaniem stopnia doktora (X.2012-X.2017) 45
7.2. Przebieg pracy badawczej po uzyskaniem stopnia doktora (XI.2017-X.2020) 54

1. DANE PERSONALNE

Imię i nazwisko: Monika Anna Mierzwa-Hersztek

Dane kontaktowe: tel.: 602-584-980

e-mail: monika6_mierzwa@wp.pl, monika.mierzwa@urk.edu.pl, mierzwa@agh.edu.pl

2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE LUB ARTYSTYCZNE – Z PODANIEM PODMIOTU NADAJĄCEGO STOPIEŃ, ROKU ICH UZYSKANIA ORAZ TYTUŁU ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Wykształcenie:

2007 – 2011 – studia I° na Akademii Rolniczej, obecnie na Uniwersytecie Rolniczym im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział: Rolniczo-Ekonomiczny, Kierunek: Ochrona Środowiska, specjalność: Ochrona Środowiska Rolniczego; temat pracy inżynierskiej: „*Zawartość materii organicznej oraz wybranych pierwiastków śladowych w komunalnych osadach ściekowych przekształconych termicznie i biologicznie*". Data egzaminu: 20.01.2011 r.

2008 – 2012 – studia I° Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Technologii Żywności, kierunek: Technologia Żywności i Żywienie Człowieka; specjalność: Jakość i Bezpieczeństwo Żywności; temat pracy inżynierskiej: „*Zanieczyszczenia mikrobiologiczne żywności pochodzenia roślinnego*". Data egzaminu: 03.02.2012 r.

2008 – 2012 – studia II° Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział: Rolniczo-Ekonomiczny, Kierunek: Ochrona Środowiska, specjalność: Zagrożenia i ochrona ekosystemów; temat pracy magisterskiej: „*Występowanie grzybów z rodzaju Aspergillus w fyllosferze wybranych roślin uprawnych i pochodzących z nich produktów*". Data egzaminu: 25.06.2012 r.

2012 – 2017 – studia III° Uniwersytet Rolniczy w Krakowie im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział: Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Kierunek: Agronomia; Specjalność: chemia rolna i środowiskowa, ochrona środowiska; temat rozprawy doktorskiej: „*Aspekty nawozowe i środowiskowe stosowania materiałów kompostowanych z dodatkiem polimerów otrzymanych z polietylenu i skrobi kukurydzianej*". Stopień doktora nauk rolniczych w dyscyplinie agronomia, specjalność chemia rolna, ochrona środowiska, nadany uchwałą Rady Wydziału Rolniczo-Ekonomicznego Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie z dnia 25 października 2017 r.
Promotor: prof. dr hab. inż. Krzysztof Gondek
Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Jerzy Wieczorek
Recenzenci: prof. dr hab. inż. Jan Łabętowicz, SGGW, Warszawa
dr hab. inż. Grażyna Żukowska, UP, Lublin

Mierz-Hr

Studia podyplomowe:

2011 – 2012 – Politechnika Krakowska w Krakowie, Centrum Pedagogiki i Psychologii; Studium Przygotowania Pedagogicznego; studia ukończone z wynikiem bardzo dobrym i wyróżnieniem,

2012 – 2013 – Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny; Studia Podyplomowe „Integrowana Produkcja Rolnicza"; studia ukończone z wynikiem bardzo dobrym,

2018 – 2019 – Politechnika Krakowska w Krakowie, Centrum Szkolenia i Organizacji Systemów Jakości, Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy.

3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH LUB ARTYSTYCZNYCH

Od II 2020 – do chwili obecnej – profesor uczelni w grupie pracowników badawczych (pełny etat) w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,

Od I 2020 – do chwili obecnej – adiunkt w grupie pracowników badawczych (1/2 etatu) w Katedrze Mineralogii, Petrografii i Geochemii, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza,

Od IV 2019 – I 2020 – adiunkt w grupie pracowników badawczych (pełny etat) w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,

Od XI 2018 – X 2019 – starszy technik (w wymiarze 3/4 etatu) w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,

XI 2016 – XI 2017 – starszy technik (w wymiarze 3/4 etatu) w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,

X 2016 – III 2019 – asystent naukowy (w wymiarze 1/4 etatu) w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.

4. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1 PKT. 2 USTAWY

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Wpływ biowęgla na jakość gleb - ocena działania na podstawie wskaźników chemicznych, biologicznych i ekofizjologicznych

4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego (autorzy, rok wydania, tytuł publikacji, nazwa wydawnictwa)

Jako podstawę osiągnięcia naukowego wybrano cykl dziesięciu monotematycznych, oryginalnych publikacji naukowych, których sumaryczny impact factor (IF) zgodnie z rokiem wydania wynosi **21,037**, a liczba punktów według wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) zgodna z rokiem wydania wynosi **415**.

Lp.	Autorzy	Dane bibliograficzne	Punkty MNiSW[1]	IF[2]	Liczba cytowań (bez autocytowań)[3]	
					WoS	Scopus
4.2.1.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Gondek K., Nawrocka A., Pińkowska H., Bajda T., Stanek-Tarkowska J., Szostek M.	The FT-IR analysis and phenolic compounds content of exogenous organic matter produced from plant biomass. Journal of Elementology, **2019,** 24(3), 879-896. DOI:10.5601/jelem.2018.23.3.1716	40	0,705	3	3
4.2.2.	Gondek K., **Mierzwa-Hersztek M.***, Kopeć M.	Mobility of heavy metals in sandy soil after application of composts produced from maize straw, sewage sludge and biochar. Journal of Environmental Management, **2018**, 210, 87-95. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.01.023	35	5,305	30	33
4.2.3.	**Mierzwa-Hersztek M.***, Gondek K, Klimkowicz-Pawlas A., Baran A., Bajda T.	Sewage sludge biochars management-ecotoxicity, mobility of heavy metals, and soil microbial biomass. Environmental Toxicology and Chemistry, **2018**, 37(4), 1197–1207. DOI: 10.1002/etc.4045.	35	3,501	16	19

4.2.4.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Jewiarz M, Dziedziec K.	Assessment of energy parameters of biomass and biochars, leachability of heavy metals and phytotoxicity of their ashes. Journal of Material Cycles and Waste Management, **2019**, 21(4), 786–800. DOI: 10.1007/s10163-019-00832-6	70	2,249	6	9
4.2.5.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Bajda T., Kopeć M.	Zastosowanie biowęgla i zeolitu jako adsorbentów zanieczyszczeń mineralnych. Przemysł Chemiczny, **2019**, 98(12), 1969-1972. DOI: 10.15199/62.2019.12.19	40	0,376	0	0
4.2.6.	Gondek K, **Mierzwa-Hersztek M.*,** Kopeć M., Mróz T.	The influence of biochar enriched with magnesium and sulphur on the amount of *Perennial ryegrass* biomass and selected chemical and biological properties of sandy soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, **2018**, 49(11), 1257-1265. DOI: 10.1080/00103624.2018.1455848.	15	0,770	1	3
4.2.7.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Wolny-Koładka K., Gondek K., Gałązka A., Gawryjołek K.	Effect of coapplication of biochar and nutrients on microbiocenotic composition, dehydrogenase activity index and chemical properties of sandy soil. Waste and Biomass Valorization, **2019**, 11, 3911-3923. DOI:10.1007/s12649-019-00757-z	70	2,890	3	4
4.2.8.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Klimkowicz-Pawlas A., Gondek K.	Influence of poultry litter and poultry litter biochar on soil microbial respiration and nitrifying bacteria activity. Waste and Biomass Valorization, **2018**, 9, 379-389. DOI: 10.1007/s12649-017-0013-z.	20	2,191	7	6
4.2.9.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K., Klimkowicz-Pawlas A., Kopeć M., Lošák T.	Effect of coapplication of poultry litter biochar and mineral fertilisers on soil quality and crop yield. Zemdirbyste-Agriculture, **2018**, 105(3), 203–210. DOI: 10.13080/z-a.2018.105.026.	20	1,118	2	2

M.Mier-Her

4.2.10.	**Mierzwa-Hersztek M.*,** Gondek K, Klimkowicz-Pawlas A., Chmiel M.J., Dziedzic K., Hutsol T.	Assessment of soil quality after biochar application based on enzymatic activity and the microbial composition. International Agrophysics, **2019**, 33, 331-336. DOI: https://doi.org/10.31545/intagr/110807	70	1,932	2	2
SUMA			**415**	**21,037**	**70**	**81**

[1]liczba punktów z roku wydania;
[2]impact factor z roku wydania; wartość IF na podstawie bazy danych SCI Journal Impact Factor Database (https://www.scijournal.org/)
[3]liczba cytowani bez autocytowań z baz Web of Science (WoS) oraz Scopus (dane z dnia 25.10.2020 r.);
*autor korespondencyjny.

- **Sumaryczny Impact Factor** dla publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego: **21,037**.
- **Punktacja MNiSW** publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego: **415 punktów**.
- **Łączna liczba cytowań** publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego wg bazy Web of Science (WoS): **70** oraz wg bazy Scopus: **81** (dane z dnia 25.10.2020 r.).

Niezależnie od powyższego zestawienia, wykaz i kopie cyklu powiązanych tematycznie artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe zamieszczono w wykazie osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny w **załączniku 5**. Oświadczenia określające wkład merytoryczny każdego współautora w powstanie wyżej wymienionych publikacji zamieszczono w **załączniku 6**.

Wymienione w powyższej tabeli publikacje, wchodzące w skład osiągnięcia habilitacyjnego omówiono w **pkt. 4.3**. zgodnie z nadaną im numeracją (**4.2.1 – 4.2.10**). Cytowana w tekście literatura uzupełniająca zamieszczona została na końcu opisu stanowiącego osiągnięcie naukowe

mimo-Her

Wykaz ważniejszych skrótów

BISF – biologiczny wskaźnik żyzności gleby,
BR – podstawowa (bazowa) aktywność respiracyjną gleby (ang. *basal respiration*),
Cmic – biomasa mikroorganizmów (lub węgiel zawarty w biomasie mikroorganizmów glebowych),
Cmic/Corg – iloraz mikrobiologiczny (lub wskaźnik dostępności węgla dla mikroorganizmów),
DAI – indeks zmiany aktywności dehydrogenaz,
DhA – aktywność dehydrogenaz,
DOC – zawartość węgla rozpuszczalnego w wodzie (temperatura 20 ℃, 24 godz.),
DON – zawartość azotu rozpuszczalnego w wodzie (temperatura 20 ℃, 24 godz.),
ECB – European Biochar Certificate,
FTIR –spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera (ang. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*),
FVI – wskaźnik wartości paliwa (ang. *fuel value index*),
GMea – średnia geometryczna wartość aktywności enzymów,
IBI – International Biochar Initiative,
Mf – grzyby pleśniowe,
MSB – biowęgiel ze słomy z miskanta (*Miscanthus giganteus*),
NIT – potencjał bakterii nitryfikacyjnych,
PLB – biowęgiel z pomiotu drobiowego,
qCO_2 – iloraz metaboliczny drobnoustrojów (ang. *metabolic quotient*),
RQ – współczynnik oddechowy (ang. *respiratory quotient*),
S_{BET} – powierzchnia rozwinięcia (powierzchnia właściwa),
SIR – indukowana substratem aktywność respiracyjna gleby (ang. *substrate-induced respiration*),
SSBC – biowęgiel z komunalnych osadów ściekowych,
SSBC-K – biowęgiel z komunalnych osadów ściekowych z Krzeszowic,
SSBC-KR – biowęgiel z komunalnych osadów ściekowych z Krakowa,
SSBC-S – biowęgiel z komunalnych osadów ściekowych ze Słomnik,
TEI – zintegrowany wskaźnik całkowitej aktywności enzymatycznej gleby,
TPC – całkowita zawartość związków fenolowych (ang. *total phenolic compounds*),
Ure – aktywność ureaz,
Vb – liczebność bakterii - formy wegetatywne,
WSB – biowęgiel ze słomy pszennej,
WSPC – zawartość związków fenolowych rozpuszczalnych w wodzie (ang. *water soluble phenolic compounds*),
WWA – wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne.

4.3. Omówienie celu naukowego publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Wprowadzenie

Gleba stanowi podstawowy, a zarazem bardzo złożony element i zasób środowiska przyrodniczego, który podlega ciągłym zmianom w czasie. Na rolę gleby jako najważniejszego przyrodniczego bogactwa wskazuje również Europejska Karta Gleby (1972), która stanowi pierwszy dokument podkreślający niepodważalne znaczenie gleby w życiu człowieka i innych organizmów żywych. Poznanie cech morfologicznych gleby oraz zachodzących w niej procesów biologicznych, fizycznych i chemicznych jest niezbędne w racjonalnym i zrównoważonym gospodarowaniu jej zasobami (Erkossa i in. 2007, Bastida i in. 2008). W świetle zasad zachowania zasobów środowiska przyrodniczego, ochrona i racjonalna gospodarka zasobami gleby staje się strategicznym kierunkiem rozwoju i wyzwaniem dla nauki, służącej praktyce (COM 2006, FAO i ITPS 2015, Głąb i in. 2020).

Kierunki działań zmierzających do zrównoważonego gospodarowania zasobami gleby wymagają znacznego ograniczenia presji wynikającej głównie z działalności człowieka, który poprzez pozyskiwanie materii i energii ze środowiska, ich przetwarzanie, magazynowanie, konsumowanie, ponowne deponowanie i rozpraszanie w środowisku staje się kreatorem zachodzących w nim procesów i zmian (Pikuła 2015, Williams i in. 2020). Najważniejszymi przyczynami tych zmian w środowisku jest zwiększająca się liczba ludności, rozwój możliwości technologicznych oraz osiąganie coraz wyższego poziomu i jakości życia, traktowanej głównie jako zwiększenie konsumpcji. Znajduje to bezpośrednie odzwierciedlenie nie tylko w ilości produkowanych dóbr konsumpcyjnych, ale również w ładunku emitowanych do środowiska zanieczyszczeń i ilości generowanych odpadów. Wiele dotychczasowych działań ukierunkowanych na ograniczenie przeznaczania gruntów na potrzeby urbanizacji i infrastruktury, redukcję emisji zanieczyszczeń, w tym gazów cieplarnianych czy też na ochronę gleb i różnorodności biologicznej, nie przyniosło zamierzonych efektów i stale dochodzi do zaburzeń funkcjonalnych i zmian przestrzennych wielu ekosystemów. Vasu i in. (2020) podają, że dotychczas degradacji (bez względu na rodzaj) uległo ponad 24% gruntów, a w kolejnych latach powierzchnia ta będzie zwiększała się średnio o 5% rocznie.

Należy podkreślić, że ingerencja człowieka w procesy zachodzące w środowisku prowadzi do naruszenia naturalnie ukształtowanej homeostazy, ustalonej przy współdziałaniu organizmów żywych oraz czynników abiotycznych. W glebach agrocenoz destruktywne

Mierz-Hers

działanie zabiegów wykonywanych przez człowieka wpływa wyraźnie na intensywność szeregu procesów, również niekorzystnych, które warunkują zmiany właściwości gleby, w tym substancji próchnicznych oraz nierozerwalnie z tym związanej populacji edafonu (Gul i in. 2015, El-Naggar i in. 2019). Nasilenie procesów degradacji gleby skutkuje między innymi pogorszeniem lub utratą jej funkcji produkcyjnych, w tym możliwości zabezpieczenia potrzeb żywieniowych, paszowych lub surowcowych dla ludzi, zwierząt, przemysłu oraz energetyki, a także funkcji środowiskowych, w tym retencyjnych i biologicznych gleby, które w konsekwencji przekładają się na jakość naszego życia. Intensyfikacja procesów utraty glebowej materii organicznej, erozja, zasolenie, zagęszczenie, pustynnienie, zanieczyszczenia organiczne i nieorganiczne oraz utrata bioróżnorodności gleby stanowią obecnie jedne z największych zagrożeń dla środowiska glebowego wpisujących się w strategię tematyczną dla gleb Unii Europejskiej (COM 2006).

Mając na uwadze współczesne problemy racjonalnego gospodarowania zasobami gleby oraz konieczność ich rozwiązywania na drodze świadomych i skutecznych działań prośrodowiskowych, w pełni uzasadniony staje się kierunek kształtowania i poprawy zdolności regeneracyjnych gleby. Kierunek ten wpisuje się w strategię zasad zrównoważonego rozwoju i model gospodarki o obiegu zamkniętym. Zwiększenie stopnia wykorzystywania zasobów przy jednoczesnym zmniejszeniu napływu nowych surowców (w szczególności z zasobów nieodnawialnych) z całą pewnością stanowi rozwiązanie zmniejszające obciążenie dla środowiska przyrodniczego (Kopeć i in. 2018a, Smol i in. 2019). Ważnym elementem gospodarki obiegowej jest przyrodnicze wykorzystanie materiałów organicznych, w tym odpadów pochodzących z gospodarki komunalnej (np. osady ściekowe, biomasa odpadowa z terenów zielonych), przemysłowej (np. odpady z produkcji biogazu, odpady z przemysłu drzewnego) i rolniczej (np. słoma, pomiot drobiowy).

Potrzeba doskonalenia sposobu gospodarowania materiałami, w tym odpadami organicznymi i zarządzania ich zasobami podyktowana jest systematycznym zwiększaniem się ich ilości oraz retardacją zasobów środowiskowych (KPGO 2016). Szacuje się, że w krajach wysoko rozwiniętych, przy średniorocznym zwiększeniu liczby ludności na poziomie 1-2%, produkcja przemysłowa zwiększa się o 4-6% i w analogicznym tempie przybywa wytwarzanych odpadów (Łabętowicz i in. 2019). Kierunki zagospodarowania odpadów organicznych w krajach europejskich zależą zwykle od wskaźnika rozwoju gospodarczego kraju (Inglezakis i in. 2011, Czechowska-Kosacka i in. 2014), a o wyborze metody ich unieszkodliwiania decyduje głównie ich jakość, a zwłaszcza obecność zanieczyszczeń sanitarnych i chemicznych stanowiących zagrożenie dla środowiska przyrodniczego (Liu i in. 2014, Gondek i in. 2018).

Z danych literaturowych wynika, że racjonalnym rozwiązaniem zagospodarowania odpadów organicznych, pozwalającym na maksymalizację stopnia wykorzystania zawartych w nich substancji biogennych, przy jednoczesnym spełnieniu wymogów bezpieczeństwa sanitarnego i środowiskowego jest ich przekształcanie na drodze recyklingu organicznego lub konwersji pirolitycznej (Méndez i in. 2012, Liu i in. 2014, Kopeć i in. 2018b, Mierzwa-Hersztek i in. 2018). Kompostowanie od wielu lat stanowi jeden z wiodących kierunków zagospodarowania i unieszkodliwiania odpadów organicznych, który prowadzi do jednoczesnego unieszkodliwienia niektórych odpadów organicznych i pozyskania pełnowartościowego produktu. Jest to jednak proces stosunkowo czasochłonny, który wymaga starannego doboru ilościowego i jakościowego biomasy w celu np. uzyskania prawidłowego stosunku C:N (Jędrczak 2007). Pewnym ograniczeniem dla możliwości wykorzystania recyklingu organicznego w przekształceniu odpadów organicznych jest ich silne zanieczyszczenie mikrobiologiczne. Rozwiązaniem dla tego problemu może być proces termicznej konwersji biomasy na drodze pirolizy do biowęgla.

Biowęgiel to materiał, który otrzymuje się w procesie pirolizy biomasy pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego. Różnorodność zastosowań biowęgla zależy jednak od jego właściwości fizycznych i chemicznych, a te z kolei stanowią wypadkową parametrów procesu pirolizy (m.in. temperatura, ciśnienie, czas) oraz rodzaju biomasy (Song i Guo 2012, Lehmann i Joseph 2015, Tisserant i Cherubini 2019). Materiał ten wyróżnia nie tylko wysoka zawartość węgla i składników mineralnych, ale przede wszystkim duża stabilność pod względem chemicznym i mikrobiologicznym, znaczna powierzchnia właściwa i obecność powierzchniowych grup funkcyjnych (Morales i in. 2015, Lehmann i Joseph 2015). Cechy te sprawiają, że biowęgiel stale cieszy się bardzo dużym zainteresowaniem i znajduje zastosowanie w wielu gałęziach gospodarki, w tym rolnictwie, inżynierii i ochronie środowiska.

Należy jednak zaznaczyć, że różnorodność biomasy używanej produkcji biowęgla oraz warunki procesu pirolizy sprawiają, że biowęgle cechują mocno zróżnicowane właściwości, które przekładają się na efekty jego działania. Autorzy znakomitej większości opracowań podkreślają, że biowęgiel przynosi wymierne korzyści dla poprawy jakości gleby, w tym m.in. zwiększa odporność gleby na degradację, poprawia retencję wody i składników pokarmowych dla roślin (El-Naggar i in. 2019, Głąb i in. 2020), jest sorbentem i neutralizatorem znaczącej grupy zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych (Houben i in. 2013, Paz-Ferreiro i in. 2014, Al-Wabel i in. 2015, Lehmann i Joseph 2015, Gondek i in. 2018), coraz częściej jest wykorzystywany w procesie kompostowania w celu optymalizacji samego procesu i/lub nadania nowych właściwości otrzymanym kompostom (Kopeć i in. 2017, Gondek i in. 2018).

Należy także podkreślić, że przekształcenie termiczne biomasy do biowęgla i jego aplikacja do gleby uznawana jest obecnie za jeden z najlepszych sposobów na sekwestrację węgla, co w konsekwencji prowadzi do łagodzenia zmian klimatu (El-Naggar i in. 2019, Tisserant i Cherubini 2019). W literaturze przedmiotu istnieją jednak również doniesienia o braku efektu działania lub negatywnym wpływie biowęgla na środowisko i organizmy żywe (Ogbonnaya i Semple 2013, Kołtowski i Oleszczuk 2015, Lehmann i Joseph 2015, Blanco-Canqui 2017, Tisserant i Cherubini 2019). Niekorzystny wpływ biowęgla na środowisko, w tym organizmy żywe może wynikać nie tylko z jego właściwości, takich jak: pH, EC, skład elementarny, obecność zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych, ale również może stanowić wynik ich interakcji z glebą. Przykładowo Wu i in. (2012) wykazali, że biowęgle otrzymane w temperaturze powyżej 400 ℃ cechuje wyraźnie zmniejszona funkcjonalność i mniejsza hydrofilowość, a w temperaturze powyżej 600 ℃ następuje rozkład grup funkcyjnych poprzez degradację termiczną. Z tego względu biowęgle wyprodukowane w wysokich temperaturach, o strukturze ogniotrwałej formy grafenu, z jednej strony wykazują większą stabilność w środowisku, a z drugiej strony niearomatyczne frakcje węgla sprawiają, że stanowi on niezwykle trudno rozkładalne źródło węgla dla mikroorganizmów. Wyniki badań własnych oraz cytowanych autorów jednoznacznie wskazują na zasadność produkcji biowęgla w niższych temperaturach w przypadku jego przeznaczenia do poprawy jakości gleby.

Oceny wpływu rolniczej i pozarolniczej działalności człowieka na jakość gleby, dokonuje się głównie poprzez określenie jej właściwości chemicznych. Niestety określenie samego chemizmu gleby zwykle nie stanowi miarodajnego wskaźnika jej jakości, odporności na degradację i zdolności gleby do regeneracji. Z tego względu obecnie coraz większą wagę przywiązuje się do kompleksowej oceny jakości gleby z uwzględnieniem testów biologicznych, takich jak aktywność enzymatyczna, respiracyjna czy ekotoksyczność (Spohn 2015, Mierzwa-Hersztek i in. 2016). Wykonanie tego typu testów jest istotne, zwłaszcza w przypadku oceny oddziaływania na glebę materiałów organicznych o zróżnicowanych właściwościach, do których niewątpliwie należy biowęgiel. W odróżnieniu od właściwości chemicznych i fizycznych, testy biologiczne stanowią nie tylko wczesne, ale również jedne z najczulszych wskaźników stanu środowiska glebowego, które pozwalają na monitorowanie procesów biochemicznych w celu pozyskiwania informacji o wpływie substancji potencjalnie toksycznych na środowisko glebowe. Dodatkowo mając na uwadze, że w środowisku glebowym może występować mieszanina różnych substancji zanieczyszczających, efekt toksyczności po aplikacji biowęgla może być większy niż suma toksyczności poszczególnych składników (efekt synergistyczny), równy tej sumie (efekt addytywny) lub mniejszy (efekt

Mierz-Her

antagonistyczny). Oznaczenie zawartości poszczególnych substancji zanieczyszczających w glebie nie odzwierciedla ich realnego ekotoksykologicznego zagrożenia dla organizmów żywych. Według Bielińskiej i in. (2014) dotychczas udokumentowano toksyczność około 100 tysięcy związków, z czego niespełna 170 poddawane jest rutynowym analizom. Pozostała część tj. 99% nie jest monitorowana. Z tego względu przy ocenie jakości gleby istotne jest określenie ich sumarycznego poziomu, który może być tolerowany przez organizmy żywe i rośliny. Wskaźniki biologiczne i ekofizjologiczne umożliwiają zatem bardziej precyzyjną ocenę jakości gleby i stwarzają podstawy do działań profilaktycznych.

Choć wielu autorów podkreśla istotność scharakteryzowania parametrów biologicznych gleby w celu kompleksowej oceny oraz identyfikacji obecnych i przyszłych zmian w glebie, szczególnie w przypadku doglebowej aplikacji biowęgla (Kuzyakov i in. 2009, Ameloot i in. 2013, Spohn 2015), zaznacza przy tym, że należą one do jednych z najbardziej skomplikowanych i trudnych w interpretacji. Wpływa na to nie tylko zmienność warunków glebowo-klimatyczno-środowiskowych, ale przede wszystkim zdolność mikroorganizmów do szybkiego reagowania na zmiany zachodzące w środowisku ich bytowania pod wpływem czynników naturalnych i antropogenicznych (Gondek i in. 2016, Mierzwa-Hersztek i in. 2017, Duan i in. 2019). Zmiany jakościowe w populacjach mikroorganizmów mają znaczący wpływ na integralność funkcjonalną gleby, a jej różnorodność mikrobiologiczna ma fundamentalne znaczenie dla zrównoważonego zarządzania środowiskiem. Gleba stanowi dla mikroorganizmów niezastąpione środowisko życia, w którym przeprowadzają szereg procesów biochemicznych, w tym życiowych mających kluczowe znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania ekosystemów lądowych (Ameloot i in. 2015, Spohn 2015).

Cel i zakres badań

Proces monitorowania zmian zachodzących w środowisku po aplikacji biowęgla, ze szczególnym uwzględnieniem gleby, powinien być oparty na metodach i narzędziach, które pozwolą na lepsze zrozumienie zależności i interakcji pomiędzy aktywnością funkcjonalną mikroorganizmów, a zmianą warunków środowiska. Ze względu na złożony i dynamiczny charakter wielu procesów zachodzących w środowisku, wybór pojedynczego wskaźnika jest bardzo trudny. Praktyczny wymiar oceny oddziaływania biowęgla na środowisko glebowe wymusza więc zastosowanie narzędzi bardziej stabilnych i miarodajnych, które pozwolą na skwantyfikowanie stanu jego jakości. Słusznym podejściem pozwalającym na osiągnięcie tego celu wydaje się być wykorzystanie tzw. wskaźników zintegrowanych. Zagregowanie, uporządkowanie i przedstawienie silnie powiązanych ze sobą właściwości chemicznych,

Mierz-Her

fizycznych i biologicznych gleby wyrażonych w postaci wartości liczbowej/indeksu pozwoli na wskazanie tych funkcji i właściwości, które uległy pogorszeniu lub poprawie po aplikacji biowęgla. Należy podkreślić, że podejście to stanowi nie tylko aspekt poznawczy, ale jest również uzupełnieniem luki wiedzy z tej tematyki – szczególnie w przypadku oceny jakości gleby.

Mając na uwadze, że w ostatnich latach ocena jakości i zdrowia gleby po aplikacji biowęgla stanowi przedmiot zainteresowania szerokiego grona naukowców na całym świecie, a wykorzystanie różnego rodzajów biowęgli do odbudowy kluczowych funkcji gleby i poprawy jej zdolności regeneracyjnych może przynieść wymierne i wieloaspektowe korzyści, przeprowadzono badania, których **celem była ocena przydatności i możliwości wykorzystania zintegrowanych wskaźników chemicznych, biologicznych i ekofizjologicznych do charakterystyki jakości środowiska glebowego po zastosowaniu biowęgla.**

W odpowiedzi na wyzwania współczesnej nauki, holistyczne traktowanie środowiska oraz kierunki dalszych badań, **cel główny** pracy osiągnięto poprzez weryfikację następujących celów pomocniczych:

- określenie wpływu procesu pirolizy różnego rodzaju biomasy na właściwości fizyczne i chemiczne biowęgli (publikacja 4.2.1);
- analizę ryzyka środowiskowego i możliwości zastosowania biowęgli wytworzonych z różnego typu biomasy (publikacje 4.2.2 i 4.2.3 i 4.2.4);
- ocenę wpływu modyfikacji biowęgla na wybrane parametry chemiczne i biologiczne gleby (publikacje 4.2.5 i 4.2.6);
- określenie przydatności wskaźników biologicznych i ekofizjologicznych w określaniu jakości gleby po aplikacji biowęgla (publikacje 4.2.7, 4.2.8, 4.2.9 i 4.2.10).

Omówienie uzyskanych wyników

Biomasa rolnicza i przemysłowa jest jednym z najbardziej dostępnych i znaczących zasobów w gospodarce odnawialnych źródeł energii (Li et al. 2013). W ostatnich latach jednym z najbardziej popularnych sposobów zagospodarowania biomasy jest jej piroliza do biowęgla (Tsai i in. 2007, Mary i in. 2016, Gondek i in. 2016). Różnorodność zastosowań biowęgla zależy jednak od jego właściwości fizycznych i chemicznych, które stanowią wypadkową parametrów procesu oraz rodzaju biomasy (Peltre i in. 2011, Mary i in. 2016). Przyjmuje się, że biowęgle wyprodukowane w niskich temperaturach wykazują większą efektywność w usuwaniu

zanieczyszczeń nieorganicznych lub polarnych zanieczyszczeń organicznych na skutek ich przyłączania do powierzchniowych grup funkcyjnych, przyciągania elektrostatycznego lub strącania (Mukherjee i Zimmerman 2013, Jindo i in. 2014, Kołtowski i Oleszczuk 2015). Z kolei biowęgle otrzymywane w warunkach pirolizy wysokotemperaturowej cechuje m.in. duża powierzchnia rozwinięcia, mikroporowatość i hydrofobowość, które z kolei determinują ich zdolności sorpcyjne (Krull i in. 2009). **Wyniki badań w przedstawionym do oceny cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych przedstawiają możliwości wykorzystania biowęgli o zróżnicowanych właściwościach fizycznych i chemicznych, które wyprodukowano w różnych warunkach temperaturowych (300℃, 350℃, 550℃) z biomasy pochodzenia roślinnego (słoma pszenna, słoma z miskanta, zrębki z wierzby, kora, trociny drzew iglastych), zwierzęcego (pomiot drobiowy) i komunalnego (osady ściekowe). W przypadku aplikacji doglebowej kierowano się chęcią rozpoznania działania biowęgli o zróżnicowanych właściwościach i dawkach, na wybrane parametry chemiczne i biologiczne gleby, ze szczególnym uwzględnieniem możliwości zastosowania zintegrowanych wskaźników biologicznych i ekofizjologicznych służących ocenie jej jakości. Właściwości biowęgli, możliwości ich zastosowania i ocenę wpływu na jakość gleby zweryfikowano w warunkach doświadczeń: laboratoryjnego, wazonowego i polowego.**

- **Określenie wpływu procesu pirolizy różnego rodzaju biomasy na właściwości fizyczne i chemiczne biowęgli (publikacja 4.2.1)**

Tematem przewodnim publikacji **4.2.1** była ocena wpływu procesu pirolizy i porównanie zmian właściwości fizycznych (powierzchnia właściwa, porowatość, charakterystyka powierzchniowych grup funkcyjnych, zmiany morfologiczne) i chemicznych (skład elementarny, zawartość makroskładników i pierwiastków śladowych, zawartość związków fenolowych) w biomasie (słoma pszenna, słoma z miskanta), którą poddano przekształceniu termicznemu. Uzyskane wyniki badań wskazują, że biowęgle wyprodukowane ze słomy pszennej (WSB) i ze słomy z miskanta (*Miscanthus giganteus*) (MSB) w temperaturze 350℃ cechowała znaczna zawartość części lotnych i substancji łatwo ulegających rozkładowi, które mogą stanowić potencjalne źródło składników pokarmowych dla mikroorganizmów glebowych i roślin. Z kolei biowęgle otrzymane w temperaturze 550℃ charakteryzowały się znacznie większą powierzchnią właściwą, porowatością i zawartością odpornych na rozkład mikrobiologiczny aromatycznych struktur węgla. Biowęgle otrzymane w temperaturze 550℃ cechowały mniejsze wartości stosunków molarnych H/C (wskazująca na większy stopień

aromatyczności i stabilności) i (O+N)/C (zmniejszenie biegunowości), co wg wytycznych European Biochar Certificate (EBC) wskazuje na większą stabilność w środowisku i bardzo długi czas rozkładu, a tym samym stanowi bardzo ograniczone źródło węgla dla mikroorganizmów. Cechy te są pożądane w przypadku wykorzystania biowęgla do remediacji gleb. Na podstawie analizy spektroskopii w podczerwieni z zastosowaniem techniki FTIR wykazano, że kierunek zmian molekularnych w strukturze biowęgli, jako następstwo procesu pirolizy, stanowił wypadkową zachodzących podczas termicznej konwersji biomasy procesów dehydratacji, dekarboksylacji oraz formowania aromatycznych struktur węgla i zależał od zawartości hemicelulozy, celulozy i ligniny w biomasie. Analiza porównawcza widm FTIR biowęgli pozwoliła stwierdzić, że w przypadku słomy miskanta zawierającej więcej hemiceluloz i lignin, temperatura 350℃ spowodowała tylko częściowy rozkład tych związków. Z tego względu dla biomasy o dużej zawartości lignin należałoby zwiększyć temperaturę pirolizy w celu nadania biowęglom większej wartości użytkowej. Dowiedziono, że biowęgle wytworzone w temperaturze 350℃ cechowały się mniejszą zawartością powierzchniowych grup funkcyjnych, ale znacznie większą różnorodnością alifatycznych i aromatycznych struktur węgla, co wyraźnie zwiększało spektrum ich funkcjonalności. Również wyniki badań Lehmann i Joseph (2015) potwierdzają, że biowęgle wyprodukowane w zakresie temperatur od 300℃ do 450℃ cechują się nie tylko większą kationową pojemnością sorpcyjną, ale również większą zawartością węgla organicznego, który przyczynia się do efektywność działania tych materiałów w poprawie jakości gleb.

Analiza zawartości makroskładników i pierwiastków śladowych wykazała, że biowęgle wyprodukowane w temperaturach 350℃ i 550℃ cechowała większa zawartość pierwiastków popielnych niż w biomasie nieprzetworzonej. Postępujący ubytek materii organicznej wraz ze zwiększaniem temperatury pirolizy prowadził w konsekwencji do zwiększenia zawartości pierwiastków śladowych w biowęglach. Nadmierna zawartość pierwiastków śladowych w biowęglu może ograniczać możliwości jego zastosowania. Na podstawie badań własnych wykazano jednak, że za wyjątkiem biowęgla ze słomy pszennej wyprodukowanego w 350℃ (zawartość Cd powyżej 1 $mg \cdot kg^{-1}$ s.m.), zawartość badanych pierwiastków śladowych była znacznie mniejsza od wartości proponowanych przez European Biochar Certificate dla biowęgli klasy premium (EBC 2017). Biorąc pod uwagę kryteria dla biowęgla opracowane przez International Biochar Initiative (IBI 2015), zawartość żadnego z analizowanych pierwiastków śladowych nie przekroczyła zawartości dopuszczalnej.

Mierz-Hers

Kolejnym ważnym z poznawczego punktu widzenia aspektem poruszonym w publikacji **4.2.1** była ocena zawartości związków fenolowych, w tym zawartości całkowitej (TPC – ang. *total phenolic compounds*) oraz zawartości związków fenolowych rozpuszczalnych w wodzie (WSPC – ang. *water soluble phenolic compounds*). W literaturze przedmiotu brakuje informacji na temat wpływu procesu termicznego przekształcenia biomasy na zawartość tego typu związków. Choć związki fenolowe uważane są za podstawowe jednostki w syntezie związków humusowych, które odgrywają istotną rolę w wielu procesach biochemicznych w glebie, znaczna ich część może wykazywać toksyczne działanie dla roślin i mikroorganizmów glebowych. Badania własne wykazały, że proces pirolizy słomy pszennej i słomy z miskanta w temperaturze 350℃ zredukował zawartość TPC. Niemal 50-krotną redukcję TPC w biowęglach uzyskano w temperaturze 550℃. Stwierdzono, że proces termicznej konwersji biomasy roślinnej bardzo korzystnie wpływał również na ograniczenie biodostępnej dla mikroorganizmów frakcji związków fenolowych WSPC.

W publikacji **4.2.1** wskazano, że biowęgiel, szczególnie ten wyprodukowany w temperaturze 550℃, cechuje większa zawartość substancji mineralnych, znaczna powierzchnia właściwa i porowatość. Obie cechy są uważane za najważniejsze z punktu widzenia aplikacyjności biowęgla ponieważ determinują ich właściwości retencyjne, zdolność sorpcyjną i hydrofobowość – kluczowe w sorpcji zanieczyszczeń organicznych. Właściwości te w znacznym stopniu zależą jednak od rodzaju użytej biomasy i warunków procesu pirolizy. Dobór odpowiednich warunków procesu oraz rodzaju biomasy pozwala na „zaprojektowanie" finalnych właściwości produktu, które w największym stopniu umożliwią jego efektywne wykorzystanie w szeroko pojętej ochronie środowiska lub w rolnictwie.

- **Analiza ryzyka środowiskowego i możliwości zastosowania biowęgli wytworzonych z różnego typu biomasy (publikacje 4.2.2 i 4.2.3 i 4.2.4)**

Z uwagi na zwiększające się w ostatnich latach zainteresowanie biowęglem i szerokim spektrum możliwości jego zastosowania w rolnictwie oraz w wielu obszarach ochrony i inżynierii środowiska prowadzone są badania nad możliwością wykorzystania tego materiału w procesie kompostowania (Malińska i Dach 2014, Sánchez-Monedero i in. 2017, Kopeć i in. 2017). Biowęgiel dodany do kompostowanej biomasy może stanowić nie tylko dodatek strukturotwórczy, ale również przyczyniać się do zwiększenia aktywności mikroorganizmów, ograniczać emisję amoniaku, a w związku z tym redukować straty azotu, a także immobilizować zanieczyszczenia (Malińska i Dach 2014). Ta ostatnia cecha biowęgla jest szczególnie ważna w kontekście redukcji zawartości substancji niepożądanych, takich jak pierwiastki śladowe. Ich

Mierz-Her

zawartość stanowi jedno z podstawowych kryteriów ograniczających przyrodnicze zagospodarowanie kompostów (Jędrczak 2007, Kopeć i in. 2017). Problem ten dotyczy szczególnie kompostów, do produkcji których użyto biomasy odpadowej o znacznym poziomie zanieczyszczeń, takiej jak komunalne osady ściekowe. Należy podkreślić, że potrzeba doskonalenia sposobu gospodarowania odpadami, takimi jak osady ściekowe i zarządzania ich zasobami podyktowana jest nie tylko systematycznym zwiększaniem się ich ilości, ale również problemami wynikającym z ograniczonych możliwościami ich zagospodarowania.

W publikacji **4.2.2** wykazano, że dodatek biowęgla wyprodukowanego ze zrębek wierzby w temperaturze 350 ℃, korzystnie wpływał na przebieg procesu kompostowania słomy z kukurydzy z komunalnym osadem ściekowym. Na podstawie zawartości suchej masy, powierzchni właściwej (S_{BET}) i porowatości kompostów stwierdzono, że **dodatek biowęgla znacząco poprawiał parametry fizyczne kompostu, a w konsekwencji jego zdolności sorpcyjne**. Informacja ta, z technologicznego punktu widzenia ma charakter praktyczny i wskazuje na duże możliwości biowęgla nie tylko w kwestii stworzenia odpowiedniej struktury kompostowanej biomasy, ale również w kontekście ograniczenia problemu wynikającego z okresowego ubytku wody w kompostowanej biomasie i intensywności zachodzących w czasie kompostowania przemian. Potwierdzeniem istotnego wpływu biowęgla na zachodzące w trakcie kompostowania przemiany związków organicznych, była również wartość **przewodności elektrolitycznej**, która jest jednym z ważniejszych wskaźnikiem chemicznym warunkującym możliwość przyrodniczego zastosowania kompostu. Wykazano, że kompost z dodatekiem biowęgla charakteryzowała o 32% mniejszą wartością tego parametru niż kompost kontrolny. Innym ważnym parametrem chemicznym potwierdzającym słuszność zastosowania biowęgla w procesie kompostowania była **zawartość węgla rozpuszczalnego w wodzie (DOC).** Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że dodatek biowęgla do kompostowanej biomasy przyczynił się do wyraźnego zmniejszenia zawartości DOC. Efekt ten jest korzystny nie tylko w aspekcie spowolnienia procesu mineralizacji związków organicznych kompostu, ale również w kontekście większej stabilności zawartych w nim połączeń organicznych, które przyczynią się do dłuższego w czasie zatrzymywania związków węgla po jego aplikacji do gleby. Na podstawie **współczynnika immobilizacji** stwierdzono, że dodatek biowęgla do kompostowanej biomasy istotnie ograniczył zawartość mobilnych form Pb i Zn, nie wpływał na immobilizację Cd, natomiast zwiększał mobilność Cu. Wykazano również, że kompost z dodatkiem biowęgla cechował się najmniejszym udziałem biodostępnych form Cd, Cu, Pb i Zn w zawartości ogólnej tych pierwiastków, który niewątpliwie mógł wynikać z ich adsorpcji przez biowęgiel.

Mierz-Her

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że specyficzne właściwości biowęgla sprawiają, że stanowi on doskonały dodatek strukturotwórczy i funkcjonalny, który z powodzeniem można wykorzystać w procesie kompostowania. Jego dodatek do kompostowanej biomasy redukuje zawartość form biodostępnych pierwiastków śladowych, ale również ogranicza liczebność bakterii chorobotwórczych, stwarza środowisko przyjazne do wzrostu i rozwoju mikroorganizmów pożądanych z punktu widzenia prawidłowego przebiegu procesu kompostowania, co potwierdziły również wcześniejsze wyniki badań własnych.

Poza możliwością wykorzystania osadów ściekowych w procesie kompostowania, racjonalnym rozwiązaniem ich zagospodarowania, które pozwala na maksymalizację stopnia wykorzystania zawartych w nich substancji biogennych, przy jednoczesnym spełnieniu wymogów bezpieczeństwa sanitarnego i środowiskowego jest ich pirolityczna konwersja do biowęgla (Liu i in. 2014). Opublikowane dotychczas badania wskazują na bardzo duże zróżnicowanie w składzie chemicznym biowęgli z osadów ściekowych oraz ich nie do końca poznany wpływ na środowisko glebowe, a szczególnie zmiany właściwości biologicznych gleby (Paz-Ferreiro i in. 2012, Liu i in. 2014). Termiczne przekształcenie materiałów organicznych, w tym osadów ściekowych prowadzi do wielokierunkowych przemian zawartych w tych materiałach związków, które mogą mieć bezpośredni wpływ na organizmy żywe.

Użytecznym narzędziem, którego zastosowanie umożliwia rzeczywistą ocenę ryzyka wynikającego z obecności substancji chemicznych w glebie, ich biodostępności, toksyczności oraz wzajemnych interakcji są **biotesty**. W badaniach ekotoksykologicznych bardzo ważny jest dobór odpowiedniej baterii organizmów testowych, które należą do odmiennych grup taksonomicznych i reprezentują różne ogniwa łańcucha troficznego (producenci, konsumenci, destruenci). Ważnym etapem w analizie ryzyka oddziaływania biowęgla na glebę jest ocena toksyczności gleby dla organizmów żywych przy wykorzystaniu biotestów. Jest to szczególnie ważne w przypadku stosowania biowęgla wyprodukowanego z biomasy lub materiałów organicznych o podwyższonej koncentracji pierwiastków śladowych takich jak osady ściekowe.

W publikacji **4.2.3** oceniono ryzyko środowiskowe wynikające z doglebowej aplikacji biowęgli wyprodukowanych w temperaturze 300 ℃ z trzech różnych komunalnych osadów ściekowych z oczyszczalni z Krakowa (SSBC-KR), Krzeszowic (SSBC-K) i Słomnik (SSBC-S) wobec dwóch organizmów testowych: *Vibrio fischeri* (test Microtox®) oraz *Heterocypris incongruens* (test Ostracodtoxkit F). **Wykazano, że na toksyczność gleby wobec *V. fischeri* większy wpływ miał rodzaj zastosowanego biowęgla niż dawka (0,5%, 1%, 2%), natomiast na toksyczność wobec *H. incongruens* wpływ miały oba analizowane czynniki.** Na

podstawie wyników testu Microtox® oraz skali oceny Persoone i in. (2003) stwierdzono, że glebę z każdego obiektu z dodatkiem SSBC (bez względu na rodzaj) cechowała niska toksyczność (20% ≤ PE < 50%). W przypadku testu Ostracodtoxkit F odnotowano mniejszą liczbę toksycznych odpowiedzi wobec *H. incongruens*. Brak toksyczności wobec organizmów testowych (PE < 20%) stwierdzono w glebie, z dodatkiem SSBC-KR w dawce 2% oraz w glebie z biowęglem SSBC-S w dawkach 1% lub 2%. Gleba z pozostałych obiektów z dodatkiem biowęgli cechowała się niską toksycznością wobec *H. incongruens* (20% ≤ PE < 50%). W żadnym z analizowanych obiektów nie stwierdzono śmiertelności organizmów *H. incongruens*. Wykazano także, że toksyczność badanej gleby wobec *H. incongruens* była ujemnie skorelowana z zawartością węgla ($r = -0,744$, $p \leq 0,01$) i dodatnio skorelowana z zawartością bioprzyswajalanych form Cd ($r = 0,464$, $p \leq 0,001$) i Pb ($r = 0,699$, $p \leq 0,01$) w glebie. Wykazana w pracy nieco większa liczba toksycznych odpowiedzi wobec bakterii *V. fischeri* w porównaniu do *H. incongruens* mogła wynikać z większej wrażliwości bakterii luminescencyjnych na warunki stresowe w glebie po aplikacji biowęgla. Należy zauważyć, że w przypadku testu Microtox®, bakterie wystawione są na działanie większego stężenia substancji rozpuszczonych w wodzie (próbka wytrząsana jest przez 24 h z wodą redestylowaną w stosunku 1 : 5), natomiast w przypadku testu Ostracodtoxkit F oceniany jest bezpośredni wpływ substancji absorbowanych na powierzchni cząstek stałej fazy gleby na wzrost i śmiertelności skorupiaków *H. incongruens* po 6 dniowej ekspozycji.

W przeprowadzonych badaniach dowiedziono, że niezależnie od rodzaju i dawki, doglebowa aplikacja SSBC na ogół prowadziła do znaczącego zmniejszenia zawartości przyswajalnych form Cd, Pb, Cu i Zn w glebie. Wyjątek stanowiła gleba z dodatkiem biowęgla SSBC-KR, w której odnotowano zwiększenie zawartości Zn (wszystkie dawki), Cu (dawka 1%) oraz gleba z 2% dodatkiem SSBC-S (niewielki przyrost zawartości Cu). Podobne wyniki badań uzyskano w przypadku doglebowej aplikacji kompostu wyprodukowanego z osadu ściekowego i biowęgla, który był przedmiotem publikacji **4.2.2**. W pracy tej wykazano, że aplikacja do gleby kompostu z dodatkiem biowęgla w dawkach 0,5% i 1% przyczyniła się do istotnego zmniejszenia mobilności Cu (26% i 32%), Cd (7% i 24%) i Pb (43% i 68%). Wyjątek stanowiła gleba z 1% dodatkiem kompostu z osadu ściekowego i biowęgla, w którym stwierdzono zwiększenie zawartości Zn o 11%. Przy czym w odróżnieniu od wyników przedstawionych w publikacji **4.2.3** po aplikacji biowęgli z osadów ściekowych, w publikacji **4.2.2** wykazano, że na poziom immobilizacji badanych pierwiastków wpływ miała dawka kompostu. Zwiększenie dawki kompostu prowadziło do zwiększenia efektu immobilizacji badanych pierwiastków.

Mierzwa-Hersz

Zmniejszenie mobilności pierwiastków śladowych wykazane w publikacji **4.2.3** na ogół korespondowało z poprawą właściwości biochemicznych gleby. **Stwierdzono, że dodatek do gleby SSBC (bez względu na rodzaj) w ilości 1% (m/m) na ogół przyczynił się do istotnego zwiększenia biomasy mikroorganizmów (od 14% do 37%), a dodatek 2% SSBC do istotnego zwiększenia aktywności respiracyjnej (44% do 53%). Najmniej korzystny wpływ na biomasę mikroorganizmów zaobserwowano w glebie obiektów, do której wprowadzono najmniejszy (0,5%) dodatek SSBC (bez względu na rodzaj).** Najprawdopodobniej wynikało to z szybkiej mineralizacji labilnych związków węgla, które zintensyfikowały procesy biochemiczne w glebie w krótkim czasie, po którym nastąpiło zmniejszenie ich aktywności na skutek wyczerpania łatwo dostępnego źródła C. Spostrzeżenia te znalazły potwierdzenie w wartościach wyliczonego **współczynnika oddechowego (RQ)** (ang. *respiratory quotient*) będącego stosunkiem objętości wytworzonego dwutlenku węgla do objętości tlenu pobranego w czasie oddychania oraz **ilorazu metabolicznego drobnoustrojów (qCO_2)** (ang. *metabolic quotient*). Wartości RQ i qCO_2 wyliczone dla gleby z 0,5% dodatkiem SSBC wskazywały, że znaczna część składników pokarmowych musiała zostać zmetabolizowana przez mikroorganizmy, aby zaspokoić ich zapotrzebowanie na energię, a tylko niewielka ich część mogła być wbudowana w biomasę. **Zwiększenie wartości qCO_2 po wprowadzeniu do gleby SSBC w tej dawce wskazywało zatem na pogorszenie się jakości siedliska, zmniejszenie wydajności funkcjonalnej, czyli zwiększenie zużycia energii przy jednoczesnym obniżeniu aktywności życiowej mikroorganizmów.** Zjawisko to jest typowe dla społeczności mikroorganizmów o dużym udziale młodych drobnoustrojów i informuje o możliwych zakłóceniach równowagi biologicznej i stresie działającym w danym układzie. W przeprowadzonych badaniach największe wartości $qCO2$ odnotowano w glebie z 0,5% dodatkiem SSBC-K.

Mniejsze wartości RQ i większe wartości qCO_2 dla gleby obiektów z 1% i 2% dodatkiem SSBC wskazywały na obecność dojrzałej populacji mikroorganizmów i występowanie większej ilości węgla odpornego na rozkład mikrobiologiczny. Ponadto, mogły wynikać z zachodzącego w glebie procesu mineralizacji złożonych związków organicznych (np. lignin, trudno rozkładalne związki humusowe) – większy pobór O_2 w porównaniu do ilości wydzielonej CO_2, które prowadziło do wbudowywania tlenu do cząsteczek tych związków na drodze katalizy oksygenaz. Zmniejszenie wartości ilorazu RQ mogło także wynikać m.in. z procesu nitryfikacji autotroficznej (wykorzystanie O_2 bez wydzielania CO_2) oraz innych przemian wynikających z wykorzystania tlenu przez drobnoustroje litotroficzne. Należy podkreślić, że iloraz qCO_2 jest wskaźnikiem

ekofizjologicznym traktowanym jako miara „kosztów utrzymania i rozwoju drobnoustrojów" w glebie i odzwierciedla zapotrzebowanie energetyczne na przetrwanie populacji. Wskaźnik ten jest odzwierciedleniem „wydajności mikrobiologicznej" i jest wykorzystywany jako bioindykator zakłóceń lub rozwoju ekosystemu. Łączy informacje o wielkości biomasy i aktywności mikroorganizmów, a to pozwala na porównanie różnych ekosystemów pod względem intensywności metabolizmu oddechowego oraz wyjaśnienie wpływu zmian środowiska na mikroorganizmy glebowe. W prezentowanych badaniach, najmniejsze wartości ilorazu qCO_2 stwierdzono w glebie obiektów z 1% dodatkiem SSBC-KR i 2% dodatkiem SSBC-S.

Zaprezentowane wyniki badań potwierdziły, że wykorzystanie wskaźników biologicznych i ekofizjologicznych pozwala na ocenę charakteru metabolizmu dominującego w układzie glebowym i odzwierciedla w dużym stopniu stan fizjologiczny biomasy mikroorganizmów w glebie, w zależności od dawki zastosowanego biowęgla z osadów ściekowych. Doglebowa aplikacja SSBC lub kompostu wyprodukowanego z dodatkiem osadów ściekowych i biowęgla może stanowić skuteczny sposób ograniczenia negatywnego oddziaływania osadów ściekowych na środowisko, w tym organizmy żywe. Należy przy tym podkreślić, że problem zagospodarowania osadów ściekowych jest ciągle aktualny, a ich ponowne wykorzystanie w procesie przekształcenia termicznego lub biologicznego może stanowić jedne z najskuteczniejszych metod przetwarzania tych odpadów do produktu, który będzie bezpieczny dla środowiska.

Poza możliwością wykorzystania biomasy przekształconej termicznie w rolnictwie i do celów rekultywacyjnych coraz popularniejszy staje się kierunek wykorzystania biowęgla w energetyce jako odnawialnego źródła energii. Za takim rozwiązaniem przemawia stale zwiększające się na świecie zapotrzebowanie na energię, zwłaszcza odnawialną jako wynik dynamicznie rozwijającej się gospodarki, wyczerpywanie się tradycyjnych zasobów paliw kopalnych, zwiększające się zanieczyszczenie środowiska naturalnego oraz poszukiwanie alternatywnych metod zmniejszenia woluminu biomasy odpadowej trudnej do zagospodarowania (np. ze względu na silne zanieczyszczenie). W przypadku energetycznego wykorzystania biomasy powszechnie stosowana jest tzw. piroliza szybka i krótka (< 2 s). Głównym produktem tego procesu jest bioolej, z kolei biowegiel stanowi produkt uboczny (Mohan i in. 2006). Powstały na tej drodze biowęgiel cechuje zwykle bardzo silne zanieczyszczenie substancjami mineralnymi i organicznymi i z tego względu jego przyrodnicze zagospodarowanie jest bardzo trudne.

Alternatywnym rozwiązaniem może być jego dalsze wykorzystanie w energetyce. Ocena parametrów energetycznych biowęgli wyprodukowanych ze słomy pszennej, słomy z miskanta, kory, trocin i pomiotu drobiowego oraz ocena ryzyka środowiskowego popiołów powstałych ze spalania tych biowęgli była przedmiotem publikacji **4.2.4**. Przydatność biowęgli do produkcji energii określono na podstawie szeregu parametrów chemicznych i energetycznych (zawartość wody, popielność, zawartość substancji lotnych i węgla związanego, ciepło spalania, wartość opałowa, gęstość nasypowa, porowatość) i wyliczonego na tej podstawie **wskaźnika wartości paliwa** (**FVI** ang. *fuel value index*). Na podstawie badań wykazano, że dwa (biowęgiel z trocin i biowęgiel z kory) z pięciu przebadanych biowęgli cechowała wartość wskaźnika FVI = 100, która uważana jest za progową do wykorzystania materiału organicznego jako paliwa. Przy czym najlepszymi parametrami energetycznymi cechował się biowęgiel z trocin. Potwierdzono również, że wartość wskaźnika FVI jest dodatnio skorelowana z zawartością węgla związanego (ang. *fixed carbon*) i ujemnie skorelowana z zawartością substancji lotnych. Zależność ta wynikała z popielności materiału – zwiększająca się zawartość popiołu, powodowała zmniejszenie zawartość węgla związanego i substancji lotnych.

Należy jednak zaznaczyć, że podobnie jak w przypadku spalania węgla kamiennego i brunatnego, spalanie biowęgla będzie prowadziło do powstawania stałych produktów ubocznych takich jak popiół. Chociaż ich wykorzystanie do nawożenia gleb jest powszechnie znane (zasobność w makroskładniki, działanie odkwaszające), to popioły są zwykle składowane na składowiskach odpadów. Wynika to głównie z zawartości pierwiastków śladowych, które mogą spowodować zanieczyszczenie gleby i wód gruntowych. Z tego względu konieczna jest ocena ryzyka środowiskowego poprzedzająca ich przyrodnicze zagospodarowanie. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że popielność badanych biowęgli była mocno zróżnicowana i mieściła się w przedziale od 1% (biowęgiel z trocin) do ponad 48% (biowęgiel z kory). **Test wymywalności** pierwiastków śladowych z popiołu z biowęgli potwierdził, że zawartość badanych pierwiastków śladowych w analizowanych ekstraktach była mniejsza od wartości podawanych w literaturze przedmiotu oraz limitów zawartości pierwiastków śladowych dla odpadów kierowanych na składowiska (EU, 2003). Ekstrakty z wymywania popiołów cechował szeroki przedział wartości pH (od 5,50 do 11,40) oraz przewodności elektrolitycznej (EC) (od 0,33 $mS \cdot cm^{-1}$ do 5,51 $mS \cdot cm^{-1}$). Wysokie wartości pH ekstraktów z popiołów wydają się potwierdzać możliwość ich wykorzystania do celów poprawy właściwości gleb – zmniejszenie zakwaszenia. Jednak rozpuszczalność poszczególnych

związków mineralnych w popiołach z biowęgli i wysokie wartości EC powinny być monitorowane w celu uniknięcia potencjalnego ryzyka spowodowania niekontrolowanych zaburzeń jakości gleby i wód gruntowych. Brak toksyczności badanych ekstraktów z popiołów potwierdził brak negatywnej reakcji rośliny, a nawet efekt stymulujący wzrost *Lepidium sativum* L.

Dowiedziono, że rodzaj biomasy wykorzystywanej w procesie jej przekształcenia termicznego jak również parametry samego procesu mają fundamentalny wpływ na skład ilościowy i jakościowy produktu głównego jak również powstającego w trakcie procesu produktu ubocznego (popiół). W następstwie warunkuje to ich przydatność i możliwość wykorzystania w rolnictwie lub szeroko pojętej ochronie środowiska (np. remediacja, ograniczenie emisji gazów cieplarnianych).

- **Ocena wpływu modyfikacji biowęgla na wybrane parametry chemiczne i biologiczne gleby (publikacje 4.2.5 i 4.2.6)**

Zanieczyszczenia nieorganiczne, szczególnie pierwiastki śladowe przedostają się do środowiska zwykle na drodze emisji zanieczyszczeń ze źródeł antropogenicznych, takich jak przemysł, transport, energetyka czy sektor gospodarki komunalnej. W odróżnieniu od zanieczyszczeń organicznych, pierwiastki śladowe nie ulegają biodegradacji, co czyni je jednymi z najbardziej uciążliwych dla środowiska problemów towarzyszących cywilizacji. Jak wspomniano wcześniej biowęgle wyprodukowane w wyniku niskotemperaturowej pirolizy wykazują dużą efektywność w usuwaniu zanieczyszczeń nieorganicznych z uwagi na znaczny stopień jonowymienności, wynikający z rozbudowanej porowatej struktury, obecności powierzchniowych grup funkcyjnych i dużej powierzchni właściwej.

Ocena działania biowęgla wyprodukowanego ze zrębków wierzby w temperaturze 300℃ jako sorbenta zanieczyszczeń mineralnych wprowadzonego do gleby z dodatkiem funkcjonalizowanych popiołów lotnych z konwencjonalnego spalania węgla kamiennego (zeolitów) była przedmiotem publikacji **4.2.5**. Biorąc pod uwagę wielofunkcyjność obydwu materiałów założono, że dodatek zeolitu zwiększy efektywność działania biowęgla i poszerzy jego spektrum w zakresie remediacji gleby zanieczyszczonej pierwiastkami śladowymi. Działanie biowęgla, zeolitu oraz mieszaniny obydwu materiałów, zweryfikowano w warunkach doświadczenia wazonowego na glebie brunatnej właściwej, zanieczyszczonej kadmem, ołowiem i cynkiem. Wykazano, że sumaryczna efektywność zastosowanych sorbentów w unieruchamianiu Cd, Pb i Zn, układała się w następujący szereg: biowęgiel > zeolit > biowęgiel+zeolit. Dodatek zeolitu do biowęgla nie zwiększał jego potencjału w immobilizacji

Mierzwa-Hersztek

badanych pierwiastków śladowych w glebie. Prawdopodobnie mogło to wynikać z wymycia części kationów Cd, Pb i Zn związanych w strukturze zeolitu. Z tego względu usuwanie zanieczyszczeń przez zeolit odbywało się głownie w wyniku wymiany jonowej (np. wymiana jonów sodu na jony metali). Inna przyczyna mniejszej efektywności działania zastosowanej mieszaniny mogła wynikać z większego ładunku pierwiastków śladowych wniesionego wraz z mieszaniną biowęgla i zeolitu (biowęgiel lub zeolit zastosowano w dawce po 15 $t \cdot ha^{-1}$, natomiast mieszaninę biowęgla i zeolitu zastosowano w dawce 30 $t \cdot ha^{-1}$). Wykazano także, że mieszanina biowęgla i zeolitu efektywniej unieruchamiała Zn w glebie niż sam zeolit.

Właściwości sorpcyjne biowęgla mogą być użyteczne nie tylko w wiązaniu zanieczyszczeń, ale mogą również służyć odbudowie zasobów składników pokarmowych w glebie. W konsekwencji biowęgiel może stać się rezerwuarem i nośnikiem składników pokarmowych dla roślin. Rozpatrując biowęgiel w kryteriach nawozu organiczno-mineralnego, znajdującego zastosowanie w nawożeniu roślin o sprecyzowanych wymaganiach pokarmowych, zasadne jest podejmowanie prób wyprodukowania biowęgla wzbogaconego w dodatkowe substancje mineralne. Należy podkreślić, że połączenie biowęgla z niektórymi nawozami mineralnymi może prowadzić do otrzymania produktu łączącego zalety nawozów organicznych i mineralnych, a w konsekwencji po wprowadzeniu do gleby wpływać na poprawę efektywności zarządzania zasobami wielu składników pokarmowych, prowadząc do retardacji ich zasobów.

Z tego względu w kolejnych badaniach (publikacja **4.2.6**) podjęto próbę zwiększenia użyteczności biowęgla ze słomy pszennej wyprodukowanego w temperaturze 300℃ poprzez nadanie mu właściwości pożądanych z punktu widzenia jego dalszego wykorzystania. **Biowęgiel inżynieryjny, wzbogacony w siarkę i magnez** wytworzono z biowęgla ze słomy pszennej, który wzbogacono 10% roztworem czystych chemicznie soli: $(NH_4)_2SO_4$ lub $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Działanie biowęgli wzbogaconych w $(NH_4)_2SO_4$ lub $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ zweryfikowano w warunkach doświadczenia laboratoryjnego na glebie o odczynie kwaśnym. Wykazano, że zastosowanie wzbogaconych w sole mineralne biowęgli istotnie zwiększyło nie tylko zawartość węgla, ale również **aktywność dehydrogenaz** w glebie. Doglebowa aplikacja wzbogaconych biowęgli miała także korzystny wpływ na zwiększenie plonu *Perennial ryegrass*. Z jednej strony zjawisko to można było przypisać wprowadzonym do gleby z tymi materiałami składnikami pokarmowymi roślin, a z drugiej strony neutralizacji zakwaszenia gleby. W konsekwencji zwiększenie wartości pH gleby mogło doprowadzić do zmniejszenia dostępności pierwiastków śladowych i prawdopodobnie zwiększenia dostępności fosforu dla

Mierzwa-Hers

roślin w wyniku osłabienia sorpcji chemicznej. Aplikacja biowęgli wzbogaconych w $(NH_4)_2SO_4$ lub $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ nie spowodowała istotnego zwiększenia S i Mg w biomasie roślin. Prawdopodobnie było to wynikiem m.in. zwiększenia zawartości pierwiastków uwalnianych z biowęgli do roztworu glebowego o charakterze antagonistycznym w stosunku do S (np. Mo, Ca) i Mg (np. K, Ca, P, Mn). Obserwacje te potwierdził również fakt zwiększenia immobilizacji S i Mg w glebie oraz zmniejszenia zawartości form przyswajalnych dla roślin tych pierwiastków po aplikacji biowęgli wzbogaconych.

Otrzymane wyniki badań pozwoliły stwierdzić, że biowęgiel to materiał, który dzięki dużej stabilności w środowisku, hydrofobowości i znacznym stopniu jonowymienności, która wynika z rozbudowanej porowatej struktury, obecności powierzchniowych grup funkcyjnych i dużej powierzchni właściwej, może znaleźć wielokierunkowe zastosowanie w wielu gałęziach gospodarki, w tym rolnictwie, ochronie środowiska i energetyce. Unikatowe cechy biowęgla dowodzą, że zastosowanie tego materiału może przynieść wymierne skutki w immobilizacji zanieczyszczeń nieorganicznych w glebie zwiększając przez to bezpieczeństwo żywnościowe. Ponadto dzięki bardzo dużej zawartości węgla może przyczynić się do odbudowy zasobów materii organicznej w glebie i odbudowie jej licznych funkcji, które ulegają pogorszeniu na skutek antropopresji środowiska. Wiele szlaków przemian biochemicznych zachodzących w glebie po aplikacji biowęgla nie było by jednak możliwe bez mikroorganizmów.

- **Określenie przydatności wskaźników biologicznych i ekofizjologicznych w ocenie jakości gleby po aplikacji biowęgla (publikacje 4.2.7, 4.2.8, 4.2.9 i 4.2.10)**

Autorzy wielu opracowań kluczową rolę w procesie przemian biowęgla w glebie przypisują mikroorganizmom (Hilscher i in. 2009, Kuzyakov i in. 2009). Wykazano, że wprowadzenie biowęgla do gleby wpływa na zwiększenie aktywności mikroorganizmów tam bytujących i uaktywnienie mikroorganizmów będących w stanie spoczynku. W konsekwencji prowadzi to do zwiększenia aktywności respiracyjnej gleby (Smith i in. 2010), która może być efektem biotycznego zużywania wprowadzonych z materiałem organicznym składników pokarmowych (Zimmerman i in. 2011), skutkiem abiotycznej sorpcji CO_2 bądź interakcją pomiędzy biowęglem i materią organiczną gleby (Luo i in. 2013). Według Steinbeissa i in. (2009) oraz Lehmanna i Jospeh (2015) wprowadzony do gleby biowęgiel stwarza dla mikroorganizmów doskonałe środowisko bytowania, które wynika głównie z poprawy właściwości fizycznych gleby i dostarczenia składników pokarmowych.

Różnorodność biomasy i warunków technologicznych procesu pirolizy, sprawia jednak, że jego doglebowa aplikacja może mieć zróżnicowany wpływ na poszczególne właściwości biologiczne gleby. Należy zaznaczyć, że właściwości biologiczne gleby po aplikacji biowęgla nie należą do najłatwiejszych w interpretacji, ponieważ jednocześnie działają dwa sprzeczne efekty. Z jednej strony dochodzi do synergistycznego działania wprowadzonej do gleby zewnętrznej materii organicznej na mikroorganizmy glebowe, a tym samym zwiększenia ich aktywności enzymatycznej. Z drugiej strony zawarte w takich materiałach zanieczyszczenia organiczne i nieorganiczne mogą działać na mikroorganizmy hamująco (antagonistycznie). Z tego też względu tematyka aktywności funkcjonalnej mikroorganizmów ma bardzo duże znaczenie poznawcze i jest przedmiotem licznych dyskusji naukowych. Warto zaznaczyć, że kwestia konieczności prowadzenia badań w tym kierunku jest podnoszona przez naukowców z całego świata. W celu uzyskania bardziej miarodajnej, a zarazem kompleksowej informacji o zmianie jakości gleby na skutek doglebowej aplikacji biowęgla w kolejnych publikacjach (**4.2.7** – **4.2.10**) zaprezentowano możliwość wykorzystania **wskaźników biologicznych i ekofizjologicznych**. Przeprowadzone badania obejmowały ocenę składu mikrobiocenotycznego gleby (publikacje **4.2.7**, **4.2.10**), potencjału nitryfikacyjnego i ilorazu mikrobiologicznego (wskaźniki ekofizjologiczne wykorzystywane do oceny wpływu warunków środowiskowych i czynników antropogenicznych na drobnoustroje glebowe) (publikacja **4.2.8**), ocenę aktywności enzymatycznej i indeksów zmian aktywności enzymatycznej gleby (publikacje **4.2.7**, **4.2.9**, **4.2.10**) oraz ocenę biologicznego wskaźnika żyzności gleby (publikacje **4.2.3**, **4.2.7**. i **4.2.10**).

W publikacji **4.2.7** na podstawie wyników badań dotyczących składu mikrobiocenotycznego gleby oraz aktywności dehydrogenaz w glebie (badania inkubacyjne) wykazano, że łączne stosowanie soli mineralnych z biowęglem ze słomy pszennej (WSB) w dawkach 1% i 2% (m/m) istotnie ($p \leq 0,05$) zwiększyło zawartość węgla (C) i azotu (N) w glebie, szczególnie **frakcji C i N rozpuszczalnej w wodzie (DOC i DON).** Stwierdzono, że w początkowym okresie doświadczenia, liczebność **bakterii w formach wegetatywnych** (Vb) i **grzybów pleśniowych** (Mf) na ogół istotnie zwiększyła się wraz ze zwiększeniem dawki WSB. Z kolei po zakończeniu doświadczenia inkubacyjnego zaobserwowano wyraźne zmniejszenie liczebności bakterii wegetatywnych, grzybów pleśniowych, promieniowców oraz **bakterii cyklu azotowego** (nitryfikacyjnych, denitryfikacyjnych, amonifikacyjnych). Przy czym wyliczony **stosunek liczebności bakterii do grzybów**, który stanowi jeden z ważniejszych wskaźników żyzności gleby wykazał, że doglebowa aplikacja WSB w dawkach 0,2%, 0,5% i 1% prowadziła do zwiększenia wartości tego stosunku. Zmniejszenie omawianego

Mierz-Hers

wskaźnika na skutek zwiększenia liczebności grzybów zaobserwowano w glebie z 2% dodatkiem WSB. Wzmożony rozwój grzybów w tym obiekcie był zjawiskiem niepożądanym z uwagi na ich właściwości toksynotwórcze i fitopatogenne (Myśkow i in. 1996). Analiza korelacji pomiędzy liczebnością Vb i Mf, a parametrami chemicznymi gleby wykazała, że liczebność Vb istotnie zależała od zawartości N ogólnego ($r = 0,755$; $p \leq 0,05$) i DOC ($r = 0,656$; $p \leq 0,05$), a na liczebność Mf najsilniej wpływało pH gleby ($r = 0,610$; $p \leq 0,05$) oraz zawartość N ogólnego ($r = 0,595$, $p \leq 0,05$) i DOC ($r = 0,756$; $p \leq 0,05$).

Analiza składu mikrobiocenotycznego gleby po aplikacji biowęgla ze słomy pszennej nie pozwoliła na jednoznaczne określenie wpływu zastosowanych dawek tego materiału na liczebność badanych grup mikroorganizmów. Stwierdzono, że dominacja bakterii wegetatywnych nad spoczynkowymi, a także liczne występowanie grzybów, promieniowców i mikroorganizmów wiążących azot atmosferyczny (*C. pasteurianum*) w początkowym etapie doświadczenia świadczyło o zasobności środowiska bytowania badanych mikroorganizmów w łatwo przyswajalne dla drobnoustrojów składniki pokarmowe i budulcowe, które ulegały z czasem wyczerpywaniu prowadząc na ogół do zmniejszenia ich liczebności.

W zaprezentowanych w publikacji **4.2.7** wynikach badań wykazano, że pomimo zmniejszenia liczebności badanych mikroorganizmów **aktywność dehydrogenaz (DhA)** zwiększała się wraz ze zwiększająca się dawką WSB. Po zakończeniu inkubacji aktywność DhA zwiększyła o 1,5% (0,2% WSB), 6% (0,5% WSB), 13% (1% WSB) i 33% (2% WSB). Stwierdzono, że na aktywność DhA istotnie wpływało pH ($r = 0,66$; $p \leq 0,05$), zawartość DOC ($r = 0,66$; $p \leq 0,05$) oraz zawartość pierwiastków śladowych Cd, Cu, Zn i Pb (odpowiednio: $r = -0,46$; $r = 0,51$; $r = -0,59$; $r = 0,53$, $p \leq 0,05$). Obliczony **indeks zmiany aktywności dehydrogenaz** (DAI) będący stosunkiem aktywności DhA w glebie z dodatkiem biowęgla do aktywności DhA w glebie kontrolnej, potwierdził, że im większa była dawka WSB tym większa była wartość DAI (efekt stymulujący). Również wyliczone wartości **biologicznego wskaźnika żyzności gleby (BISF)** potwierdziły, że zastosowanie biowęgla ze słomy pszennej przyczyniło się do istotnej poprawy jakości gleby. W porównaniu do gleby kontrolnej wartość tego parametru po zastosowaniu 1% i 2% WSB zwiększyła się odpowiednio o 71% i 131%. Na podstawie aktywności enzymatycznej gleby i zastosowanych wskaźników jakości gleby wykazano, że pomimo zmniejszenia liczebności niektórych grup mikroorganizmów glebowych, zwiększenie dawek WSB przyczyniało się do ogólnej poprawy jakości gleby.

Jednym z ważniejszych zagadnień w trakcie przeprowadzonych badań była także ocena działania biowęgla z pomiotu drobiowego w warunkach 2-letniego doświadczenia polowego,

Mierzwa-Hersztek

na **potencjał bakterii nitryfikacyjnych (NIT)** oraz **na iloraz mikrobiologiczny** nazywany także **wskaźnikiem dostępności węgla dla mikroorganizmów (Cmic/Corg)** (publikacja **4.2.8**). W badaniach środowiskowych wskaźniki te, uważane są za jedne z najczulszych indykatorów pozwalających na weryfikację i monitorowanie przemian biochemicznych zachodzących w glebie już na bardzo wczesnym etapie. Stanowią bardzo cenne i niezwykle pomocne narzędzie do szacowania reakcji mikroorganizmów glebowych na występujące „zakłócenie" (ang. *soil disturbance*) oraz „stres gleby" (ang. *soil stress*), co może mieć bardzo duże znaczenie w przypadku oceny jakości gleby po aplikacji biowęgla.

Potencjał nitryfikacji pozwala określić potencjalną aktywność wyspecjalizowanej grupy bakterii autotroficznych wykorzystujących energię pochodzącą z utleniania amoniaku (ang. *ammonia-oxidizing bacteria*) *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus* i *Nitrosospira* – przeprowadzających pierwszy etap nitryfikacji oraz azotanów (III) (ang. *Nitrite Oxidizing Bacteria)* – drugi etap nitryfikacji. Za drugi etap procesu nitryfikacji (utlenianie NO_2^- do NO_3^-) odpowiadają głównie bakterie z grupy *Nitrobacter, Nitrococcus* i *Nitrospira* (Ball i in. 2010, Wang i in. 2015). Proces nitryfikacji pełni kluczową rolę w utrzymywaniu równowagi pomiędzy różnymi formami azotu, pośrednicząc pomiędzy amonifikacją i denitryfikacją. Jest również procesem, którego nasilenie w określonych warunkach środowiskowych może być problematyczne z punktu widzenia jakości gleby, roślin czy wód. **Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że w glebie z dodatkiem PLB, który zastosowano w dawkach 2,25 t i 5,00 t·ha^{-1} s.m. wartość potencjału nitryfikacyjnego była większa średnio o 35% w porównaniu do gleby, w której zastosowano wyłącznie nawożenie mineralne**. Niewątpliwie, świadczyło to o stymulującym efekcie działania biowęgla z pomiotu drobiowego na liczebność tej grupy mikroorganizmów, a tym samym o braku toksyczności gleby po zastosowaniu tego materiału. Była to sytuacja odwrotna do przedstawionej w publikacji **4.2.7**, gdzie po aplikacji biowęgla ze słomy pszennej zaobserwowano istotne zmniejszenie liczebności bakterii nitryfikacyjnych. Mogło to wynikać nie tylko z rodzaju zastosowanego biowęgla, który zastosowano w badaniach, jego dawki, ale również z odmiennych warunków prowadzenia doświadczenia, w tym braku czynnika roślinnego. Brak negatywnego wpływu PLB na wartość potencjału nitryfikacyjnego, mógł wynikać również z mniejszej niż w przypadku biowęgla ze słomy zawartości związków fenolowych, który hamuje proces nitryfikacji (Wang in. 2015).

Doglebowa aplikacja biowęgla z pomiotu drobiowego w dawkach 2,25 t i 5,00 t·ha^{-1} s.m., podobnie jak miało to miejsce w przypadku aplikacji biowęgla z osadów ściekowych

(publikacja **4.2.3**) przyczyniła się do istotnego ($p \leq 0,05$) zwiększenia **biomasy mikroorganizmów (Cmic)**. W porównaniu do obiektu nawożonego wyłącznie nawozami mineralnymi wartość tego parametru zwiększyła się odpowiednio o 59% i 77%. Na podstawie wyliczonego dla poszczególnych obiektów **ilorazu mikrobiologicznego Cmic/Corg** potwierdzono, że największą dostępnością substratów pokarmowych dla mikroorganizmów cechowała się gleba z dodatkiem 5,00 $t \cdot ha^{-1}$ s.m. PLB. W glebie tego obiektu oznaczono także największą **bazową** (BR – ang. *basal respiration*) i **indukowaną substratem** (SIR – ang. *substrate-induced respiration*) **aktywność respiracyjną gleby**. Korzystny wpływ większych dawek biowęgla na aktywność respiracyjną heterotroficznych mikroorganizmów tlenowych, wykazano także we wcześniej omawianej publikacji **4.2.3**.

Warto podkreślić, że przedstawione w publikacji **4.2.3** wartości ilorazu metabolicznego (qCO_2) oraz zaprezentowane w publikacji **4.2.8** wartości ilorazu mikrobiologicznego (Cmic/Corg) często są traktowane jako testy uzupełniające i komplementarne, które informują o stabilności ekosystemu glebowego. Wartości tych wskaźników wykazują odwrotną tendencje zmian, tj. czynniki toksyczne prowadzą do zmniejszenia wartości ilorazu Cmic/Corg (w wyniku zmniejszenia biomasy mikroorganizmów) i jednocześnie zwiększenia wartości ilorazu qCO_2 (w wyniku zwiększenia zapotrzebowania na substrat energetyczny w warunkach mniej korzystnych lub szkodliwych).

Kontynuując powyższe badania w **publikacji 4.2.9** przedstawiono porównanie zmian aktywności enzymatycznej gleby na przykładzie **aktywności ureaz (Ure)** i **dehydrogenaz (DhA)** w okresie trzech lat badań polowych. Istotne zwiększenie aktywności dehydrogenaz w glebie z dodatkiem biowęgla z pomiotu drobiowego zastosowanego w dawkach 2,25 t oraz 5,00 $t \cdot ha^{-1}$ s.m. zaobserwowano w drugim i trzecim roku badań, gdzie odnotowano zwiększenie aktywności DhA odpowiednio o 18% i 93% (2,25 $t \cdot ha^{-1}$ s.m.) oraz o 19% i o 54% (5,00 $t \cdot ha^{-1}$ s.m.). W przypadku **ureaz** największą aktywność oznaczono w drugim roku badań. **Należy podkreślić, że choć aktywność ureaz uważana jest za dobry wskaźnik bioindykacyjny służący do oceny jakości gleby po aplikacji materiałów organicznych i oceny efektywności nawożenia azotem, należy mieć na uwadze, że zidentyfikowanie mechanizmów zmian w aktywności mikroorganizmów biorących udział w przemianach związków azotu w glebie jest bardzo trudne i często niejednoznaczne**. Ma to szczególne znaczenie w przypadku stosowania uzupełniającego nawożenia mineralnego (jak w badaniach własnych) oraz zmiennych warunków atmosferycznych, które są jednym z ważniejszych determinantów wpływających na tempo przemian biochemicznych w glebie. Innym czynnikiem bezpośrednio

Mierzwa-Hersztek

wpływającym na aktywność enzymów glebowych w przedstawionych badaniach mogła być **zawartość biodostępnych form pierwiastków śladowych (Cd, Cu, Zn, Pb)**. Zaprezentowane w publikacji wyniki badań dowiodły, że doglebowa aplikacja biowęgla z pomiotu drobiowego w dawkach 2,25 t i 5,00 t · ha^{-1} s.m. przyczyniła się do istotnego ($p \geq 0,05$) zmniejszenia (średnia z 3 lat) zawartości biodostępnych form kadmu (odpowiednio: o 24% i o 41%) i ołowiu (odpowiednio: o 37% i o 34%) w porównaniu do zawartości oznaczonych w glebie kontrolnej. W przypadku cynku, istotne zmniejszenie zawartości form biodostępnych tego pierwiastka (średnia dla 3 lat – 87%) stwierdzono wyłącznie w obiekcie z dodatkiem PLB w dawce 5,00 t · ha^{-1} s.m. Wykazano, że zastosowanie pomiotu drobiowego i biowęgla z pomiotu drobiowego w mniejszej dawce nie prowadziło do istotnych zmian zawartości bioprzyswajalnych form Zn.

Mając na uwadze złożony wpływ wielu czynników środowiskowych i trudność wnioskowania o wpływie pojedynczych parametrów na jakość gleby w **publikacji 4.2.10** zaproponowano **wykorzystanie dwóch kolejnych zintegrowanych wskaźników ilościowych kwantyfikujących stan jakości gleby po aplikacji biowęgla** w celu lepszego zobrazowania i możliwości dokonania bardziej jednoznacznej oceny oddziaływania biowęgla na właściwości biologiczne gleby. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem biowęgla ze słomy pszennej (WSB) i ze słomy z miskanta (MSB) zastosowanych w dawkach 1% i 2% w warunkach rocznego doświadczenia wazonowego. Zaproponowane w badaniach podejście pozwoliło na zintegrowanie danych o właściwościach biochemicznych (*GMea*, TEI) oraz chemicznych, fizycznych i biologicznych gleby (BISF), wpływających na jej stan w wyniku zastosowanego nawożenia przy jednoczesnym zminimalizowaniu wpływu zmian sezonowych. Obliczona na podstawie aktywności dehydrogenaz, ureaz oraz fosfatazy kwaśnej i alkalicznej **średnia geometryczna wartość aktywności enzymów (*GMea*)** oraz wartość **zintegrowanego wskaźnika całkowitej aktywności enzymatycznej gleby (TEI)** dowiodła, że zastosowanie biowęgla ze słomy pszennej i ze słomy z miskanta miało istotny ($p \leq 0,05$) wpływ na zwiększenie aktywności enzymatycznej gleby. Przy czym podobnie jak wskazywano we wcześniejszych wynikach badań najkorzystniejsze działanie biowęgla na aktywność enzymatyczną (publikacje **4.2.6**, **4.2.7** oraz **4.2.9**) i wartość **biologicznego wskaźnika żyzności gleby (BISF)** odnotowano po zastosowaniu największych dawek biowęgli. Należy jednak zaznaczyć, że doglebowa aplikacja WSB w dawkach 1% i 2% miała korzystniejszy wpływ na zwiększenie liczebności bakterii i promieniowców niż zastosowany w analogicznych dawkach MSB. Co więcej w warunkach doświadczenia wazonowego nie potwierdzono mniej korzystnego wpływu 2% dawki WSB na zachwianie poprawnej relacji **liczebności bakterii do**

liczebności grzybów, które stwierdzono w publikacji **4.2.7.** W prezentowanych badaniach na liczebność bakterii istotnie wpływały: pH gleby ($r = 0,49$; $p \leq 0,05$), zawartość węgla ($r = 0,51$; $p \leq 0,05$) i zawartość azotu ($r = 0,58$; $p \leq 0,05$). Warto podkreślić, że zastosowanie biowęgla ze słomy pszennej i ze słomy z miskanta w dawkach 1% lub 2% przyczyniło się do istotnego zwiększenia zawartości węgla w glebie.

Na podstawie przedstawionych wyników badań wykazano, że interakcje pomiędzy wieloma czynnikami istotnie wpływają na oddziaływanie biowęgla na aktywność enzymatyczną gleby i jej skład mikrobiocenotyczny. Zastosowane biowęgle z uwagi na różną powierzchnię właściwą S_{BET}, rozkład i wielkość porów oraz zróżnicowany skład chemiczny miały wielowymiarowy wpływ na właściwości biologiczne, biochemiczne i chemiczne gleby. Dowiedziono, że oddziaływanie biowęgla nie zawsze jest wprost proporcjonalne do zastosowanej dawki. Należy podkreślić, że zmienność jakości biomasy i warunków produkcji, w których otrzymywany jest biowęgiel to jedene z podstawowych determinantów jego właściwości, które mają kluczowy wpływ na zmiany jakości gleby. Należy stwierdzić, że wpływ biowęgla na właściwości chemiczne gleby pomimo licznych doniesień naukowych pozostaje niejednoznaczny i często sprzeczny. Z kolei liczba doniesień na temat oddziaływania biowęgla w różnych warunkach środowiskowych na właściwości biologiczne i biochemiczne gleby oraz jej ekotoksyczność pozostaje bardzo ograniczona. Wynika to w głównej mierze z dużej pracochłonności i trudności interpretacji uzyskanych wyników badań, które stanowią zwykle wypadkową wielu czynników, w tym sezonowych fluktuacji zmian liczebności i aktywności populacji mikroorganizmów glebowych. Mając jednak na uwadze niepodważalne znaczenie i udział mikroorganizmów glebowych w wielu szlakach biochemicznych monitorowanie tych zmian jest zagadnieniem niezwykle potrzebnym i ważnym.

Mierna-Hers

4.4. Najważniejsze wnioski wynikające z przeprowadzonych badań wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, podsumowanie i propozycja wykorzystania wyników badań

1. Kierunek zmian zachodzących w strukturze biomasy podczas termicznej konwersji stanowi wypadkową procesów dehydratacji, dekarboksylacji oraz formowania aromatycznych struktur węgla i zależy od zawartości hemicelulozy, celulozy i ligniny w biomasie. Dla biomasy o dużej zawartości lignin należałoby zwiększyć temperaturę pirolizy w celu uzyskania biowęgli o większej wartości użytkowej i funkcjonalnej.

2. Zróżnicowana jakość biomasy organicznej, w tym w większym stopniu obciążonej zanieczyszczeniami oraz postępujący w czasie pirolizy ubytek materii organicznej prowadzi do zwiększenia koncentracji pierwiastków śladowych w biowęglach, które stanowią jedno z kryteriów określających możliwości jego wykorzystania. W pełni zasadny staje się kierunek przygotowywania odpowiedniej kompozycji materiału wsadowego w celu uzyskania biowęgla o jak najlepszej jakości, a tym samym o zwiększonym spektrum możliwości jego wykorzystania.

3. Specyficzne właściwości biowęgla sprawiają, że stanowi on bardzo dobry dodatek strukturotwórczy i funkcjonalny, który z powodzeniem można wykorzystać w procesie kompostowania. Dodatek tego materiału do kompostowanej biomasy stwarza środowisko przyjazne do rozwoju populacji mikroorganizmów pożądanych z punktu widzenia prawidłowego przebiegu procesu kompostowania oraz redukuje toksyczność pierwiastków śladowych w wyniku zmniejszenia zawartości ich form mobilnych.

4. Biowęgiel to materiał, który dzięki dużej stabilności w środowisku, hydrofobowości i znacznym stopniu jonowymienności, która wynika z rozbudowanej porowatej struktury, obecności powierzchniowych grup funkcyjnych i dużej powierzchni właściwej, może znaleźć wielokierunkowe zastosowanie w wielu gałęziach gospodarki, w tym rolnictwie, ochronie środowiska i energetyce. Unikatowe cechy biowęgla sprawiają, że zastosowanie tego materiału może mieć znaczenie w immobilizacji zanieczyszczeń nieorganicznych w glebie, zwiększając przez to bezpieczeństwo żywnościowe. Właściwości sorpcyjne biowęgla mogą być użyteczne nie tylko w wiązaniu zanieczyszczeń, ale mogą również służyć odbudowie zasobów składników pokarmowych w glebie. Ze względu na bardzo dużą zawartość węgla, biowęgiel może przyczynić się do odbudowy zasobów materii organicznej w glebie i przywrócenia jej funkcji, które ulegają pogorszeniu na skutek antropopresji środowiska.

5. Oddziaływanie biowęgla nie zawsze jest wprost proporcjonalne do zastosowanej dawki. Zmienność jakości biomasy i warunków produkcji, stanowią jedne z ważniejszych determinantów jego właściwości, które mają kluczowy wpływ na zmiany jakości gleby.

6. Wskaźniki mikrobiologiczne oparte na wielkości i różnorodności populacji mikroorganizmów (funkcjonalnej) oraz ich aktywność biochemiczna (aktywność enzymów glebowych) stanowią dynamiczne i czułe parametry obrazujące zmiany funkcji życiowych mikroorganizmów glebowych w odpowiedzi na stres wynikający ze zmian w ich

środowisku bytowania po aplikacji biowęgla. Ze względu na możliwość szybkiej adaptacji do nowych warunków środowiska mikroorganizmy glebowe stanowią wczesny sygnał zmian jakości gleby. W warunkach doświadczenia inkubacyjnego obserwowano zmniejszenie liczebności różnych grup mikroorganizmów glebowych, które świadczyły o zasobności środowiska bytowania badanych mikroorganizmów w łatwo przyswajalne dla drobnoustrojów składniki pokarmowe i budulcowe, które ulegały z czasem wyczerpywaniu prowadząc na ogół do zmniejszenia ich liczebności. Odwrotną tendencję stwierdzono w warunkach doświadczenia wegetacyjnego, w których obserwowano istotne zwiększenie populacji mikroorganizmów glebowych i ich aktywności metabolicznej. Wykazano także, że nawożenie mineralne uzupełniało działanie biowęgla i korzystnie wpływało na populację mikroorganizmów glebowych.

7. Wykorzystanie wskaźników ekofizjologicznych, takich jak iloraz metaboliczny (qCO_2) czy iloraz mikrobiologiczny (Cmic/Corg) pozwoliło na ocenę charakteru metabolizmu dominującego w układzie glebowym, które w dużym stopniu odzwierciedlało stan fizjologiczny biomasy mikroorganizmów w glebie w zależności od dawki i rodzaju zastosowanego biowęgla. W przeprowadzonych badaniach wyłącznie zastosowanie biowęgla z osadów ściekowych w dawce 0,5% prowadziło do zwiększenia wartości qCO_2, co wskazywało na pogorszenie się jakości siedliska, zmniejszenie wydajności funkcjonalnej, czyli zwiększenie zużycia energii przy jednoczesnym zmniejszeniu aktywności życiowej mikroorganizmów. Ilorazy qCO_2 i Cmic/Corg dostarczyły cennych informacji o ekosystemie glebowym po aplikacji biowęgla i stanowią komplementarny element badań uzupełniający informację o pojedynczych właściwościach biologicznych, takich jak aktywność enzymatyczna.

8. Wskaźniki biologiczne i ekofizjologiczne w połączeniu z właściwościami chemicznymi gleby są dobrymi narzędziami oceny jakości środowiska glebowego po aplikacji biowęgla. Z uwagi na różnorodne właściwości biowęgla i gleby, dalsze prace powinny zmierzać do opracowania wartości przedziałów dla skwantyfikowania uzyskanych wartości liczbowych i możliwości oceny środowiska glebowego po aplikacji materiałów organicznych, w tym biowęgla. Biorąc pod uwagę wysoką wartość danych dotyczących składu mikrobiocenotycznego, biomasy i aktywności mikroorganizmów glebowych, można stwierdzić, że wykorzystanie zaproponowanych wskaźników do oceny jakości gleby po aplikacji biowęgla wyprodukowanego z różnych surowców i zastosowanego w różnych dawkach, pozwala na monitorowanie zasadniczych zmian i ocenę jakości gleby po aplikacji tego materiału.

Mierz-Hers

Wkład w rozwój dyscypliny

Przedstawiony do oceny cykl powiązanych tematycznie publikacji naukowych mieści się w jednym z głównych nurtów badań dziedziny nauk rolniczych, który obejmuje swym zakresem nie tylko zagadnienia agronomii, ale również ochrony i kształtowania środowiska dążące do zachowania środowiska w stanie równowagi i ograniczenia negatywnych skutków wynikających z antropopresji. Należy podkreślić, że badania z zakresu agronomii mają charakter interdyscyplinarny, bezpośrednio związany z problematyką ochrony gleby rozumianej jako najważniejszego bogactwa przyrodniczego o niepodważalnym znaczeniu dla życia człowieka i innych organizmów żywych.

Dodatkowo, wpisująca się w te zagadnienia i kierunki badań, tematyka gospodarowania odpadami oraz monitoringu i ochrony środowiska glebowego tworzy nie tylko podstawy racjonalnego gospodarowania jego zasobami, ale również służy do oceny, zapobiegania i naprawy skutków oddziaływania człowieka na środowisko glebowe, w tym działań mających na celu zachowanie jego zdolności do regeneracji.

Analizując najnowszą literaturę dotyczącą termicznego przekształcenia biomasy organicznej można się zorientować, że istnieje wiele wątpliwości dotyczących wpływu biowęgla na właściwości gleby w zależności od rodzaju biomasy, z której go wyprodukowano, parametrów procesu, a także dawki tego materiału. W konsekwencji trudno jednoznacznie wskazać na pozytywne i negatywne aspekty wpływu biowęgla na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby, co w rezultacie nie daje możliwości realnej oceny wpływu tego materiału na jakość gleby w ujęciu ogólnym. Pomimo, że w ostatnich latach obserwuje się rosnące zainteresowanie właściwościami biowęgla i możliwościami wykorzystania tego materiału w rolnictwie i ochronie środowiska, problem wpływu biowęgla na właściwości biologiczne gleby, a szczególnie ekotoksyczność, aktywność respiracyjną i enzymatyczną oraz różnorodność mikrobiologiczną w kontekście kształtowania właściwości gleby pozostaje problemem nierozpoznanym nie tylko w Polsce, ale i na świecie.

Uzupełnienie luki wiedzy z zakresu kompleksowej oceny jakości gleby po aplikacji biowęgla z uwzględnieniem wcześniej wymienionych aspektów może odegrać kluczową rolę w kwestii detoksykacji i przywracania utraconych właściwości glebom. Zaproponowane w badaniach wykorzystanie wskaźników biologicznych i ekofizjologicznych w ocenie jakości gleby jako praktycznych i stabilnych narzędzi do identyfikacji i analizy skutków działalności człowieka może przynieść wieloaspektowe korzyści w szybkiej ocenie oddziaływania zewnętrznej materii organicznej, w tym biowęgla na stan gleby. Zaproponowane podejście

może znaleźć szerokie zastosowanie w ochronie środowiska w kontekście bezpiecznego wykorzystania odpadowych materiałów organicznych jako jednego z elementów retardacji zasobów środowiskowych wpisujących się w model gospodarki o obiegu zamkniętym, która w ostatnich latach nabiera coraz większego znaczenia. Co więcej, połączenie badań monitoringu środowiska glebowego po aplikacji biowęgla z wykorzystaniem metod biologicznych i chemicznych ma charakter utylitarny i aplikacyjny. Należy podkreślić, że ocena jakości środowiska glebowego po zastosowaniu biowęgla na podstawie szeregu wskaźników biologicznych i ekofizjologicznych jest podejściem nowatorskim o czym dobitnie świadczy bardzo ograniczona ilość pozycji literatury.

Przedstawiony do oceny w autoreferacie kierunek badań, zwłaszcza z uwzględnieniem wskaźników biologicznych i ekofizjologicznych gleby po aplikacji biowęgli wyprodukowanych z różnych biowęgli, zastosowanych w różnych dawkach stwarza zatem bardzo duże możliwości postępu naukowego nie tylko w dziedzinie nauk rolniczych, ale również w takich dziedzinach jak nauki o ziemi czy nauki inżynieryjno-techniczne.

Dalsze perspektywy badawcze

- wypracowanie liczb granicznych kwantyfikujących jakość środowiska glebowego na podstawie zintegrowanych wskaźników biologicznych, ekofizjologicznych i chemicznych;
- wytworzenie biowęgli o ściśle określonych właściwościach warunkujących możliwości i sposób ich wykorzystania przy założeniu osiągnięcia jak największej efektywności;
- śledzenie przemian biowęgli w środowisku glebowym w warunkach doświadczeń wieloletnich;
- określenie możliwości wykorzystania biowęgla do produkcji nawozów organicznych i/lub organiczno-mineralnych do regeneracji gleb;
- ocena przydatności wskaźników biologicznych i ekofizjologicznych w ocenie jakości gleby zanieczyszczonej związkami organicznymi i nieorganicznymi po aplikacji biowęgla o wysokich właściwościach sorpcyjnych względem tych zanieczyszczeń.

Literatura uzupełniająca

Al-Wabel M.I., Usman A.R.A., El-Naggar A.H., Aly A.A., Ibrahim H.M., Elmaghraby S., Al-Omran A. 2015. Conocarpus biochar as a soil amendment for reducing heavy metal availability and uptake by maize plants. Saudi Journal of Biological Sciences, 22, 503–511. DOI:10.1016/j.sjbs.2014.12.003

Ameloot N., Sleutel S., Das K.C., Kanagaratnam J., De Neve S. 2015. Biochar amendment to soils with contrasting organic matter level: effects on N mineralization and biological soil properties. GCB Bioenergy, 7, 135–144. DOI:10.1111/gcbb.12119

Bielińska, E.J., Futa B., Mocek-Płóciniak A. 2014. Enzymy glebowe jako bioindykatory jakości i zdrowotności gleby. Towarzystwo Wydawnictw Naukowych "Libropolis", Lublin, ss.107. ISBN 978-83-63761-25-7

Blanco-Canqui H. 2017. Biochar and soil physical properties. Soil Science Society of America Journal, 81(4), 687-711. DOI:10.2136/sssaj2017.01.0017.

Commission of the European Communities (COM), 2006. Communication from the commission to the council, the European parliament, the European economic and social committee and the committee of the regions. Thematic Strategy for Soil Protection. COM 231 Final, Brussels.

Duan W., Oleszczuk P., Pan B., Xing B. 2019. Environmental behavior of engineered biochars and their aging processes in soil. Biochar, 1, 339-351. DOI:10.1007/s42773-019-00030-5

El-Naggar A., Lee S.S., Rinklebe J., Farooq M., Song H., Sarmah A.K., Zimmerman A.R., Ahmad M., Shaheen S.M., Ok Y.S. 2019. Biochar application to low fertility soils: a review of current status, and future prospects. Geoderma 337, 536–554. DOI:10.1016/j.geoderma.2018.09.03

EU, 2003. Council decision of 19 December 2002 establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC. European Council. https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:011:0027:0049:EN:PDF.

Europejska Karta Gleby (Europen Soil Charter) Res(72)19E. Rada Europy. 1972, 60-63, (dostęp 2020-5-15).

FAO, ITPS, 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.

Głąb T., Żabiński A., Sadowska U., Gondek K., Kopeć M., Mierzwa-Hersztek M., Tabor S., Stanek-Tarkowska J. 2020. Fertilization of compost produced from maize, sewage sludge and biochar effects soil water retention and chemical properties. Soil & Tillage Research, 197, 104493. DOI: 10.1016/j.still.2019.104493

Gondek K., Mierzwa-Hersztek M., Smreczak B., Baran A., Kopeć M. Mróz T., Janowski P. Bajda T., Tomczyk A. 2016. Content of PAHs activities of γ-radionuclides and ecotoxicological assessment in biochars. Polish Journal of Chemical Technology, 18(4), 27-35, DOI: 10.1515/pjct-2016-0067.

Gondek K., Mierzwa-Hersztek M., Kopeć M. 2018. Mobility of heavy metals in sandy soil after application of composts produced from maize straw, sewage sludge and biochar. Journal of Environmental Management, 210, 87-95. DOI:10.1016/j.jenvman.2018.01.023

Gul S., Whalen J.K., Thomas B.W., Sachdeva V., Deng H. 2015. Physico-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: Mechanisms and future directions. Agriculture, Ecosystems & Environment, 206, 46-59. DOI:10.1016/j.agee.2015.03.015

Hilscher A., Heister K., Siewert C., Knicker H. 2009. Mineralisation and structural changes during the initial phase of microbial degradation of pyrogenic plant residues in soil. Organic Geochemistry, 40, 332–342. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2008.12.004

Houben D., Evrard L., Sonnet P. 2013. Mobility, bioavailability and pH-dependent leaching of cadmium, zinc and lead in a contaminated soil amended with biochar, Chemosphere, 92, 1450–1457. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2013.03.055

Jędrczak A. 2007. Biologiczne przetwarzanie odpadów. Wyd. PWN, Warszawa, ss. 456.

Jindo K., Mizumoto H., Sawada Y., Sanchez-Monedero M.A., Sonoki T. 2014. Physical and chemical characterization of biochars derived from different agricultural residues. Biogeosciences 11, 6613-6621. DOI:10.5194/bg-11-6613-2014.

Kołtowski M., Oleszczuk P. 2015. Toxicity of biochars after polycyclic aromatic hydrocarbons removal by thermal treatment. Ecological Engineering, 75, 79–85. DOI:10.1016/j.ecoleng.2014.11.004

Kopeć M., Smreczak B., Ukalska-Jaruga A., Mierzwa-Hersztek M., Gondek K. 2017. Changes of PAHs and C humic fractions in composts with sewage sludge and biochar amendment. Desalination Water Treatment, 97, 234-243. DOI: 10.5004/dwt.2017.21629.

Kopeć M., Gondek K., Mierzwa-Hersztek M. 2018a. Gospodarka o obiegu zamkniętym w kontekście strat i marnowania żywności. Polish Journal for Sustainable Development/Problemy Ekorozwoju, 22(2), 51-58. DOI: 10.15584/pjsd.2018.22.2.6

Kopeć M., Gondek K., Mierzwa-Hersztek M., Antonkiewicz A. 2018b. Factors influencing chemical quality of composted poultry waste. Saudi Journal of Biological Sciences, 25, 1678-1686. DOI: 10.1016/j.sjbs.2016.09.012

Kopeć M., Baran A., Mierzwa-Hersztek M., Gondek K., Chmiel M.J. 2018c. Effect of the addition of biochar and coffee grounds on the biological properties and ecotoxicity of composts. Waste and Biomass Valorization, 9, 1389-1398. DOI 10.1007/s12649-017-9916-y

KPGO 2016. Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2022, Monitor Polski, Warszawa, ss. 259.

Krull E.S., Baldock J.A., Skjemstad J.O., Smernik R.J. 2009. Characteristics of biochar: organo-chemical properties. In: Lehmann J, Joseph S (eds.) Biochar for environmental management: Science and technology. Earthscan, London, pp. 53–65.

Mierz-Hers

Kuzyakov Y., Subbotina I., Chen H., Bogomolova I. Xu X., 2009. Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by 14 C labeling. Soil Biology and Biochemistry, 41, 210–219. DOI:10.1016/j.soilbio.2008.10.016.

Lehmann J., Joseph S., 2015. Biochar for Environmental Management. Science, Technology and Implementation, 2nd Edition, pp. 944. ISBN-13: 978-0415704151

Luo Y., Durenkamp M., De Nobili M., Lin Q., Devonshire B.J., Brookes P.C. 2013. Microbial biomass growth, following incorporation of biochars produced at 350°C or 700°C, in a silty-clay loam soil of high and low pH. Soil Biology and Biochemistry 57, 513-523. DOI:10.1016/j.soilbio.2012.10.033

Łabętowicz J., Stępień W., Kobiałak M. 2019. Innowacyjne technologie przetwarzania odpadów na nawozy agroekologicznej użyteczności. Inżynieria ekologiczna, 20(1), 13-23. https://doi.org/10.12912/23920629/106203

Malińska K., Dach J. 2014. Możliwości wykorzystania biowęgla w procesie kompostowania. Inżynieria Ekologiczna, 36, 28-39. DOI:10.12912/2081139X.03

Mary G.S., Sugumaran P., Niveditha S., Ramalakshmi B., Ravichandran P., Seshadri S. 2016. Production, characterization and evaluation of biochar from pod (Pisum sativum), leaf (Brassica oleracea) and peel (Citrus sinensis) wastes. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 5, 43–53. DOI: 10.1007/s40093-016-0116-8

Mohan D., Pittman Ch., Steele P. 2006. Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review. Energy & Fuels, 20, 848-889. DOI: 10.1021/ef0502397

Mierzwa-Hersztek M., Gondek K., Baran A. 2016. Effect of poultry litter biochar on soil enzymatic activity, ecotoxicity and plant growth. Applied Soil Ecology, 105, 144-150. DOI:10.1016/j.apsoil.2016.04.006

Mierzwa-Hersztek M., Gondek K., Klimkowicz-Pawlas A., Baran A. 2017. Effect of wheat and miscanthus straw biochars on soil enzymatic activity, ecotoxicity, and plant yield. International Agrophysics, 31, 367-375. DOI:10.1515/intag-2016-0063.

Morales V.L., Pérez-Reche F.J., Hapca S.M., Hanley K.L, Lehmann J., Zhang W. 2015. Reverse engineering of biochar. Bioresource Technology, 183, 163-174. DOI:10.1016/j.biortech.2015.02.043

Mukherjee A., Zimmerman A. 2013. Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar-soil mixtures. Geoderma, 193, 122–130. DOI:10.1016/j.geoderma.2012.10.002

Myśków W., Stachyra A., Zięba S., Masiak D. 1996. Aktywność biologiczna gleby jako wskaźnik jej żyzności i urodzajności. Rocz. Glebozn., XLVII, 1/2, 89-99.

Ogbonnaya U., Semple K.T. 2013. Impact of biochar on organic contaminants in soil: a tool for mitigating risk? Agronomy, 3, 349–375. DOI:10.3390/agronomy3020349

Paz-Ferreiro J., Lu H., Fu S., Me´ndez A., Gasco G. 2014. Use of phytoremediation and biochar to remediate heavy metal polluted soils: a review. Solid Earth 5, 65–75. DOI:10.5194/se-5-65-2014

Petre C, Thuriès L, Barthès B, Brunet D, Morvan T, Nicolardot B, Parnaudeau V, Houot S (2011) Near infrared reflectance spectroscopy: A tool to characterize the composition of different types of exogenous organic matter and their behaviour in soil. Soil Biology and Biochemistry 43(1): 197-205. DOI:10.1016/j.soilbio.2010.09.036

Persoone G., Marsalek B., Blinova I., Törökne A., Zarina D., Manusadzianas L., Nałecz-Jawecki G., Tofan L., Stepanova N., Tothova L., Kolar B. 2003. A practical and user-friendly toxicity classification system with microbiotests for natural waters and wastewaters. Environmental Toxicology, 18(6), 395-402. DOI: 10.1002/tox.10141

Pikuła D. 2015. Aspekty środowiskowe gospodarowania materią organiczną w rolnictwie. Studia Ekonomiczne i Regionalne, 8(2), 98-112.

Sánchez-Monedero M.A., Cayuela M.L., Roin A., Jindo K., Mondini C., Bolan N. 2018. Role of biochar as an additive in organic waste composting. Bioresource Technology, 247, 1155-1164. DOI: 10.1016/j.biortech.2017.09.193.

Smith J.L., Collins H.P., Bailey V.L. 2010. The effect of young biochar on soil respiration. Soil Biology & Biochemistry, 42, 2345–2347. DOI:10.1016/j.soilbio.2010.09.013

Smol M., Kulczycka J., Czaplicka-Kotas A., Włóka D. 2019. Zarządzanie i monitorowanie gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce w kontekście realizacji gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ). Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, 108, 165-184. DOI: 10.24425/znigsme.2019.130174

Song W., Guo M. 2012. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 94, 138-145. DOI:10.1016/j.jaap.2011.11.018

Spohn M. 2015. Microbial respiration per unit microbial biomass depends on litter layer carbon-to-nitrogen ratio. Biogeosciences, 12, 817–823. DOI:10.5194/bg-12-817-2015

Mierz-Hers

Steinbeiss S., Gleixner G., Antonietti M. 2009. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. Soil Biology & Biochemistry, 41, 1301–1310. DOI: 10.1016/j.soilbio.2009.03.016

Tisserant I., Cherubini F. Potentials, limitations, co-benefits, and trade-offs of biochar applications to soils for climate change mitigation. Land, 8(179), 1-34. DOI:10.3390/land8120179

Tsai W.T., Lee M.K., Chang Y.M. 2007. Fast pyrolysis of rice husk: product yields and composition. Bioresource Technology, 98(1), 22–28. DOI:10.1016/j.biortech.2005.12.005

Vasu D., Tiwary P., Padikkal Ch., Kumar Singh S. 2020. Soil quality for sustainable agriculture. Nutrient Dynamics for Sustainable Crop Production, wyd. Springer nature Singapore Pte Ltd. S. 41-66. DOI: 10.1007/978-981-13-8660-2_2

Wang Z., Zong H., Zheng H., Liu G., Chen L., Xing B. 2015. Reduced nitrification and abundance of ammonia-oxidizing bacteria in acid ic soil amended with biochar. Chemosphere 138, 576–583. DOI:10.1016/j.chemosphere.2015.06.084

Williams H., Colombi T., Keller T. 2020. The influence of soil management on soil health: An on-farm study in southern Sweden. Geoderma, 360, 114010. DOI:10.1016/j.geoderma.2019.114010

Wu W., Yang M., Feng Q., McGrouther K., Wang H., Lu H., Chen Y. 2012. Chemical characterization of rice straw-derived biochar for soil amendment. Biomass and Bioenergy, 47, 268-276. DOI:10.1016/j.biombioe.2012.09.034

Zimmerman A.R., Gao B., Ahn M. 2011. Positive and negative carbon mineralization priming ffects among a variety of biochar-amended soils. Soil Biology and Biochemistry 43,1169-1179. DOI: 10.1016/j.soilbio.2011.02.005

5. INFORMACJA O WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ ALBO ARTYSTYCZNĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ LUB INSTYTUCJI KULTURY, W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ

W mojej dotychczasowej karierze naukowej odbyłam dwa staże naukowo-badawcze. Pierwszy staż odbyłam w **Zakładzie Gleboznawstwa, Erozji i Ochrony Gruntów w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytucie Badawczym w Puławach** w okresie od 28.09.2015 r. do 30.10.2019 r. podczas studiów doktoranckich (**II.11.1**). Staż ten umożliwił mi opanowanie i rozwinięcie nowych umiejętności analitycznych, a w konsekwencji zdobycie cennego doświadczenia zawodowego. Pod opieką naukową dr Agnieszki Klimowicz-Pawlas, dr hab. Bożeny Smreczak oraz innych pracowników Zakładu Gleboznawstwa, Erozji i Ochrony Gruntów doskonaliłam swój warsztat analityczny m.in. w zakresie określania aktywności mikroorganizmów glebowych, analizy składu frakcyjnego materii organicznej gleb, analizy zawartości i biodostępności zanieczyszczeń organicznych (WWA) oraz analiz spektralnych UV-VIS gleb i materiałów organicznych. Przeprowadziłam szereg różnorodnych analiz określających właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne materiałów organicznych (kompostów, biowęgli), materiałów polimerowych i gleb. Dodatkowo miałam okazję zapoznać się z jakościowymi i ilościowymi metodami analiz zawartości i aktywności saponin, antocyjanów oraz flawonoidów w materiale roślinnym z wykorzystaniem najnowszych technik chromatograficznych jak również przy wykorzystaniu spektroskopii

Mierz-Hers

magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR), które wykonywałam w Zakładzie Biochemii i Jakości Plonów IUNG-PIB. Szereg wykonanych podczas odbytego stażu analiz pozwoliło na zgromadzenie interdyscyplinarnych wyników badań oraz poznanie metod badawczych, które wdrożyłam w mojej macierzystej jednostce, Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Należy podkreślić, że współpraca z pracownikami Zakładu Gleboznawstwa, Erozji i Ochrony Gruntów zainicjowana podczas stażu trwa nadal i prowadzi nie tylko do zwiększenia interdyscyplinarności prowadzonych przeze mnie badań, ale również podnosi ich potencjału merytoryczny na drodze dyskusji naukowej. Wymiernym efektem mojej współpracy z pracownikami zakładu Gleboznawstwa, Erozji i Ochrony Gruntów są liczne publikacje naukowe, które opublikowałam w wysoko punktowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym (**II.4.24**, **II.4.28**, **II.4.35**, **II.4.36**, **II.4.39**, **II.4.43**, **II.4.50, II.4.55**) lub zaprezentowałam na konferencjach naukowych krajowych i zagranicznych (**II.7.23**, **II.7.25**, **II.7.26**, **II.7.35**, **II.7.42**, **II.7.47**, **II.7.51**, **II.7.52**). Warto nadmienić, że w czasie mojego stażu dwukrotnie zostałam zaproszona do wygłoszenia referatów dotyczących realizowanej przeze mnie tematyki badawczej, które stały się następnie przyczynkiem do ciekawych dyskusji naukowych.

W roku 2018 w okresie od 1.06.–31.08. 2018 r. odbyłam 3-miesięczny staż naukowo-badawczy w **State Agrarian and Engineering University in Podilya na Ukrainie (II.11.2)**. W czasie realizacji stażu pod opieką naukową prof. Hutsola Tarasa doskonaliłam swój warsztat analityczny z zakresu diagnostyki materiałów organicznych (kompost, biowęgiel, pofermenty), analityki nawozów mineralnych oraz metod wykorzystywanych do analiz właściwości fizycznych, chemicznych i biochemicznych gleby. Dzięki temu, że mój staż odbywał się w okresie wakacyjnym, mogłam nie tylko uczestniczyć w prowadzonych przez pracowników Uniwersytetu doświadczeniach wegetacyjnych dotyczących wpływu nawożenia organicznego na plonowanie i jakość roślin oraz właściwości gleby, ale również w pracach związanych z budową pirolizatora do termicznego przekształcenia odpadów. Dzięki doświadczeniu pracowników Uniwersytetu specjalizujących się w zagadnieniach zawiązanych z energetyką i odnawialnymi źródłami energii mogłam także zapoznać się z metodami określania parametrów biomasy przeznaczonej na cele energetyczne. Nabycie tej wiedzy było dla mnie ważnym krokiem do poznania nowego spektrum narzędzi analitycznych, które pozwoliły mi poszerzyć zakres analiz wykonywanych na materiałach organicznych. Badania te przeprowadziłam już po powrocie do Polski przy współpracy z pracownikami Katedry Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki Wydziału Inżynierii Produkcji i Energetyki Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Warto podkreślić, że w czasie trwania stażu

wraz z pracownikami State Agrarian and Engineering University in Podilya zostałam włączona w prace nad utworzeniem nowego czasopisma naukowego „*Podolian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*" (E-ISSN: 2706-851X) o zasięgu międzynarodowym, które oficjalnie zostało uruchomione w drugiej połowie roku 2019. W czasopiśmie tym pełnię funkcję członka Rady Redakcyjnej. Ponadto zainicjowana w czasie stażu współpraca przełożyła się na powstanie publikacji **II.4.50** oraz doniesienia naukowego **II.7.48**, które wygłosiłam na zaproszenie pracowników Uniwersytetu w listopadzie 2019 r. na konferencji naukowej pt. International Scientific and Practical Forum "Beekeeping of Ukraine as a basis for food safety and environmental protection". Na zaproszenie organizatorów byłam również członkiem Komitetu Naukowego tej konferencji (**II.8.3**).

Kolejnym ważnym etapem mojego rozwoju naukowego było rozpoczęcie pracy w **Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie** w styczniu br. W ramach postępowania rekrutacyjnego, pod koniec 2019 r. wygrałam konkurs na stanowisko „Młodego Lidera", a tym samym kierownika jednego z dwóch zadań realizowanych przez AGH w ramach grantu pt. *Fly ashes as the precursors of functionalized materials for applications in environmental engineering, civil engineering and agriculture* (**II.9.10**). Grant (nr POIR.04.04.00-00-14E6/18-00) realizowany jest w ramach konsorcjum naukowego Politechniki Lubelskiej, Uniwersytetu Warszawskiego oraz Akademii Górniczo-Hutniczej w ramach programu TEAM-NET Fundacji na rzecz Nauki Polskiej współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego na łączną kwotę 21 000 000 mln PLN. W projekcie tym pełnię funkcję kierownika zadania 4 pt. *Opracowanie technologii produkcji nawozów mineralnych z dodatkiem funkcjonalizowanych popiołów lotnych i węgla brunatnego do biofortyfikacji roślin w mikro- i makroelementy*. Do moich zadań należy nie tylko dbanie o prawidłowy przebieg realizacji wszystkich prac badawczych objętych zadaniem o łącznej kwocie finansowania 3 500 000 mln PLN, ale również kierowanie pracami 8-osobowego międzynarodowego zespołu badawczego, który również został zrekrutowany na drodze postępowań konkursowych. Dotychczas zrealizowane prace badawcze pozwoliły na opracowanie innowatorskich formuł nawozowych o inteligentnym uwalnianiu składników pokarmowych zawierających nie tylko dodatek funkcjonalizowanych kompozytów krzemionkowych, ale również dodatek naturalnych kopalin. Działanie nawozów zostanie zweryfikowane nie tylko w warunkach kontrolowanych, ale również w warunkach 2-letniego doświadczenia wegetacyjnego. Realizowane w ramach konsorcjum naukowego zagadnienia badawcze dotyczące możliwości wykorzystania odpadowych popiołów lotnych do produkcji materiałów funkcjonalizowanych, znajdą w przyszłości zastosowanie nie tylko w rolnictwie, ale również w szeroko pojętej ochronie

środowiska, w tym w procesach oczyszczania wód, powietrza i gleby, w procesie kompostowania materiałów odpadowych oraz w budownictwie i drogownictwie. Z tego też względu badania te stanowią w pełni innowacyjne, nowatorskie i interdyscyplinarne zagadnienia badawcze, które dzięki ścisłej współpracy wszystkich jednostek naukowo-badawczych zaangażowanych w projekt pozwolą na wypracowanie nowoczesnych rozwiązań technologicznych i produktów, które znajdą zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu i gospodarki. Należy podkreślić, że wymiernym efektem dotychczas zrealizowanych prac i wzajemnej współpracy konsorcjantów są już dwa zgłoszenia patentowe: P.433572 [WIPO ST 10/C PL433572] oraz P.433573 [WIPO ST 10/C PL433573], których jestem współautorem (**III.3.1** oraz **III.3.2**). Innym efektem mojej współpracy z pracownikami Uniwersytetu Warszawskiego było złożenie w 2020 r. dwóch wniosków grantowych finansowanych ze środków NCBR: **LIDER XI** (wniosek nr 0051/L-11/2019 pt. *Opracowanie bionawozów przeznaczonych do poprawy jakości biologicznej gleb*; zakwalifikowany do finansowania we wrześniu br., kwota dofinansowania 1 500 000 zł, rozpoczęcie prac zostało zaplanowane na styczeń 2021 r. - **II.9.13.**), w którym pełnię rolę wykonawcy oraz wniosku przygotowanego w konsorcjum Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie z firmami RDLS Sp. z o.o. (spółka typu spin-off Uniwersytetu Warszawskiego) i BIKO-SERWIS sp. z o.o. sp.k. r.) (konkurs 3/1.1.1/2020 Szybka ścieżka dla Mazowsza), w którym miałam pełnić rolę kierownika z ramienia Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

6. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ LUB SZTUKĘ

Z uwagi na charakter mojego stanowiska (techniczne; naukowe, a obecnie badawcze), na których byłam zatrudniona w okresie mojej pracy naukowej Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie, moje osiągnięcia na polu dydaktycznym są ograniczone i skupiają się w głównej mierze na opiece naukowej nad studentami działającymi w strukturach Koła Naukowego Rolników, Sekcja Chemii Środowiska oraz studentami realizującymi swoje prace dyplomowe w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej. Warto podkreślić, że prezentowane przez moich podopiecznych wyniki badań z zakresu technologii żywności oraz szeroko pojętych zagadnień związanych z gospodarowaniem odpadami były wielokrotnie nagradzane na Wydziałowych i Międzynarodowych Sesjach Kół Naukowych. Dodatkowo w okresie studiów doktoranckich aktywnie uczestniczyłam w pracach organizacyjnych Wydziałowych Sesji Kół Naukowych

oraz Dnia Otwartego Uniwersytetu Rolniczego. Dodatkowo w ramach realizacji grantu **II.9.2**, którego byłam kierownikiem byłam zaangażowana w opiekę naukową trzech dyplomantów, którzy przygotowali swoje prace magisterskie w oparciu o wyniki powstałe z realizacji projektu. Prace dotyczyły *„Wpływu biowęgla na wybrane właściwości biochemiczne i mikrobiota gleby"*, *„Wykorzystania wskaźników biologicznych do oceny aktywności oddechowej gleby po aplikacji biowęgla"* oraz *„Akumulacji wybranych pierwiastków śladowych w biomasie roślin po aplikacji zewnętrznej materii organicznej"*. Od roku 2018 (data otwarcia przewodu doktorskiego 26 września 2018 r.) pełnię również funkcję **promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim** mgr inż. Joanny Palmowskiej, która realizuje badania nad *Integrowaną metodą fertygacji murawy trawiastej* w Katedrze Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych Wydziału Inżynierii Produkcji i Energetyki Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie (**II.20.1**). W październiku br. zostałam wskazana na promotora pomocniczego w dwóch kolejnych przewodach doktorskich: mgr inż. Renaty Jarosz oraz mgr inż. Lidii Marcińskiej-Mazur na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (procedura w trakcie akceptacji).

Moja **aktywność na polu dydaktycznym** przejawia się także poprzez uczestnictwo w projektach dydaktycznych realizowanych przez Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Jeszcze w okresie studiów doktoranckich byłam wykonawcą w projektach dydaktycznych **II.9.6** i **II.9.7** mających na celu modernizację kształcenia zawodowego i wykorzystanie nowoczesnych technik informacyjno-komunikacyjnych w procesie nauczania i rozwoju kompetencji kluczowych uczniów szkół licealnych z terenu Województwa Małopolskiego. W projekcie tym uczestniczyłam w przygotowywaniu konspektów zajęć dydaktycznych dla szkół licealnych i techników, które dotyczyły tematyki kompostowania odpadów, skutków niewłaściwego postępowania z odpadami, recyklingu makulatury, a następnie wraz z prof. dr hab. inż. Krzysztofem Gondkiem współprowadziłam demonstracyjne zajęcia on-line na jednej z przygotowanych do tego celu platform edukacyjnych. Obecnie jestem również wykonawcą projektu **II.9.11** pt. *Innowacyjny program strategicznego rozwoju Uczelni okres realizacji 2019-2020* (Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój, Priorytet III Szkolnictwo Wyższe dla Gospodarki i Rozwoju, działanie 3.5. Kompleksowe programy szkół wyższych). W ramach realizacji projektu opracowałam 3 ćwiczenia laboratoryjne, które zostaną opublikowane w dwóch skryptach dla studentów: *Przewodniku do ćwiczeń z chemii rolnej* i *Przewodniku do ćwiczeń z chemii środowiska.*

Od roku 2019 jestem również koordynatorem przedmiotu **„BHP w ochronie środowiska"** (ćwiczenia i wykłady), który przygotowałam po zakończeniu rocznych studiów

podyplomowych „Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy" w Centrum Szkolenia i Organizacji Systemów Jakości Politechniki Krakowskiej (**II.17.11-II.17.13**). Przygotowany przeze mnie program nauczania przedmiotu cieszy się zainteresowaniem studentów i jest obecnie realizowany na kierunku Ochrona środowiska przez pracowników Katedry Chemii Rolnej i Środowiskowej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

Moja **działalność organizacyjna** na rzecz Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie rozpoczęła się już w okresie studiów doktoranckich. Byłam wówczas członkiem Odwoławczej Komisji Dyscyplinarnej dla Studentów i Doktorantów, członkiem Odwoławczej Doktoranckiej Komisji Stypendialnej oraz członkiem Zespołu Oceny Jakości Kształcenia (**II.19.1-II.19.3**). W roku 2015 w czasie stażu naukowego w Zakładzie Gleboznawstwa, Erozji i Ochrony Gruntów w IUNG-PIB w Puławach brałam czynny udział w przygotowaniach do krajowej konferencji naukowej "Instrumenty i metody przeciwdziałania degradacji gleb użytkowanych rolniczo" (**II.8.1**). Z kolei w roku 2017 uczestniczyłam w przygotowaniach do VIII Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt. *„Toxic Substances in the Environment"*, gdzie pełniłam funkcję sekretarza (**II.8.2**). W roku 2018 r. podczas międzynarodowej konferencji naukowej pt. *International Conference of Humic Substances and their Contribution to the Climate Change Mitigation International Conference* w Bułgarii byłam również przewodniczącą sesji pt. *Soil Physical Chemistry - Soil Fertility.* Chęć poszerzenia swoich zainteresowań w zakresie budowy i analityki glebowej substancji organicznej skłoniła mnie do wstąpienia w struktury krajowych i międzynarodowych towarzystw naukowych: Polskiego Towarzystwa Substancji Humusowych (PTSH) oraz Międzynarodowego Towarzystwa Substancji Humusowych (International Humic Substances Society – IHSS) (**II.10.1**).

W tym samym roku byłam również członkiem Komitetu Naukowego Międzynarodowej Konferencji Naukowej *„International Scientific and Practical Forum "Beekeeping of Ukraine as a basis for food safety and environmental protection"* organizowanej przez State Agrarian and Engineering University in Podillya w Ukrainie (**II.8.3**). Ponadto od roku 2019 jestem członkiem Rady Redakcyjnej czasopisma Podolian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics (IJPB) E-ISSN: 2706-851X (**II.12.1**), przy współtworzeniu, którego brałam udział w czasie mojego stażu naukowo-badawczego w roku 2018. Z kolei w ramach współpracy z College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University w Chinach biorę udział w pracach zespołu naukowców, które prowadzą do powstania nowego czasopisma o nazwie *Global Journal of Enviro Tech (GJET)* (**II.12.2**). W czasopiśmie tym będę pełniła rolę członka Rady Redakcyjnej. Od lipca br. pełnię także rolę edytora gościnnego autorskiego wydania specjalnego pt. *Soil Use Management and Soil Health* w szwajcarskim czasopiśmie

Sustainability (IF=2,576; załącznik **II.12.3**). Warto nadmienić, że w okresie studiów doktoranckich, jak również w okresie po uzyskaniu stopnia doktora aktywnie uczestniczyłam w wielu konferencjach i seminariach naukowych, na których popularyzowałam wyniki badań naukowych. W moim dorobku publikacyjnym znajduje się również jedna publikacja popularyzująca naukę (**II.4.70**).

7. POZOSTAŁE INFORMACJE DOTYCZĄCE KARIERY ZAWODOWEJ

7.1. Przebieg pracy badawczej przed uzyskaniem stopnia doktora (X.2012-X.2017)

Moja aktywność naukowa w okresie do uzyskania stopnia doktora była związana z tematyką badań prowadzonych w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, głównie w zespole naukowym prof. dr hab. inż. Krzysztofa Gondka i prof. dr hab. inż. Michała Kopcia. Moje prace naukowe były wykonywane w zespołach badawczych co wynikało nie tylko z kompleksowości, ale również znacznego zakresu prowadzonych badań.

Tematyka prowadzonych przeze mnie badań obejmowała zagadnienia związane z nawożeniem, transformacją termiczną i biologiczną odpadów oraz ich przyrodniczym zagospodarowaniem. Moja praca naukowa skupiała się przede wszystkim na poznaniu i opisie zjawisk i procesów z pogranicza analityki chemicznej, biologicznej i ekotoksykologicznej zachodzących w ekosystemach na skutek oddziaływania emisji różnych zanieczyszczeń. W każdym z aspektów prowadzonych przeze mnie badań istniał realny związek pomiędzy człowiekiem a środowiskiem. Istotnym elementem mojej działalności naukowej była i jest nie tylko identyfikacja i analiza skutków środowiskowej działalności człowieka, ale przede wszystkim próba stworzenia innowacyjnych rozwiązań prośrodowiskowej gospodarki odpadami. Biorąc pod uwagę globalne znaczenie problemu gospodarki odpadami i jego konsekwencje dla rozwoju gospodarczego kraju, skala i sens realizowanych przeze mnie badań wydaje się mieć znaczenie podstawowe nie tylko w perspektywie obecnych, ale także następnych pokoleń.

Zarówno przed jak również po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, zasadnicza część mojej działalności badawczej związana była z biologicznym i termicznym przekształceniem biomasy odpadowej w celu jej zagospodarowania przyrodniczego. Badania nad tymi zagadnieniami rozpoczęłam jeszcze w trakcie studiów inżynierskich realizując pracę pt. *Zawartość materii organicznej oraz wybranych pierwiastków śladowych w komunalnych osadach ściekowych przekształconych termicznie i biologicznie* pod kierunkiem naukowym

prof. dr hab. inż. Krzysztofa Gondka. Uzyskane w czasie realizacji pracy inżynierskiej wyniki badań stały się przedmiotem mojej pierwszej publikacji naukowej (**II.4.1**), której wyniki zaprezentowałam wcześniej na II International Conference of PhD Students "Multidirectional Research in Agriculture and Forestry" (**II.7.3**). Dzięki aktywnej pracy w Kole Naukowym Rolników w Sekcji Chemii Środowiska w czasie studiów I°, II° i III° uczestniczyłam w licznych pracach badawczych realizowanych przez pracowników Katedry Chemii Rolnej i Środowiskowej. Badania dotyczyły m.in. wpływu naturalnego wycieku ropy na aktywność biologiczną gleby (publikacja **II.4.2**), weryfikacji działania kompostów wyprodukowanych z odpadów biodegradowalnych na zawartość kadmu, ołowiu i niklu w glebie (publikacja **II.4.3**), wpływu różnych materiałów organicznych na parametry ilościowe i jakościowe związków próchnicznych w glebie (publikacja **II.4.19**), wpływu doglebowej aplikacji papieru gazetowego na zawartość pierwiastków śladowych w glebie i roślinie (publikacja **II.4.5** oraz doniesienia naukowe **II.7.6** i **II.7.10**) określenia efektu kompostowania odpadów komunalnych ze skrobią, olejem jadalnym lub mocznikiem na zawartość pierwiastków śladowych, parametry jakościowe materii organicznej i liczebność mikroorganizmów (publikacja **II.4.18**), wpływu wypalania węgla drzewnego na zawartość metali ciężkich w roślinach oraz w bezpośrednim sąsiedztwie retort (publikacja **II.4.9**) czy sposobów zwiększenia zawartości magnezu w runi użytków zielonych w długotrwałym doświadczeniu polowym (publikacja **II.4.20**). Uzyskane w toku tych badań wyniki zostały także zaprezentowane na konferencjach krajowych w formie referatów i opublikowane w formie doniesień naukowych (**II.7.1**, **II.7.2**, **II.7.4 - II.7.7**, **II.7.11**, **II.7.12**, **II.7.17**, **II.7.18**).

Kolejne prace były wynikiem rozszerzenia moich zainteresowań, a zarazem tematyki badawczej realizowanej w ramach rozprawy doktorskiej. Przeprowadzone przeze mnie doświadczenia laboratoryjne i polowe w ramach realizacji grantu pt. *Badania nad zastosowaniem biomasy do wytwarzania polimerowych materiałów przyjaznych środowisku* (projekt **II.9.1**), w którym byłam wykonawcą, stały się nie tylko podstawą przygotowania mojej rozprawy doktorskiej, ale były również podstawą opracowania czterech publikacji naukowych (**II.4.10**, **II.4.11**, **II.4.13**, **II.4.17**) oraz trzech doniesień naukowych opublikowanych w materiałach pokonferencyjnych (**II.7.12**, **II.7.13**, **II.7.14**). Realizując prace badawcze dotyczące możliwości wykorzystania materiałów polimerowych przygotowanych na bazie polietylenu i termoplastycznej skrobi kukurydzianej w procesie kompostowania wykazałam m.in., że zwiększenie udziału biokomponenta roślinnego w strukturze materiału polimerowego sprzyja jego degradacji w środowisku pod wpływem czynników biotycznych i abiotycznych. Dowiodłam także, że z uwagi na różnorodność mikrobiologiczną oraz podwyższoną

Mierzwa-Hersztek

temperaturę, proces kompostowania stwarza aktywne środowisko degradacyjne dla materiałów polimerowych. Z kolei doglebowa aplikacja kompostów z 5% dodatkiem materiałów polimerowych przyczynia się do poprawy właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby.

Równolegle jako wykonawca ww. grantu uczestniczyłam także w pracach zespołu pracowników Katedry Chemii Rolnej i Środowiskowej, z którymi weryfikowałam działanie kompostów z 8% dodatkiem materiałów polimerowych otrzymanych z termoplastycznej skrobi kukurydzianej i polietylenu w warunkach rocznego doświadczenia wazonowego. Badania były prowadzone na dwóch glebach oraz na osadzie poflotacyjnym z przeróbki rud cynkowo-ołowiowych pochodzącym ze składowiska ZGH „Bolesław" S.A. w Bukownie. W badaniach oceniano wpływ stosowania kompostów na mobilność metali ciężkich w glebie i osadzie oraz plonowanie roślin (gorczyca, owies). Efektem prac zrealizowanych w ramach tego doświadczenia były publikacje **II.4.4** oraz **II.4.6**.

Chciałabym podkreślić, że realizowane przeze mnie badania dotyczące możliwości wykorzystania odpadów polimerowych w procesie transformacji biologicznej doprowadziły do uzyskania innowacyjnych i interdyscyplinarnych wyników badań, które są tematem licznych publikacji naukowych. Znalezienie sposobu zagospodarowania poużytkowych materiałów polimerowych będących jednym z najbardziej uciążliwych dla środowiska odpadów jest obecnie jednym z kluczowych zagadnień gospodarki odpadami.

Dalsze badania dotyczące biologicznej transformacji biomasy odpadowej dotyczyły możliwości wykorzystania i zagospodarowania odpadów z uboju i hodowli drobiu w procesie kompostowania (publikacja **II.4.12**, doniesienie naukowe **II.7.8**) oraz wpływu powstałego kompostu na właściwości wodno-powietrzne gleby (publikacja **II.4.7**). Wykazano, że odpady z przemysłu drobiarskiego stanowią surowiec, który na drodze recyklingu organicznego i pod warunkiem spełnienia wymogów sanitarnych może stać się wartościowym produktem nawozowym znacząco poprawiającym właściwości gleby. W sytuacji, gdy kompost nie spełnienia wymogów sanitarnych i parazytologicznych konieczne jest poszukiwanie alternatywnych metod jego zagospodarowania. Jedną z nich może być wykorzystanie tego typu materiałów w energetyce. Wyniki badań przedstawione w publikacji **II.4.16** dowiodły, że z uwagi na znaczącą zawartość węgla i wartość kaloryczną, kompost może stanowić paliwo wykorzystywane w procesie spalania.

Niezależnie od realizacji badań związanych z moją rozprawą doktorską oraz zaangażowania w liczne prace badawcze pracowników Katedry Chemii Rolnej i Środowiskowej Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie nad biologicznym przetwarzaniem odpadów,

w spektrum moich zainteresowań naukowych coraz większą uwagę zajmował proces ich przekształcenia termicznego. Z tego względu, niespełna półtora roku po rozpoczęciu studiów doktoranckich rozpoczęłam proces aplikowania o środki zewnętrzne w Narodowym Centrum Badań, które umożliwiłyby mi prowadzenie prac badawczych nad opracowaniem modelu przemian biowęgla w glebie na podstawie parametrów ilościowych i jakościowych związków próchnicznych. W międzyczasie pogłębiałam swoją wiedzę na temat procesu termicznego przekształcenia biomasy odpadowej w celu doboru optymalnych parametrów procesu, które pozwoliłby na „zaprojektowanie" właściwości biowęgla o dedykowanym przeznaczeniu.

Zweryfikowane w warunkach laboratoryjnych wyniki badań dotyczące wydajności procesu pirolizy różnego typu biomasy odpadowej pochodzącej z rolnictwa (słoma pszenna, słoma rzepakowa), z uprawy roślin energetycznych (słoma z miskanta) i z przemysłu drzewnego (kora, trociny), które zaprezentowałam na III International Conference of PhD Students "Multidirectional Research in Agriculture and Forestry (doniesienie naukowe **II.7.9**) i opisałam w publikacji **II.4.8**, wykazały, że wydłużenie czasu pirolizy właściwej z 15 minut do 45 minut przyczyniało się zmniejszenia masy stałego produktu procesu (biowęgla) nawet o 40%. Biowęgle wyprodukowane w 45-minutowym wariancie czasowym cechowała na ogół większa zawartość pierwiastków śladowych, która była następstwem ubytku materii organicznej. Biorąc pod uwagę, że przekształcenie termiczne biomasy prowadzi do redukcji objętości i masy wsadu, konieczna staje się ocena parametrów jakościowych biowęgla, ponieważ może ona warunkować możliwość i sposób jego dalszego wykorzystania.

Z tego względu kolejnym ważnym krokiem w realizowanych przy moim współudziale badaniach, który pozwolił na dokonanie pełniejszej charakterystyki biowęgli otrzymanych z różnego typu biomasy odpadowej było przeprowadzenie wieloaspektowych badań dotyczących ich właściwości fizycznych, chemicznych i ekotoksycznych. Dzięki nawiązaniu współpracy z pracownikami Akademii Górniczo-Hutniczej, Uniwersytetu Rzeszowskiego, Instytutem Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytutem Badawczym oraz Uniwersytetem Pedagogicznym możliwe było przeprowadzenie interdyscyplinarnych badań, które zaowocowały powstaniem publikacji **II.4.24**, **II.4.25**, **II.4.28** oraz doniesienia naukowego **II.7.24** pt. *Wpływ niskotemperaturowego przekształcenia biomasy na właściwości fizyczne i chemiczne biowęgli,* które zaprezentowałam na pierwszej w Polsce konferencji poświęconej tematyce biowęgla (1st Conference „Biochar in Poland: science, technology, business").

W publikacji **II.4.25** przedstawiono charakterystykę składu elementarnego i chemicznego oraz wyniki oceny ekotoksyczności biowęgli otrzymanych ze słomy pszennej, słomy rzepakowej, słomy z mikanta, kory i trocin. Wykazano, że proces pirolizy istotnie zmienia skład

elementarny biomasy, co jest widoczne szczególnie w przypadku zawartości pierwiastków lotnych takich jaki azot i siarka. Oznaczona w biowęglach zawartość pierwiastków śladowych oraz węglowodorów aromatycznych nie przekraczała wartości dopuszczalnych określonych w EBC (ang. *European Biochar Certificate*). Z kolei analiza ekotoksyczności wykazała, że biowęgle (za wyjątkiem biowęgla ze słomy pszennej) wykazywały wysoką toksyczność wobec *Vibrio fischeri*, na co wpływ mogła mieć zwiększona zawartość kadmu.

W publikacjach **II.4.24**, **II.4.26** oraz **II.4.27** przedstawiono badania prowadzone z wykorzystaniem biowęgla wyprodukowanego z osadów ściekowych. W publikacji **II.4.26** oceniono wpływ procesu termicznego przekształcenia trzech różnych osadów ściekowych. Wykazano, że termiczna konwersja komunalnych osadów ściekowych, spowodowała zwiększenie zawartości form ogólnych miedzi, kadmu, ołowiu i cynku w biowęglach przy jednoczesnym zmniejszeniu zawartości biodostępnych form tych pierwiastków. Analiza fitotoksyczności ekstraktów wodnych z biowęgli nie wskazywała negatywnego wpływu na wzrost *Lepidium sativum*. W pracach **II.4.24**, **II.4.27** kontynuowano tematykę termicznego przekształcenia osadów ściekowych wprowadzając modyfikację polegającą na przygotowaniu mieszanin osadu ściekowego z odpadami roślinnymi. Przygotowanie takich mieszanin miało na celu nie tylko poprawę struktury osadów ściekowych poprzez wprowadzenie komponenta strukturotwórczego, ale również rozcieńczenia koncentracji pierwiastków śladowych.

W publikacji **II.4.24** wykazano, że biowęgle wyprodukowane z mieszaniny osadów ściekowych z trocinami, korą lub słomą pszenną w temperaturze 600°C cechowała większa porowatość i powierzchnia właściwa niż biowęgle otrzymane w temperaturze 300°C. Biowęgle wyprodukowane w temperaturze 600°C zawierały mniej benzo[b]fluorantenu, benzo[k]fluorantenu, benzo[a]pirenu, indeno[1,2,3-cd]pirenu, dibenzo[a,h]antracenu i benzo[g,h,i]perylenu. W porównaniu do biowęgli otrzymanych w temperaturze 300°C charakteryzowała je jednak znacznie większa koncentracja ogólnych form pierwiastków śladowych i ekstrahowanych wodą jak również mniej korzystny rozkład poszczególnych frakcji związków humusowych w materii organicznej (publikacja **II.4.27**). Na podstawie analizy aktywności radioizotopów przedstawionej w publikacji **II.4.24** wykazano, że biowęgle zwierały niewielkie ilości radioizotopów ^{212}Pb, ^{214}Pb, ^{214}Bi i ^{137}Cs, a dominującym był izotop ^{40}K. Badane biowęgle nie były również toksyczne dla organizmów *Vibrio ficheri*.

Przemiany ilościowe jakościowe związków humusowych powstających w trakcie termicznej i biologicznej konwersji biomasy opisano w publikacji **II.4.14**. Wykazano, że termiczne (300°C, 15 minut) i biologiczne przekształcenie biomasy spowodowało ponad dwukrotne zwiększenie zawartości ekstrahowalnych związków węgla i frakcji węgla kwasów

huminowych w stosunku do zawartości oznaczonych w biomasie nieprzekształconej termicznie. Mając na uwadze istotną rolę związków humusowych w powstawaniu kompleksów metaloorganicznych, które mogą efektywnie zmniejszać ryzyko migracji toksycznych jonów pierwiastków śladowych w środowisku. W publikacji **II.4.14** przedstawiono także wyniki dotyczące zdolności wiązania kadmu przez kompost i biowęgiel. Wykazano, że biomasa przekształcona termicznie była mniej skuteczna w wiązaniu kadmu z roztworu. Wpływ na to mogła mieć prawdopodobnie większa niż w przypadku biowęgla zawartość powierzchniowych grup funkcyjnych (zdolnych do wiązania metali) powstałych na drodze wtórnej resyntezy związków organicznych w okresie kilku miesięcy kompostowania jak również mniejsza hydrofobowość kompostu, która pozwoliła na efektywniejsze wiązanie kadmu ze środowiska wodnego.

Zasadniczo jednak, z praktycznego punktu widzenia, zarówno w odniesieniu do użyteczności biowegla, jak również w zakresie jego wpływu na środowisko szczególnie istotne jest poznanie bezpośredniego wpływu tego materiału na glebę stanowiącej swoisty bioreaktor, do którego trafia wiele substancji, w tym zanieczyszczających. Dodatkowo mając na uwadze, znaczący wpływ rodzaju biomasy i czynników technologicznych na jakość biowęgla, które w połączeniu ze zmiennością warunków środowiskowych w bezpośredni sposób mogą wpływać na działanie biowęgla w glebie, przeprowadziłam badania mające na celu określenie wpływu jego aplikacji na jakość gleby. Ocena mobilności i biodostępności pierwiastków śladowych, ekotoksyczność i aktywność enzymatyczna gleby stanowiła dla mnie niezbędny krok do wszechstronnego poznania i zrozumienia zmian zachodzących w pierwotnie ustalonej równowadze w środowisku glebowym na skutek doglebowej aplikacji przetworzonych materiałów organicznych. W badaniach prowadzonych w warunkach doświadczeń laboratoryjnych (publikacje **II.4.22** i **II.4.23**) jak również w warunkach doświadczenia polowego (publikacje **II.4.15**, **II.4.21**, **II.4.28** oraz doniesienia naukowe **II.7.15, II.7.19**, **II.7.20**) do produkcji biowęgla wykorzystano pomiot drobiowy i/lub obornik pochodzący od trzody chlewnej. Założono, że przekształcenie termiczne obu materiałów pochodzących z produkcji zwierzęcej w procesie pirolizy może przynieść nie tylko wymierne korzyści dla środowiska, ale również stanowić rozwiązanie często dyskusyjnych kwestii ustabilizowania tego typu materiałów. W publikacji **II.4.15** jednoznacznie wskazano, że zastosowanie biowęgla z pomiotu drobiowego w dawkach 2,25 t oraz 5,00 $t \cdot ha^{-1}$ okazało się skutecznym zabiegiem w immobilizacji kadmu i ołowiu w glebie. Również na podstawie wyniki badań przedstawionych w publikacji **II.4.22** wykazałam, że zastosowanie biowęgili wyprodukowanych z pomiotu drobiowego i obornika pochodzącego od trzody chlewnej

w różnych dawkach istotnie wpływało na zmniejszenie mobilności miedzi (od 28 do 69%), kadmu (od 77 do 100%), ołowiu (od 94 do 99%) i cynku (od 15 do 97%). Zaobserwowano także, że większe dawki biowęgli korzystniej wpływały na immobilizację badanych pierwiastków śladowych, w tym szczególnie we frakcji związanej z materią organiczną. W przypadku żelaza i manganu (publikacja **II.4.23**) stwierdzono, że biowęgle z pomiotu drobiowego i obornika od trzody chlewnej wykazywały podobne działanie w ograniczaniu mobilność i biodostępność obu pierwiastków w glebie.

Ocenę chemizmu gleby po aplikacji biowęgla poszerzono o wyniki testów mikrobiologicznych, biochemicznych i ekotoksykologicznych, które uważane są za znacznie bardziej wrażliwe na zmiany warunków środowiska w porównaniu do wskaźników chemicznych i fizycznych gleby. Warto podkreślić, że specyfika pracy naukowej w laboratorium mikrobiologicznym oraz łatwość poruszania się w zagadnieniach z szeroko pojętej mikrobiologii środowiska były mi znane dzięki wiedzy i doświadczeniu, które zdobyłam w czasie pracy w laboratorium mikrobiologicznym Katedry Mikrobiologii w okresie realizacji badań do pracy magisterskiej i równocześnie realizowanej pracy inżynierskiej w Katedrze Analizy i Oceny Jakości Żywności Wydziału Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Badania dotyczące właściwości biochemicznych gleby po aplikacji biowęgla zostały częściowo sfinansowane z funduszy na działalność statutową Katedry Chemii Rolnej i Środowiskowej, a częściowo dzięki uzyskanej przeze mnie Wydziałowej Dotacji Celowej dla Młodych Naukowców (**II.9.4**). Na podstawie uzyskanych wyników badań (publikacja **II.4.21**) wykazano, że gleba z dodatkiem biowęgla z pomiotu drobiowego zastosowanego w dawkach 2,25 t oraz 5,00 $t \cdot ha^{-1}$ cechowała się znacznie mniejszą toksycznością wobec *Vibrio fischeri* i *Heterocypris incongruens* i istotnie większą aktywnością ureaz. Nie zaobserwowano natomiast wyraźnego wpływu biowęgla na aktywność dehydrogenaz. Porównywalne efekty wpływu biowęgla wyprodukowanego ze słomy pszennej i ze słomy z miskanta zastosowanego w analogicznych dawkach (2,25 t oraz 5,00 $t \cdot ha^{-1}$) na aktywność enzymatyczną gleby zaprezentowano w publikacji **II.4.28**. Biowęgle te wykazywały jednak większą niż w przypadku biowęgla z pomiotu drobiowego toksyczność wobec *Vibrio fischeri* i *Heterocypris incongruens*. Wyniki dotyczące wpływu biowęgla na zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, aktywność biochemiczną i biologiczną, w tym skład mikrobiocenotyczny gleby oraz przemiany związków próchnicznych prezentowałam także na licznych konferencjach krajowych i zagranicznych (doniesienia naukowe **II.7.23**, **II.7.25 – II.7.27**, **II.7.29 – II.7.31**, **II.7.35**, **II.7.36**). W czasie studiów doktoranckich brałam także aktywny dział w kilkunastu konferencjach i seminariach

Mierz-Her

naukowych, które szczegółowo przedstawiłam w Załączniku 4 *Wykaz osiągnięć naukowych...* w punktach **II.7.64 – II.7.68** oraz **II.7.71 – II.7.78**.

Warto podkreślić, że już w okresie studiów doktoranckich byłam wielokrotnie wskazywana na **recenzenta artykułów naukowych** złożonych do recenzji w renomowanych krajowych i zagranicznych czasopismach naukowych takich jak: *Journal of Cleaner Production (3x), Cogent Food & Agriculture (1x), Geology, Geophysics and Environment (1x), Outline of Agriculture (1x), Chemosphere (1x), Desalination and Water Treatment (1x), Environmental Pollution (1x), International Agrophysics (1x), Journal of Equine Veterinary Science (1x), Journal of Material Cycles and Waste Management (1x), Waste and Biomass Valorization (1x), Journal of Agricultural and Food Chemistry (1x) oraz Polish Journal of Soil Science (1x)* dla których wykonałam łącznie ponad 15 recenzji.

W okresie studiów doktoranckich otrzymałam **stypendium naukowe** JM Rektora UR w Krakowie za szczególne osiągnięcia naukowe i wzorowe wypełnianie obowiązków doktoranta oraz **nagrodę zespołową** II° JM Rektora UR w Krakowie za wybitne osiągnięcia w dziedzinie naukowej (**II.18.2, II.18.3**).

Pod koniec moich studiów doktoranckich na drodze postępowania konkursowego zostałam **stypendystką w grancie** pt. *Ocena wpływu materii organicznej osadów dennych na biodostępność i toksyczność związków chemicznych* finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki w ramach konkursu Opus (**II.9.3**). W grancie tym zajmowałam się analizą materii organicznej, oceną aktywności respiracyjnej oraz biochemicznej w osadach dennych pochodzących z zbiornika wodnego Rożnów oraz zbiornika wodnego Rybnik. Wyniki badań wstępnych zostały zaprezentowane na VIII International Conference "Toxic Substances in the Environment" (**II.7.32**). W ramach współpracy z Wydziałem Biologii i Hodowli Zwierząt Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie zajmowałam się także opracowaniem metody oznaczania Yb i Cr w paszach oraz próbach treści pokarmowej, kału i mediów infuzyjnych (**II.9.5**).

W okresie studiów doktoranckich byłam także wykonawcą w **projektach skierowanych do praktyki (II.15.1, II.15.2)**, których kierownikiem była prof. dr hab. inż. Barbara Filipek-Mazur. Było to dla mnie niezwykle cenne doświadczenie naukowo-badawcze, które zaowocowało nawiązaniem współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym. W ramach badań realizowanych dla Grupy AZOTY Zakłady Azotowe Kędzierzyn S.A. oraz Grupy AZOTY Tarnów S.A. mogłam uczestniczyć nie tylko w pracach nad opracowanie nowych formuł nawozów, ale również prowadzić badania nad oceną ich działania w warunkach kontrolowanych i pilotażowych. W wyniku realizacji tych projektów powstały dwa osiągnięcia

Mierz-Her

projektowe, konstrukcyjne i technologiczne: **II.5.1** oraz **II.5.2** oraz dwa doniesienia naukowe: **II.7.33** oraz **II.7.34**.

Znaczącym dla mnie osiągnięciem na czwartym roku studiów doktoranckich było **uzyskanie finansowania badań naukowych z Narodowego Centrum Nauki** (projekt nr 2015/17/N/NZ9/01132) (**II.9.2**). Projekt dotyczył „*Badań nad opracowaniem modelu przemian biowęgla w glebie na podstawie parametrów ilościowych i jakościowych związków próchnicznych*". Nowatorska tematyka grantu znalazła uznanie wśród naukowców krajowych i zagranicznych, co potwierdzają stale pojawiające się zapytania i liczne propozycje współpracy. W tym samym czasie zostałam zatrudniona na stanowisku starszego technika (wymiar 3/4 etatu) oraz na stanowisku asystenta naukowego (wymiar 1/4 etatu) w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. W roku poprzedzającym uzyskanie stopnia doktora moja praca badawcza skupiała się na realizacji grantu badawczego, przy jednoczesnym wykonywaniu obowiązków wynikających z zatrudnienia na stanowisku technicznym.

Przed uzyskaniem stopnia doktora byłam autorem lub współautorem 28 oryginalnych opracowań, w tym 10 jako pierwszy autor, 1 rozdziału w monografii, 1 pracy popularnonaukowej oraz 2 prac projektowych i doświadczalno-konstrukcyjnych (materiał niepublikowany). Wyniki badań zaprezentowałam na 42 konferencjach naukowych o zasięgu krajowym i międzynarodowym w formie prezentacji ustnej lub posteru (w tym dla 37 z wystąpień opublikowano doniesienia naukowe). Dodatkowo uczestniczyłam w 8 innych konferencjach i seminariach naukowych, na których nie wygłaszałam referatów. Byłam wykonawcą (×5) lub kierownikiem (×3) w 2 projektach dydaktycznych oraz w 6 projektach badawczych (2 projekty badawcze: II.9.2, II.9.3 zostały zakończone po uzyskaniu stopnia doktora). Swoje kwalifikacje zawodowe podnosiłam poprzez uczestnictwo w kursach i szkoleniach (II.17.1-II.17.8).

Sumaryczna liczba punktów MNiSW dla publikacji opublikowanych w tym okresie wynosiła 376, a sumaryczny impact factor był równy 13,225.

7.2. Przebieg pracy badawczej po uzyskaniem stopnia doktora (XI.2017-X.2020)

Moja obecna praca naukowa stanowi kontynuację i rozwinięcie tematyki badawczej, którą zajmowałam się przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora. W ramach współpracy z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami naukowymi podjęłam dalsze badania nad wskaźnikami chemicznymi, biologicznymi, ekofizjologicznymi i ekotoksykologicznymi w ocenie jakości gleby po aplikacji biowęgla. Takie podejście pozwoliło mi na uzyskanie kompleksowej oceny stanu środowiska glebowego po aplikacji materiałów organicznych. Dodatkowo wraz z pracownikami jednostki macierzystej rozwijałam tematykę badawczą dotyczącą aspektów środowiskowych wykorzystania biowęgla w procesie kompostowania i przyrodniczego zagospodarowania otrzymanego na tej drodze kompostu. Kontynuowałam także badania dotyczące wpływu materiałów polimerowych na środowisko glebowe oraz rozpoczęte pod koniec moich studiów doktorskich badania nad wpływem materii organicznej w osadach dennych na wiązanie zanieczyszczeń mineralnych i organicznych, które są realizowane w ramach grantu kierowanego przez dr hab. inż. Agnieszkę Baran, prof. UR.

Warto podkreślić, że wyniki mojej działalności naukowo-badawczej po uzyskaniu stopnia doktora są także wymiernym efektem realizacji grantów naukowo-badawczych. W latach 2016–2019 realizowałam swój trzyletni grant badawczy, który otrzymałam w ramach konkursu **Preludium (II.9.2)**, w latach 2017-2018 byłam wykonawcą w grancie **II.9.3**, od roku 2019 jestem kierownikiem dwuletniego zadania badawczego pt. *Opracowanie możliwości wykorzystania wód drenarskich do sporządzania pożywki w uprawie truskawki powtarzającej owocowanie* realizowanego w ramach projektu finansowanego ze Środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Małopolskiego (**II.9.9**), a od początku roku 2020 jestem kierownikiem zadania pt. *Opracowanie technologii produkcji nawozów mineralnych z dodatkiem funkcjonalizowanych popiołów lotnych i węgla brunatnego do biofortyfikacji roślin w mikro- i makroelementy*, który jest realizowany w ramach programu **TEAM-NET Fundacji na rzecz Nauki Polskiej** i współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (**II.9.10**). Dodatkowo w styczniu br. jako kierownik zespołu naukowo-badawczego złożyłam grant w ramach konkursu **TANGO finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju**, który dotyczył innowacyjnych nawozów o właściwościach HydroBioMikroAktywnych do regeneracji gleb produkcyjnych. W maju br. otrzymałam decyzję o zarekomendowaniu projektu do finansowania (**II.9.12**). Realizacja projektu badawczego rozpoczęła się w październiku br.

Mierz-Her

Moja aktywność naukowa w okresie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora obejmuje zatem następujące zagadnienia:

– wykorzystanie sorbentów organicznych i mineralnych w glebie lub podłożu zanieczyszczonym pierwiastkami śladowymi (**7.2.1**);

– wpływ biowęgla na właściwości chemiczne i fizyczne gleby, w tym skład ilościowy i jakościowy związków próchnicznych w glebie, właściwości kompleksu sorpcyjnego oraz plonowanie roślin (**7.2.2**);

– wykorzystanie biowęgla w procesie kompostowania oraz ocena właściwości fizycznych i chemicznych gleby po aplikacji kompostu z biowęglem (**7.2.3**);

– ocena możliwości wykorzystania różnych materiałów odpadowych w procesie kompostowania, ocena ich jakości oraz możliwości przyrodniczego wykorzystania (**7.2.4**);

– wpływ materii organicznej osadów dennych na wiązanie zanieczyszczeń mineralnych i organicznych (**7.2.5**);

– ocena chemizmu i możliwości wykorzystania wód drenarskich/odcieków z fertygacji oraz badania nad opracowywaniem formuł nawozów mineralnych i mineralno-organicznych wraz z oceną ich działania na roślinę i glebę (**7.2.6**).

7.2.1. Wykorzystanie organicznych i mineralnych adsorbentów pierwiastków śladowych w glebie lub podłożu zanieczyszczonym pierwiastkami śladowymi

Badania nad możliwością wykorzystania biowęgla i zeolitu jako sorbentów zanieczyszczeń mineralnych w glebie prowadziłam równolegle z badaniami obejmującymi zakres tematyczny realizowanego przeze mnie grantu w ramach dwuletniego doświadczenia wazonowego. Część badań dotyczących możliwości wzbogacenia biowęgla w wybrane składniki mineralne w celu zwiększenia jego funkcjonalności przedstawiałam także na dwóch konferencjach naukowych organizowanych przez AGH w Krakowie: „Innowacyjne pomysły młodych naukowców: Nauka – Startup – Przemysł" (doniesienie naukowe **II.7.16**) oraz na XI Międzynarodowej konferencji naukowej „Ochrona i inżynieria środowiska - zrównoważony rozwój" (doniesienie naukowe **II.7.55**). Badania nad efektywnością działania biowęgla wyprodukowanego z tytoniu oraz mieszanin tego biowęgla z bentonitem i naturalnym zeolitem realizowałam także dzięki współpracy, którą w 2016 roku nawiązali ze mną naukowcy z dwóch zagranicznych ośrodków naukowych: College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University w Chinach oraz Department of Environmental Sciences, Sindh Madressatul Islam University w Pakistanie. Wymiernym efektem wspólnie zrealizowanych badań były publikacje **II.4.57**, **II.4.58** oraz **II.4.67**.

Mierz-Hers

Wyniki badań przedstawione w publikacji **II.4.57** wykazały, że mieszaniny biowęgla z zeolitem, bentonitem lub wodorotlenkiem wapnia skutecznie immobilizowały ołów, cynk, kadm i miedź w glebach silnie zanieczyszczonych antropogenicznie, które pobrano do doświadczeń wazonowych z terenów sąsiadujących z kopalną złota lub hutą. W przypadku ołowiu najefektywniejszą w unieruchamianiu tego pierwiastka była mieszanina biowęgla i bentonitu wprowadzona do gleby w ilości 20 $t \cdot ha^{-1}$. Zastosowane w równoważnych dawkach mieszanin biowęgla i zeolitu oraz biowęgla i wodorotlenku wapnia były z kolei najskuteczniejsze w redukcji biodostępnych form kadmu i miedzi. Pozytywne działanie zeolitu w unieruchamianiu ołowiu, kadmu, cynku i miedzi w trzech różnych typach gleb zanieczyszczonych antropogenicznie potwierdzono także w badaniach przedstawionych w publikacji **II.4.58**. Wykazano, że w drugim roku badań, w zależności od typu gleby użytej w badaniach mobilność ołowiu zmniejszyła się od 7,40% do 32,1%, kadmu od 5,70% do 64,5%, miedzi od 17,3% do 30,0%, a cynku od 17,6% do 58,7%. Mieszanina biowęgla z zeolitem, bentonitem lub wodorotlenkiem wapnia istotnie ograniczała również ilość pobranego kadmu i cynku przez kapustę pekińską (publikacja **II.4.67**). Efektywność zmniejszenia biodostępności pierwiastków śladowych po zastosowaniu sorbentów mineralnych (gleba, zeolit) i organicznych (biowęgiel, pomiot drobiowy, gnojowica) w osadzie poflotacyjnym zaprezentowano również w publikacji **II.4.62**. Wykazano, że istotnie najmniejsze zawartości frakcji biodostępnej cynku oznaczono w osadzie poflotacyjnym, do którego wprowadzono mieszaniny biowęgla z zeolitem lub biowęgla, zeolitu i gleby. Stwierdzono, że dodatek mieszanin biowęgla i pomiotu drobiowego i gleby oraz biowęgla, gnojowicy i gleby prowadził do istotnego zmniejszenia zawartości mobilnych form kadmu w osadzie poflotacyjnym. W przypadku niklu i miedzi istotne zmniejszenie biodostępnych form tych pierwiastków w osadzie poflotacyjnym stwierdzono po zastosowaniu mieszanin biowęgla i zeolitu oraz biowęgla, zeolitu i gleby. Przeprowadzone badania potwierdziły, że zastosowane sorbenty wykazują wysoką skuteczność w unieruchamianiu zanieczyszczeń i z powodzeniem mogą być wykorzystywane w praktyce do remediacji i rekultywacji terenów zanieczyszczonych tymi pierwiastkami.

7.2.2. Wpływ biowęgla na właściwości na właściwości fizyczne i chemiczne gleby, w tym skład ilościowy i jakościowy związków próchnicznych w glebie, właściwości kompleksu sorpcyjnego oraz plonowanie roślin

Dzięki realizacji mojego grantu badawczego mogłam prowadzić również badania nad przemianami związków próchnicznych w glebie po aplikacji biowęgla. Problem wpływu biowegla na skład ilościowy i jakościowy związków próchnicznych w glebie jest problemem

nierozpoznanym nie tylko w Polsce, ale i na świecie a świadczy o tym dobitnie ograniczona ilość literatury. W publikacji **II.4.30** wykazano, że doglebowa aplikacja biowęgla ze słomy pszennej w dawkach 1% lub 2% (m/m) istotnie zwiększyła zawartość węgla organicznego w glebie oraz węgla niehydrolizującego. Wskazywało to na większą stabilizację związków próchnicznych, a zarazem mniejszą emisję CO_2. Na podstawie analizy spektrofotometrycznej wyciągów kwasów huminowych w glebach z dodatkiem biowęgla stwierdzono, że cechowały się one większą masą cząsteczkową i większym stopniem skondensowania struktur aromatycznych. Wyniki te potwierdziła również szczegółowa analiza widm FTIR kwasów huminowych, które zawierały najwięcej grup aromatycznych zwłaszcza w glebie z 2% dodatkiem biowęgla (dane niepublikowane). Jednoznacznie dowiedziono, że po aplikacji biowęgla znacząco zwiększyła się liczba grup –COOH, które zwiększały pojemność kationowymienną kwasu huminowego, a więc także całej gleby. Warto nadmienić, że w dalszym ciągu analizuję materiał badawczy zgromadzony w trakcie realizacji grantu z uwagi na konieczność zastosowania bardziej zaawansowanych technik analitycznych wyjaśniających mechanizmy i zjawiska zaobserwowane na podstawie już zakończonych analiz. Po sfinalizowaniu tych prac wyniki te staną się w najbliższej perspektywie czasowej przyczynkiem do powstania interdyscyplinarnych i oryginalnych prac naukowych o wysokim potencjale publikacyjnym. Oceny wpływu biowęgla na przemiany związków próchnicznych w glebie dokonano także w warunkach 5-letniego doświadczenia polowego. W publikacji **II.4.65** wykazano, że zastosowanie biowęgla z pomiotu drobiowego również spowodowało wyraźne zmiany w składzie ilościowym i jakościowym związków próchnicznych w glebie. Wyraźnemu zwiększeniu uległa nie tylko zawartość węgla, w tym zawartość węgla niehydrolizującego. Wyniki badań jednoznacznie potwierdziły, że materiał korzystnie wpływa na poprawę zasobów węgla i długotrwałe magazynowanie tego pierwiastka w glebie. Również wyniki badań zaprezentowane w pracy **II.4.64** dowiodły, że zastosowanie biowęgla znacząco poprawia jakość gleby, stymuluje rozwój masy korzeniowej, a w konsekwencji stanowi skuteczną strategię dla zwiększania plonowania roślin.

Kontynuując badania dotyczące wpływu biowęgla na właściwości chemiczne gleby przeprowadzono badania mające na celu określenie wpływu tego materiału na kationową pojemność sorpcyjną oraz dostępność potasu, fosforu i magnezu w glebie piaszczystej. W publikacji **II.4.46**. wykazano, że aplikacja biowęgli wyprodukowanych z obornika od trzody chlewnej oraz z pomiotu drobiowego w dawkach 1% lub 2% spowodowała istotne zmniejszenie wartości kwasowości hydrolitycznej gleby. Wykazano, że lepszą efektywność w zwiększaniu zawartości wymiennych kationów zasadowych uzyskano po zastosowaniu pomiotu drobiowego

i otrzymanego z tego materiału biowęgla, niż po zastosowaniu obornika od trzody chlewnej lub biowęgla z niego wytworzonego. Na podstawie przeprowadzonych badań dowiedziono, że biowęgle wpływały istotnie na zwiększenie kationowej pojemności sorpcyjnej gleby i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami. Zaobserwowano, że przyrost zawartości dostępnych form potasu i magnezu był proporcjonalny do ilości wprowadzonego biowęgla. Co ciekawe, dostępne formy fosforu oznaczono wyłącznie w glebie z 2% dodatkiem obu biowęgli.

Mając na uwadze powyższe, kwestie mobilności i biodostępności fosforu w glebie po wyekstrahowaniu tym samym ekstrahentem (0,01 M $CaCl_2$) zweryfikowano po zastosowaniu biowęgli wytworzonych z osadów ściekowych, które uważane są zasobne źródło tego pierwiastka. Opublikowane wyniki w publikacji **II.4.51** dowiodły, że niezależnie od rodzaju osadu ściekowego użytego do wytworzenia biowęgla istotnie zwiększała się zawartość dostępnych form fosforu w glebie – szczególnie po zastosowaniu tych materiałów w dawce 1% lub 2%. Na zawartość dostępnych form fosforu w glebie najsilniej wpływało pH gleby ($r = 0,826$; $p \leq 0,05$) oraz zawartość wapnia wymiennego ($r = 0,712$; $p \leq 0,05$).

7.2.3. Wykorzystanie biowęgla w procesie kompostowania oraz ocena właściwości fizycznych i chemicznych gleby po aplikacji kompostu z biowęglem

Znajomość właściwości fizycznych i chemicznych biowęgla w dalszych etapach badań skłoniła zespół badawczy, którego jestem członkiem do zweryfikowania wpływu tego materiału na przebieg procesu kompostowania. Mając na uwadze specyficzne właściwości biowęgla takie jak porowata struktura czy znacząco rozwinięta powierzchnia właściwa, które mogą sprzyjać unieruchamianiu szkodliwych związków organicznych i nieorganicznych przeprowadzono proces kompostowania słomy z kukurydzy z biowęglem, z osadami ściekowymi i z fusami z kawy. Dodatkowo zachodzące w czasie kompostowania procesy degradacji związków organicznych, ale i syntezy nowych połączeń mogą w sposób znaczący zmieniać relację nie tylko pomiędzy C i N, zawartością kawasów huminowych i fulwowych, ale również wpływać na zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w kompostowanym materiale. Zawartość tej grupy zanieczyszczeń w przekompostowanych osadach ściekowych może stanowić jedną z ważniejszych przyczyn negatywnego oddziaływań tych materiałów na środowisko i organizmy żywe.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że w kompoście z dodatkiem biowęgla wyprodukowanego ze zrębków z wierzby w temperaturze 350 ℃ oznaczono najmniejszą sumę 16 WWA, choć biowęgiel cechował się największą zawartością tych związków spośród użytych do procesu substratów (publikacja **II.4.35**). Wykazano, że kompost

Mierz-Hers

z dodatkiem biowęgla zawierał również niemal 150% więcej węgla niehydrolizującego, niż kompost wyprodukowany z samej słomy kukurydzy i 74% więcej tej frakcji węgla niż kompost wyprodukowany ze słomy z kukurydzy i osadów ściekowych. Mogło to świadczy o następującej w czasie kompostowania intensywnej polimeryzacja kwasów humusowych do związków charakteryzujących się większymi masami cząsteczkowymi o charakterze bardziej aromatycznym. W kompoście z dodatkiem osadu ściekowego i biowęgla stwierdzono także największy stosunek zawartości kwasów huminowych do fulwowych (Cha:Cfa), w którym wynosił 2,5. Niewątpliwie, wysoki stopień humifikacji świadczył o znacznej zawartości wysokocząsteczkowych kwasów molekularnych a tym samym wysokiej dojrzałości powstałych kompostów.

Korzystny wpływ dodatku biowęgla na właściwości fizyczne (**II.4.2**) i chemiczne (publikacje **II.4.35**, **II.4.42**) kompostowanej biomasy znalazł również odzwierciedlenie w poprawie właściwości biologicznych kompostu (publikacja **II.4.37**). Dodatek biowęgla do kompostowanej biomasy wpływał na zmniejszenie liczebności bakterii z grupy coli: *Escherichia coli* oraz *Salmonella* ssp., przy jednoczesnym zwiększeniu ogólnej liczby bakterii i grzybów. Analiza aktywności biologicznej wykazała, że ekstrakty wodne z kompostu z dodatkiem biowęgla wykazywały najmniejszy stopień inhibicji kiełkowania nasion roślin testowych. W badaniach stwierdzono, że komposty z dodatkiem fusów z kawy i biowęgla były mniej toksyczne dla *Triticum aestivum* L. niż dla *Vibrio fischeri* i *Eisenia fetida*. Najmniejszą toksyczność wobec wszystkich organizmów testowych wykazano dla kompostu wyprodukowanego ze słomy z kukurydzy, osadu ściekowego i biowęgla.

Ocena doglebowej aplikacji kompostu z dodatkiem osadu ściekowego i biowęgla także przyniosła wymierne korzyści w kontekście poprawy właściwości fizycznych i chemicznych gleby (publikacje **II.4.40** i **II.4.56**). Porównując działanie wszystkich kompostów dodanych do dwóch typów gleb w dawkach 0,5%, 1%, 2% lub 4% (m/m) oraz w czterech przedziałach wielkości cząstek (0–250 μm, 250–500 μm, 500–1000 μm, 1000–2000 μm) wykazano jednoznacznie, że kompost z dodatkiem biowęgla miał najkorzystniejszy wpływ na parametry fizyczne i chermiczne gleby. Poprawie uległa nie tylko gęstość objętościowa i porowatość gleby, ale także retencja wody i stabilność agregatów glebowych. Gleba z dodatkiem tego kompostu cechowała się największą zwartością wody użytecznej dla roślin, największą wilgotnością punktu trwałego więdnięcia a także najmniejszą hydrofobowością. Stwierdzono również, że najlepszymi zdolnościami do magazynowania wody w glebie cechowały się komposty o najmniejszej średnicy cząstek tj. do 250 μm. Efekt korzystnego wpływu zastosowanych kompostów był bardziej wyraźny w glebie piaszczystej niż w glebie gliniastej.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że biowęgiel może stanowić nie tylko dobry dodatek strukturotwórczy do kompostowanej biomasy, który w połączeniu ze słomą może przeciwdziałać emisji azotu (publikacja II.4.35), ale również przyczyniać się do zwiększenia aktywności mikroorganizmów (publikacja II.4.37), immobilizacji i/lub rozkładu zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych w kompoście, który po aplikacji do gleby nie będzie prowadził do jej zanieczyszczenia (publikacja II.4.42) i poprawy właściwości fizycznych gleby (II.4.40, II.4.56). Oczywiste jest jednak, że działanie kompostów wyprodukowanych na bazie osadów ściekowych i biowęgla powinno być również zweryfikowane w długotrwałych doświadczeniach w warunkach naturalnych, które będą uwzględniać zmienny przebieg warunków pogodowych.

7.2.4. Ocena możliwości wykorzystania różnych materiałów odpadowych w procesie kompostowania, ocena ich jakości oraz możliwości przyrodniczego wykorzystania

Właściwości fizyczne i mikromorfologiczne gleby po aplikacji kompostów z dodatkiem materiałów polimerowych opublikowano w publikacji **II.4.60**. Badania powstały przy współpracy z pracownikami Katedry Gleboznawstwa i Agrofizyki oraz Katedry Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie w okresie realizacji badań do mojej rozprawy doktorskiej. Rozpoznanie tematyki wpływu doglebowej aplikacji kompostów z dodatkiem materiałów polimerowych, wyraźnie wskazywało na ograniczoną ilość literatury poruszającą to zagadnienie (publikacje **II.4.47** i **II.4.60**). Liczne doniesienia naukowe donoszące o korzystnym wpływie kompostów na właściwości gleby, nie opisywały jaki wpływ na właściwości fizyczne gleby i jej mikrostrukturę może mieć dodatek kompostów zawierających materiałów polimerowe. W przeprowadzonych badaniach wykazaliśmy, że podobnie jak w przypadku kompostów wyprodukowanych z dodatkiem biowęgla, komposty z dodatkiem materiałów polimerowych poprawiały warunki hydrologiczne i parametry fizyczne gleby. Wykazano nie tylko zmniejszenie gęstości gleby, ale również poprawę stosunków powietrzno-wodnych. Przy czym ze względu na dodatek materiałów polimerowych o bardzo długim okresie dekompozycji powinny być one stosowane do celów rekultywacyjnych jako dodatek stabilizujący glebę lub podłoże. Na podstawie analizy mikromorfologicznej gleby potwierdzono, że materiały polimerowe nie wpływały negatywnie na strukturę gleby i mogą być wprowadzane do gleby w niewielkiej ilości w celu ograniczenia zasklepiania gleby.

Właściwości fizyczne materiałów polimerowych sprawiają, że ich aplikacja do gruntu wymaga nie tylko starannego wymieszania z podłożem, ale musi uwzględniać także odpowiedni stopień zabezpieczenia ich przed rozproszeniem w środowisku naturalnym. Wydaje się, że najlepszym rozwiązaniem tego problemu jest pokrycie takiego terenu zwartą szatą roślinną (jak w badaniach własnych), która w dużym stopniu ograniczałaby możliwość przemieszczania materiałów polimerowych na skutek działania warunków środowiskowych. Z uwagi na dużą zawartość składników pokarmowych, komposty powstałe na bazie biodegradowalnych materiałów odpadowych przy udziale materiałów polimerowych mogą znaleźć szerokie zastosowanie w rekultywacji gruntów zdegradowanych i zdewastowanych. Doglebowa aplikacja powstałego na tej drodze kompostu pozwala nie tylko na poprawę właściwości fizycznych i chemicznych takich gruntów, ale w konsekwencji przyczynia się do przywrócenia ich wartości użytkowej. Komposty z dodatkiem materiałów polimerowych mogą znaleźć również szerokie zastosowanie w przywróceniu wartości użytkowej gruntom bezglebowym, które ze względu na różnorodne właściwości fizyczne i chemiczne wymagają wielu skomplikowanych zabiegów rekultywacyjnych.

Współpracując z pracownikami Katedry Mikrobiologii i Biomonitoringu prowadziłam także badania nad aktywnością fungistatyczną kompostów z dodatkiem materiałów polimerowych. W warunkach *in situ* i *in vitro* określono wpływ różnych stężeń ekstraktów wodnych z kompostów z dodatkiem materiałów polimerowych otrzymanych z termoplastycznej skrobi kukurydzianej i polietylenu na wzrost liniowy, biomasę i zarodnikowanie grzybów polifagicznych: *Fusarium culmorum* (W.G. Smith), *Fusarium graminearum* Schwabe, *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, *Rhizoctonia solani* Kühn, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler. Przedstawione w publikacji **II.4.45** aspekty dotyczące możliwości wykorzystania tych kompostów w biologicznej ochronie roślin wykazały, że wodne ekstrakty z kompostów cechował zróżnicowany potencjał fungistatyczny. Stwierdzono, że stanowią one obiecujący materiał i alternatywę w stabilizacji patogenów chorobowych występujących w obrębie fyllosfery roślin, ponieważ hamują wzrost liniowy i zmniejszają biomasę testowanych grzybów, a wartości współczynników zahamowania sporulacji zwiększają się wraz z dawką wodnych ekstraktów z kompostów. Ważnym wnioskiem z uzyskanych wyników badań jest fakt, że wykorzystanie wodnych ekstraktów z kompostów zawierających dodatek materiałów polimerowych w biologicznej ochronie roślin ma duże perspektywy, a ich praktyczne zastosowanie może mieć istotny wpływ nie tylko na ograniczenie stosowania pestycydów, ale również wzbogacenie gleby w pożyteczne mikroorganizmy, których metabolizm związany jest

Mierz-Hers

z uruchomieniem mechanizmów biokontroli odpowiedzialnych za redukcję chorób wywoływanych przez fitopatogeny.

Tematykę recyklingu organicznego odpadów z przemysłu drobiarskiego, którą podjęłam w trakcie studiów doktoranckich kontynuuję również w mojej obecnej pracy naukowej. Biologiczna transformacja tego typu odpadów wciąż jest aktualna i znajduje nie tylko uzasadnione wobec zrównoważonego rozwoju i retardacji zasobów, ale również wpisuje się w promowane przez Unię Europejską zagadnienia biogospodarki i gospodarki obiegowej, a także składników krytycznych. W problematyce zagospodarowania odpadów pochodzących z produkcji zwierzęcej ważne jest znalezienie równowagi pomiędzy zagrożeniem sanitarnym, problemami technologicznymi a jakością produktu. Z tego względu wraz z pracownikami Katedry Chemii Rolnej i Środowiskowej stale prowadzone są badania nad możliwością przyrodniczego zagospodarowania tej grupy odpadów. W publikacji **II.4.38** przedstawiono wyniki badań określających przydatność i wpływ dodatku innych materiałów odpadowych (wapno pocelulozowe i drożdże paszowe) do procesu kompostowania odpadów z przemysłu drobiowego. Wykazano, że odpadowe drożdże paszowe z powodzeniem mogą być wykorzystywane do korekty stosunku C:N w mieszaninie substratów przeznaczonych do kompostowania. W przypadku dodatku wapna pocelulozowego, powstałego podczas przeróbki makulatury, przy określaniu jego dodatku do procesu kompostowania ważna jest kontrola zawartości pierwiastków śladowych (pozostałość z farb drukarskich). Stwierdzono, że zastosowane odpady drobiowe, drożdże paszowe i wapno pocelulozowe (niezależnie od wielkości ich dodatku) zmniejszały mineralizację mieszanin i spowalniały proces mineralizacji i humifikacji kompostowanej biomasy. Badania potwierdziły, że odpowiedni dobór substratów do procesu kompostowania drobiarskich odpadów poubojowych pozwala na otrzymanie kompostu o właściwościach chemicznych sprzyjających jego przyrodniczemu zastosowaniu.

W wyniku zaproszenia mnie do współpracy przez pracowników Katedry Mikrobiologii i Biomonitoringu oraz Katedry Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Technicznej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie poszerzyłam interdyscylinarność realizowanych przeze mnie badań o ocenę możliwości wykorzystania w procesie kompostowania osadów chmielowych z produkcji piwa. Badania realizowane są w ramach grantu LIDER (nr projektu: 46/0185/L-9/17/NCBR/2018) finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Dotychczas w wyniku wspólnie zrealizowanych prac powstały dwie publikacje naukowe, z których jedna została opublikowana (publikacja **II.4.61**), a druga jest w trakcie recenzji. Do badań użyto dwa różniące się osady chmielowe, które pochodziły z dwóch różnych etapów technologicznych produkcji piwa: (tzw. osad gorący, chmieliny). Wykazano, że chemiliny są

bardzo zasobne w azot i z tego względu do procesu ich kompostowania należy dobierać substraty o szerokim stosunku C:N. W przypadku osadu gorącego stwierdzono, że posiada on właściwości inhibicyjne dla rozwoju roślin tak przed, jaki i po procesie kompostowania. Przeprowadzone badania wykazały, że stabilny kompost z osadów chmielowych można uzyskać w okresie 60 dni intensywnego procesu transformacji tlenowego przy odpowiednim doborze ilościowym i jakościowym substratów.

7.2.5. Wpływ materii organicznej osadów dennych na wiązanie zanieczyszczeń mineralnych i organicznych osadów dennych

W wyniku mojego uczestnictwa w zespole naukowym realizującym grant **II.9.3** pt. *Ocena wpływu materii organicznej osadów dennych na biodostępność i toksyczność związków chemicznych* (nr projektu: UMO-2016/21/B/ST10/02127) zostałam włączona do prac zespołu zajmującego się tematyką jakości osadów dennych. Wymiernym efektem wspólnie realizowanych badań są trzy publikacje naukowe: **II.4.29**, **II.4.52** i **II.4.54** oraz 11 doniesień naukowych: **II.7.39 – II.7.41**, **II.7.43 – II.7.45**, **II.7.47**, **II.7.50 – II.7.52** i **II.7.60**, które zaprezentowano na krajowych i zagranicznych konferencjach naukowych. Materia organiczna stanowi jedną z najważniejszych składowych nie tylko gleby, ale również osadów dennych. Wpływa na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne osadów dennych, a te z kolei determinują ich właściwości sorpcyjne i zdolność wiązania zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych. Analiza składu frakcyjnego materii organicznej osadów dennych ze zbiornika Rybnik, którą zaprezentowano w publikacji **II.4.29** wykazała, że w osadach dennych pozyskiwanych z tego zbiornika dominowała frakcja węgla niehydrolizującego. Analiza zawartości pierwiastków śladowych oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych miała podobny rozkład jak zawartość węgla organicznego i węgla niehydrolizującego, co jednoznacznie wskazywało, że zanieczyszczenia te miały silne powinowactwo do materii organicznej osadów dennych. Ważnym etapem w ocenie jakości osadów dennych i określeniu ich potencjalnej toksyczności dla organizmów żywych była identyfikacja rozkładu frakcji poszczególnych pierwiastków śladowych (publikacja **II.4.52**). Stwierdzono, że najbardziej toksycznymi pierwiastkami w osadzie pochodzącym ze zbiornika Rybnik były nikiel, miedź i kadm. Kolejny krok stanowiło określenie zawartości i dystrybucji polichlorowanych dibenzo-p-dioksyny i dibenzofuranu (PCDD/F). Wyniki badań, które zaprezentowano w publikacji **II.4.54** wykazały, że w badanych próbkach osadu dennego zawartość PCDD/F przekraczała od 2 do 38 razy dopuszczalne zawartości tych związków, co wskazywało na wysoki potencjał zagrożenia ekologicznego. Wysoką toksyczność osadów dennych ze zbiornika Rybnik dla

organizmów żywych potwierdziły również przeprowadzone badania ekotoksyczności *Vibrio fischeri*, *Heterocypris incongruens*, *Sinapis alba*, *Lepidium sativum* i *Sorghum saccharatum* (doniesienie naukowe **II.7.47**).

7.2.6. Ocena chemizmu i możliwości wykorzystania wód drenarskich/odcieków z fertygacji oraz badania nad opracowywaniem formuł nawozów mineralnych i mineralno-organicznych wraz z oceną ich działania na roślinę i glebę

W ramach współpracy nawiązanej z pracownikami Katedry Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych Wydziału Inżynierii Produkcji i Energetyki Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie uczestniczyłam w badaniach dotyczących optymizacji procesu nawożenia (dawka i częstotliwość) trawy wykorzystywanych do zakładania boisk sportowych przy użyciu systemu do fertygacji (publikacja **II.4.59**). Ocena chemizmu powstających na tej drodze odcieków wykazała, że ich skład chemiczny istotnie zależał od częstotliwości i długości cykli fertygacji. Wykazano, że optymalny proces nawożenia trawy boisk sportowych powinien być prowadzony w odstępach do 4,4 dnia przy zastosowaniu dawki 60 kg NPK. **Należy podkreślić, że wyniki otrzymane w toku realizacji tych badań mają bardzo duże znaczenie praktyczne i prośrodowiskowe. Zaproponowane w badaniach rozwiązanie prowadzi do zmniejszenia ilości zużywanych do fertygacji darni nawozów mineralnych, które w następstwie ograniczą wymywanie składników mineralnych w głąb profilu glebowego, a w konsekwencji ochronią glebę i wody gruntowych przed zanieczyszczeniami.** Tematyka badań dotycząca odcieków drenarskich jest przeze mnie kontynuowana także w ramach współpracy z podmiotem gospodarczym i realizacji wcześniej wspomnianego projektu **II.9.9,** w którym prowadzę badania nad możliwością recyklingu wód drenarskich z uprawy truskawki powtarzającej owocowanie. Zważywszy na fakt, że odcieki pochodzące z technologii upraw bezglebowych (np. kokos, wata szklana) cechuje zwykle bardzo duża koncentracja składników pokarmowych niezwykle ważne jest tworzenie systemów zamkniętych w celu ich recyrkulacji oraz racjonalnego gospodarowania zasobami wody. Zaprezentowane w publikacjach **II.4.32**, **II.4.34** i **II.4.69** oraz w doniesieniach naukowych **II.7.59** i **II.7.61** wyniki badań wykazały, że w uprawach bezglebowych blisko 70% pożywki jest wykorzystywana przez rośliny, a pozostałe 30% stanowi odciek. Stwierdzono, że z uwagi na wysokie pH oraz przewodność elektrolityczną, odcieki przed wykorzystaniem do przygotowania świeżego koncentratu nawozowego powinny być odpowiednio rozcieńczone. Stopień rozcieńczenia zależy każdorazowo od chemizmu odcieków oraz parametrów

koncentratu nawozowego, przygotowywanego zgodnie z wymaganiami pokarmowymi roślin w ich kolejnych fazach rozwojowych. Wykazano, że jednym z najbardziej „problematycznych" pierwiastków jest fosfor, który strąca się w zbiornikach w czasie magazynowania odcieków przed ich ponownym wykorzystaniem.

Łączenie działalności naukowo-badawczej oraz ścisła współpraca nauki z gospodarką, pozwala mi na wybór w podejmowaniu innych istotnych z punktu widzenia praktyki tematów badawczych i rozwiązań naukowych. Przykładem jest mój dalszy udział w badaniach finansowanym przez Grupę AZOTY Tarnów S.A. (**II.15.3, II.15.4**) i Grupę Azoty Zakłady Azotowe Kędzierzyn S.A. (**II.15.5**) nad opracowaniem i wdrożeniem do stosowania w rolnictwie różnego typu nawozów wraz z monitorowaniem efektów ich zastosowania. **Praktycznym efektem tych badań jest opracowanie formuł i określenie dawek nawozów, które będą nie tylko efektywne z rolniczego punktu widzenia, ale również będą uwzględniały efekt środowiskowy oraz wpływ na jakość uzyskanej biomasy w kontekście wykorzystania na cele żywnościowe i pasze**. Należy nadmienić, że w roku 2019 zespół pod kierunkiem naukowym prof. dr hab. Barabra Filipek-Mazur, którego byłam również członkiem zakończył pomyślnie trzyletni cykl badań polowych nad nowymi formulacjami nawozów azotowych, co pozwala przypuszczać, że efektem tych prac w niedługim czasie może być poszerzenie oferty produktowej Grupy AZOTY Tarnów S.A. W wyniku realizacji tych projektów powstały dwa osiągnięcia projektowe i konstrukcyjno-technologiczne: **II.5.3** oraz **II.5.4**. Od czerwca 2020 r. jestem także wykonawcą badań finansowanych przez Kopalnię Dolomitu Spółkę Akcyjną w Sandomierzu pt. *Opracowanie innowacyjnych formuł nawozów na bazie dolomitu i siarki wpływających na żyzność gleby i poprawiających zdrowotność roślin* (**II.15.6**).

Od początku roku 2020 jestem także kierownikiem zadania pt. *Opracowanie technologii produkcji nawozów mineralnych z dodatkiem funkcjonalizowanych popiołów lotnych i węgla brunatnego do biofortyfikacji roślin w mikro- i makroelementy* (**II.9.10**). Celem podejmowanych przez mój zespół badawczy w tym projekcie prac jest opracowanie receptur nawozów organiczno-mineralnych przeznaczonych dla kilku gatunków roślin, które będzie można wykorzystać zarówno w rolnictwie jak również w rekultywacji. Oryginalność zaproponowanych rozwiązań polega na wprowadzeniu do struktury nawozów innowacyjnych materiałów funkcjonalizowanych z odpadowych popiołów lotnych, które umożliwią związanie m.in. form anionowych pierwiastków. Należy podkreślić, że stanowi to realną szansę na dokonanie przełomu technologiczno-produktowego. Związanie w funkcjonalnych strukturach kompozytów krzemionkowych form bezpośrednio dostępnych dla roślin w postaci anionów

w znaczącym stopniu zwiększy efektywność wykorzystania przez rośliny podstawowych składników plonotwórczych i zminimalizuje ryzyko ich migracji poza zasięg systemu korzeniowego, a w konsekwencji strat (np. poprzez wymywanie) o czym wspomniałam w przypadku tematyki poruszanej w publikacji **II.4.59**. Technologia produkcji nawozów mineralno-organicznych o przedłużonym uwalnianiu składników pokarmowych może nie tylko zharmonizować skład chemiczny roztworu glebowego z potrzebami pokarmowymi roślin, ale również zoptymalizować stopień ich odżywienia (biofortyfikacja) i poprawiać żyzność gleby dzięki dodatkowi organicznemu. Sukcesywne uwalnianie składników plonotwórczych z innowacyjnych nawozów będzie dostosowane do zmieniających się w trakcie wzrostu i rozwoju potrzeb rośliny, a to pozwoli na pełniejsze wykorzystanie jej potencjału. Warto zaznaczyć, że w toku realizacji niniejszego projektu podejmę również próby stworzenia unikatowej formulacji (bio)nawozów przeznaczonych dla celów rekultywacyjnych, które z jednej strony będą się charakteryzowały zdolnością sukcesywnego uwalniania węgla i anionowych form związków nieorganicznych oraz będą nośnikami bakterii stymulujących wzrost roślin użytych do fitoremediacji, a z drugiej strony możliwe będzie wykorzystanie ich ukierunkowanych zdolności sorpcyjnych w usuwaniu zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych z zanieczyszczonych gleb.

Pozostałymi publikacjami wchodzącymi w skład mojego dorobku naukowego, a niebędącymi ściśle związanymi z przedstawionymi powyżej głównymi nurtami badawczymi, są m.in. analizy parametrów energetycznych osadów ściekowych (praca **II.2.1**), ocena możliwości wykorzystania roślinności z trwałych użytków zielonych na cele energetyczne (praca **II.2.2**), ocena zawartości węgla i azotu w 50-letnim doświadczeniu nawozowym w Czarnym Potoku (publikacja **II.4.68**) oraz wykorzystanie pofermentu wzbogaconego w nawóz zawierający magnez i siarkę w uprawie polowej kalarepy (publikacja **II.4.66**). Prace te są efektem mojej współpracy m.in. z pracownikami Mendel University in Brno i Katedry Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.

Warto podkreślić, że pozostaję aktywnym **recenzentem artykułów naukowych** złożonych do recenzji w renomowanych polskich i zagranicznych czasopismach naukowych: *Journal of Cleaner Production (5x), Geology, Geophysics and Environment (1x), Chemosphere (6x), Desalination and Water Treatment (1x), Ecological Chemistry and Engineering S (1x), Environmental Pollution (1x), Geoderma (2x), Journal of Material Cycles and Waste Management (3x), Journal of Soils and Sediments (2x), Science of the Total Environment (2x), Waste and Biomass Valorization (5x), Ecological Engineering (1x), Archives of Agronomy and*

Soil Science (2x), Journal of Elementology (3x), Pedosphere (1x), Soil Science and Plant Nutrition (2x), Environment International (2x), Journal of Hazardous Materials (1x), Fuel (2x), Process Safety and Environmental Protection (2x), Arid Land Research and Management (1x), Environmental Geochemistry and Health (2x), Environmental Science and Pollution Research (1x), Waste Management (1x), Agriculture (2x), Agronomy (1x), Scientific Reports (1x) Journal of Environmental Management (2x) dla których wykonałam w tym okresie łącznie 56 recenzji. Szczegółowy wykaz wykonanych recenzji zawarto w wykazie osiągnięć naukowych – **Załącznik nr 4, pkt. II.13.**

W roku 2019 otrzymałam **Stypendium z Własnego Funduszu Stypendialnego** Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie dla pracowników wyróżniających się w zdobywaniu środków finansowych oraz **nagrodę zespołową** II° JM Rektora Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie za wybitne osiągnięcia w dziedzinie naukowej (**II.18.4-II.18.5**).

Po uzyskaniu stopnia doktora byłam autorem lub współautorem łącznie 40 oryginalnych opracowań, w tym 12 jako pierwszy autor, 3 rozdziałów w monografiach oraz 2 prac projektowych i doświadczalno-konstrukcyjnych (materiały niepublikowane). Wyniki badań zaprezentowałam na 26 konferencjach naukowych o zasięgu krajowym i międzynarodowym w formie prezentacji ustnej lub posteru. Dodatkowo uczestniczyłam w 2 seminariach lub konferencjach naukowych, na których prezentowałam wyniki badań własnych.

Sumaryczna liczba punktów MNiSW dla publikacji opublikowanych w tym okresie wynosiła 2630 (po wyłączeniu punktów wchodzących w skład osiągnięcia naukowego 2215), a sumaryczny IF był równy 98,730 (po wyłączeniu punktów wchodzących w skład osiągnięcia naukowego 77,693).

Szczegółowe informacje naukometryczne dotyczące mojej działalności naukowej przedstawiono w wykazie osiągnięć naukowych – **Załącznik nr 4, pkt. IV.**

Kraków, dnia 25.10.2020 r.

Monika Mierzwa-Hersztek

Podpis Wnioskodawcy