



KOFERMENTACJA ODPADÓW ORGANICZNYCH Z PRODUKCJI ROLNO-SPOŻYWCZEJ I GOSPODARKI KOMUNALNEJ Z OSADAMI ŚCIEKOWYMI

dr hab. inż. Sebastian Borowski

Politechnika Łódzka
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii

Osady ściekowe

- duża jednorodność i uwodnienie
- wysoka zawartość N i P
- stabilność fermentacji beztlenowej osadów
- niska zawartość metali ciężkich

Komory WKF

- ponad 100 instalacji krajowych
- komory WKF przewymiarowane
- zagospodarowanie odpadu pofermentacyjnego
- dodatkowe przychody z opłat za utylizację odpadów

Odpady organiczne

- niskie uwodnienie
- duża zawartość substancji organicznych
- wysokie koszty zagospodarowania
- poszukiwanie nowych metod unieszkodliwiania

KOFERMENTACJA

- zwiększenie produkcji biogazu
- poprawa bilansu mikro- i makro-pierwiastków (głównie C/N i C/P)
- rozcieńczenie substancji toksycznych oraz powodujących inhibicję metaqnoogenezy
- podwyższenie jakości produktu pofermentacyjnego
- obniżenie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych – proces prowadzony w jednej instalacji
- dodatkowe przychody z utylizacji odpadów (gate fees)

Charakterystyka wybranych grup odpadów organicznych

Gnojowica, pomiot kurzy

- 40 mln ton/rok
- duża uciążliwość zapachowa
- niski iloraz C/N \cong 12, uwalnianie amoniaku
- konieczność zagospodarowania co najmniej 70% ilości przez producenta

Odpady komunalne

- **12 mln. ton odpadów /rok**
- 9% przetwarzana biologicznie; ok. 80% zawartości substancji organicznych
- domieszki substancji nieorganicznych (piasek, szkło itp.)
- mała ilość instalacji wstępnego przetwarzania odpadów

Wysłodki buraczane

- **3,5 mln. ton wysłodków/rok**
- peletyzacja wysłodków = 30-40% kosztów produkcji cukru
- bardzo niska zawartość fosforu
- konieczność wstępnej hydrolizy

Odpady poubojowe

- **500 tys. ton odpadów poubojowych/rok**
- dominują odpady kategorii 2 wg ABPR 1069/2009/EC, konieczność wstępnej obróbki termicznej
- duża uciążliwość zapachowa, wysoka zawartość N, ale niska P
- wysoki uzysk biogazu, ale problemy eksploatacyjne (inhibicja, pienienie)

Charakterystyka badanych odpadów

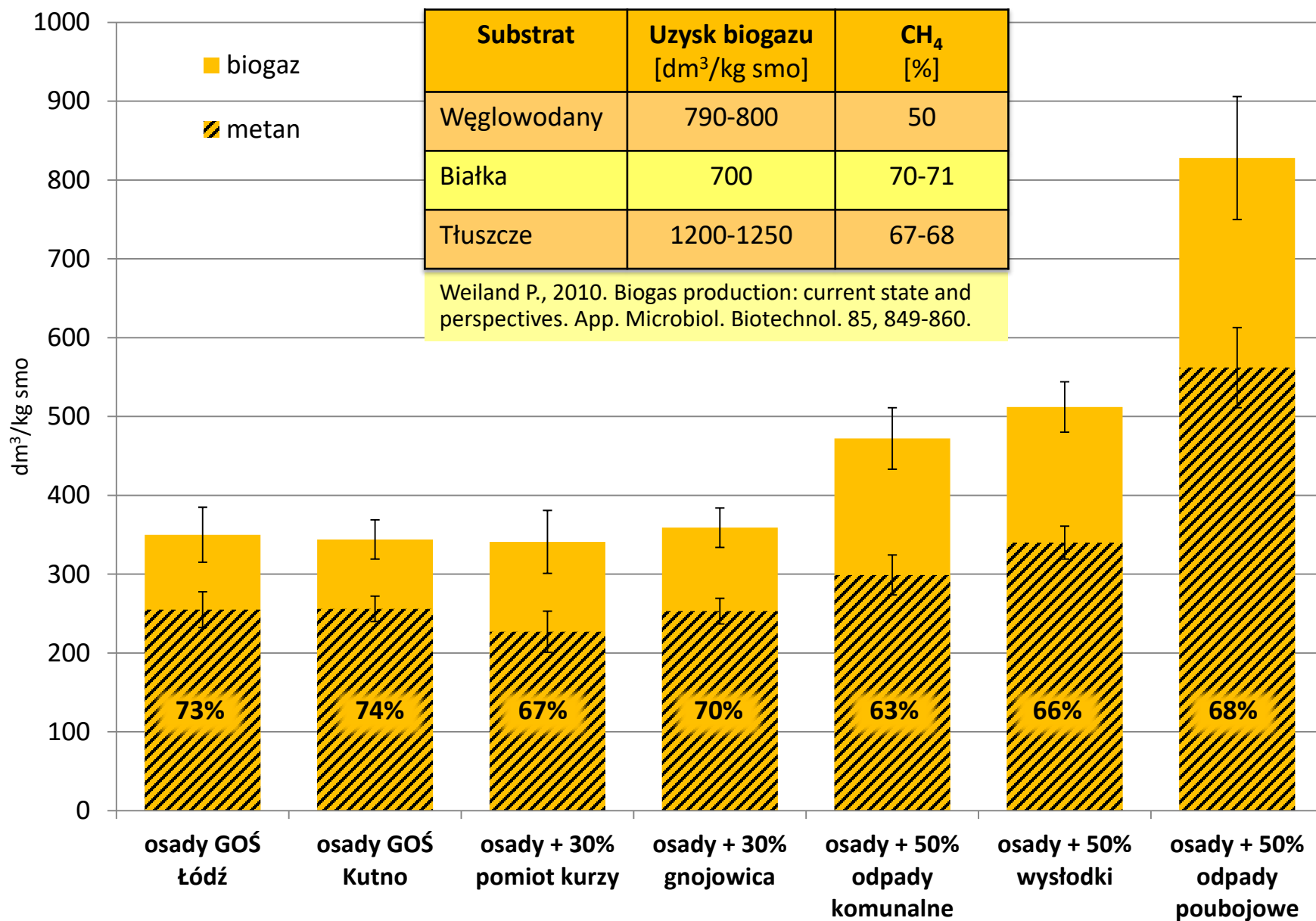
Wskaźnik	Osady GOŚ Kutno	Osady GOŚ Łódź	Gnojowica	Pomiot kurzy	Odpady komunalne	Wystódki	Odpady poubojowe
sm [g/kg]	163,95	46,90	123,96	277,18	35,33	128,42	292,30
smo [% sm]	82,58	74,05	72,20	73,95	53,17	86,505	92,90
ChZT [g/kg _{sm}]	1143	954	964	733	609	1218	895
C [% sm]	64,30	59,45	63,40	59,60	66,78	68,30	67,40
N [% sm]	7,07	6,23	5,16	4,87	2,08	1,90	9,52
P [% sm]	2,51	1,90	2,48	1,76	0,73	0,14	0,66
C/N	9,1	9,5	12,3	12,2	32,2	36,0	7,2
C/P	25,6	31,3	25,6	33,9	91,4	487,8	102,1
N/P	2,8	3,3	2,1	2,8	2,8	13,5	14,4

Wskaźnik	Tkanka mięsna	Jelita	Poflotacyjne	Szczecina
sm [g/kg]	383.09	294.19	218.52	235.97
smo [% sm]	94.30	95.37	84.86	94.77
ChZT [g/kg _{sm}]	870	725	1207	1211
Tłuszcze [% sm]	47.46	23.08	25.37	8.68
C [% sm]	70.25	63.80	74.10	65.10
N [% sm]	8.91	10.25	8.44	9.35
P [% sm]	0.51	0.74	0.25	1.62
H [% sm]	5.05	4.85	5.50	6.10
S [% sm]	0.025	0.015	0.025	0.045
C/N	7.89	6.29	8.81	6.96
Biogaz (BMP) [dm ³ /kg smo]	976	826	585	53

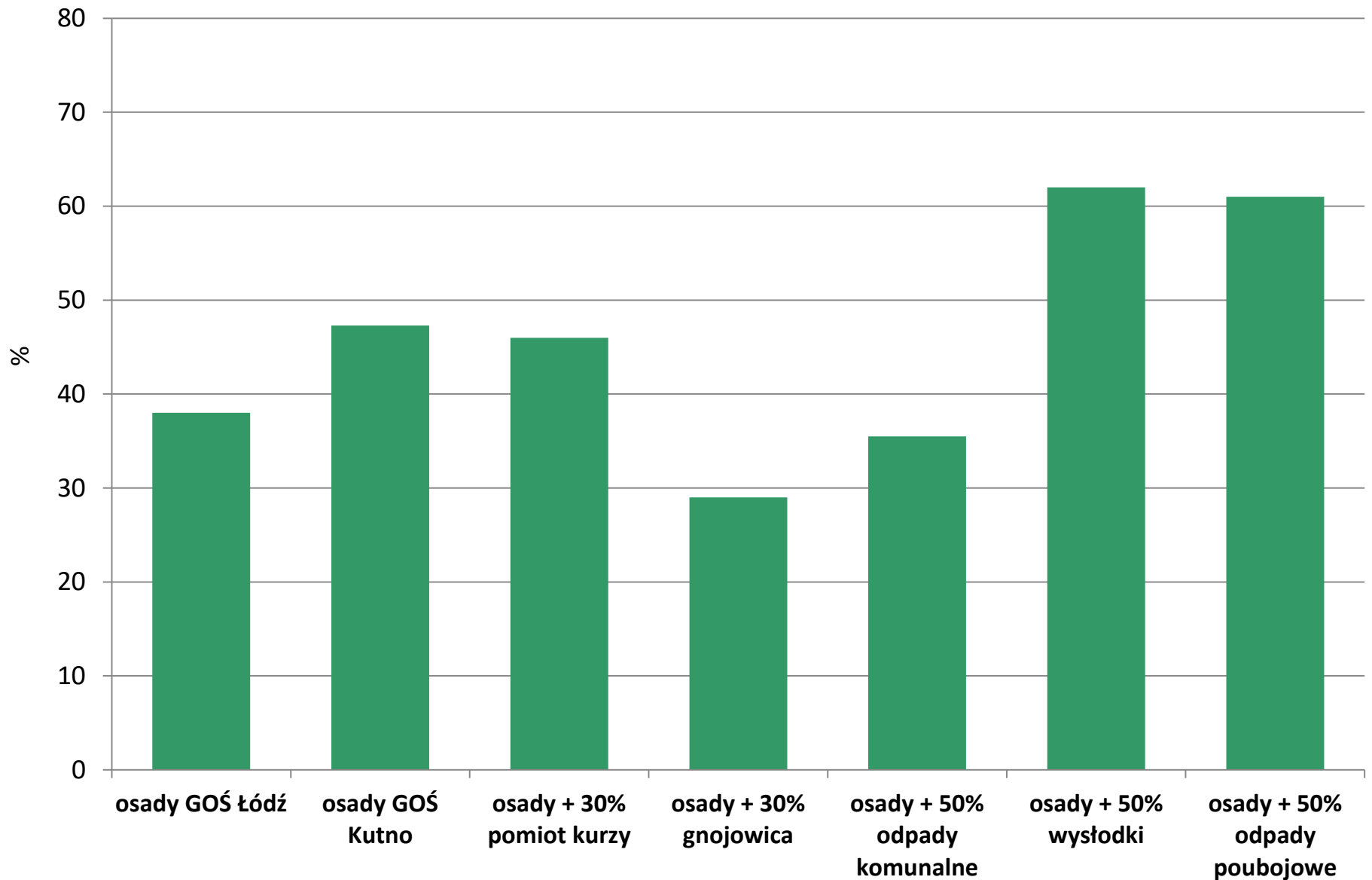
Zoptymalizowane parametry procesów kofermentacji

Parametr	Osady ściekowe	Osady ściekowe + pomiot kurzy	Osady ściekowe + gnojowica	Osady ściekowe + odpady komunalne	Osady ściekowe + wystódki	Osady ściekowe + odpady poubojowe
Udział osadu (w/w) [%]	100	70	70	50	50-70	50-70
Udział kosubstratu (w/w) [%]	0	30	30	50	30-50	30-50
Temperatura [°C]	35	35	35	35	35	35
Czas zatrzymania [d]	15-30	20-30	20-30	15-20	15-20	15-20
Obciążenie [kg smo/m ³ /d]	1,03-1,55	1,57-2,35	1,27-1,91	2,11-2,51	2,76-3,33	3,10-4,10

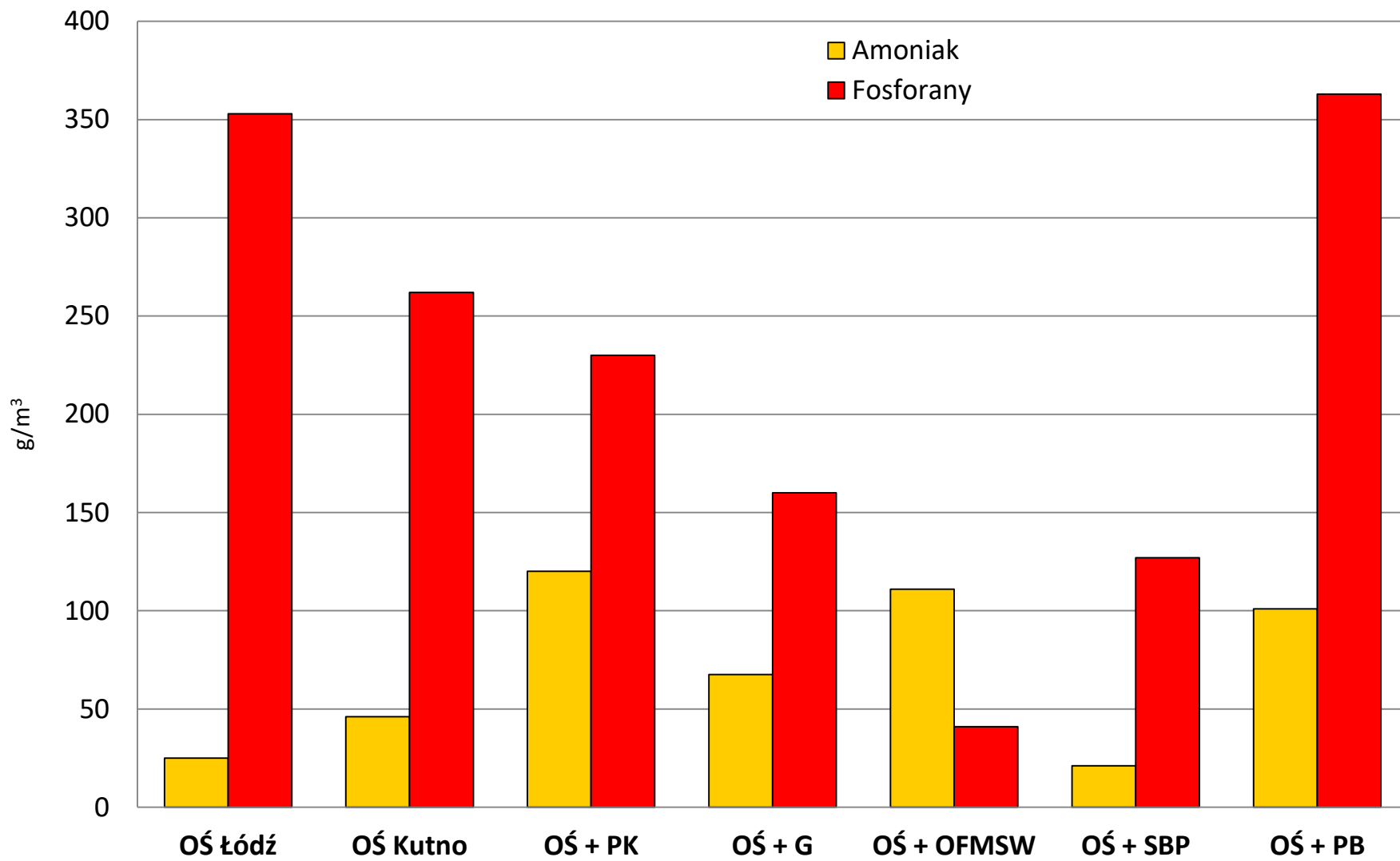
Úśredniona produkcja biogazu i metanu oraz procentowy udział metanu



Uśredniona redukcja suchej masy organicznej



Uśrednione zawartości amoniaku i fosforanów w cieczech pofermentacyjnych

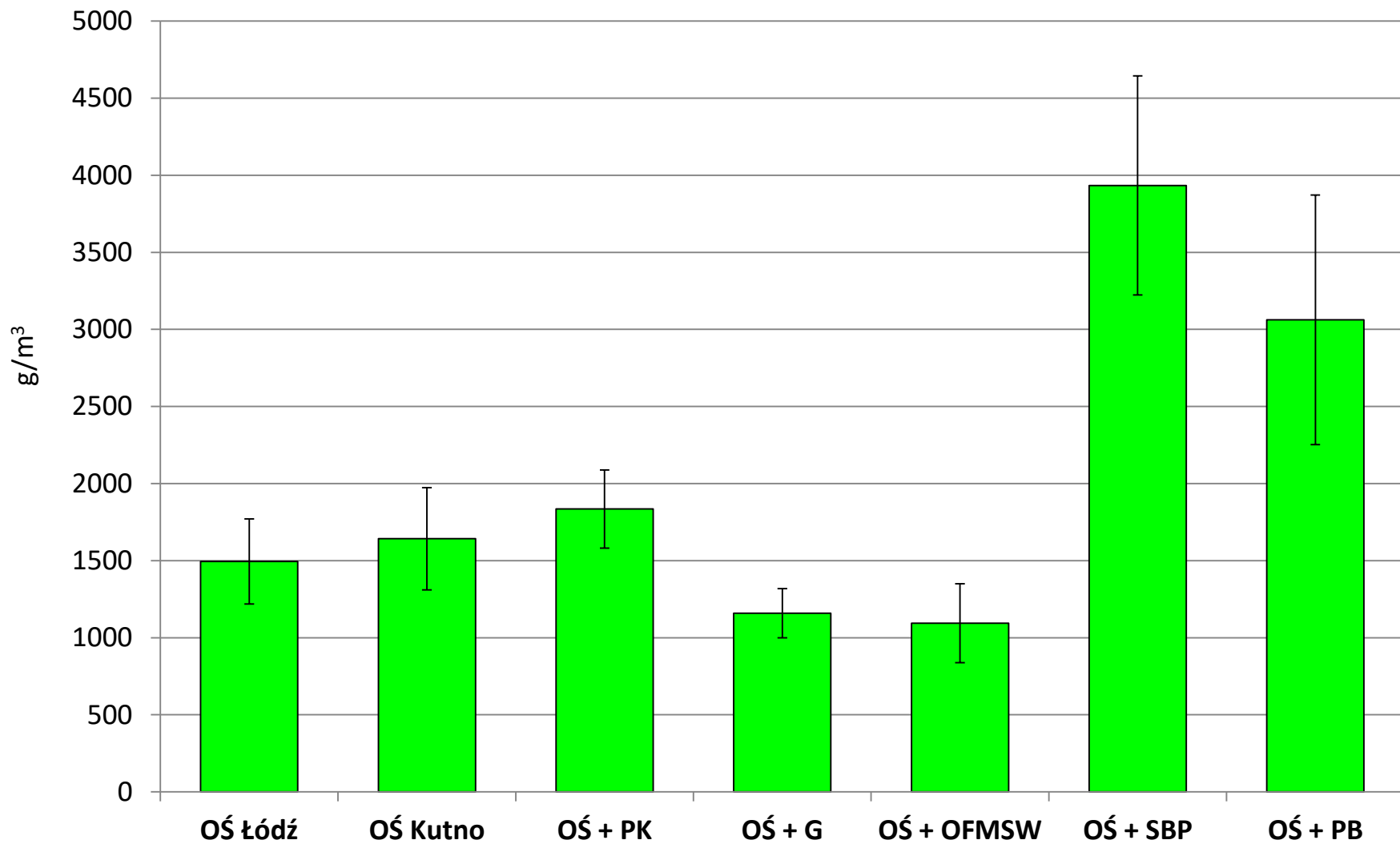


OŚ – osady ściekowe; PK – pomiot kurzy; G – gnojowica; OFMSW – organiczna frakcja odpadów komunalnych; SBP – wyśładki buraczane; PB – odpady poubojowe

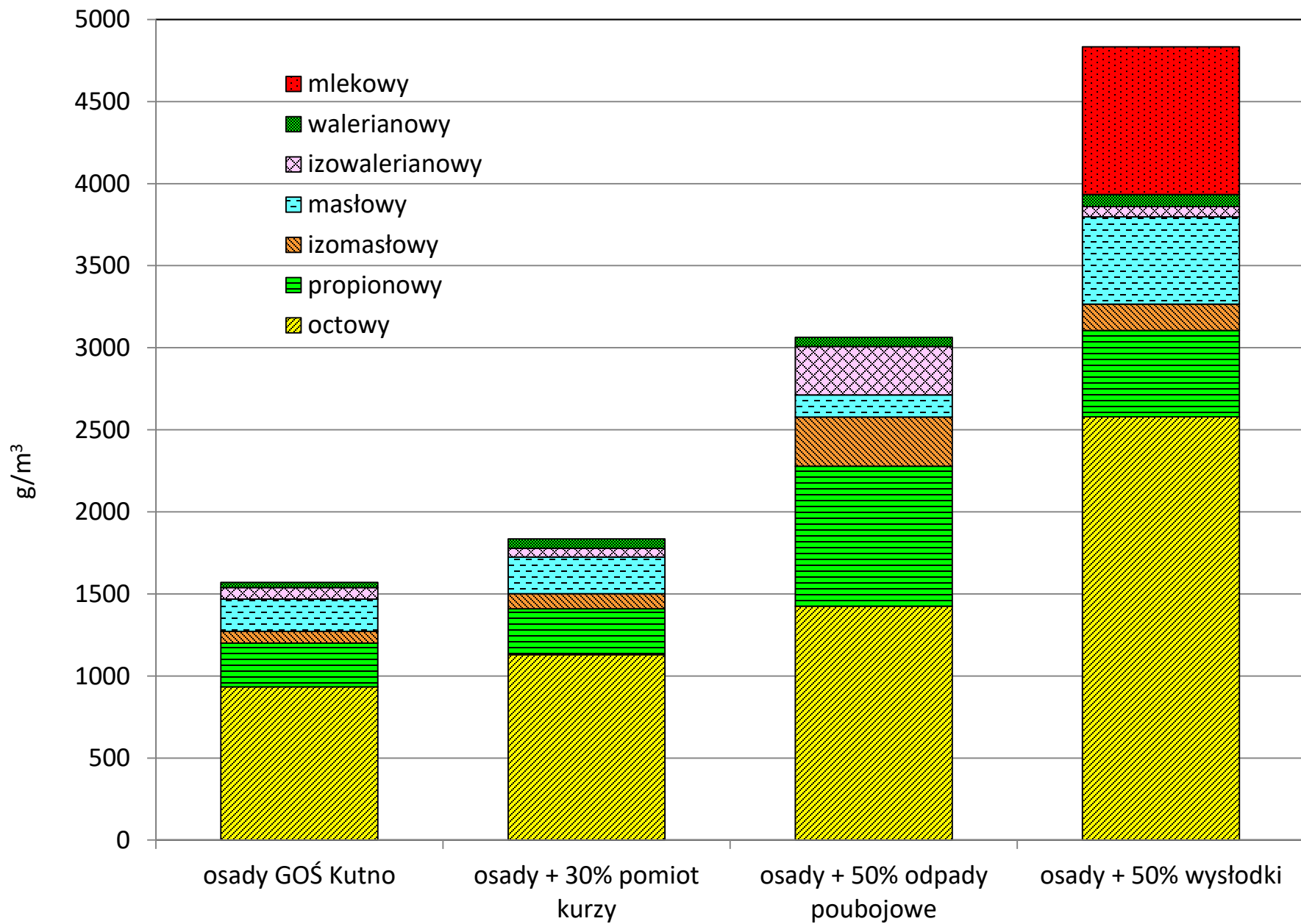
Inhibicja metanogenezy przez wolny amoniak

Substrat	Zakres temperatur	Stężenie [gNH ₃ /m ³]	Literatura
Organiczna frakcja odpadów komunalnych	mezofilny termofilny	215 468	El Hadj, T.B., Astals, S., Gali, A., Mace, S., Mata-Alvarez, J., 2009. Ammonia influence in anaerobic digestion of OFMSW. Water Sci. Technol. 6, 1153-1158.
Organiczna frakcja odpadów komunalnych	mezofilny	800-1000	Kim, D.H., Oh, S.E., 2011. Continuous high-solids anaerobic co-digestion of organic solid wastes under mesophilic conditions. Waste Manage. 31, 1943-1948.
Gnojowica	termofilny	1100	Hansen, K.H., Angelidaki, I., Ahring, B.K., 1998. Anaerobic digestion of swine manure: Inhibition by ammonia. Water Res. 32, 5-12.
Osady ściekowe	mezofilny	400	Duan, N., Dong, B., Wu, B., Dai, X., 2012. High-solid anaerobic digestion of sewage sludge under mesophilic conditions: Feasibility study. Bioresource Technol. 104, 150-156.
Pomiot kurzy	mezofilny	250	Bujoczek, G., Oleszkiewicz, J., Sparling, R., Cenkowski, S., 2000. High solid anaerobic digestion of chicken manure. J. Agr. Eng. Res. 76, 51-60.
Osad+gnojowica	mezofilny	70-250	Buendia, I.M., Fernandez, F.J., Villasenor, J., Rodriguez, L., 2009. Feasibility of anaerobic co-digestion as a treatment option of meat industry wastes. Bioresource Technol. 100, 1903-1909.
Odpady rybne	mezofilny	197-230	Gebauer, R., Eikebrokk, B., 2006. Mesophilic anaerobic treatment of sludge from salmon smolt hatching. Bioresource Technol. 97, 2389-2401.
Odpady poubojowe	mezofilny	1000-1200	Lauterbock, B., Ortner, M., Haider, R., Fuchs, W., 2012. Counteracting ammonia inhibition in anaerobic digestion by removal with a hollow fiber membrane contactor. Water Res. 46, 4861-4869.
Osady ściekowe+pomiot kurzy+gnojowica	mezofilny	110-140	Borowski S., Domański J., Weatherley L. 2014. Anaerobic co-digestion of swine and poultry manure with municipal sewage sludge. Waste Management 34: 513-521.
Osady+ organiczna frakcja odpadów komunalnych	termofilny	500-1000	Borowski, S., 2015. Co-digestion of the hydromechanically separated organic fraction of municipal solid waste with sewage sludge. J. Environ. Manage. 147, 87-94.

Zawartość lotnych kwasów tłuszczowych w cieczach pofermentacyjnych



OŚ – osady ściekowe; PK – pomiot kurzy; G – gnojowica; OFMSW – organiczna frakcja odpadów komunalnych; SBP – wyśtodki buraczane; PB – odpady poubojowe



Zestawienie wyników badań kofermentacji osadów ściekowych z odpadami organicznymi

Rodzaj osadu	Kosubstrat	Proporcja	Uzysk metanu [m ³ /kg smo]	Wzrost uzysku
Osad mieszany	Odpady żywnościowe	60/40 (smo/smo)	0,18-0,33	1,03
Osad nadmierny	Bioodpady	50/50	0,42	?
Osad mieszany	Tłuszcze odpadowe	40/60 (smo/smo) 48/52 (smo/smo)	0,49 0,55	2,07
Osad mieszany	Wystódki po hydrolizie	zmiennie	0,36-0,54	1,5-2,2
Osad nadmierny	Odpady poubojowe	95/5 7/1	0,62 0,43	2,65
Osad mieszany	Glicerol	99/1 77/23 (smo/smo)	0,78 0,86	1,83-2,13
Osad mieszany	Odpady owocowo-warzywne	82/18	0,57	1,03
Osad nadmierny	Organiczna frakcja odpadów komunalnych	84/16 (smo/smo) 59/41 (smo/smo)	0,17 0,28	1,2-1,9
Osad mieszany	Zużyte oleje	94/6 (smo/smo)	0,63	1,24

na podstawie: Mata-Alvarez i wsp. 2014. Renewable and Sustainable Energy Reviews 36, 412-427.
Montanes i wsp. 2015. Bioresource Technology 180, 177-184.

Wnioski

Rodzaj odpadu	Udział masowy	Korzyści	Problemy
Gnojowica/ pomiot kurzy	30%	Niewielki wzrost produkcji biogazu	<ul style="list-style-type: none">• Inhibicja metanogenezy przez amoniak;
Organiczna frakcja odpadów komunalnych (po hydromechanicznej separacji)	50%	Wzrost produkcji biogazu o około 50%, metanu o 40%	<ul style="list-style-type: none">• Niewielki spadek udziału metanu w biogazie;• Domieszki mineralne (piasek, szkło);
Wysłodki buraczane	30-50%	Wzrost produkcji biogazu o 50%, metanu o 30-40%	<ul style="list-style-type: none">• Konieczność wstępnej hydrolizy;• Spadek udziału metanu w biogazie;• Podwyższona zawartość kwasów tłuszczowych, zwłaszcza octowego i mlekowego;• Pienienie w reaktorach;
Odpady poubojowe	30-50%	2,5-krotny wzrost produkcji biogazu i metanu.	<ul style="list-style-type: none">• Konieczność spełnienia wymagań weterynaryjnych;• Podwyższona zawartość oraz zmiana profilu LKT;• Pienienie w reaktorach;



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

dr hab. inż. Sebastian Borowski

Politechnika Łódzka
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii