

# **Biomasa glonów jako alternatywny substrat dla technologii biogazowych**

dr inż. Marcin Dębowski, dr inż. Marcin Zieliński

Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie

Katedra Inżynierii Środowiska

**BAŁTYCKIE FORUM BIOGAZU**

**17 – 18 WRZESIEŃ 2012**



źródło: [www.ci.devils-lake.nd.us](http://www.ci.devils-lake.nd.us)



źródło: [www.indg.in](http://www.indg.in)



źródło: [www.ci.devils-lake.nd.us](http://www.ci.devils-lake.nd.us)



**Hodowla glonów w warunkach  
zbliżonych do naturalnych**



źródło: [www.ci.devils-lake.nd.us](http://www.ci.devils-lake.nd.us)

# Biomasa glonów jako alternatywny.....



źródło: [www.greenaironline.com](http://www.greenaironline.com)

źródło: [www.biofuelsdigest.com](http://www.biofuelsdigest.com)



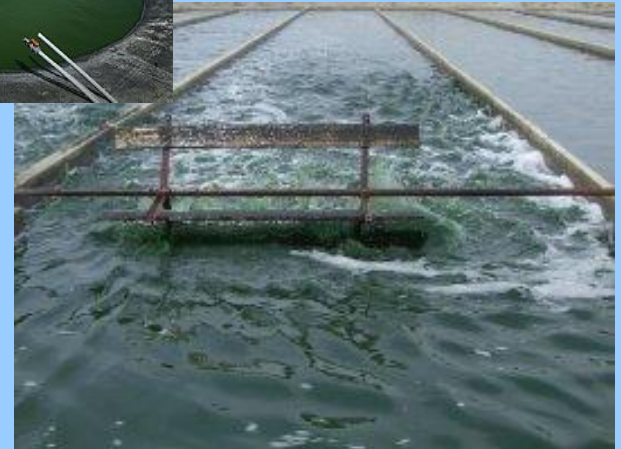
źródło: [www.makebiofuel.co.uk](http://www.makebiofuel.co.uk)



źródło: [www.treehugger.com](http://www.treehugger.com)



źródło: [www.biofuelsrevolution.com](http://www.biofuelsrevolution.com)



źródło: [www.thomasglobalco.com](http://www.thomasglobalco.com)

## Hodowla reaktorach otwartych



# Biomasa glonów jako alternatywny.....



źródło: earthmagazine.com



źródło: www.erthsky.com



źródło: www.cleanticks.com



źródło: www.nanovoltaix.com



źródło: www.scoolcoil.com

**Hodowla glonów w fotobioreaktorach o  
różnej konstrukcji**



źródło: [www.allaboutfeed.net](http://www.allaboutfeed.net)



źródło: [www.biofueldigest.com](http://www.biofueldigest.com)

## Hodowla glonów w systemach hybrydowych



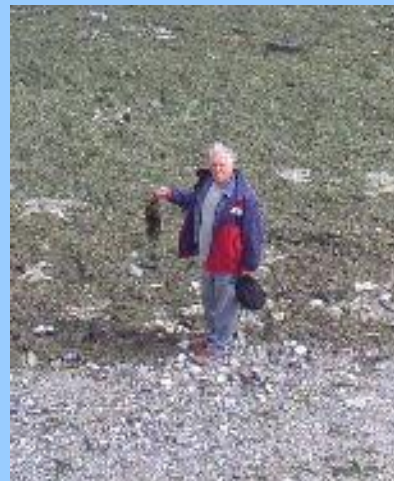
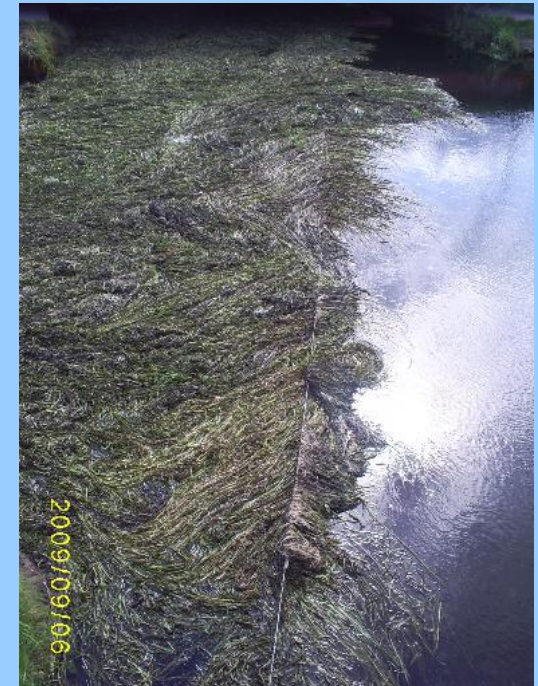
źródło: [www.cleanenergy.com](http://www.cleanenergy.com)





**Pozyskiwanie glonów z  
naturalnych zbiorników  
wodnych**

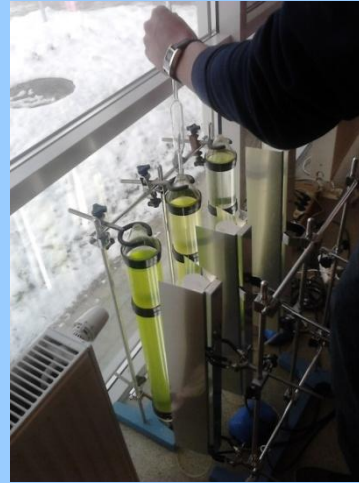




Pozyskiwanie makrofitów  
roślinności wodnej



# Biomasa glonów jako alternatywny.....



Instalacje własne





**Program Operacyjny  
Innowacyjna Gospodarka, 2007-2013**

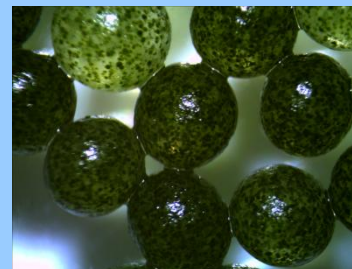
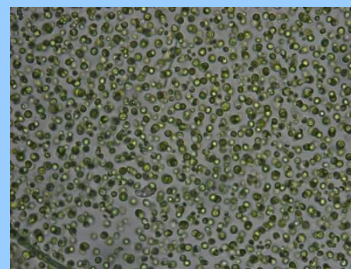
**Priorytet 1**

„Badania i rozwój nowoczesnych technologii”

**Projekt Kluczowy:**

**MODELOWE KOMPLEKSY AGROENERGETYCZNE JAKO PRZYKŁAD  
KOGENERACJI ROZPROSZONEJ OPARTEJ NA LOKALNYCH I  
ODNAWIALNYCH ŹRÓDŁACH ENERGII**

Zadanie 1.3. Pozyskiwanie i przetwarzanie biomasy powstającej w zeutrofizowanych wodach powierzchniowych





Zalew Wiślany



Zatoka Gdańska

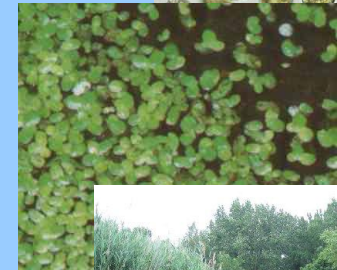
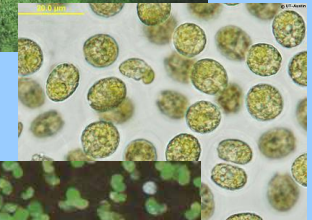
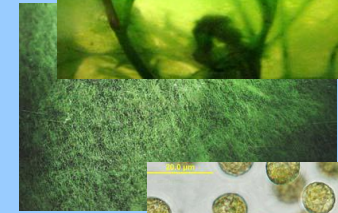
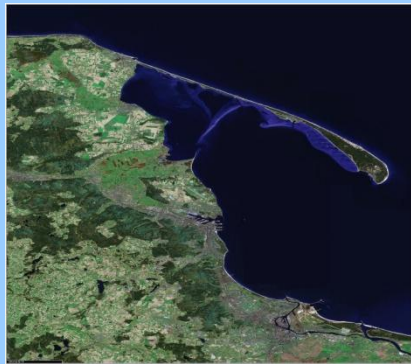


Jezioro Kortowskie



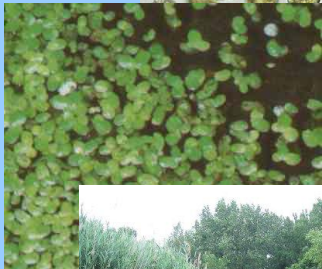
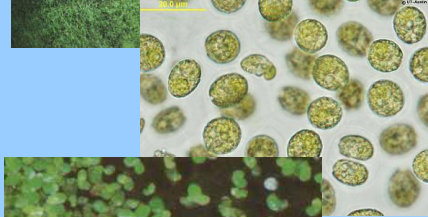
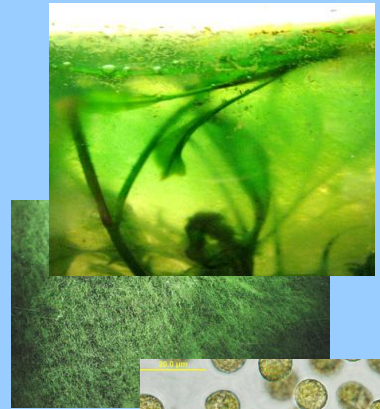
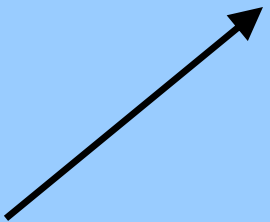
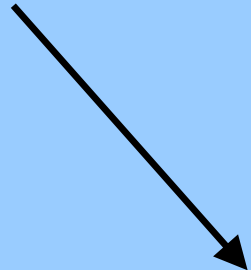


# Biomasa glonów jako alternatywny.....



filtracja z wykorzystaniem mikrosit, filtracja z wykorzystaniem procesów membranowych, koagulacja, wirowanie, flotacja

# Biomasa glonów jako alternatywny.....



Badania hydrobiologiczne



Przykład zastosowania naczyń miarowych typu PF/45...



Przykłady zastosowania naczyń miarowych typu MG/...



Badania energetyczne



Pomiary respirometryczne pozwalające ocenić przebieg procesu fermentacji metanowej pozyskiwanej biomasy wodnej w zależności od zastosowanego rozwiązania technologicznego.

Zestaw badawczy

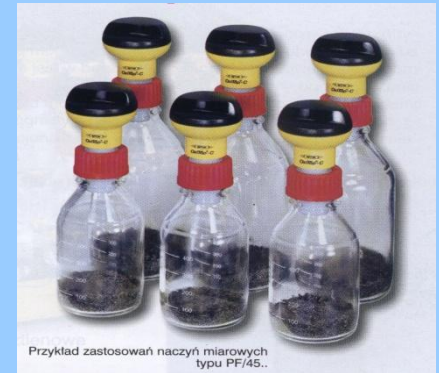
Układ pomiarowy OxiTop

Naczynie pomiarowe

Miernik/rejestrator

Kontroler

Szafa termostatująca



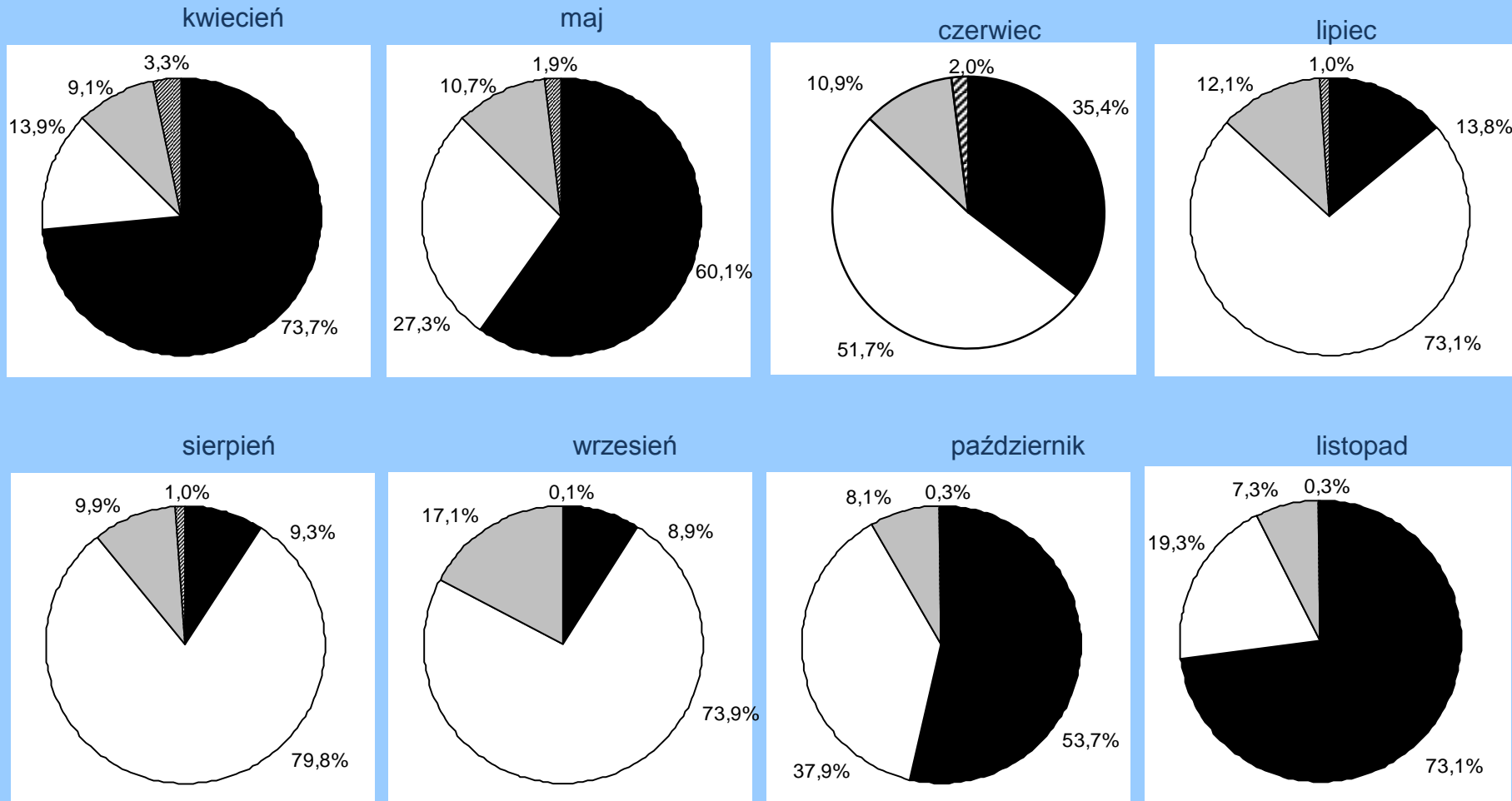
Przykład zastosowań naczyń miarowych typu PF/4S..



Przykłady zastosowania naczyń miarowych typu MG/...



## Skład jakościowy biomasy fitoplanktonu pozyskiwanej z Zalewu Wiślanego w 2009.



■ Bacillariophyceae

□ Cyanoprokaryota

■ Chlorophyta

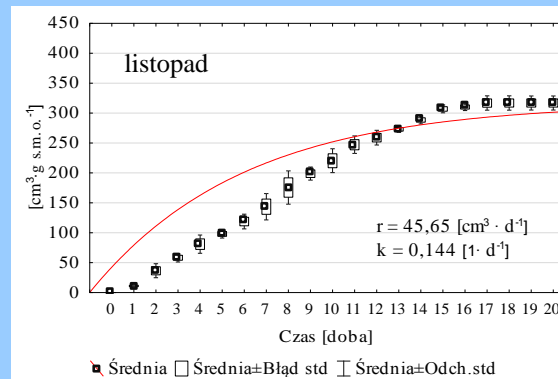
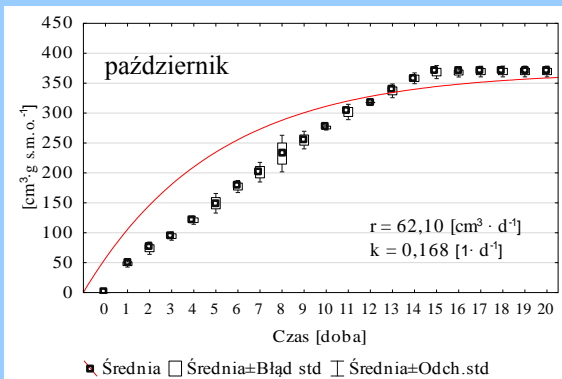
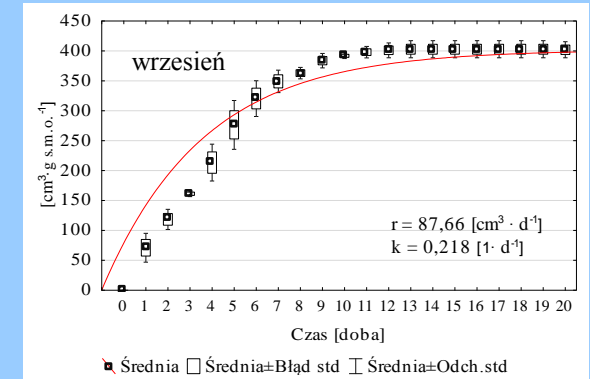
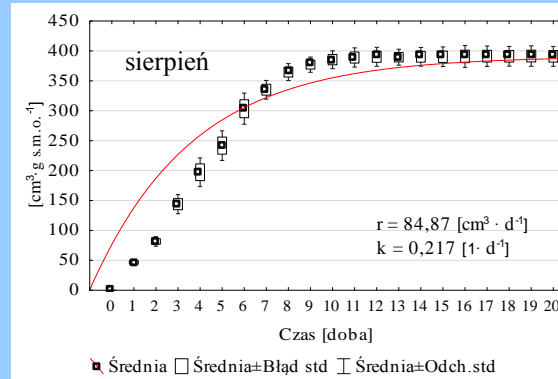
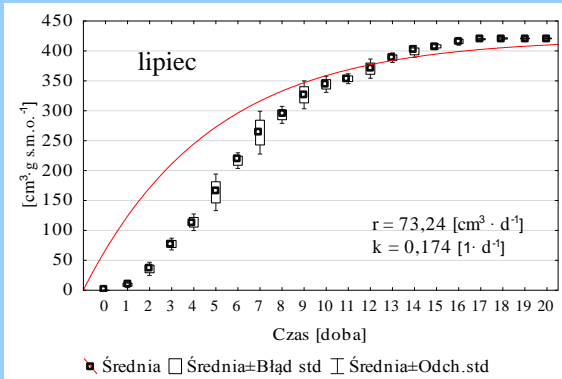
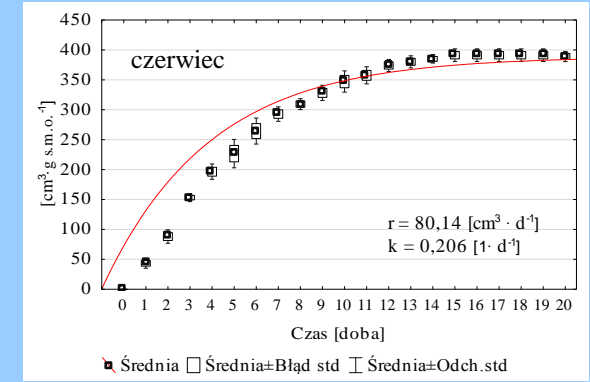
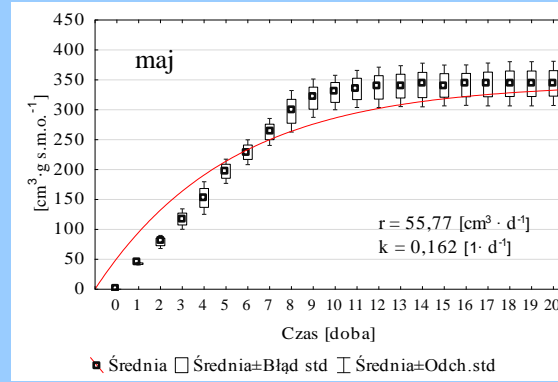
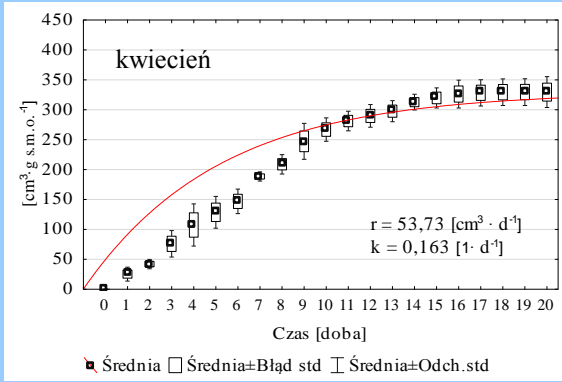
▨ inne



Charakterystyka biomasy mikroglonów

Parametr	Jednostka	Kwiecień		Maj		Czerwiec		Lipiec	
		Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.
s.m.	[% ś.m.]	8,06	0,15	7,74	0,19	7,83	0,48	8,19	0,74
s.m.o.	[% s.m.]	78,70	0,85	82,53	0,15	88,14	0,92	90,06	2,08
s.m.m.	[% s.m.]	21,30	0,85	17,47	0,15	11,86	0,92	9,94	2,10
N <sub>całk.</sub>	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	49,23	1,80	53,99	1,11	58,12	2,00	63,03	1,79
P <sub>og.</sub>	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	6,67	0,27	7,04	0,35	6,82	0,92	5,89	0,88
TC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	399,20	19,11	462,60	17,75	467,10	22,28	498,50	12,22
TOC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	344,50	26,92	407,20	13,56	406,90	19,04	428,50	9,16
C:N	-	8,11	0,09	8,57	0,17	8,04	0,10	7,91	1,12
pH	-	7,38	0,27	7,44	0,13	7,72	0,47	7,76	0,08
białko	[% s.m.]	30,77	1,12	33,74	0,70	36,32	1,29	39,39	1,13
łuszcze	[% s.m.]	11,95	0,54	12,06	2,87	14,91	1,48	16,21	2,72
cukry	[% s.m.]	16,77	1,26	19,26	0,73	20,07	0,87	19,44	0,68
Parametr	Jednostka	Sierpień		Wrzesień		Październik		Listopad	
		Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.
s.m.	[% ś.m.]	7,49	1,18	8,22	0,50	7,17	0,58	8,39	0,44
s.m.o.	[% s.m.]	90,18	1,55	88,54	0,47	80,87	0,89	78,52	0,43
s.m.m.	[% s.m.]	9,82	1,55	11,46	0,47	19,13	0,89	21,48	0,43
N <sub>całk.</sub>	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	60,30	0,32	62,83	1,71	49,55	0,34	48,38	0,55
P <sub>og.</sub>	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	6,99	0,18	6,74	0,43	7,37	0,57	6,91	0,28
TC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	503,40	17,80	486,30	19,41	404,80	17,56	392,90	9,82
TOC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	431,60	30,11	428,10	8,76	354,50	17,05	341,00	13,74
C:N	-	8,35	0,73	7,34	0,47	8,17	0,59	8,12	0,87
pH	-	7,79	0,24	7,53	0,12	7,41	0,33	7,52	0,07
białko	[% s.m.]	37,69	0,20	39,26	1,07	30,97	0,21	30,24	0,34
łuszcze	[% s.m.]	12,61	2,60	11,48	2,43	9,88	0,34	11,73	0,36
cukry	[% s.m.]	16,71	3,22	17,08	2,13	13,07	1,48	15,72	1,39

# Biomasa glonów jako alternatywny.....



Wyniki pomiarów respirometrycznych procesu fermentacji mikroglonów w różnych okresach sezonu wegetacyjnego



Charakterystyka biogazu wytwarzanego w procesie fermentacji mikroglonów pozyskiwanych z wód Zalewu Wiślanego w kolejnych miesiącach sezonu wegetacyjnego.

Parametr	Jednostka	Kwiecień		Maj		Czerwiec		Lipiec	
		Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.
Produkcja biogazu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m. <sup>-1</sup> ]	259,43	18,39	284,11	32,66	342,93	10,89	379,11	9,63
Produkcja biogazu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m.o. <sup>-1</sup> ]	329,65	25,85	344,26	36,94	389,07	8,21	420,95	0,95
Produkcja metanu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m. <sup>-1</sup> ]	159,11	16,26	184,41	26,08	240,19	10,99	270,57	8,78
Produkcja metanu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m.o. <sup>-1</sup> ]	202,17	21,93	223,46	29,58	272,51	9,52	300,43	2,74
CH <sub>4</sub>	[%]	61,33	1,71	64,91	1,47	70,04	0,95	71,37	0,49
CO <sub>2</sub>	[%]	38,51	1,99	34,96	1,13	29,80	1,62	28,46	2,02
H <sub>2</sub> S	[ppm]	478	213	394	137	511	171	703	168
H <sub>2</sub>	[ppm]	126	73	98	26	101	52	142	59
NH <sub>3</sub>	[ppm]	923	319	837	206	948	328	833	273
Parametr	Jednostka	Sierpień		Wrzesień		Październik		Listopad	
		Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.
Produkcja biogazu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m. <sup>-1</sup> ]	352,72	21,27	356,04	13,87	298,93	10,99	248,90	11,12
Produkcja biogazu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m.o. <sup>-1</sup> ]	391,13	16,58	402,12	13,46	369,65	8,95	316,99	11,74
Produkcja metanu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m. <sup>-1</sup> ]	236,46	21,55	233,49	17,71	179,08	9,61	144,49	8,61
Produkcja metanu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m.o. <sup>-1</sup> ]	262,21	19,06	263,71	18,51	221,46	8,88	184,01	9,41
CH <sub>4</sub>	[%]	67,04	1,95	65,58	2,33	59,91	0,93	58,05	0,79
CO <sub>2</sub>	[%]	32,83	1,81	34,31	1,33	39,94	1,62	41,80	0,66
H <sub>2</sub> S	[ppm]	379	93	401	203	419	138	638	76
H <sub>2</sub>	[ppm]	103	28	172	83	303	58	252	28
NH <sub>3</sub>	[ppm]	761	185	575	217	807	377	628	199

## Biomasa glonów jako alternatywny....

Struktura taksonomiczna biomasy makroglonów pozyskiwanej z Zatoki Puckiej

Miesiąc	Miejsce pobrania próbek	Komponent taksonomiczny makroglonów	Udział [%]	
			Średnia	Odch. stand.
kwiecień	Osłonino	<i>Pilayella littoralis</i>	91,40	1,61
		<i>Ectocarpus sp.</i>	6,30	0,90
		<i>Rupia rostellata</i>	2,30	0,71
maj	Osłonino	<i>Pilayella littoralis</i>	81,70	3,12
		<i>Ectocarpus sp</i>	15,20	2,44
		<i>Rupia rostellata</i>	4,10	0,68
czerwiec	Osłonino	<i>Pilayella littoralis</i>	84,90	4,08
		<i>Ectocarpus sp</i>	7,20	2,03
		<i>Zostera marina</i>	3,60	0,84
		<i>Enteromorpha spp</i>	2,90	0,96
		<i>Rupia rostellata</i>	1,40	1,05
lipiec	Osłonino	<i>Pilayella littoralis</i>	83,90	3,12
		<i>Enteromorpha spp.</i>	7,40	2,42
		<i>Ectocarpus sp</i>	6,30	0,46
		<i>Zostera marina</i>	2,40	0,24
sierpień	Osłonino	<i>Pilayella littoralis</i>	78,20	4,16
		<i>Ectocarpus sp.</i>	10,70	3,09
		<i>Zostera marina</i>	6,80	0,76
		<i>Enteromorpha spp.</i>	2,60	0,20
		<i>Rupia rostellata</i>	1,70	0,11
wrzesień	Osłonino	<i>Pilayella littoralis</i>	91,20	3,72
		<i>Ectocarpus sp.</i>	6,20	2,19
		<i>Enteromorpha spp</i>	2,20	1,08
		<i>Zostera marina</i>	1,40	0,45
październik	Osłonino	<i>Pilayella littoralis</i>	88,70	6,35
		<i>Ectocarpus sp</i>	5,60	3,77
		<i>Zostera marina</i>	3,10	2,14
		<i>Enteromorpha spp</i>	1,60	0,24
		<i>Rupia rostellata</i>	1,00	0,20
listopad	Osłonino	<i>Pilayella littoralis</i>	74,30	5,06
		<i>Ectocarpus sp</i>	11,50	3,75
		<i>Zostera marina</i>	5,30	0,66
		<i>Enteromorpha spp</i>	5,10	0,41
		<i>Rupia rostellata</i>	3,80	0,24

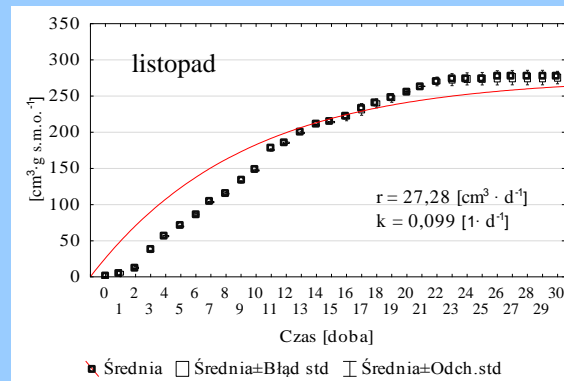
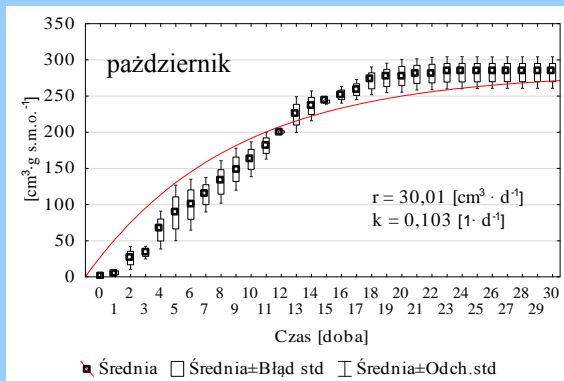
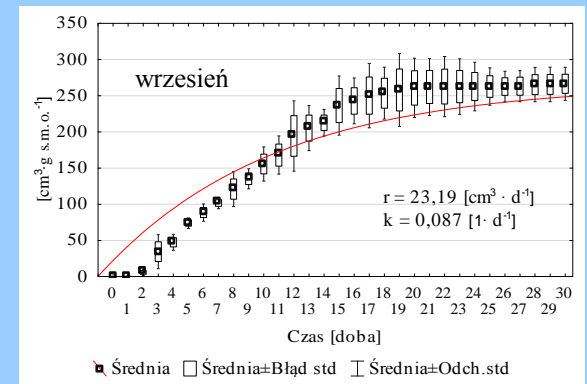
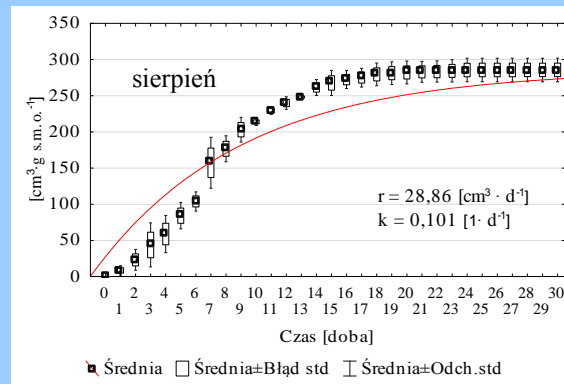
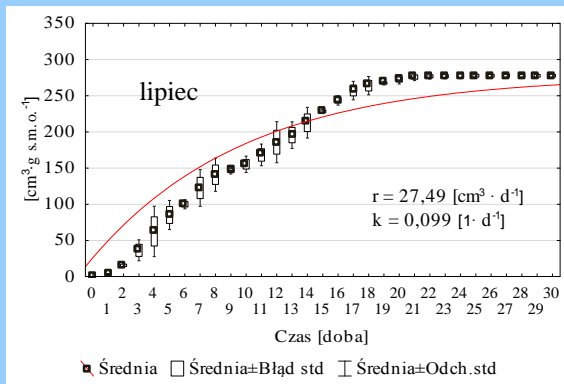
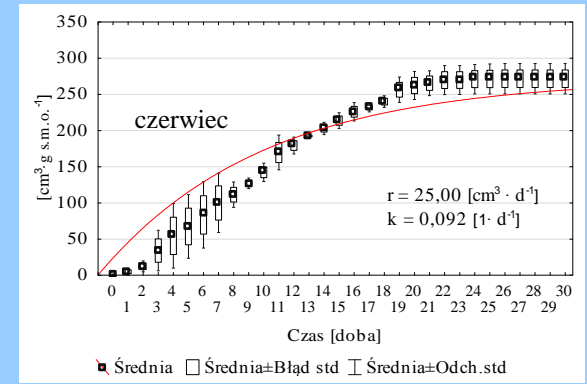
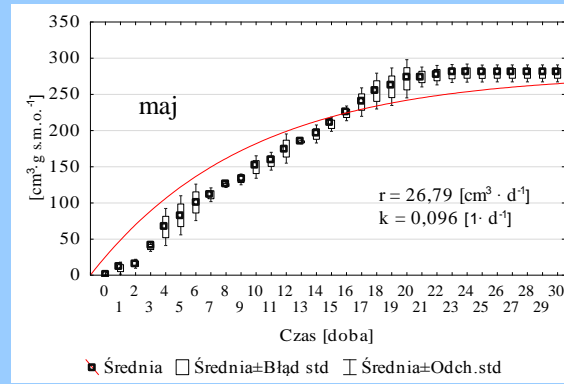
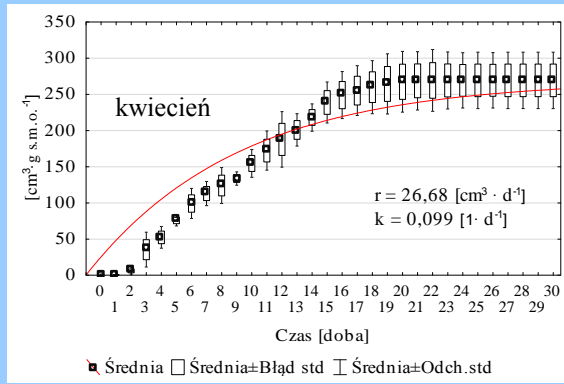




Charakterystyka biomasy makroglonów

Parametr	Jednostka	Kwiecień		Maj		Czerwiec		Lipiec	
		Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.
s.m.	[% ś.m.]	11,91	1,17	10,28	1,66	10,64	1,39	13,75	0,16
s.m.o.	[% s.m.]	80,77	1,17	82,46	1,51	84,14	0,91	83,37	1,91
s.m.m.	[% s.m.]	19,23	1,17	17,54	1,51	15,86	0,91	16,63	1,38
N <sub>całk.</sub>	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	52,53	1,91	55,91	2,93	53,99	2,67	60,04	3,91
P <sub>og.</sub>	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	8,19	0,58	9,02	0,81	8,47	0,46	8,29	0,70
TC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	423,5	16,20	459,7	14,9	446,3	13,3	442,7	17,0
TOC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	386,3	14,84	409,3	8,06	401,8	7,39	407,3	16,35
C:N	-	8,06	0,11	8,22	0,15	8,27	0,16	7,37	0,18
pH	-	7,39	0,23	7,24	0,17	7,63	0,05	7,87	0,23
białko	[% s.m.]	32,83	1,28	34,94	1,97	33,74	1,67	37,53	2,45
łuszcze	[% s.m.]	3,12	0,80	3,39	0,36	4,01	0,51	3,68	0,20
cukry	[% s.m.]	20,41	2,52	23,62	0,57	22,57	1,30	21,38	1,67
Parametr	Jednostka	Sierpień		Wrzesień		Październik		Listopad	
		Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.
s.m.	[% ś.m.]	11,62	1,4	12,62	0,86	9,96	0,23	10,68	1,64
s.m.o.	[% s.m.]	81,85	1,34	82,82	1,90	80,37	2,00	81,38	2,54
s.m.m.	[% s.m.]	18,15	1,34	17,18	1,90	19,63	2,00	18,62	2,54
N <sub>całk.</sub>	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	59,93	1,83	57,13	2,13	54,58	2,6	52,32	1,77
P <sub>og.</sub>	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	8,02	0,71	7,73	0,32	7,87	0,12	7,27	0,62
TC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	439,2	18,43	452,2	14,2	440,7	8,52	438,0	21,5
TOC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	389,8	17,21	407,9	9,77	389,9	10,44	405,9	20,3
C:N	-	7,33	0,07	7,92	0,05	8,07	0,21	8,28	0,21
pH	-	7,44	0,13	7,71	0,18	7,62	0,26	7,59	0,06
białko	[% s.m.]	37,46	1,14	35,71	1,33	34,11	1,63	33,05	1,11
łuszcze	[% s.m.]	3,36	0,65	3,97	0,42	3,64	0,47	3,06	1,06
cukry	[% s.m.]	20,99	2,23	22,13	1,86	23,72	0,35	21,73	2,28

# Biomasa glonów jako alternatywny.....

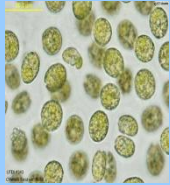


Wyniki pomiarów respirometrycznych procesu fermentacji makroglonów w różnych okresach sezonu wegetacyjnego

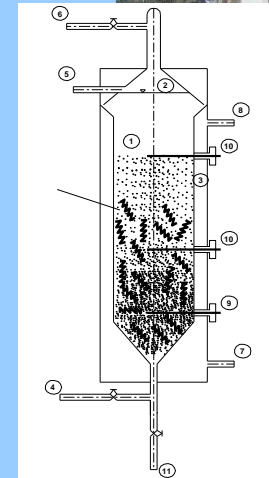
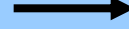


### Charakterystyka biogazu wytwarzanego w procesie fermentacji makroglonów pozyskiwanych z wód Zalewu Wiślanego w kolejnych miesiącach sezonu wegetacyjnego.

Parametr	Jednostka	Kwiecień		Maj		Czerwiec		Lipiec	
		Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.
Produkcja biogazu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m. <sup>-1</sup> ]	217,65	31,46	230,12	9,64	228,62	17,57	231,49	2,69
Produkcja biogazu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m.o. <sup>-1</sup> ]	269,47	34,55	279,07	6,46	271,71	17,75	277,67	3,06
Zawartość metanu	[%]	59,22	2,84	58,09	1,90	57,41	2,32	57,28	1,75
Produkcja metanu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m. <sup>-1</sup> ]	128,89	25,71	133,68	10,16	131,25	15,80	132,60	5,64
Produkcja metanu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m.o. <sup>-1</sup> ]	159,58	29,09	162,11	9,18	155,99	16,91	159,05	3,05
CH <sub>4</sub>	[%]	59,22	2,84	58,09	1,90	57,41	2,32	57,28	1,75
CO <sub>2</sub>	[%]	40,62	3,01	41,64	0,66	42,26	1,83	42,39	1,82
H <sub>2</sub> S	[ppm]	1294	361	1477	206	1805	328	1783	603
H <sub>2</sub>	[ppm]	307	53	219	74	166	101	238	29
NH <sub>3</sub>	[ppm]	1006	392	995	128	1319	472	1194	418
Parametr	Jednostka	Sierpień		Wrzesień		Październik		Listopad	
		Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.
Produkcja biogazu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m. <sup>-1</sup> ]	233,85	13,27	220,74	18,98	227,04	17,54	224,28	7,03
Produkcja biogazu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m.o. <sup>-1</sup> ]	285,71	11,35	266,53	16,43	282,49	14,44	275,60	0,04
Zawartość metanu	[%]	57,33	0,66	58,17	1,60	58,37	1,65	58,99	0,34
Produkcja metanu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m. <sup>-1</sup> ]	134,07	9,24	128,40	14,88	132,52	14,27	132,30	4,93
Produkcja metanu	[cm <sup>3</sup> ·g s.m.o. <sup>-1</sup> ]	163,79	8,47	155,04	14,08	164,89	13,33	162,57	0,96
CH <sub>4</sub>	[%]	57,33	0,66	58,17	1,60	58,37	1,65	58,99	0,34
CO <sub>2</sub>	[%]	42,30	0,72	41,50	1,79	41,28	0,99	40,65	0,49
H <sub>2</sub> S	[ppm]	2018	401	1848	379	1906	177	1893	403
H <sub>2</sub>	[ppm]	211	56	177	63	225	49	249	83
NH <sub>3</sub>	[ppm]	1462	399	1274	461	1399	214	1405	283



**KONDYCJONOWANIE I KONSERWACJA**



**Biomasa glonów**

**Biomasa roślin  
lądowych**

**Proces fermentacji**

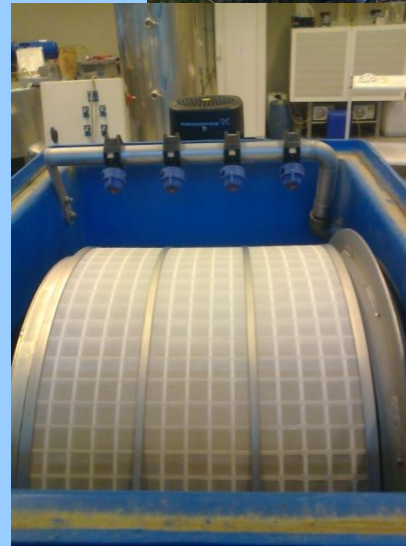
# Biomasa glonów jako alternatywny.....

Teren Przedsiębiorstwa  
Wodociągów i Kanalizacji  
Sp. z o. o. we Fromborku

Port

Teren Pensjonatu Pokoje Gościnne Piotr  
Kasza, miejsce lokalizacji stacji pilotującej

Zalew Wiślany





## Kofermentacja biomasy glonów z kiszonką kukurydzy

$V_k$ [dm <sup>3</sup> ]	s.m.o. g/s.m.o. k	A [g s.m.o. · dm <sup>-3</sup> · d <sup>-1</sup> ]	$M_g$ [g · d <sup>-1</sup> ]	$M_k$ [g · d <sup>-1</sup> ]	$U_p$ mieszaniny [%]	Woda zastosowana do uwodnienia [cm <sup>3</sup> ]	$V_s$ [cm <sup>3</sup> ]	$U_k$ mieszaniny [%]	s.m.o. [% s.m.]	HRT [d]	$T_{tr}$ eksperymentu [d]
4	100/0	2,0	87,72	0	89,60	15,70	100	90,90	87,69	40	80
4	80/20	2,0	70,17	5,64	88,05	29,80	100	90,95	87,79	40	80
4	60/40	2,0	52,63	11,28	85,94	41,40	100	91,00	87,93	40	80
4	40/60	2,0	35,01	16,92	82,93	53,30	100	91,15	88,12	40	80
4	20/80	2,0	17,54	22,57	78,18	64,50	100	91,25	88,44	40	80
4	0/100	2,0	0	28,21	69,78	76,70	100	91,45	88,99	40	80

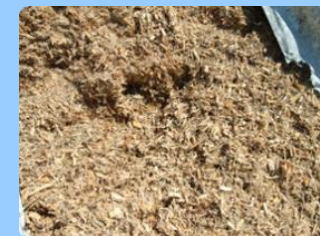
## Kofermentacja biomasy glonów z kiszonką ślazuwa pensylwańskiego

4	100/0	2,0	87,72	0	89,60	15,70	100	90,90	87,69	40	80
4	80/20	2,0	70,17	5,54	84,19	31,20	100	90,65	85,58	40	80
4	60/40	2,0	52,63	11,08	78,79	44,10	100	90,42	83,46	40	80
4	40/60	2,0	35,01	16,63	73,38	56,20	100	90,17	81,35	40	80
4	20/80	2,0	17,54	22,17	67,98	70,60	100	89,91	79,23	40	80
4	0/100	2,0	0	27,71	62,57	82,70	100	89,63	77,12	40	80



## Charakterystyka kiszonki kukurydzy stosowanej podczas eksperymentów

Wskaźnik	Jednostka	Wartość			
		średnia	min.	max.	odch. stand.
sucha masa	[%]	30,22	29,37	31,07	0,85
sucha masa organiczna	[% s.m.]	93,83	93,63	94,03	0,20
sucha masa mineralna	[% s.m.]	6,17	4,83	7,51	1,34
azot całkowity	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	11,13	12,01	10,25	0,88
fosfor całkowity	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	2,40	2,66	2,14	0,26
TC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	460,13	473,07	447,19	12,94
TOC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	441,04	456,09	425,99	15,05
stosunek C:N	-	39,63	37,98	41,28	1,65
pH	-	7,73	7,65	7,81	0,08
białko	[% s.m.]	9,19	9,83	8,55	0,64
tłuszcze	[% s.m.]	2,24	2,75	1,73	0,51
cukry	[% s.m.]	60,38	61,42	59,34	1,04



## Charakterystyka kiszonki ślazuwa pensylwańskiego stosowanej podczas eksperymentów

Wskaźnik	Jednostka	Wartość			
		średnia	min.	max.	odch. stand.
sucha masa	[%]	37,43	34,72	40,14	2,71
sucha masa organiczna	[% s.m.]	77,12	75,66	78,58	1,46
sucha masa mineralna	[% s.m.]	22,88	21,42	24,34	1,46
azot całkowity	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	2,79	1,85	3,73	0,94
fosfor całkowity	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	0,41	0,22	0,6	0,19
TC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	439,46	421,63	457,29	17,83
TOC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	397,72	376,28	419,16	21,44
stosunek C:N	-	142,55	122,6	162,5	19,95
pH	-	7,24	6,66	7,82	0,58
białko	[% s.m.]	1,74	1,15	2,33	0,59
tłuszcze	[% s.m.]	0,93	0,8	1,06	0,13
cukry	[% s.m.]	43,19	38,42	47,96	4,77



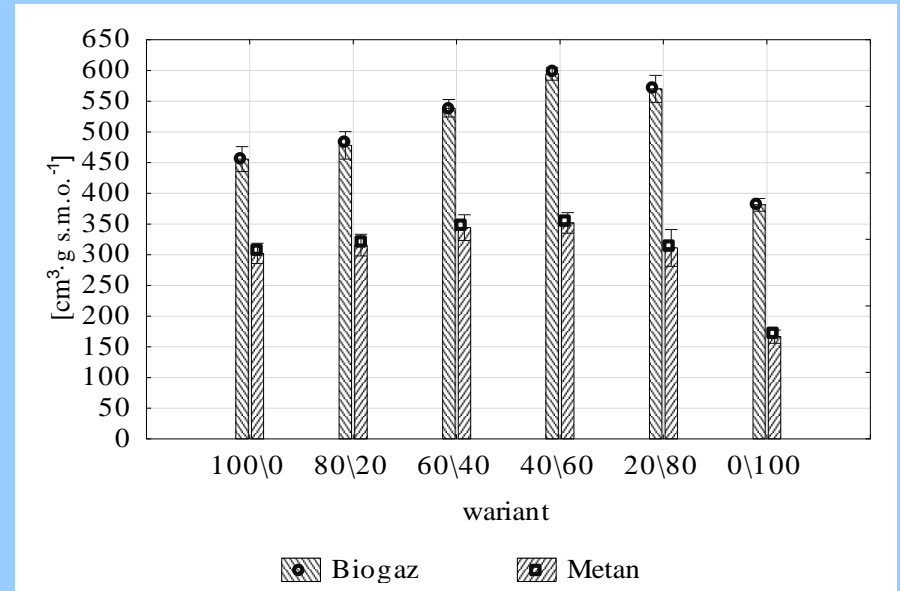
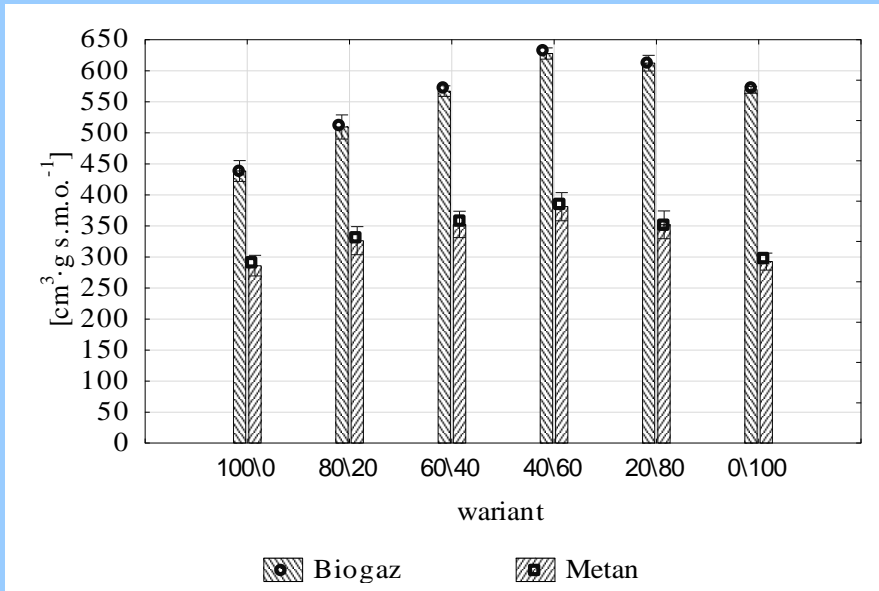
Charakterystyka biomasy w przy różnych stosunkach s.m.o. biomasy glonów/s.m.o. kisonki kukurydzy

Parametr	Jednostka	100/0		80/20		60/40	
		Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.
s.m.	[% ś.m.]	10,40	1,49	11,96	1,36	14,04	1,23
s.m.o.	[% s.m.]	87,69	1,06	88,92	0,89	90,15	0,72
s.m.m.	[% s.m.]	12,31	1,06	11,08	0,89	9,85	0,72
N <sub>całk.</sub>	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	45,97	3,92	39,00	3,31	32,03	2,70
P <sub>og.</sub>	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	4,36	0,94	3,97	0,81	3,58	0,67
TC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	463,82	25,31	463,08	22,84	462,34	20,36
TOC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	437,26	19,77	438,02	18,82	438,77	17,88
C:N	-	9,51	0,43	11,23	0,67	13,70	0,92
pH	-	8,06	0,76	7,79	0,62	7,41	0,49
białko	[% s.m.]	28,73	2,45	20,91	2,09	13,10	1,73
tłuszcze	[% s.m.]	19,96	1,39	12,87	1,21	5,78	1,04
cukry	[% s.m.]	15,84	2,55	33,66	2,29	51,47	1,95
Parametr	Jednostka	40/60		20/80		0/100	
		Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.
s.m.	[% ś.m.]	17,07	1,11	21,82	0,98	30,22	0,85
s.m.o.	[% s.m.]	91,37	0,54	92,60	0,37	93,83	0,20
s.m.m.	[% s.m.]	8,63	0,54	7,40	0,37	6,17	0,20
N <sub>całk.</sub>	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	25,07	2,10	18,10	1,49	11,13	0,88
P <sub>og.</sub>	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	3,18	0,53	2,79	0,40	2,40	0,26
TC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	461,61	17,89	460,87	15,41	460,13	12,94
TOC	[mg·g s.m. <sup>-1</sup> ]	439,53	16,94	440,28	15,99	441,04	15,05
C:N	-	17,53	1,16	24,33	1,41	39,63	1,65
pH	-	6,86	0,35	5,99	0,22	4,39	0,08
białko	[% s.m.]	24,82	1,36	17,01	1,00	9,19	0,64
tłuszcze	[% s.m.]	16,42	0,86	9,33	0,69	2,24	0,51
cukry	[% s.m.]	24,75	1,64	42,56	1,34	60,38	1,04

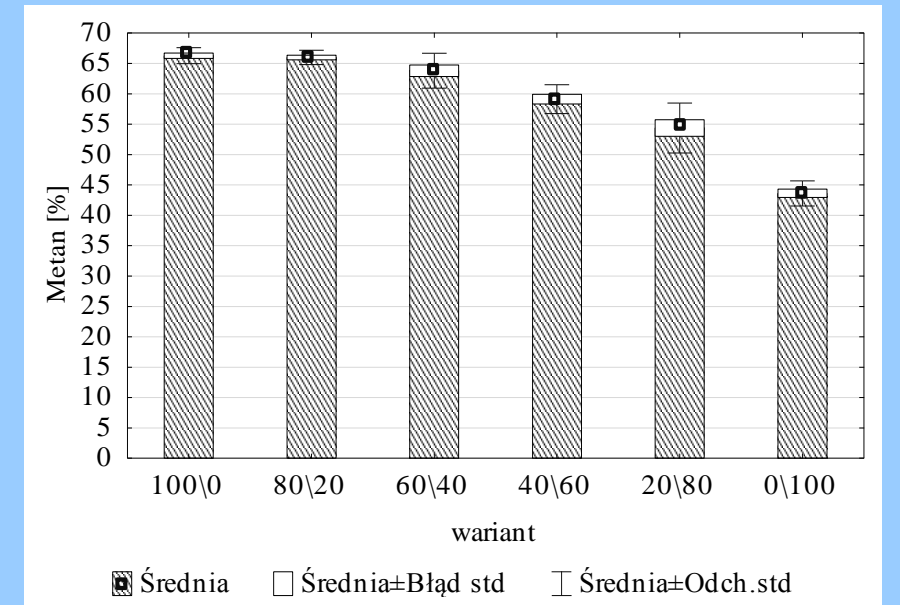
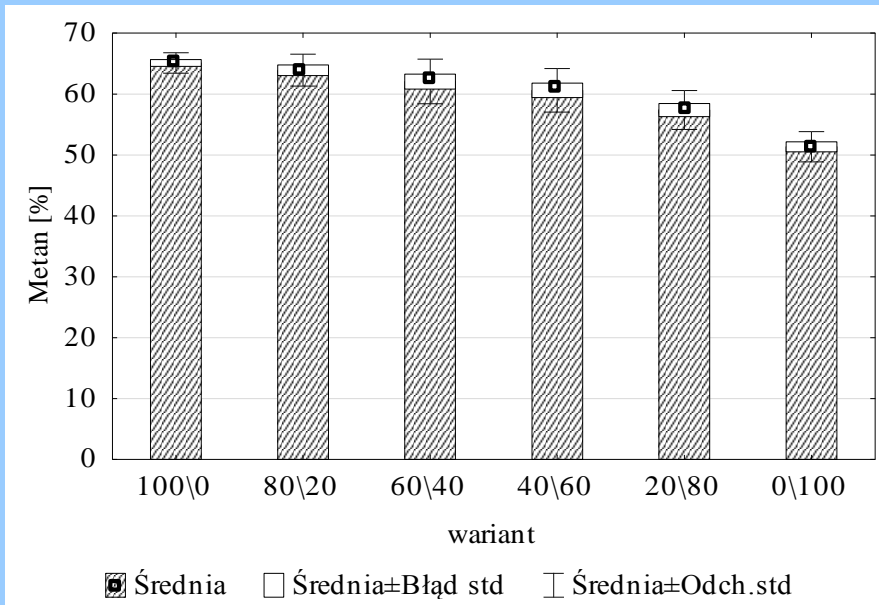


Charakterystyka biomasy w przy różnych stosunkach s.m.o. biomasy glonów/s.m.o. kiszonki ślázowca pensylwańskiego

Parametr	Jednostka	100/0		80/20		60/40	
		Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.
s.m.	[% ś.m.]	10,40	1,49	15,81	1,73	21,21	1,98
s.m.o.	[% s.m.]	87,69	1,06	85,58	1,14	83,46	1,22
s.m.m.	[% s.m.]	12,31	1,06	14,42	1,14	16,54	1,22
N <sub>całk.</sub>	[mg/g s.m.]	45,97	3,92	37,33	3,32	28,70	2,73
P <sub>og.</sub>	[mg/g s.m.]	4,36	0,94	3,57	0,79	2,78	0,64
TC	[mg/g s.m.]	463,82	25,31	458,95	23,81	454,08	22,32
TOC	[mg/g s.m.]	437,26	19,77	429,35	20,10	421,44	20,44
C:N	-	9,51	0,43	11,50	4,33	14,69	8,24
pH	-	8,06	0,76	8,00	0,72	7,92	0,69
białko	[% s.m.]	28,73	2,45	23,33	2,08	17,93	1,71
łtuszcze	[% s.m.]	19,96	1,39	16,15	1,14	12,35	0,89
cukry	[% s.m.]	15,84	2,55	21,31	2,99	26,78	3,44
Parametr	Jednostka	40/60		20/80		0/100	
		Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.	Średnia	Odchyl. std.
s.m.	[% ś.m.]	26,62	2,22	32,02	2,47	37,43	2,71
s.m.o.	[% s.m.]	81,35	1,30	79,23	1,38	77,12	1,46
s.m.m.	[% s.m.]	18,65	1,30	20,77	1,38	22,88	1,46
N <sub>całk.</sub>	[mg/g s.m.]	20,06	2,13	11,43	1,54	2,79	0,94
P <sub>og.</sub>	[mg/g s.m.]	1,99	0,49	1,20	0,34	0,41	0,19
TC	[mg/g s.m.]	449,20	20,82	444,33	19,33	439,46	17,83
TOC	[mg/g s.m.]	413,54	20,77	405,63	21,11	397,72	21,44
C:N	-	20,61	12,14	35,50	16,05	142,55	19,95
pH	-	7,80	0,65	7,60	0,62	7,24	0,58
białko	[% s.m.]	12,54	1,33	7,14	0,96	1,74	0,59
łtuszcze	[% s.m.]	8,54	0,63	4,74	0,38	0,93	0,13
cukry	[% s.m.]	32,25	3,88	37,72	4,33	43,19	4,77



Efektywność produkcji biogazu i metanu (A – kukurydza/glony, B – ślazowiec/glony)



Procentowa zawartość metanu w biogazie (A – kukurydza/glony, B – ślazowiec/glony)

### Podsumowanie

- biomasa mikroglonów pozyskiwanych z wód Zalewu Wiślanego charakteryzowała się zróżnicowaniem struktury taksonomicznej, wykazując sezonową dynamikę zmian. W miesiącach wiosennych od kwietnia do maja oraz jesiennych od października do listopada dominowały gatunki *Bacillariophyceae*. W okresie od czerwca do września przeważały gatunki z gromady *Cyanoprokaryota* z subdominującymi *Chlorophyta* oraz *Dinophyceae*,
- struktura taksonomiczna biomasy makroglonów pozyskiwanej z Zatoki Puckiej charakteryzowała się dominacją brunatnic z rodziny *Ectocarpaceae*, a mianowicie *Pilayella littoralis* i *Ectocarpus sp.* we wszystkich analizowanych okresach sezonu wegetacyjnego,
- zaznaczył się istotny wpływ okresu pozyskiwania mikroglonów z wód Zalewu Wiślanego na koncentrację związków organicznych w suchej masie fitoplanktonu, najniższe wartości notowano w okresie dominacji *Bacillariophyceae*, najwyższe natomiast w okresie rozwoju *Cyanoprokaryota* i *Chlorophyta*. Biomasa makroglonów natomiast charakteryzowała się nieistotną zmiennością koncentracji substancji organicznych,
- badania respirometryczne wykazały, iż najwyższe efekty technologiczne procesu fermentacji metanowej stwierdzono w wariantach, w których do modelowych komór fermentacyjnych wprowadzono biomasę glonów pozyskaną w miesiącach od czerwca do września, gdy dominatem były *Cyanoprokaryota* z subdominującymi *Chlorophyta*.
- badania dotyczące procesu fermentacji biomasy glonów makrofitobentosowych wykazały, iż niezależnie od okresu sezonu wegetacyjnego, w którym pozyskiwano testowaną biomasę uzyskiwano porównywalne efekty końcowe procesu fermentacji metanowej.
- kompozycja substratowa biomasy glonów oraz biomasy kiszonki kukurydzy lub kiszonki ślazu pensylwańskiego zmieniła korzystnie proporcję C:N. Testowane substraty pozwalały na uzyskanie wyższych efektów końcowych procesu fermentacji metanowej.



# **Biomasa glonów jako alternatywny substrat dla technologii biogazowych**

dr inż. Marcin Dębowski, dr inż. Marcin Zieliński

Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie

Katedra Inżynierii Środowiska

BAŁTYCKIE FORUM BIOGAZU

17 – 18 WRZESIEŃ 2012