



Otwarte seminaria 2016



**Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych  
w Katowicach**

***Innowacyjne wykorzystanie  
wybranych mikroglonów  
w usuwaniu zanieczyszczeń  
ze ścieków produkcyjnych***

mgr inż. Filip B. Harasimiuk

Zakład Sozologii Wód

Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Promotor: dr hab. inż. Arkadiusz Nędzarek, prof. nadzw

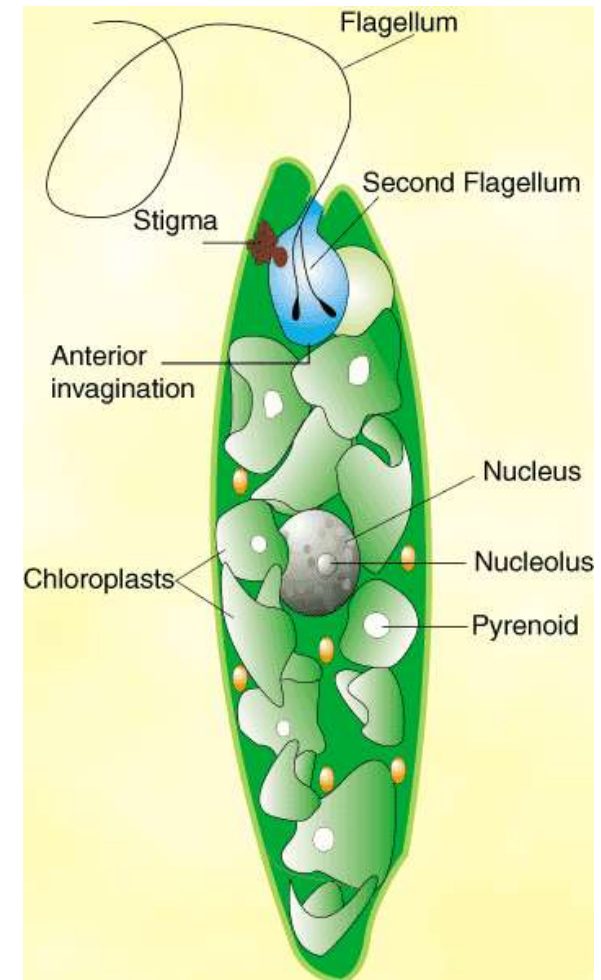


Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa

Katowice, 10 marca 2016

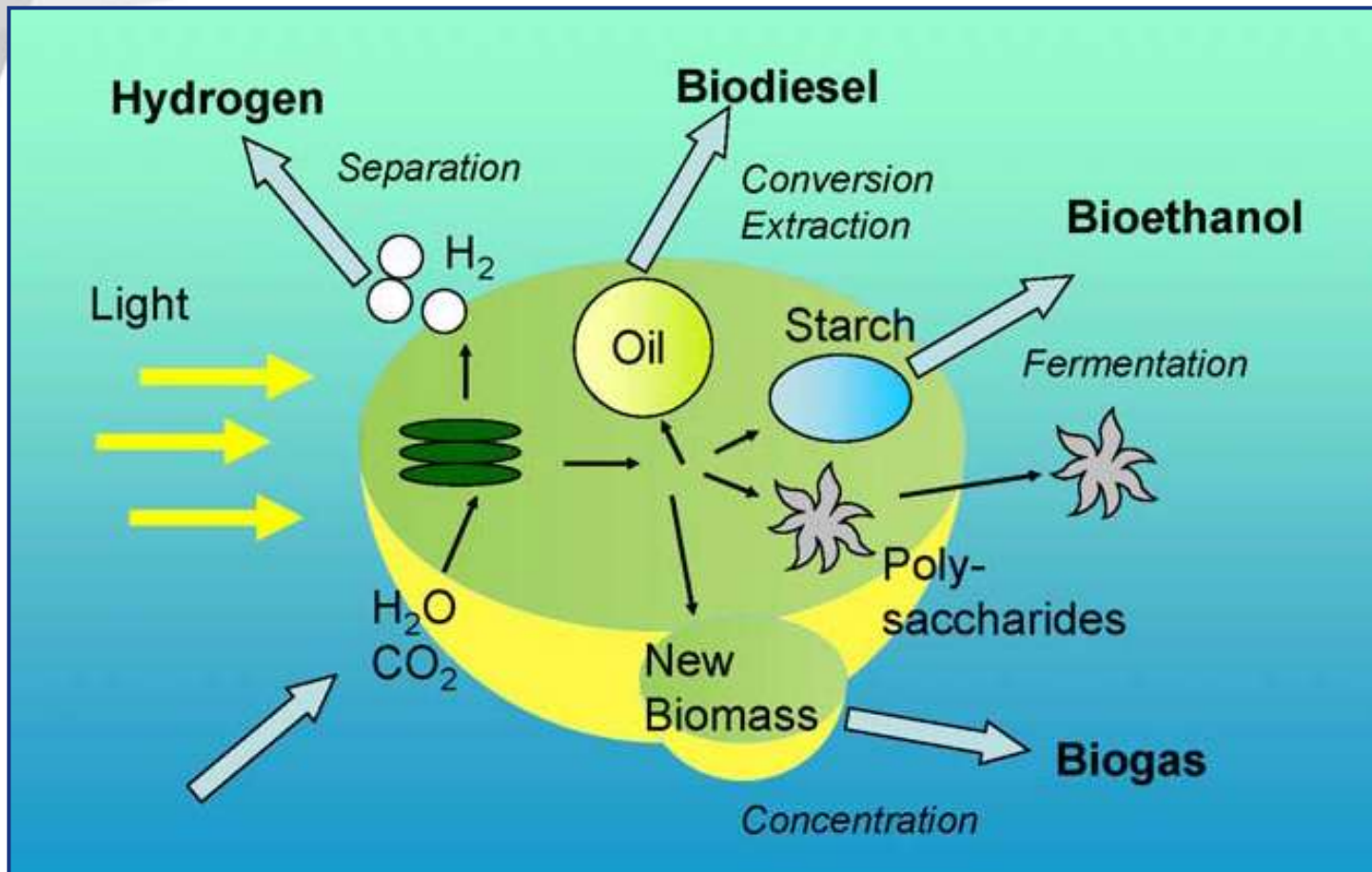
# GLONY... - c z to takiego?

- rośliny proste o wla ciwo ciach fotosyntetycznych;
- w większości występują w ekosystemach wodnych;
- przechwytują energię s loneczn ;
- konwertują materię nieorganiczną do organicznej;
- pochłaniają 1,8 ton dwutlenku węgla na 1 tonę wyprodukowanej biomasy;
- skutecznie oczyszczają wodę z pierwiastków biogennych- azotu i fosforu, produkując duże ilości tlenu;
- katalizują zanieczyszczenia pochodzące z układow przemysłowych – kotłowni, spalarni odpadów;
- materiałem po ywkowym mogą być odpady przemysłu spożywczego;
- są materiałem biosorpcyjnym – usuwają ze  rodowiska metale ciężkie.



Źródło: [ccba.gda.ug.edu.pl](http://ccba.gda.ug.edu.pl) (dostę p 01.10.2015)

# Wykorzystanie glonów

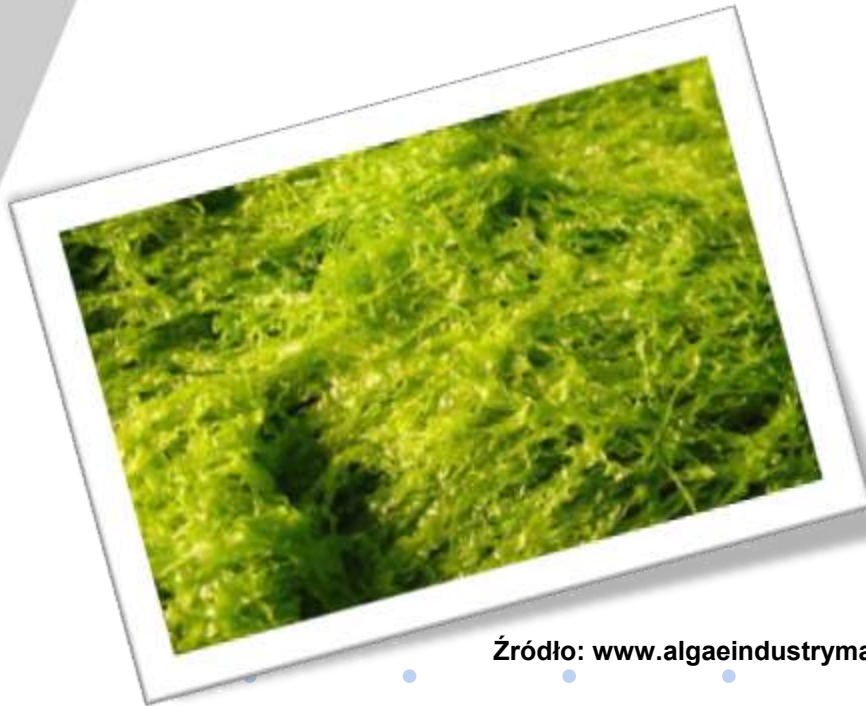


Możliwości wykorzystania składników komórkowych glonów [Posten C., Shaub G ,2009]

# BIOMASA...cóż to takiego ???

**Biomasa powstaje na drodze reakcji fotosyntezy, w wyniku której w chlorofilu dwutlenek węgla łączy się z wodą w węglowodany (cukry).**

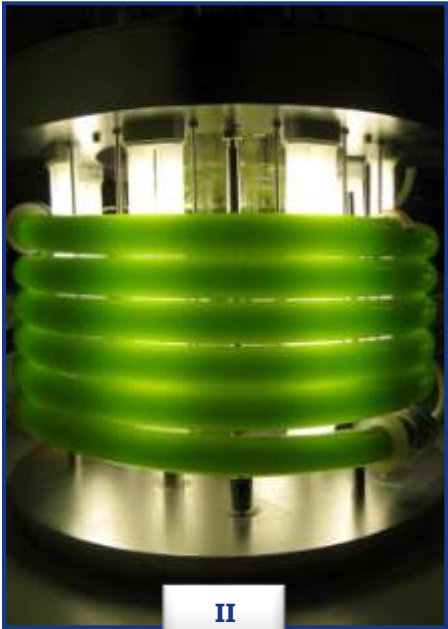
**W ten sposób energia promieniowania słonecznego jest przetwarzana w energię chemiczną.**



Źródło: [www.algaeindustrymagazine.com](http://www.algaeindustrymagazine.com) (dostęp 06.03.2016)



# Systemy produkcji biomasy



# Różnice w systemach produkcji

System	Zalety	Wady
<b>II Fotobioreaktor cylindryczny</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- wysoka wydajność produkcji biomasy;</li> <li>-dobra cyrkulacja uprawy;</li> <li>- niewielkie naprężenia podczas mieszania;</li> <li>-niski pobór energii;</li> <li>- łatwy do sterylizacji;</li> <li>-łatwy w obsłudze;</li> <li>- dobry do immobilizacji glonów</li> <li>- redukuje efekt fotoinhibicji i fotooksydacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mała powierzchnia naświetlania;</li> <li>- konstrukcja ich wymaga specjalnych materiałów;</li> <li>- wysoki koszt inwestycyjny</li> </ul>
<b>III Fotobioreaktor panelowy</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- duża powierzchnia i wysoki stopień oświetlenia;</li> <li>- dostosowany do procesów prowadzonych na zewnątrz;</li> <li>- dobry do immobilizacji glonów;</li> <li>- dobra wydajność produkcyjna;</li> <li>- niski wzrost poziomu tlenu w trakcie prowadzenia hodowli;</li> <li>- niski koszt inwestycyjny;</li> <li>- łatwy w czyszczeniu i prowadzeniu procesu hodowli</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- przy większej produkcji wymaga dodatkowych modułów i materiałów je podtrzymujących ;</li> <li>- trudna stabilizacja temperatury;</li> <li>- możliwość wystąpienia stresu hydrodynamicznego</li> </ul>
<b>IV Fotobioreaktor kolumnowy</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- duża powierzchnia naświetlania hodowli;</li> <li>- względnie dobre przyrosty biomasy;</li> <li>- względnie tani;</li> <li>- prowadzenie procesu hodowli na zewnątrz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- występuje gradient pH;</li> <li>- występuje rozpuszczanie tlenu i CO<sub>2</sub>;</li> <li>- powstaje osad wraz z naroślami na ścianach;</li> <li>- wymaga dużej powierzchni</li> </ul>
<b>V Otwarty Staw</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- względnie ekonomiczny;</li> <li>- dobry do namnażania glonów;</li> <li>- łatwy do procesu czyszczenia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- niewielka kontrola nad warunkami uprawy;</li> <li>- problemy w utrzymaniu hodowli w faktorze czasu;</li> <li>- ograniczona ilość uprawianych gatunków;</li> <li>- duża powierzchnia uprawy;</li> <li>- trudności w utrzymaniu czystości gatunkowej</li> </ul>

(W.Kozieł, T Włodarczyk, 2011)

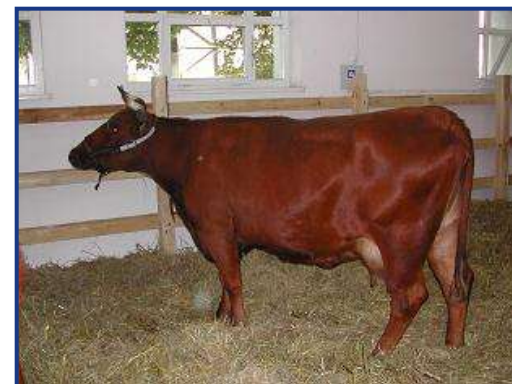
# Interdyscyplinarne wykorzystanie biomasy



**AKWAKULTURA**



**PRZEMYSŁ MIĘSNY**



**FARMACJA**



**KOSMETYKI**



## Wartość odżywcza mikroglonów na przykładzie – SPIRULINA SP.

Skład	zawartość na 100g suchej masy
<b>główne składniki</b>	
wilgotność	3.00 g
białka	61.40 g
tluszcze	8.50 g
włókna	3.00 g
zawartość popiołu	7.70 g
<b>barwniki</b>	
Phycocyanin	16.20 g
Carotenoids	477.00 mg
Chlorophyll-a	1.20 g
<b>witaminy</b>	
A	214.00 mg
B <sub>1</sub>	1.98 mg
B <sub>2</sub>	3.63 mg
B <sub>6</sub>	0.59 mg
B <sub>12</sub>	0.11 mg
E	11.80 mg
Niacin	13.20 mg
kwask foliowy	42.00 µg
Panthenic acid	0.88 mg
Inositol	74.00 mg

[wg. Shimamatsu 2004]



# CHARAKTERYSTYKA przykładowych gatunków

## Algi słono wodne – morskie



### **Dunaliella tertiolecta**

alga morska o rozmiarach komórek od 5 do 18  $\mu\text{m}$ , radialnie symetryczna o kształcie elipsoidalnym; zawiera 78,4 % wagowo wilgoci, możliwa jest bezpośrednia produkcja oleju w procesie termochemicznego przeprowadzenia w stan ciekły w temperaturze około 300 °C przy ciśnieniu 10 MPa; otrzymany olej posiada wartość kaloryczną 36  $\text{kJg}^{-1}$ .



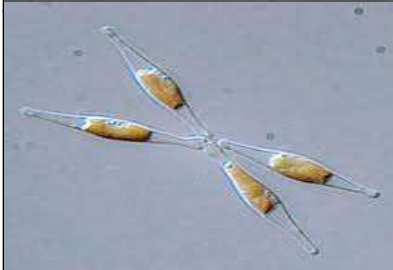
### **Chaetoceros muelleri**

alga słono wodna rozwijająca się w powierzchniowych zasolonych wodach o temp, 30 °C i zasoleniu mierzonym przewodnością 25-35  $\text{mS cm}^{-1}$ , przy hodowli ze ściśle kontrolowaną ilością azotu pozwala uzyskać 400 – 500  $\text{mg L}^{-1}$  lipidów .



### **Isochrysis galbana**

alga morska rozwijająca się bezpiecznie w hodowli o temperaturze powyżej 19 °C oraz o ile stężenie kultury nie przekracza 40% jej objętości; koncentracja lipidów (tłuszcz) może osiągnąć 24-28 % suchej biomasy uzyskanej z alg .



### **Phaeodactylum tricornutum**

jest żółtobrązowym glonem z grupy okrzemków. Nazwa tych organizmów bierze się stąd, że ich ściana komórkowa jest wysycona krzemionką, która stanowi połowę suchej masy komórki. W wyniku fotosyntezy wytwarzają polisacharydy i tłuszcze , które mogą być wykorzystane do produkcji biopaliw.

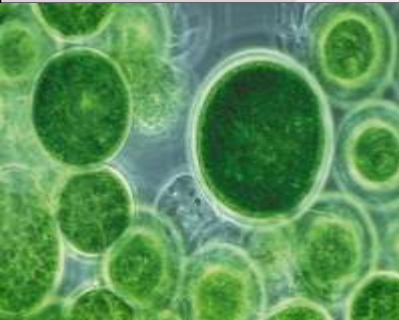


### **Tetraselamis suecica**

jest morską algą, która występuje jako pojedyncze ruchliwe komórki o stężeniu ponad milion komórek w mililitrze, charakteryzuje się wysoką produktywnością lipidów średnio 32  $\text{mg L}^{-1}$  dzień<sup>-1</sup> .

# CHARAKTERYSTYKA przykładowych gatunków

## Algi słodko wodne



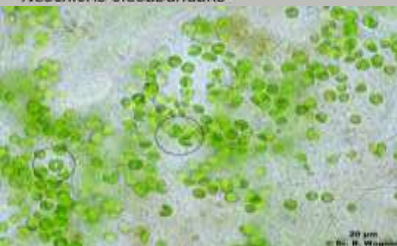
### **Haematococcus pluvialis**

ta słodko wodna mikro alga znana jest dzięki wysokiemu (4% suchej masy komórek) poziomowi astaksantyny, jednego z najsilniejszych znanych przeciwutleniaczy, który zapewnia jej naturalną ochronę. Produkcja lipidów w tej kulturze wynosi 25-35 % suchej masy .



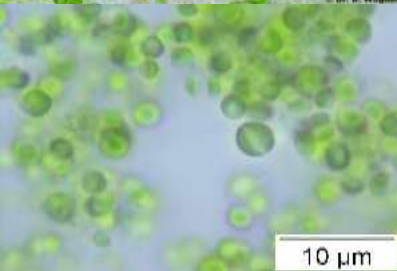
### **Neochloris oleoabundans**

jest słodko wodną kulturą, która z uwagi na wysoką zawartość lipidów znajduje zastosowanie w przemyśle kosmetycznym, przy produkcji biopaliw ale też jako pasza w hodowli słodko wodnych małż. Hodowane w otwartych zbiornikach w temp. 17-25°C pozwalają uzyskać od 640 do 970 mg L<sup>-1</sup> biomasy .



### **Chlorella vulgaris**

jest słodko wodną algą o wysokim potencjale produkcji biodiesla. Wg. danych literaturowych koncentracja lipidów przy optymalnej hodowli może sięgnąć 55% suchej masy komórek .



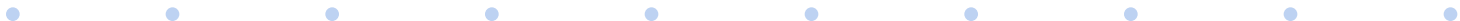
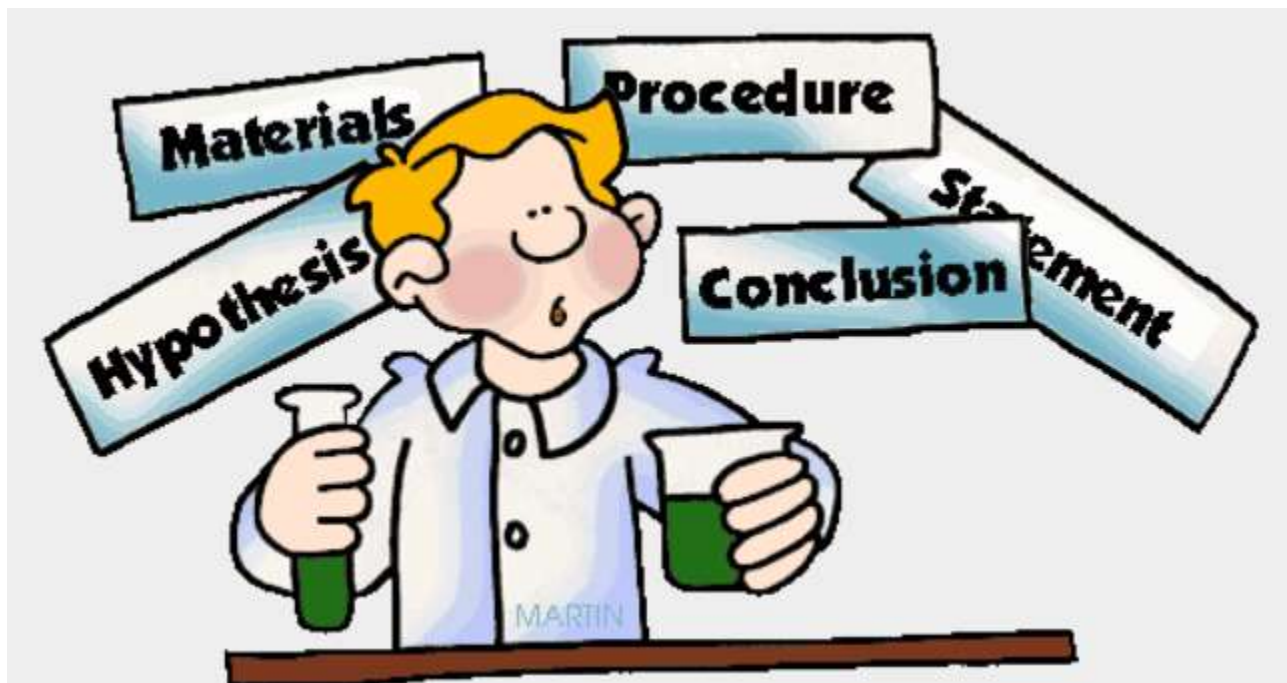
### **Nannochloropsis oculata**

jest kulturą o wysokim potencjale dla produkcji biopaliwa z uwagi na łatwość wzrostu, zawartość lipidów 28,7 % suchej masy oraz znaczną ilość wielokrotnie nienasyconych kwasów tłuszczowych istotnie wpływających na jakość uzyskiwanego biodiesla .

# Pozyskanie materiału do badań - Banki



# BADANIA WŁASNE





# Materiał do badań

**Ściek modelowy ze specyfikowaną zawartością zanieczyszczeń biogenicznych;**

1. Ścieki Pochodzące Z Hodowli Różnych Gatunków Ryb - pozyskane z obiegów recyrkulacyjnych (standaryzowane w Zakładzie Akwakultury WNOŻIR);
2. Ścieki pozyskane z przemysłowej hodowli wybranych gatunków ryb.



Źródło: [www.cordis.europa.eu](http://www.cordis.europa.eu) (dostęp 01.04.2015)

# Wykorzystany układ FOTOBIOREAKTORÓW



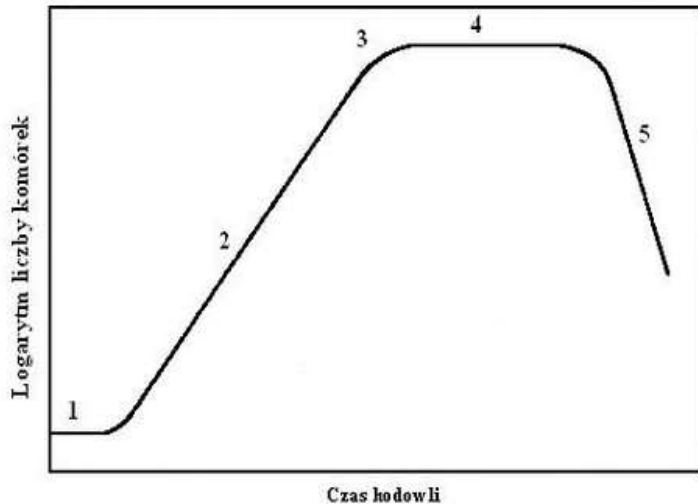
układ fotobioreaktorów –  
bank glonów



układ fotobioreaktorów  
do prowadzenia badań

Źródło: [www.rachelwhitton.co.uk](http://www.rachelwhitton.co.uk) (dostęp 06032015)

# Optymalizacja warunków produkcji



Wyidealizowana krzywa wzrostu populacji glonów jednocelowych (wg Fogg i Thake, 1987).

(5) Faza Zamierania powoduje, że liczba komórek populacji maleje. Czas, w jakim rozpoczyna się faza zamierania oraz czas jej trwania zależą od gatunku i szczepu mikroglonów, a także od warunków hodowli. Wiele gatunków glonów tworzy komórki przetrwalnikowe, które są w stanie przeżyć dłużej niż komórki wegetatywne.

(1) Gęstość zawiesiny jest stała, rośnie natomiast biomasa komórek. Zachodzi też proces „kondycjonowania” otoczenia komórek.

(2) Faza wzrostu- tempo wzrostu jest najwyższe i utrzymuje się na względnie stałym poziomie. Charakterystyczna jest wysoka wydajność fotosyntezy, wynikająca z optymalnej relacji, jaka zachodzi pomiędzy powierzchnią i objętością komórki oraz jeszcze względnie niskiej gęstości hodowli.

(3) Intensywność podziałów komórkowych spada na skutek pogorszenia się warunków wzrostu populacji z uwagi na : wyczerpywanie się składników odżywczych, zbyt małe stężenie  $\text{CO}_2$ , zmiana wartości pH podłoża hodowlanego na skutek nierównomiernego pobierania przez glony niektórych jonów soli nieorganicznych, zwłaszcza jonów amonowych i azotanowych, spadek natężenia energii świetlnej.

(4) Populacja komórek osiąga największą gęstość. Wzrost hodowli całkowicie ustaje. Zaczynają dominować procesy „starzenia się” komórek. Niedobór azotu i fosforu znacznie ogranicza syntezę białek, w mniejszym stopniu węglowodanów, a najmniejszym lipidów.

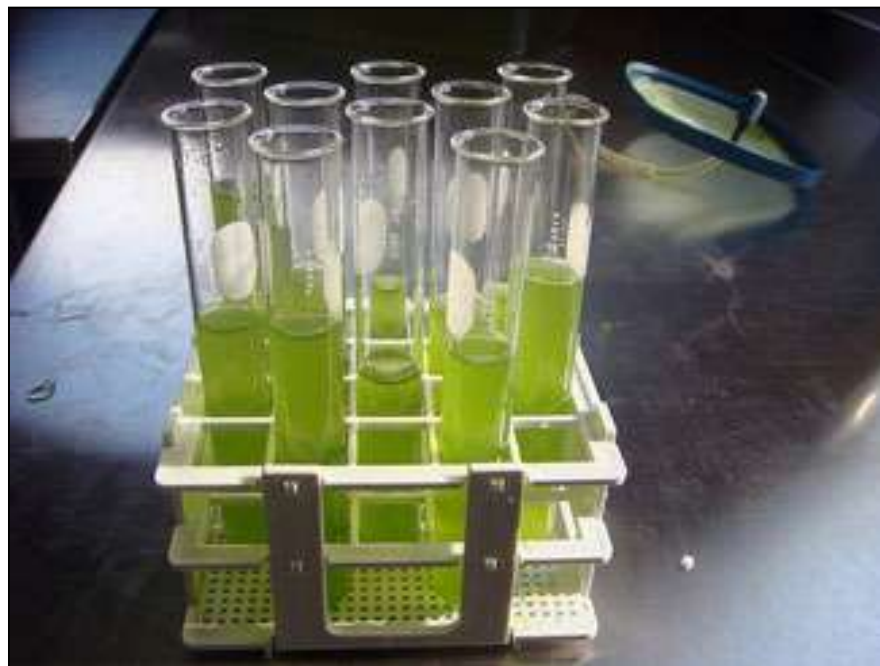
# Optymalizacja warunków produkcji

**Analiza tempa wzrostu biomasy mikroglonów w wybranych warunkach i pożywkach**

**Optymalizacja częstotliwości i ilości odżywki F2**

**Optymalizacja natężenia oświetlenia w cyklu Dzień/Noc**

**Optymalizacja wzrostu na różnych podłożach wzrostowych/odpadowych w różnych matrycach**



Źródło: [www.algeindustrymagazine.com](http://www.algeindustrymagazine.com) (dostęp 06032016)

**Optymalizacja wzrostu w przypadku różnych czynników stresogennych**

- 
- 
- 
- **Optymalizacja wzrostu w zależności od intensywności mieszania**



# Doświadczenie pierwsze + cel prowadzonych badań

- Określenie możliwości redukcji związków azotu, oraz fosforu ze ścieku modelowego pochodzącego z zamkniętych obiegów do hodowli ryb z wykorzystaniem mikroglonu *Chlorella vulgaris*.

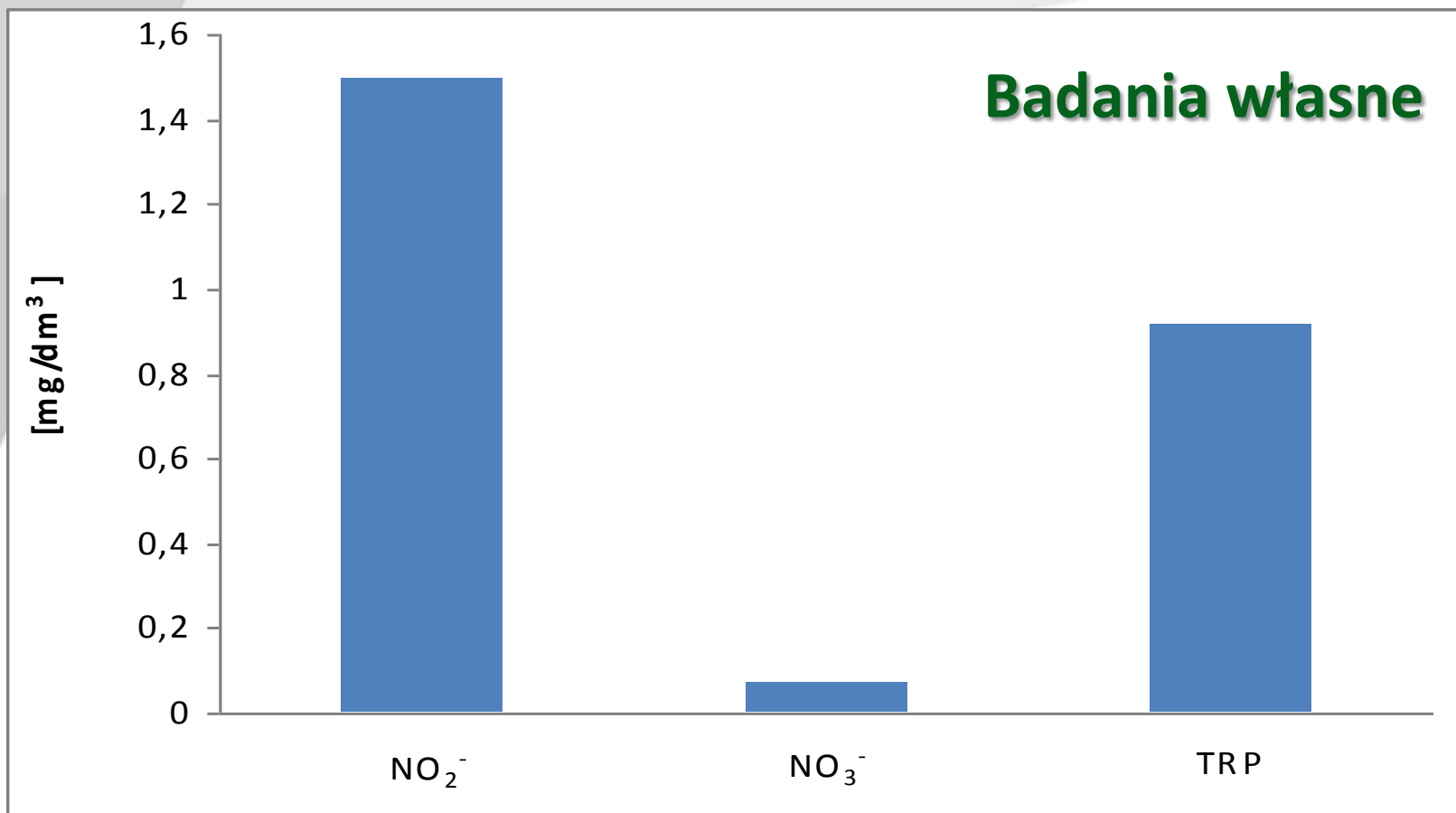


Źródło: [www.unerwatertimes.com](http://www.unerwatertimes.com) (dostęp 01.04.2015)

# Metodyka badawcza

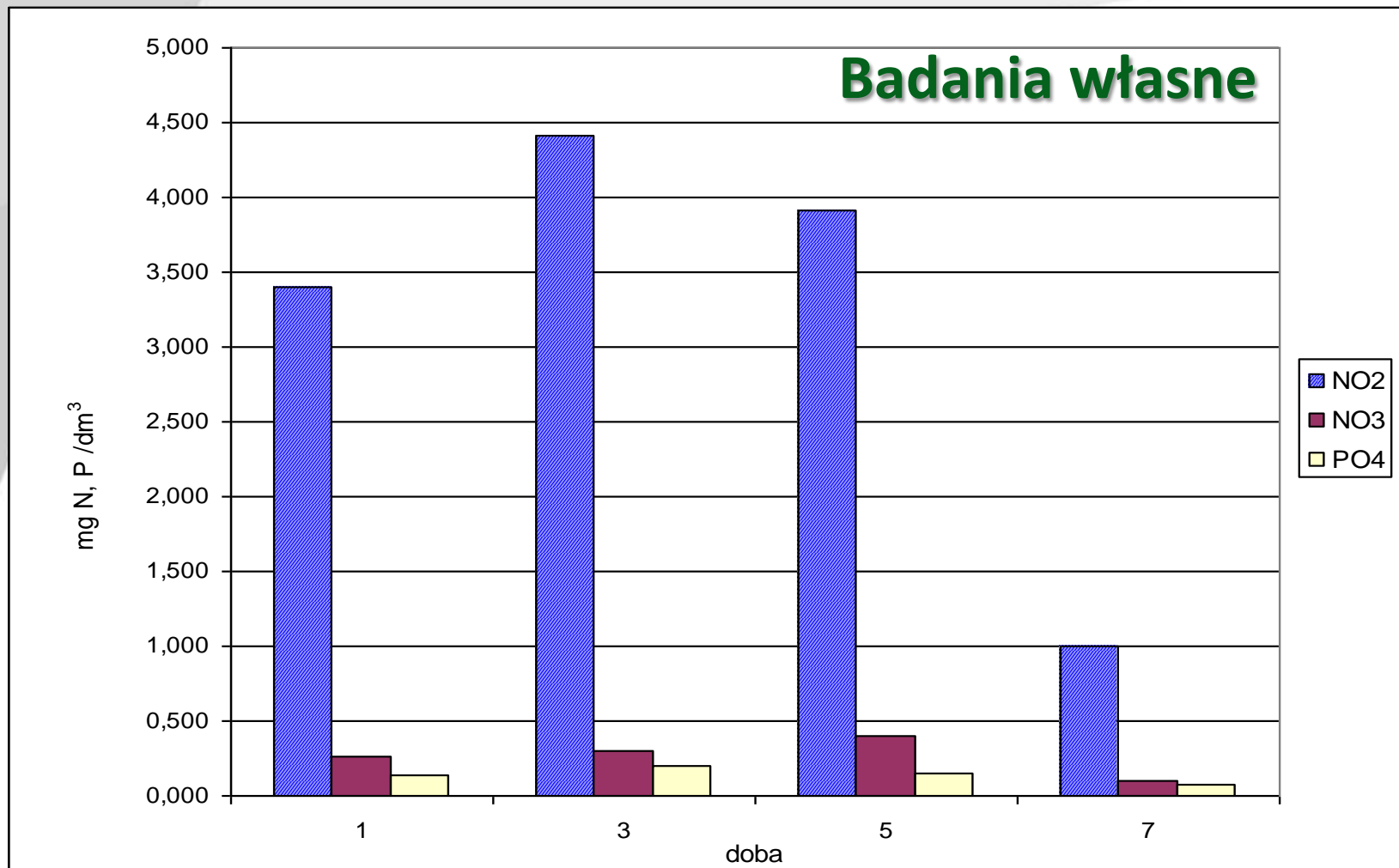
- pobór próbek do badań hydrochemicznych w odstępach 24 h przez okres 7 dni;
- każdorazowe zastosowanie pobierania próbek z próby kontrolnej (woda czysta bez dodatku ścieku), oraz z trzech powtórzeń wody badanej;
- dodatkowo badania ścieku surowego pod względem oznaczanych pierwiastków w celu monitorowania poziomu ich redukcji;
- oznaczanie wybranych wskaźników hydrochemicznych zgodnie z metodyką podaną przez APHA (2005);
- zastosowanie ekstrakcyjno- spektrofotometrycznej metody oznaczenia chlorofilu „a” w celu oceny wzrostu mikroglonów;
- obliczenie P org. jako różnicę Pcał. i TRP.

METODYKA



**Rys. Koncentracje form N i P w ścieku surowym pobranym z obiegów po hodowli suma afrykańskiego- zastosowany ściek modelowy**

**Źródło:** Filip Bronisław Harasimiuk, Arkadiusz Drost, Arkadiusz Nędzarek : „Interdyscyplinarne wykorzystanie biomasy z mikroglonów na przykładzie usuwania wybranych biogenów z matryc wodnych”, Wybrane problemy naukowo-badawcze budownictwa i inżynierii środowiska, Wyd. Politechnika Warszawska, ISBN 978-83-62-081-11-0, S.311-319.

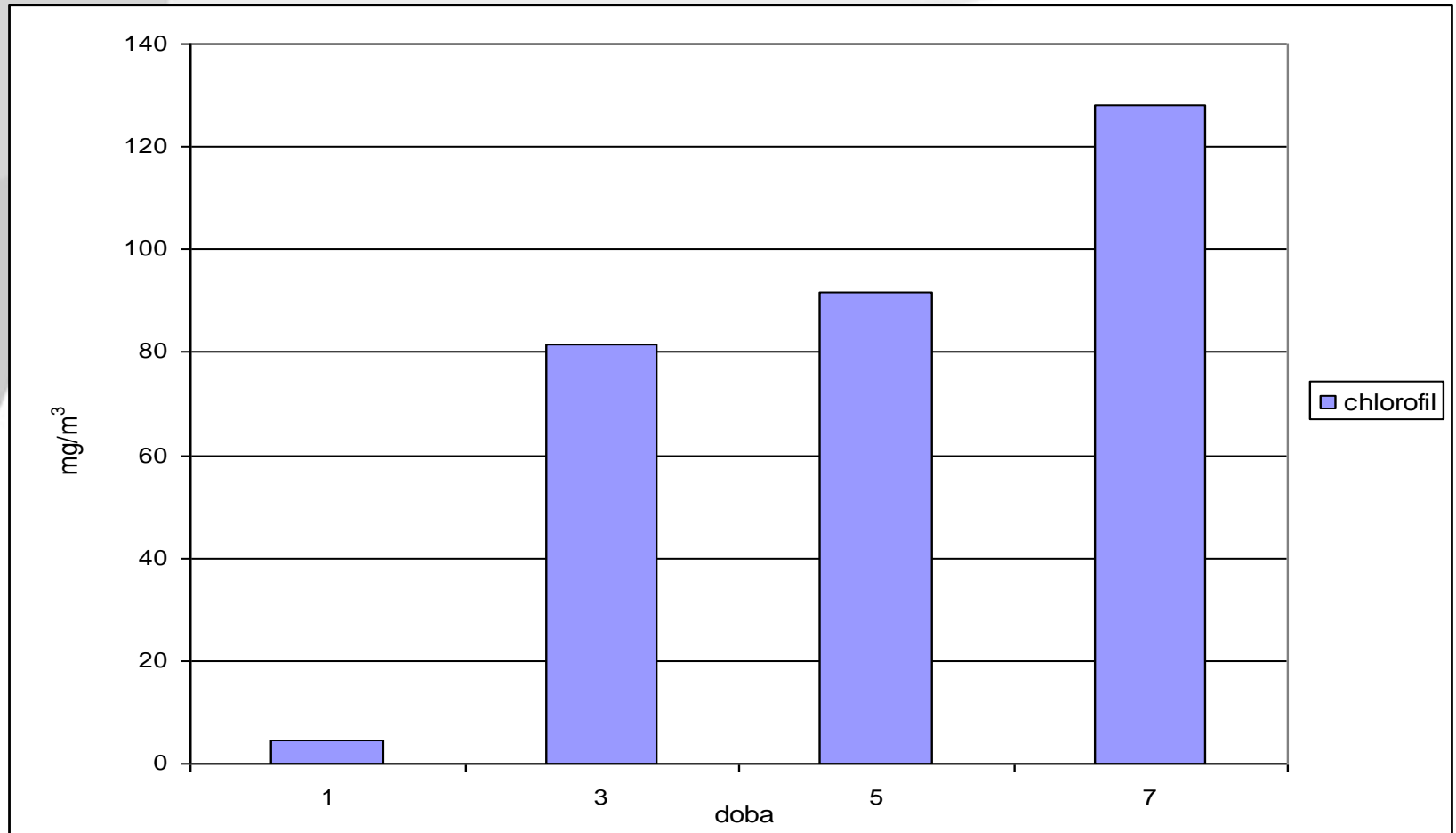


**Rys. Koncentracje oznaczanych form N i P w poszczególnych dobach eksperymentu**

Źródło: Filip Bronisław Harasimiuk, Arkadiusz Drost, Arkadiusz Nędzarek : „Interdyscyplinarne wykorzystanie biomasy z mikroglonów na przykładzie usuwania wybranych biogenów z matryc wodnych”, Wybrane problemy naukowo-badawcze budownictwa i inżynierii środowiska, Wyd. Politechnika Warszawska, ISBN 978-83-62-081-11-0, S.311-319.

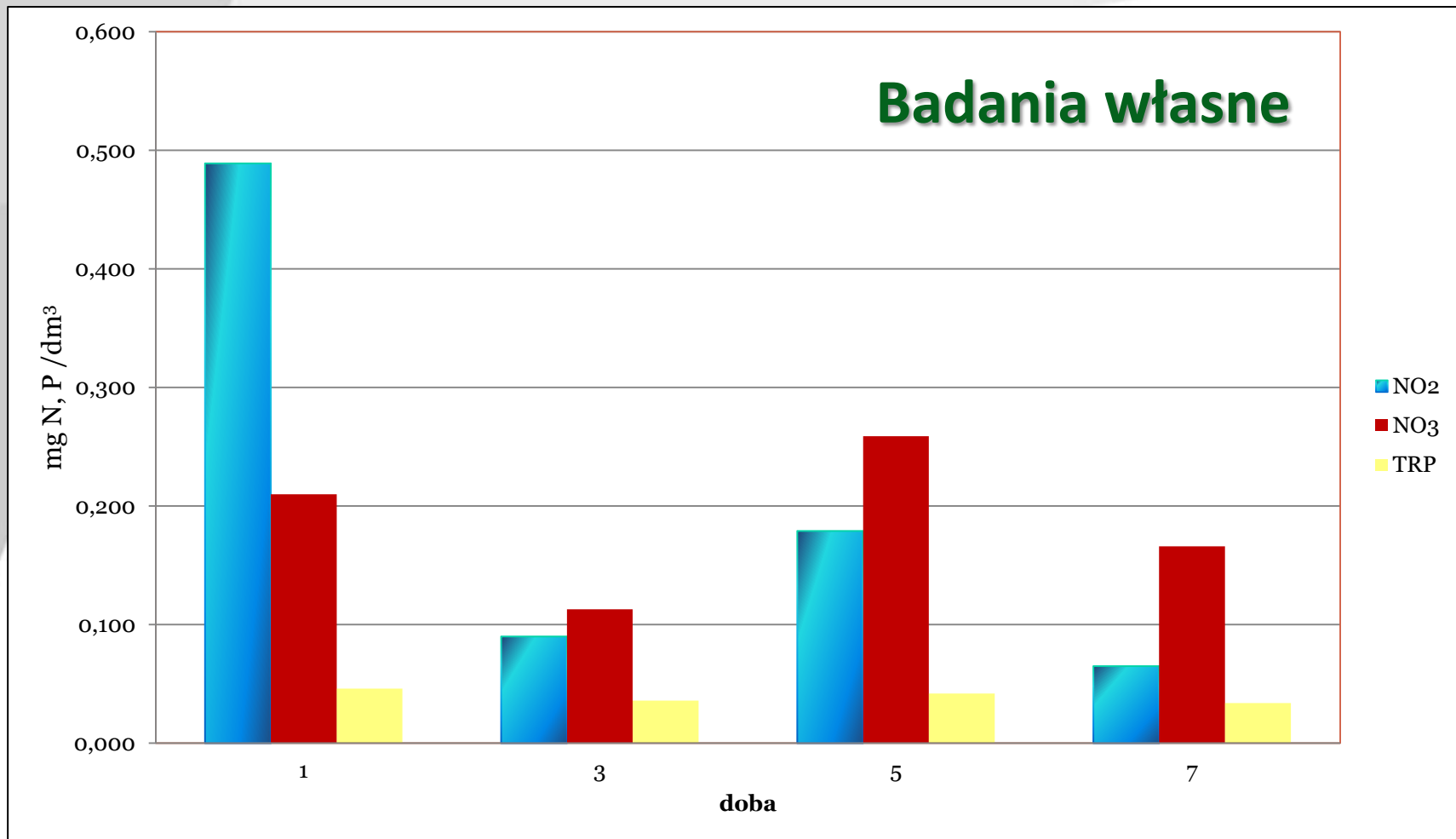


# Badania własne



**Rys. Koncentracje chlorofilu „a” w trakcie prowadzonych badań**

*Źródło: Filip Bronisław Harasimiuk, Arkadiusz Drost, Arkadiusz Nędzarek : „Interdyscyplinarne wykorzystanie biomasy z mikroglonów na przykładzie usuwania wybranych biogenów z matrycy wodnych”, Wybrane problemy naukowo-badawcze budownictwa i inżynierii środowiska, Wyd. Politechnika Warszawska, ISBN 978-83-62-081-11-0, S.311-319.*



**Rys. Koncentracje oznaczanych form N i P próbie kontrolnej bez dodatku ścieku surowego**

**Źródło:** Filip Bronisław Harasimiuk, Arkadiusz Drost, Arkadiusz Nędzarek : „Interdyscyplinarne wykorzystanie biomasy z mikroglonów na przykładzie usuwania wybranych biogenów z matrycy wodnych”, Wybrane problemy naukowo-badawcze budownictwa i inżynierii środowiska, Wyd. Politechnika Warszawska, ISBN 978-83-62-081-11-0, S.311-319.

# Doświadczenie drugie + cel prowadzonych badań

- Określenie możliwości redukcji amoniaku i fosforu ze ścieku modelowego pochodzącego z zamkniętych obiegów do hodowli ryb z wykorzystaniem mikroglonu *Chlorella vulgaris*.



Źródło: [www.unerwatertimes.com](http://www.unerwatertimes.com)

# Metodyka badawcza

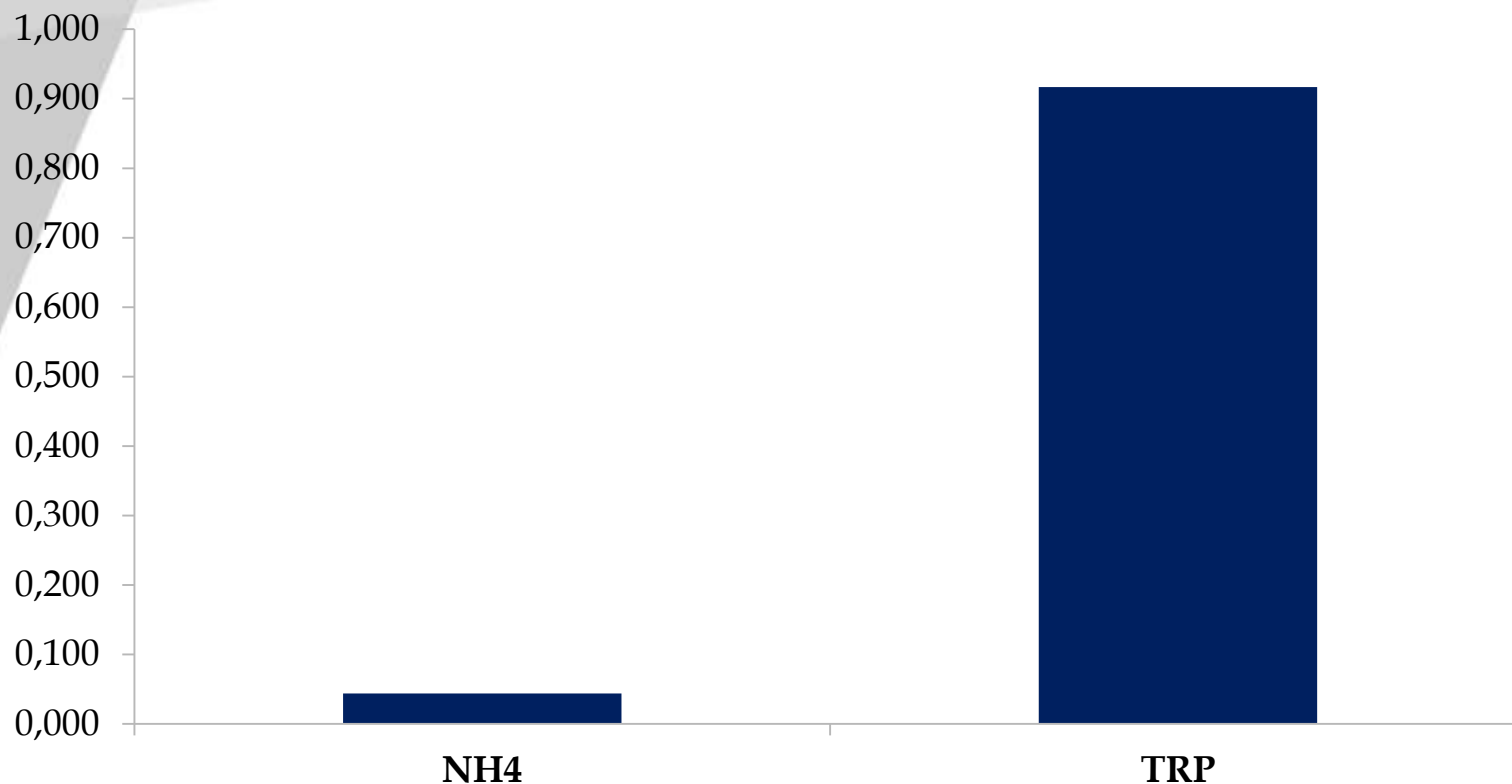
Metodami kolorymetrycznymi oznaczano poszczególne formy azotu i fosforu z wykorzystaniem spektrofotometru Spectroquant Pharo 300 firmy Merck, mierząc absorbancję przy zalecanych długościach fal. Azot amonowy ( $\text{N-NH}_4^+$ ) oznaczano metodą z błękitem indofenolowym ( $\lambda=630$  nm). Całkowity fosfor reagujący (TRP) oznaczano metodą z molibdenem amonu i kwasem askorbinowym jako reduktorem ( $\lambda=882$  nm). Odczyn wody mierzono pehametrem CP 103 firmy Elmetron. W celu oceny wzrostu mikroglonu zastosowano ekstrakcyjno- spektrofotometryczną metodę oznaczenia chlorofilu ( $\lambda=665$ nm).



Źródło: APHA 1999- Standards methods for examination of water and wastewater. 19th ed.- Washington, DC, American Public Health Association, 1200p.



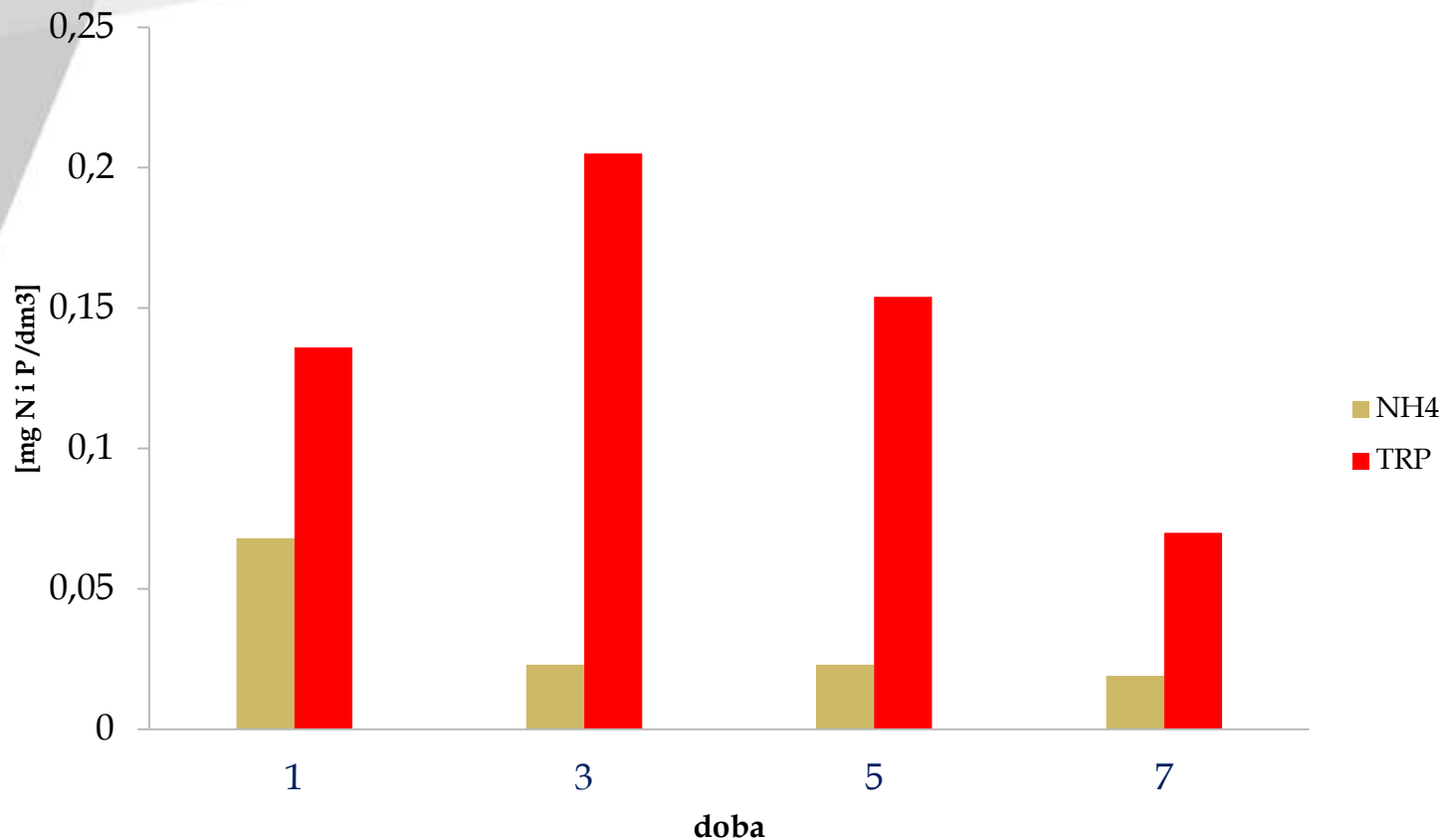
# Uzyskane wyniki



*Rys. Koncentracje oznaczanych form NH4 i TRP w ścieku surowym pobranym z obiegów recykulacyjnych (opracowanie własne)*

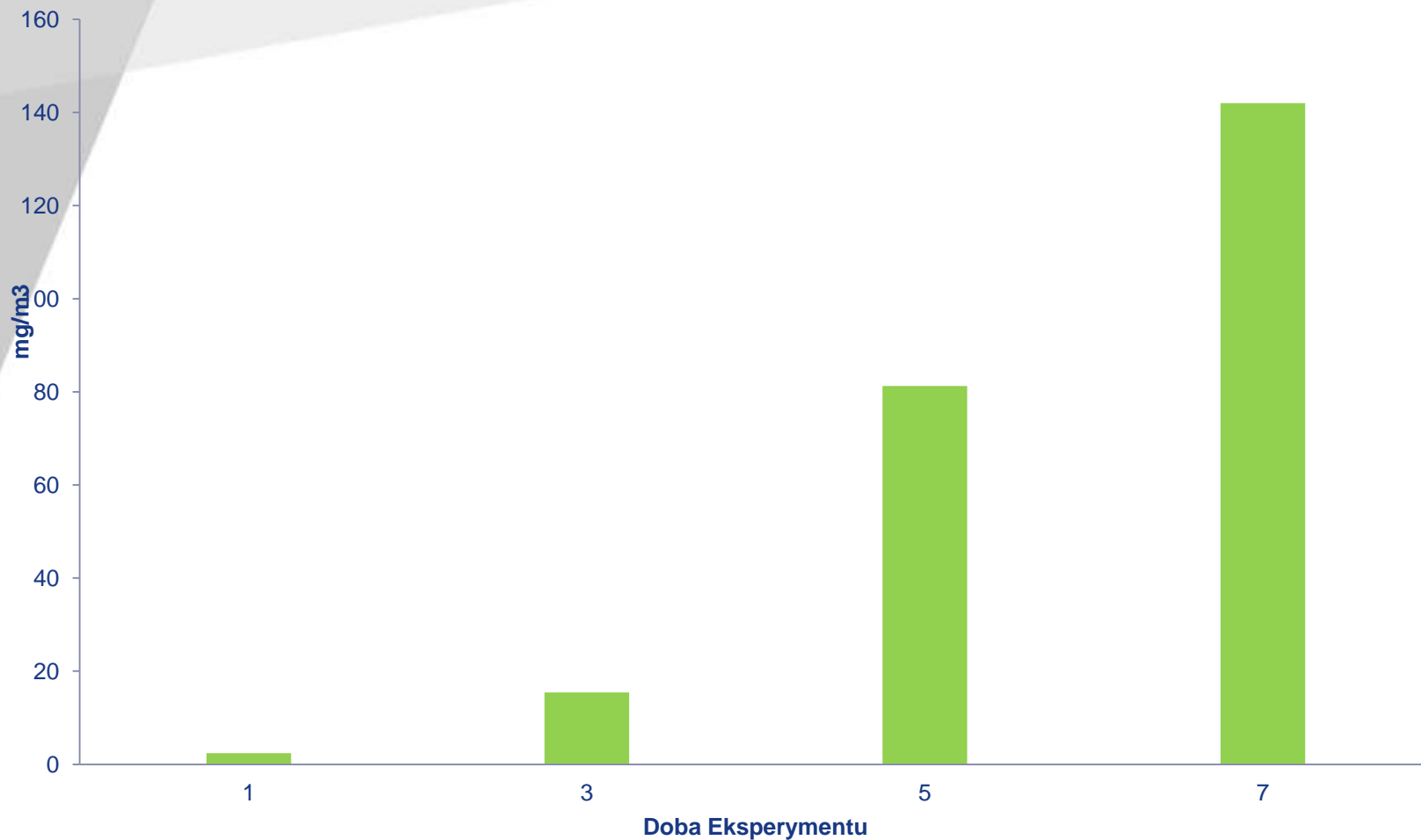


# Uzyskane wyniki c.d.



**Rys. Koncentracje oznaczanych form NH<sub>4</sub> i TRP w poszczególnych dobach eksperymentu (opracowanie własne)**

# Uzyskane wyniki c.d.



***Rys. Koncentracje chlorofilu „a” w trakcie prowadzonych badań (opracowanie własne)***



# Doświadczenie drugie + cel prowadzonych badań

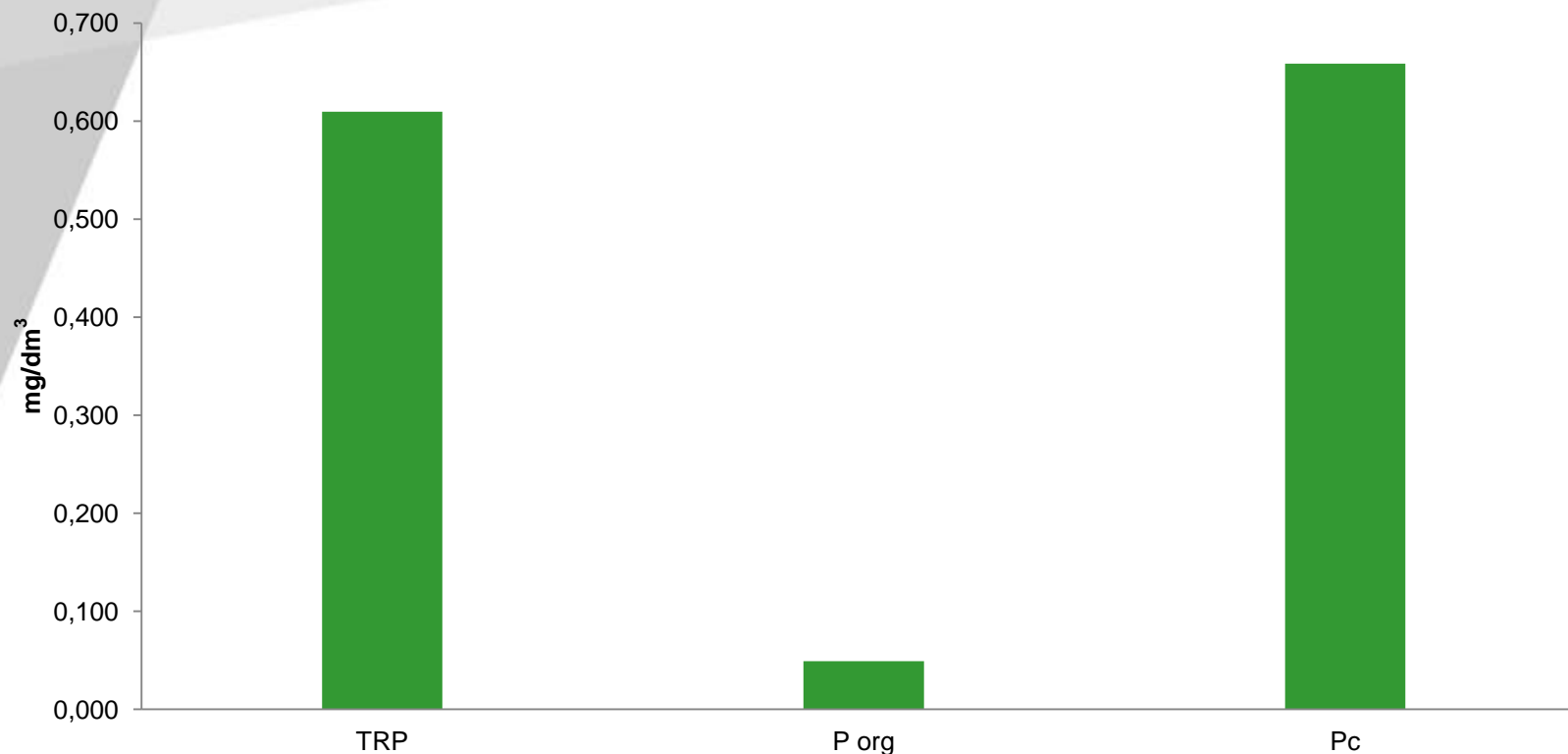
Określenie możliwości redukcji amoniaku i fosforu ze ścieku modelowego pochodzącego z zamkniętych obiegów do hodowli ryb z wykorzystaniem mikroglonu *Chlorella vulgaris* i *Nanochloropsis Salina*.



Źródło: [www.unerwatertimes.com](http://www.unerwatertimes.com)

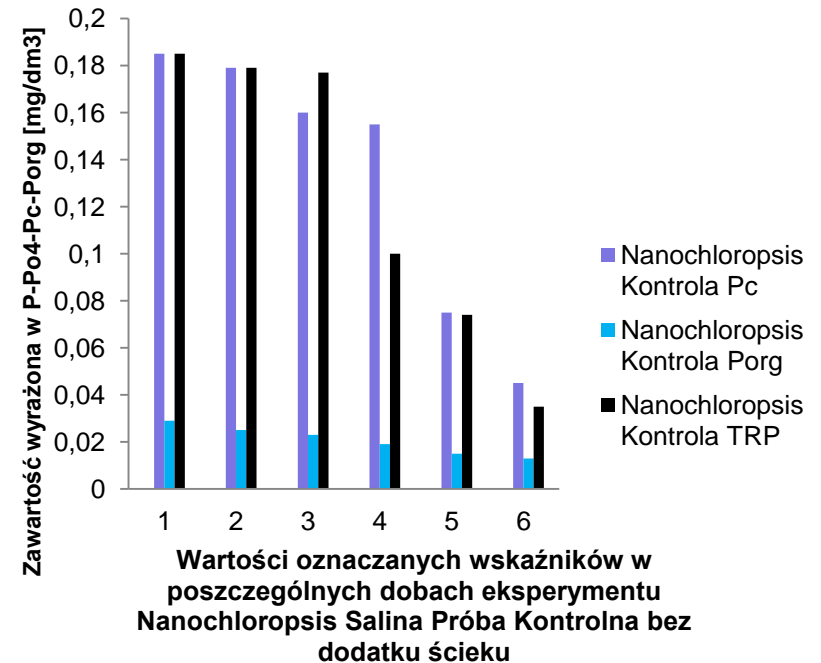
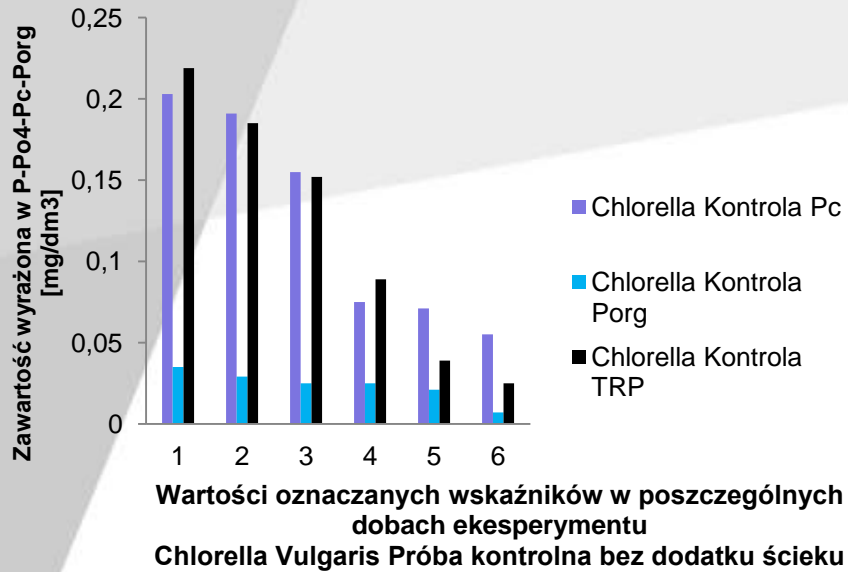


# Wyniki



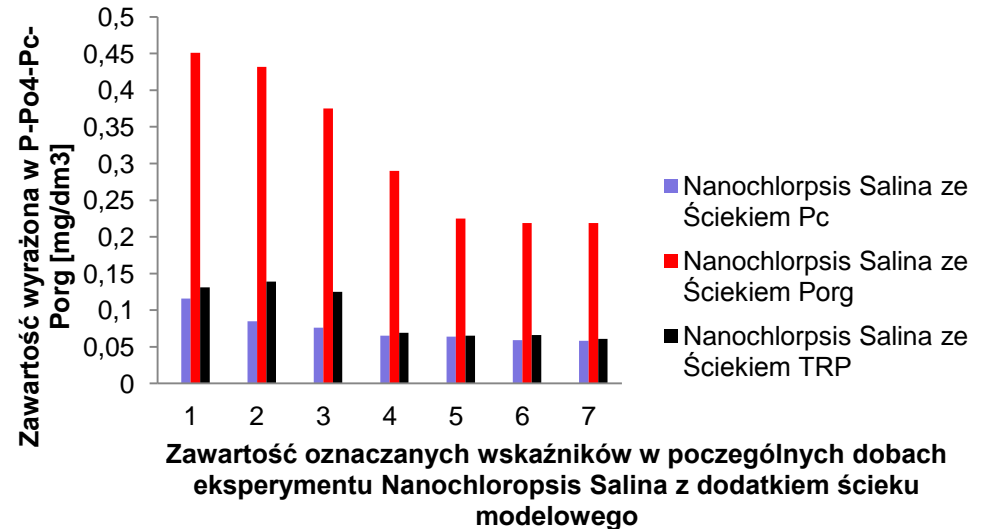
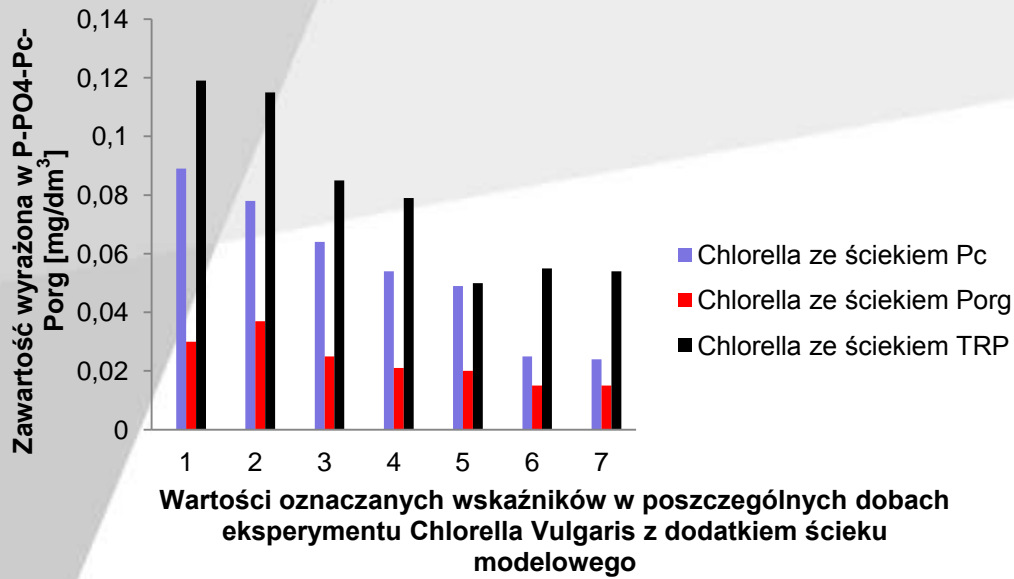
Wartości oznaczanych wskaźników w ścieku surowym  
Ściek po hodowlach Suma Afrykańskiego w obiegach RAS

***Rys. Koncentracje form P w ścieku surowym pobranym z obiegów RAS po hodowli suma afrykańskiego- Zastosowany Ściek Modelowy (opracowanie własne)***

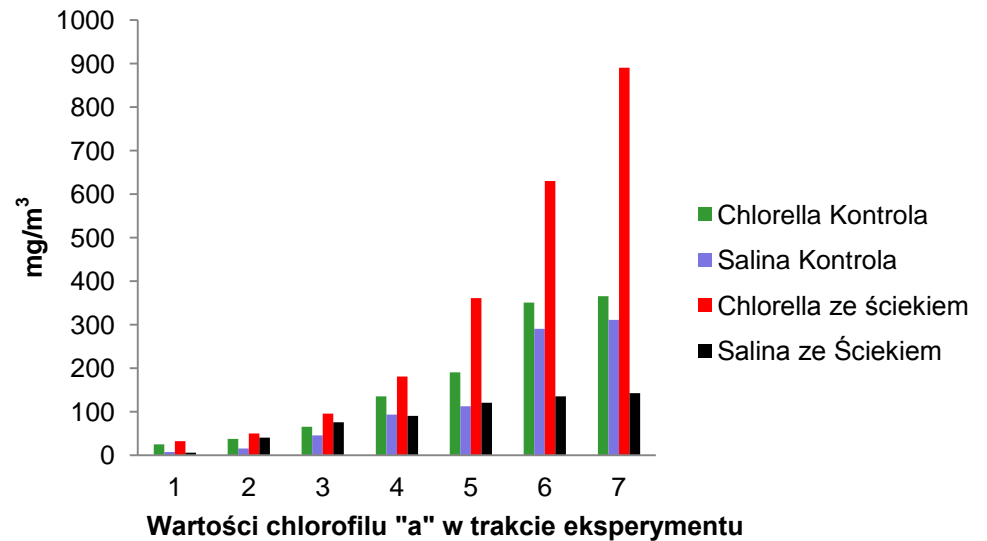
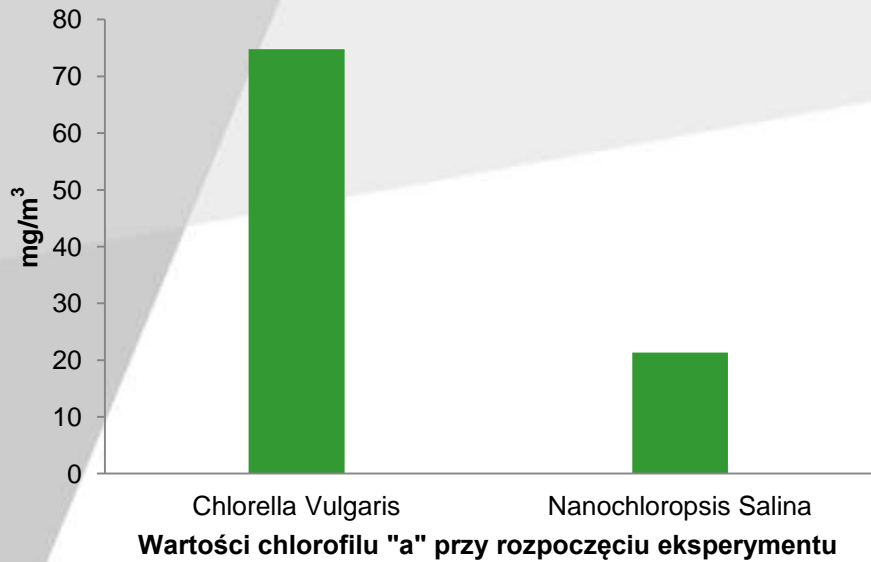


**Rys. Koncentracje oznaczanych form P w poszczególnych dobach eksperymentu w Próbie Kontrolnej, Chlorella Vulgaris vs. Nanochloropsis Salina (opracowanie własne)**





Rys. Koncentracje oznaczanych form P w poszczególnych dobach eksperymentu w Próbie z dodatkiem Ścieku Modelowego, *Chlorella Vulgaris* vs. *Nanochloropsis Salina* (opracowanie własne)



**Rys. Koncentracje chlorofilu „a” w trakcie prowadzonych badań (opracowanie własne)**

1. APHA 1999- Standards methods for examination of water and wastewater. 19th ed.- Washington, DC, American Public Health Association, 1200p.
2. Posten C., Schaub G., 2009. Microalgae and terrestrial biomass as source for fuels – A process view. *Journal of Biotechnology*, 142, 1, 1, 64-69.
3. Barsanti L., Gualtieri P., 2006. *Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. CRC Press
4. Becker W., 2004. Microalgae in human and animal nutrition. In: Richmond, A. (ed.), *Handbook of microalgalculture: Biotechnology and applied phycology*. Blackwell, Oxford. 312 - 351.
5. Borowitzka M.A., 1995. Microalgae as sources of pharmaceuticals and other biologically active compounds. *J. Appl. Phycol.*, 7, 3-15.
6. Borowitzka M.A., 1999. Commercial production of microalgae: ponds, tanks, tubes and fermenters. *J. Biotechnol.*, 70, 313-321.
7. Harasimiuk F.B., Drost A. , Nędzarek A. : „Interdyscyplinarne wykorzystanie biomasy z mikroglonów na przykładzie usuwania wybranych biogenów z matryc wodnych”, *Wybrane problemy naukowo-badawcze budownictwa i inżynierii środowiska*, Wyd. Politechnika Warszawska, ISBN 978-83-62-081-11-0, S.311-319.
8. Koziel W., Włodarczyk T., 2011, *Glony Produkcja Biomasy*, *Acta Agrophysica* 17(1), 105-116
9. Shimamatsu, H. (2004). Mass production of Spirulina, an edible microalga, *Hydrobiologia* 512: 39–44
10. Fogg G. E., Thake B., 1987, *Algal cultures and phytoplankton ecology*, The University of Wisconsin Press, Madison, 269 pp.
11. [ccba.gda.ug.edu.pl](http://ccba.gda.ug.edu.pl) (dostęp 01.10.2015)
12. [www.algaeindustrymagazine.com](http://www.algaeindustrymagazine.com) (dostęp 06.03.2016)
13. <http://www.growing-algae.com/algae-growing-conditions.htm> (dostęp 01.03.2015)
14. [www.cordis.europa.eu](http://www.cordis.europa.eu) (Dostęp 01.04.2015)
15. [www.rachelwhitton.co.uk](http://www.rachelwhitton.co.uk) (dostęp 06.03.2015)
16. [www.algaeindustrymagazine.com](http://www.algaeindustrymagazine.com) (dostęp 06.03.2016)
17. [www.unerwatertimes.com](http://www.unerwatertimes.com) (dostęp 01.04.2015)

18.



# PODZIĘKOWANIA

Dla dr Filipa Pniewskiego z Kolekcji Kultur Glonów Bałtyckich za współpracę naukową w zakresie pozyskiwania standaryzowanych kultur mikroglonów.



# Wybrane publikacje

- Nędzarek A., Drost A., Harasimiuk F., Tórz A., Bonisławska M. 2015. *Application of ceramic membranes for microalgal biomass accumulation and recovery of the permeate to be reused in algae cultivation*. Photochemistry and Photobiology B: Biology 153, 367-372;
- Nędzarek A., Drost A., Harasimiuk F.B., Tórz A. 2015. *The influence of pH and BSA on the retention of selected heavy metals in the nanofiltration process using ceramic membrane*. Desalination 369, 62-67;
- Nędzarek A., Drost A., Tórz A., Harasimiuk F., Kwaśniewski D. 2015. *The impact of pH and sodium chloride concentration on the efficiency of the process of separating high-molecular compound*. Journal of Food Process Engineering, 38, 115-124;
- Nędzarek A., Bonisławska M., Tórz A., Gajek A., Socha M., Harasimiuk F. 2015. *Water quality in the central reach of the Ina River (Western Pomerania, Poland)*. Polish Journal of Environmental Studies, 24(1), 207-214;

## W recenzji

- Harasimiuk F.B. , Drost A. , Nędzarek A., Tórz A.: *Comparison of biomass growth in Microcystis aeruginosa cultures supplemented with commercial nutrients F2 and BG-11*; Photochemistry and Photobiology B: Biology





Otwarte seminaria 2016



# Dziękuję za uwagę

**mgr inż. FILIP B. HARASIMIUK**  
**DOKTORANT ZAKŁADU SOZOLOGII WÓD**  
**WYDZIAŁ NAUK O ŻYWNÓŚCI I RYBACTWA**  
**ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE**  
**UL. Kazimierza Królewicza 4, pokój B-10**  
**71-550 SZCZECIN**  
**TEL: +48 91 449 66 78**  
**e-mail: filip.harasimiuk@zut.edu.pl**

<http://www.wnozir.zut.edu.pl/jednostki/zaklad-sozologii-wod.html>