

Celuloza w osadzie ściekowym

Piotr Banaszek maj 2019 r.

XVIII Ogólnopolskie Forum Wymiany Doświadczeń w Dziedzinie Eksploatacji
Oczyszczalni Ścieków pt. "Eksploatatorzy dla Eksploatatorów" Szczyrk 2019 r.

Osad ściekowy

Przeróbka osadów ściekowych jest dużym wyzwaniem dla eksploatorów. Z jednej strony dążymy do odzyskania energii zawartej w osadzie (energia chemiczna) z drugiej strony dążymy do ograniczenia ilości powstającego odpadu, którego koszt zagospodarowania stanowi istotną część kosztów pracy oczyszczalni.



Z czego składa się sucha masa osadu ustabilizowanego?

Przeróbka osadów na OŚ Klimzowiec

Parametr	jednostka	2014	2015	2016	2017	2018
średni czas fermentacji	d	54	48	36	44	51
ilość osadu podana do WKF	m ³	88 350	98 887	131 908	107 172	92 966
s.m. ogólna osadu podana do WKF	kg/m ³	44,95	39,78	41,75	44,55	53,86
s.m. org. osadu podana do WKF	kg/m ³	31,13	28,8	32,74	33,43	40,34
s.m. miner. osadu podana do WKF	kg/m ³	13,82	10,98	9,02	11,11	13,52
s.m. ogólna osadu podana do WKF	Mg	3 971	3 934	5 507	4 775	5 007
s.m. org. w osadzie surowym	%	69,3%	72,4%	78,4%	75,0%	74,9%
s.m. org. w osadzie przefermen.	%	64,0%	58,6%	61,4%	56,8%	55,1%
Redukcja s.m. org. w WKF	%	42,7%	51,9%	54,9%	60,9%	64,2%
s. m. osadu odwodnionego	Mg	2 517	2 033	2 682	2 101	1 951
s. m. osadu odwodnionego	%	18,6%	20,1%	19,6%	19,4%	19,8%
Ilość osadu wywiezionego	Mg	13 547	10 141	13 720	10 852	9 873
Produkcja biogazu	Nm ³	1 188 935	1 457 582	2 477 427	1 978 421	2 020 681

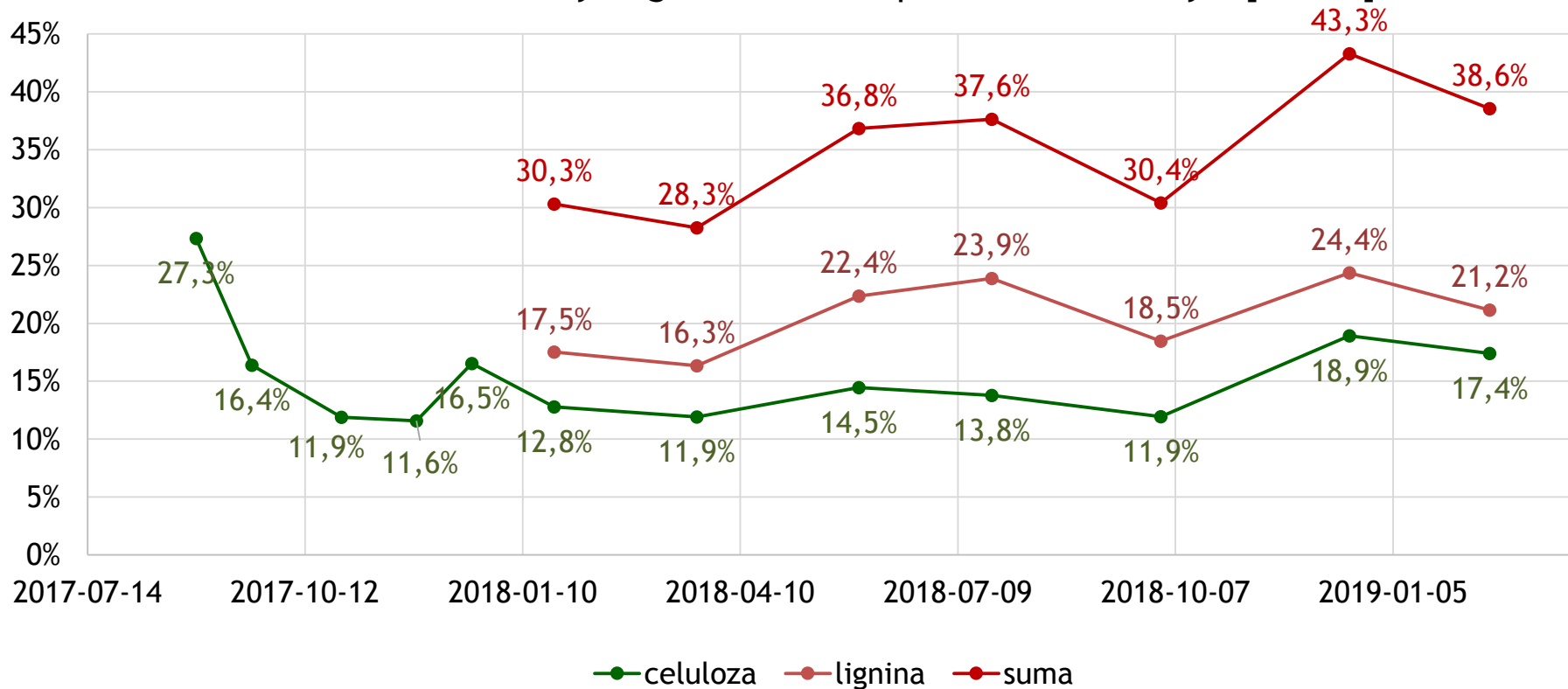
W roku 2018 wyprodukowano na OŚ Klimzowiec 1 951 Mg s.m. osadu

Średnie zawartość celulozy - 13,97% s.m.

Średnia zawartość lignin - 20,49% s.m.

Zawartość celulozy i lignin w osadach z OŚ Klimzowiec

Zawartość celulozy i lignin w osadzie przefermentowanym [% s.m.]

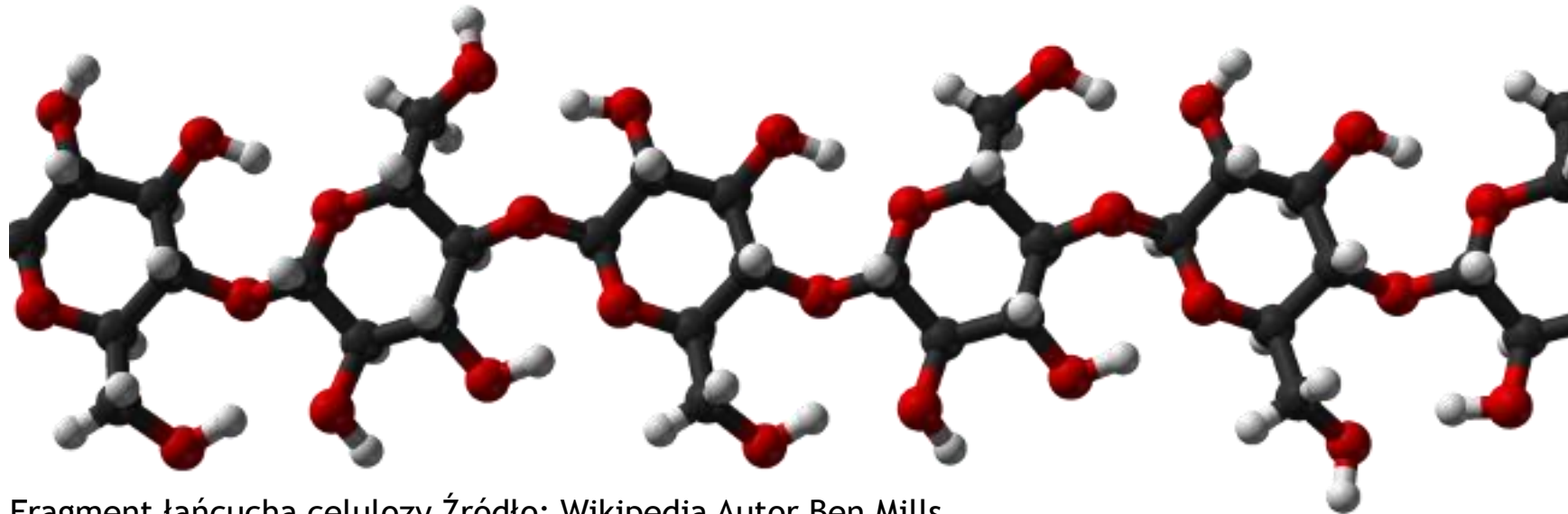


W próbie osadu pobranej 14.02.2019 r. zbadaliśmy hemicelulozę - 17,63% s. m.
Suma celulozy + hemicelulozy + ligniny = **56,18% s.m.**

Celuloza

Celuloza [łac. cellula ‘komórka’], błonnik, $(C_6H_{10}O_5)_n$, strukturalny polisacharyd zbudowany z reszt d-glukozy (n do 10 000) powiązanych wiązaniem β -1,4 (glikozydowe wiązanie) w pofałdowane, nierozgałęzione łańcuchy;

Źródło Encyklopedia PWN



Fragment łańcucha celulozy Źródło: Wikipedia Autor Ben Mills

Hemiceluloza i Ligniny

hemicelulozy [gr.-łac.], niejednorodna grupa polisacharydów występujących, obok celulozy i ligniny, w zdrewniałych tkankach roślin; Są jednymi z głównych składników ściany komórkowej roślin. Hemiceluloza to heteropolimer składający się głównie z pentoz (D-ksylozy, D-arabinozy) oraz heksoz (D-mannozy, D-glukozy, D-galaktozy).

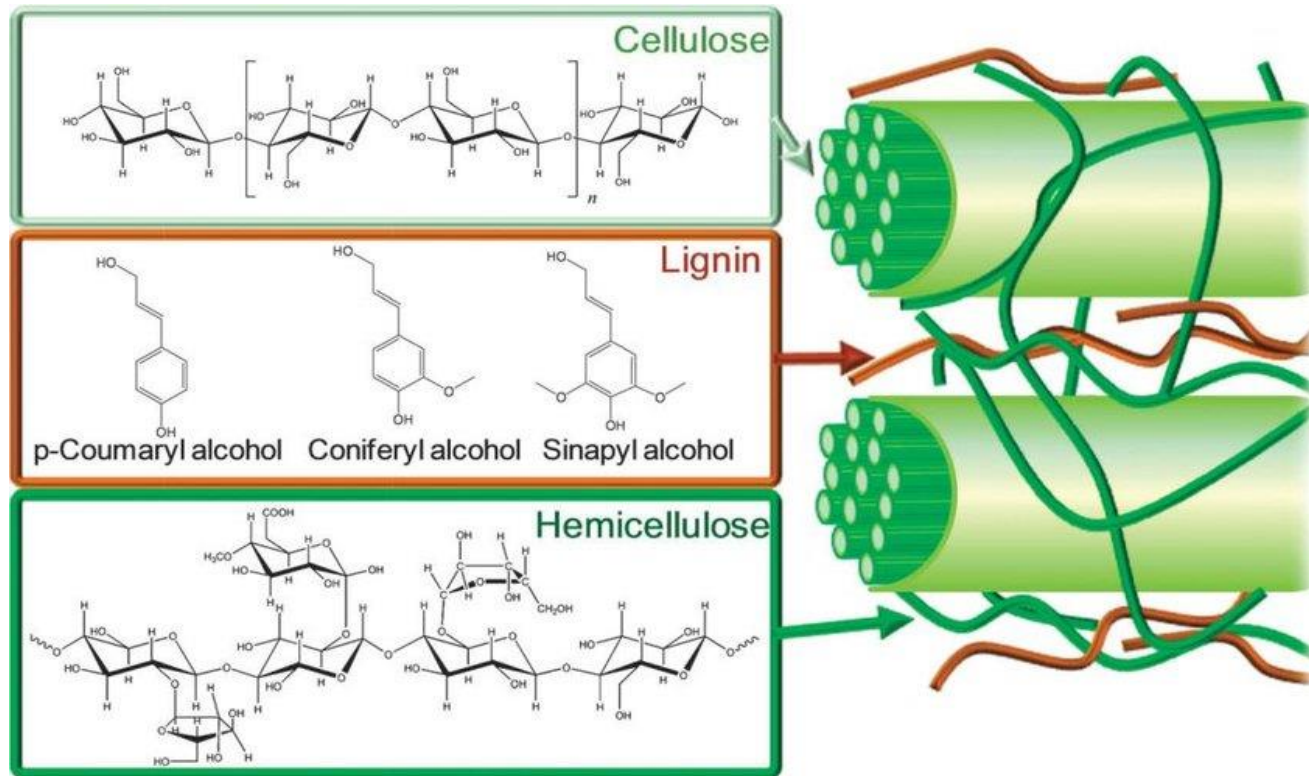
lignina [łac. lignum ‘drewno’, ‘drzewo’], drzewnik, złożona substancja org., która razem z celulozą, hemicelulozą i in. substancjami tworzy materiał ścian komórkowych roślin; jest odpowiedzialna za drewnienie tkanki roślinnej, wiąże włókna celulozy i hemicelulozy w silną strukturę; Lignina jest biopolimerem składającym się ze związków organicznych będących pochodnymi alkoholi fenolowych

Źródło: Encyklopedia PWN; MIKROBIOLOGICZNA UTYLIZACJA CELULOZY, Krzysztof Poszytek;

Kompleksy ligninocelulozowe

Biomasa ligninocelulozowa składa się z trzech głównych polimerów: celulozy, hemicelulozy i ligniny.

W kompleksach ligninocelulozowych celuloza otoczona jest fragmentami hemicelulozy i ligniny, co utrudnia proces rozkładu celulozy.



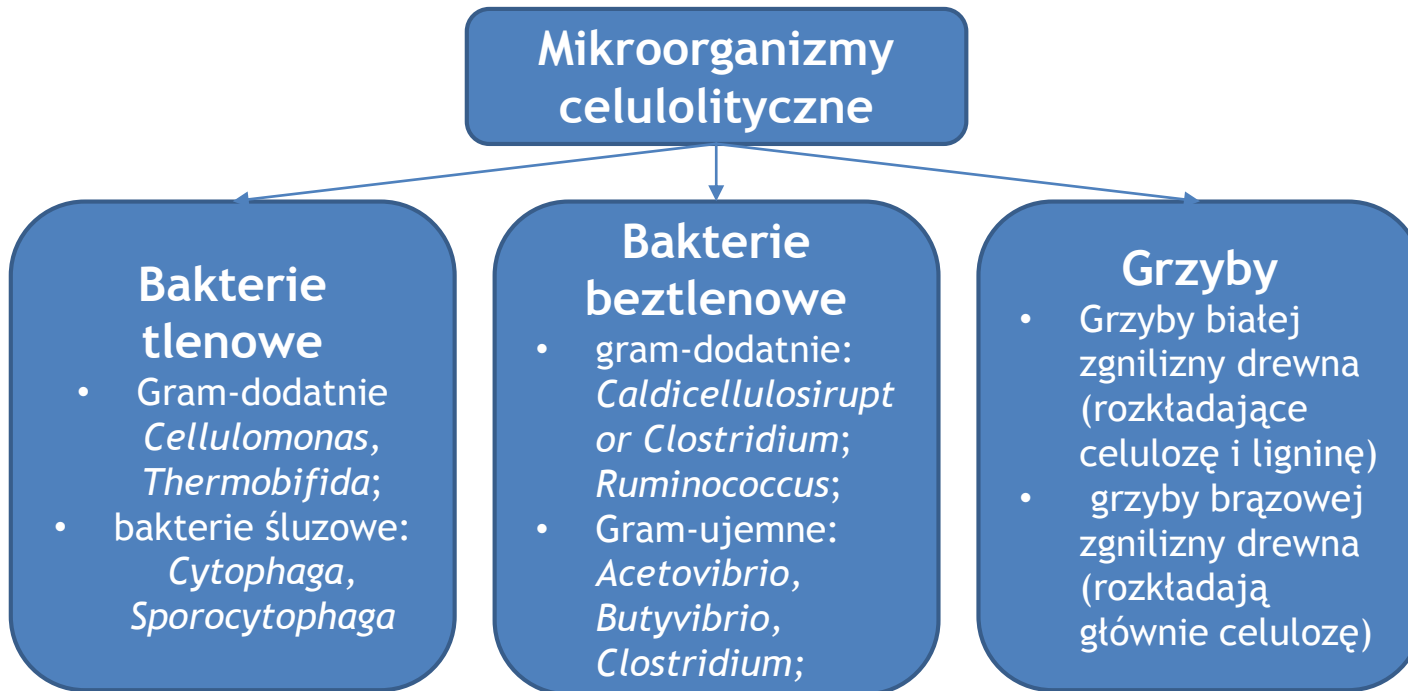
Ligninoceluloza jest głównym składnikiem ściany komórkowej roślin

Proces hydrolizy kompleksu ligninocelulozowego jest najbardziej limitującym etapem rozkładu biomasy.

Źródło: Structure of lignocellulosic biomass with cellulose, hemicellulose, and lignin represented (Alonso et al 2012).

Rozkład celulozy w środowisku

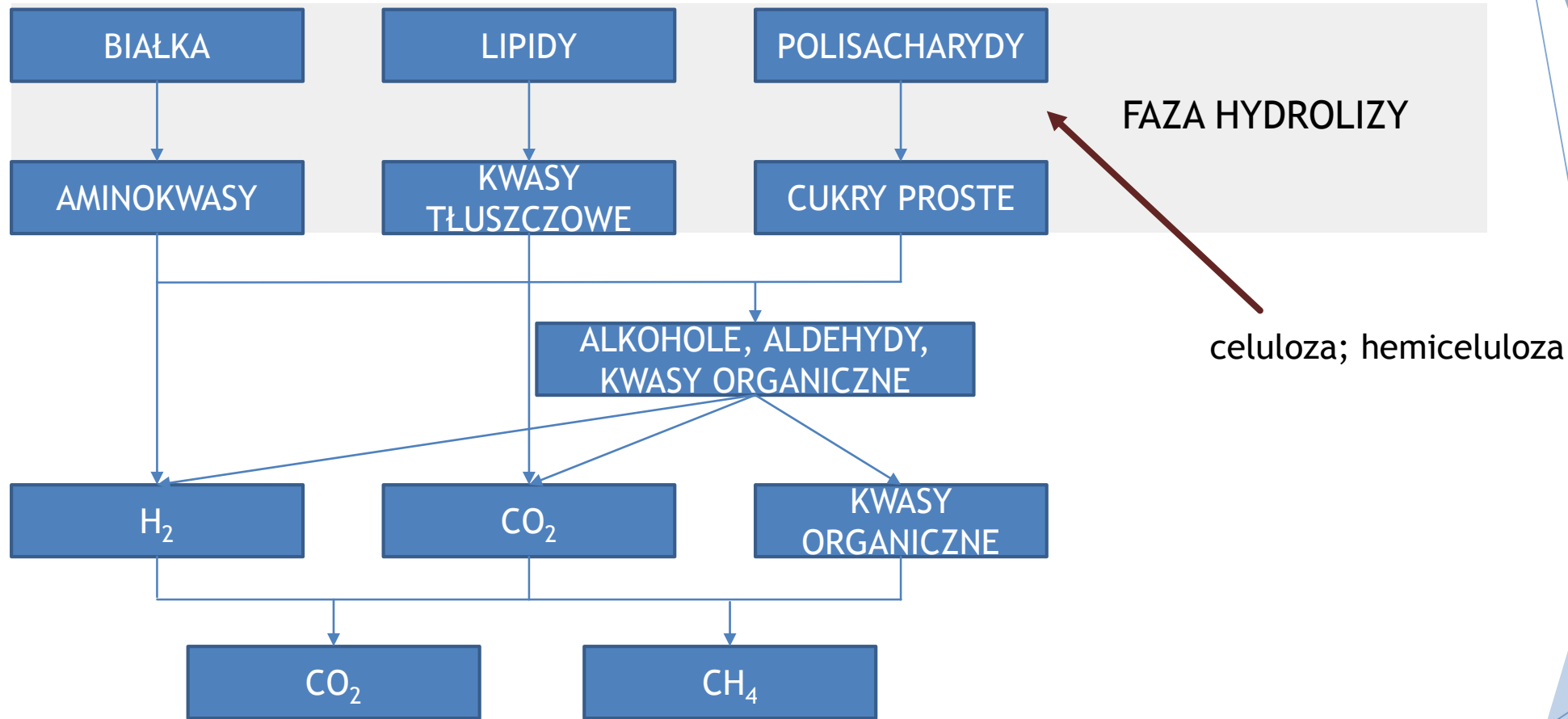
Rozkład celulozy prowadzony jest w drodze hydrolizy przez enzymy - celulazy;



Bakterie degradujące celulozę występują w:

- ▶ Szerokim zakresie temperatur;
- ▶ Szerokim zakresie zasolenia;
- ▶ Szerokim zakresie stężenia tlenu;

Przebieg procesu fermentacji



Szybkość rozkładu podstawowych składników rośnie w szeregu:
Celuloza < hemiceluloza < białka < tłuszcze < węglowodany

Metody obróbki ligninocelulozy

Przemysłowe metody obróbki wstępnej materiałów ligninocelulozowych:

- Metody fizyczne (rozdrabnianie, ekstruzja, działanie mikrofal);
- Metody fizyczno-chemiczne (**wybuch pary wodnej**; działanie parą wodną; działanie CO₂);
- Metody chemiczne (obróbka kwasowa; obróbka alkaliczna)

HYDROLIZA TERMICZNA

W metodzie wybuchu pary wodnej (steam explosion) - substrat podgrzewa się do temperatury 160-260°C, pod ciśnieniem 0,69-4,83 Mpa, a następnie poddaje się go gwałtownej dekompresji.

Źródło: Technologie Kondycjonowania biomasy ligninocelulozowej przed procesem fermentacji metanowej; Anna Grała, Marcin Zieliński, Marcin Dębowski, Kamila Ostrowska; Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Pochodzenie celulozy w osadach ściekowych

- Papier toaletowy; płatki kosmetyczne;
- Błonnik;
- Celuloza jako dodatek do żywności - E460 (zagęstnik i emulgator w sosach, majonezach); E461 - E469 (pochodne celulozy - emulgatory)
- W przemyśle farmaceutycznym (produkcja tabletek, wypełniacz w kapsułkach);
- W lodach i ubijanych kremach
- Często w żywności typu *light* zastępuje tłuszcze.
- Celuloza w kosmetykach: balsamy do ciała, kremy, szampony, żele do mycia; odżywki do włosów; pasty do zębów;

Papier toaletowy

Standardowa rolka papieru toaletowego waży około 100 g.

Statystyczny Polak zużywa około 50 rolek papieru toaletowego rocznie (5 kg).

50 rolek x 100 g x 155 690 mieszkańców = **778,45 Mg**



Opis produktu:

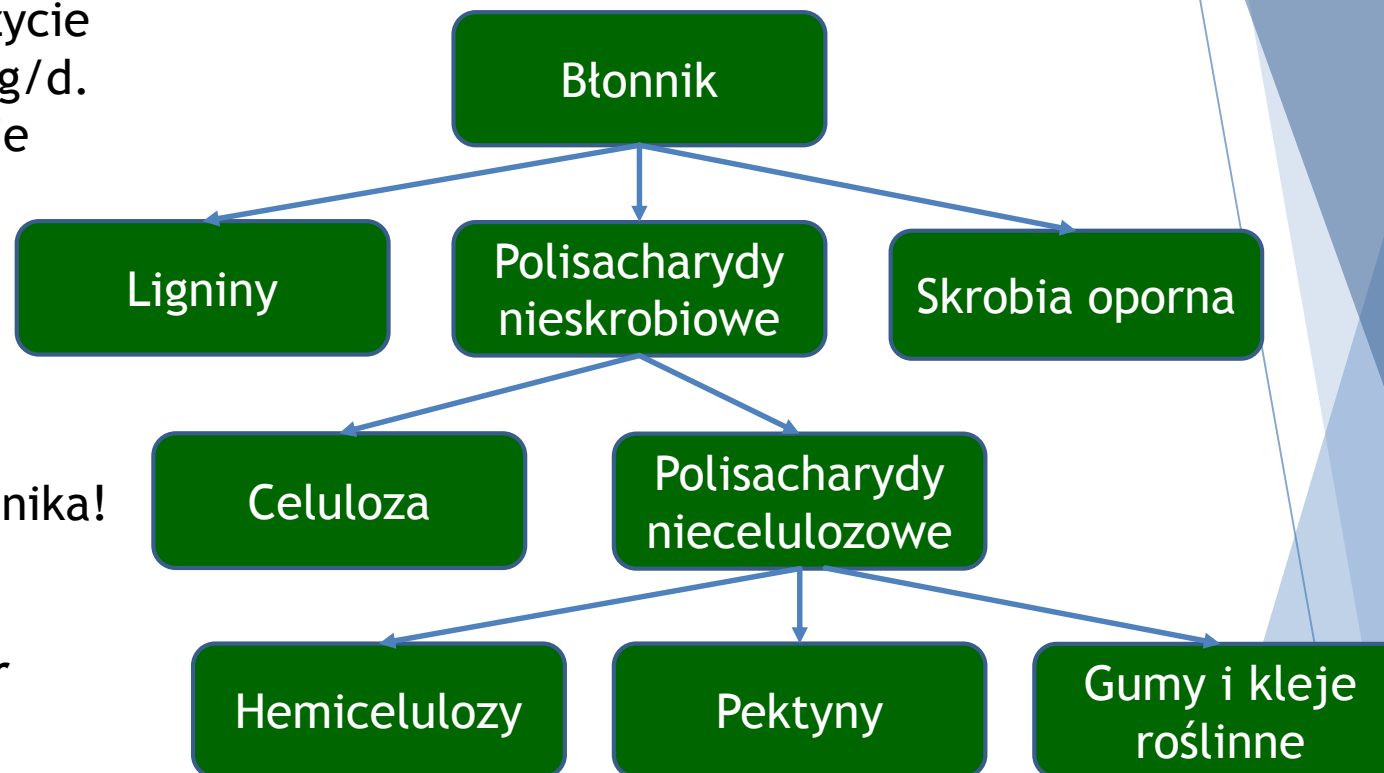
- trzywarstwowy.
- Miękki i wytrzymały
- Idealnie biały
- 100% celulozy

Błonnik pokarmowy

Zalecane przez dietetyków spożycie błonnika pokarmowego to ok 20g/d. W Polsce szacuje się, że spożycie błonnika wynosi około 11 g/d.

11g/mieszkańca/d x 155 690 mieszkańców = 1,712 Mg/d błonnika!

1,712 Mg/d x 365d = **624,9 Mg/r**



Współpraca z Katedrą Biotechnologii Środowiskowej Politechniki Śląskiej

Od roku 2018 współpracujemy z Katedrą Biotechnologii Środowiskowej Politechniki Śląskiej przy realizacji projektu PBL Project Based Learning. W ramach projektu pięcioro studentów prowadziło projekt badawczy pt.

„Pozyskiwanie i wstępna ocena przydatności szczepów celulolitycznych do pozyskiwania substratu z osadów ściekowych do fermentacji metanowej”

Opiekunowie:

dr hab. Aleksandra Ziemińska-Buczyńska

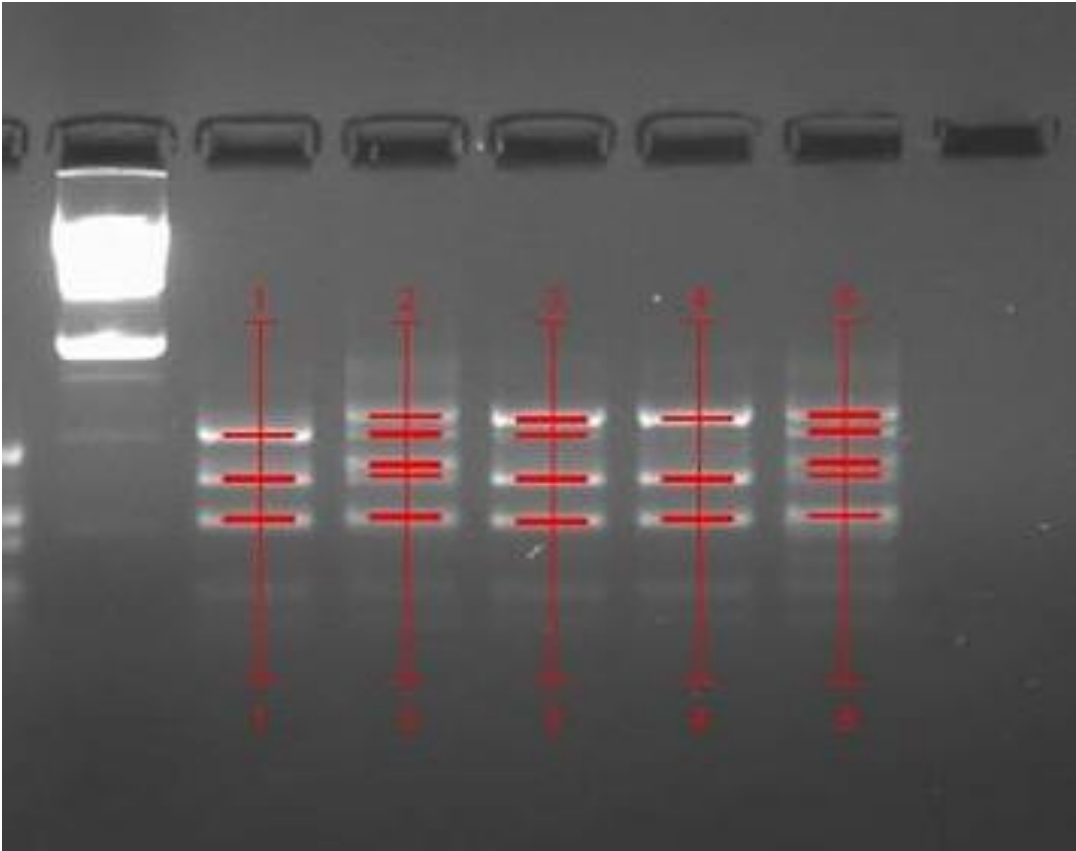
dr inż. Grzegorz Cema

dr inż. Krzysztof Jaskot

W ramach projektu:

- Wyizolowano z osadu pobranego z komory fermentacyjnej OŚ Klimzowiec bakterie celulolityczne;
- Zaprojektowano i wykonano laboratoryjne reaktory badawcze wraz z systemem sterowania i kontroli;
- Testy potencjału metanogenego wyizolowanych bakterii
- Testowanie szczepionki bakteryjnej w warunkach laboratoryjnych

Bakterie celulolityczne w osadzie ściekowym

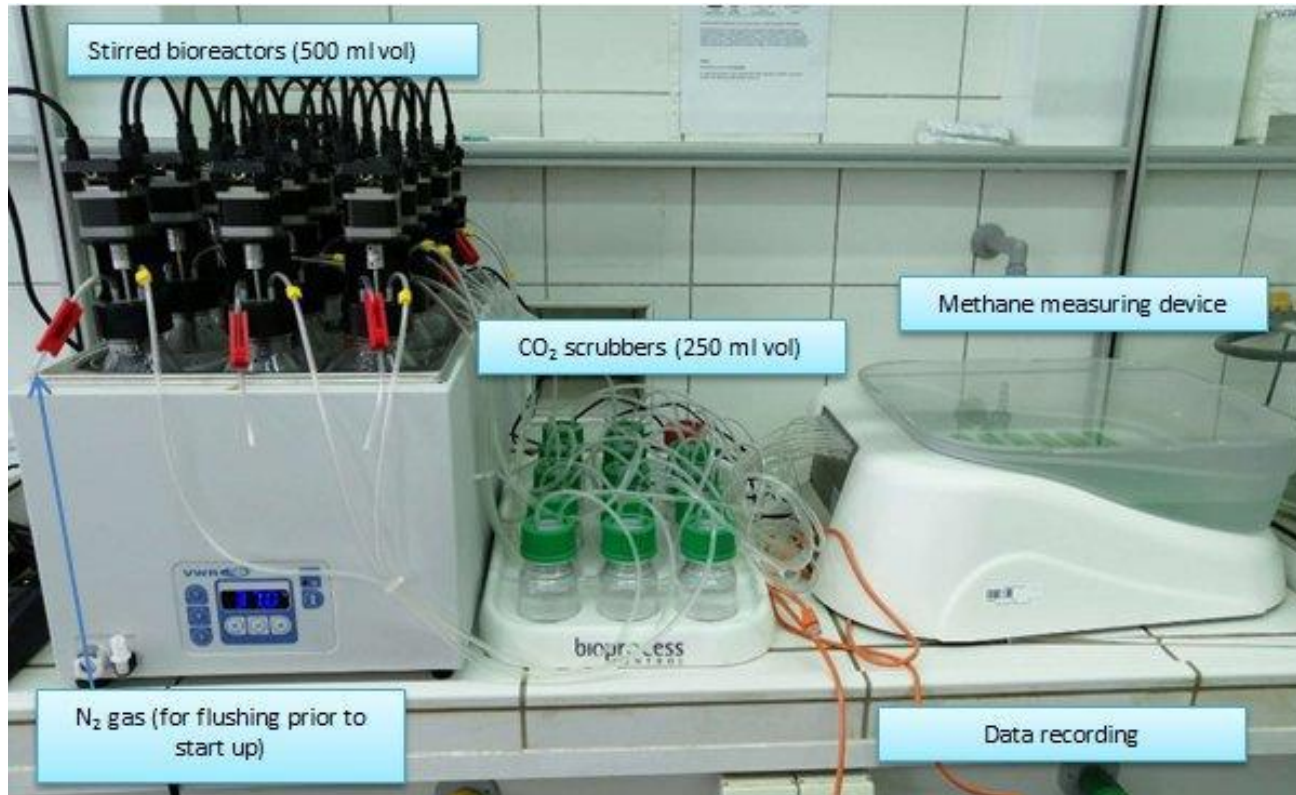


Z osadu pobranego z pierwszej komory fermentacyjnej wyizolowano 5 organizmów rozkładających celulozę - trzy organizmy zidentyfikowano jako bakterie z rodzaju *Bacillus*, dwa szczepy nie zostały zidentyfikowane.

Bakterie *Bacillus* są bakteriami tlenowymi z możliwością wzrostu w warunkach beztlenowych.

Źródło: Isolation and testing of cellulolytic bacterial strains for methane fermentation substrate obtainment, Hosumbek Mateusz

Testy AMPTS II



Źródło: Isolation and testing of cellulolytic bacterial strains for methane fermentation substrate obtainment; Paulina Zaporowska

Potencjał metanowy wyizolowanych szczepów badano z użyciem systemu AMPTS II (ang. *Automatic Methane Potential Test System*), aby wytypować te mikroorganizmy, które wykazują największy potencjał do produkcji biogazu, w wyniku rozkładu celulozy.

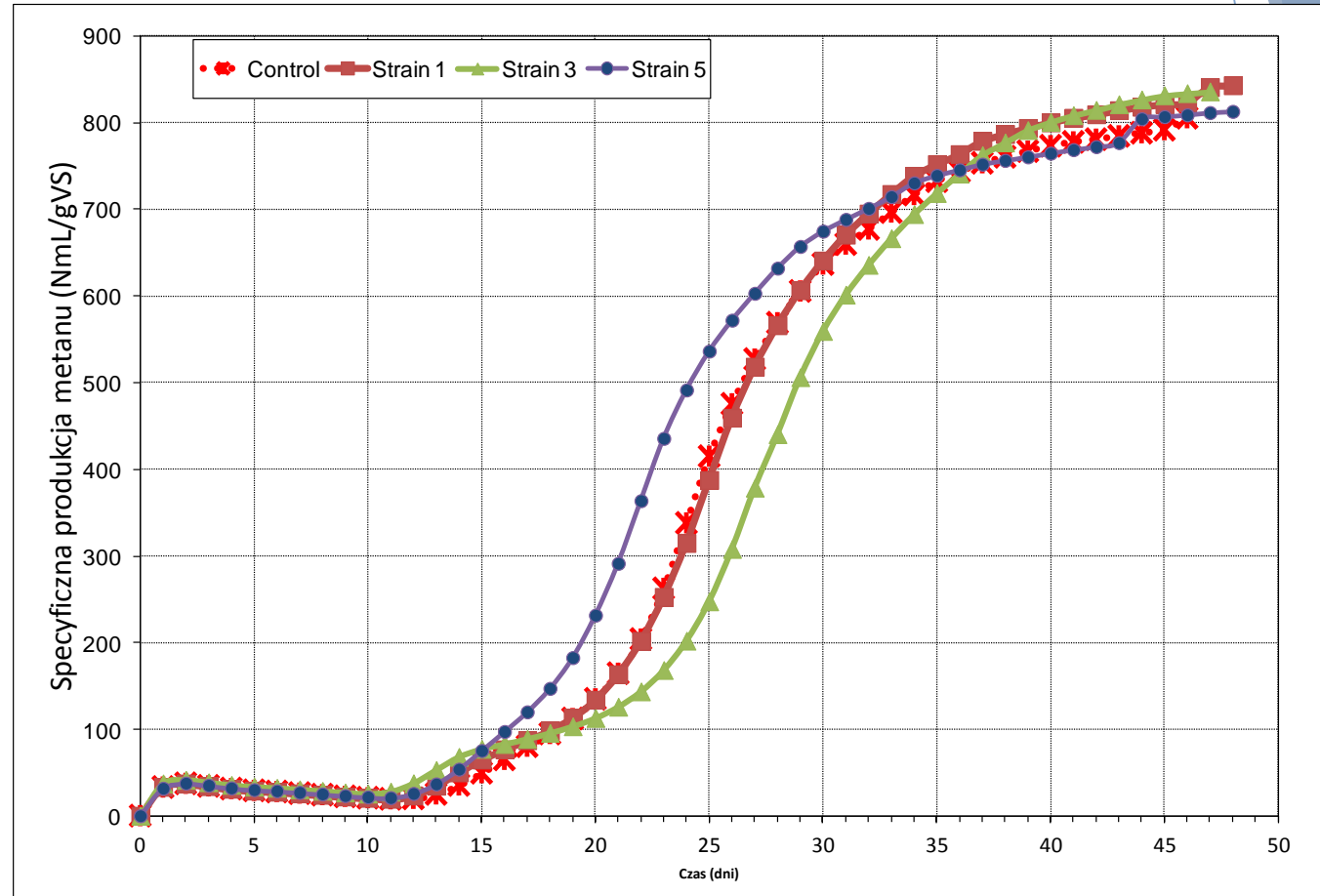
Badanie potencjału metanowego

Biochemiczny potencjał metanowy po 30 dniach

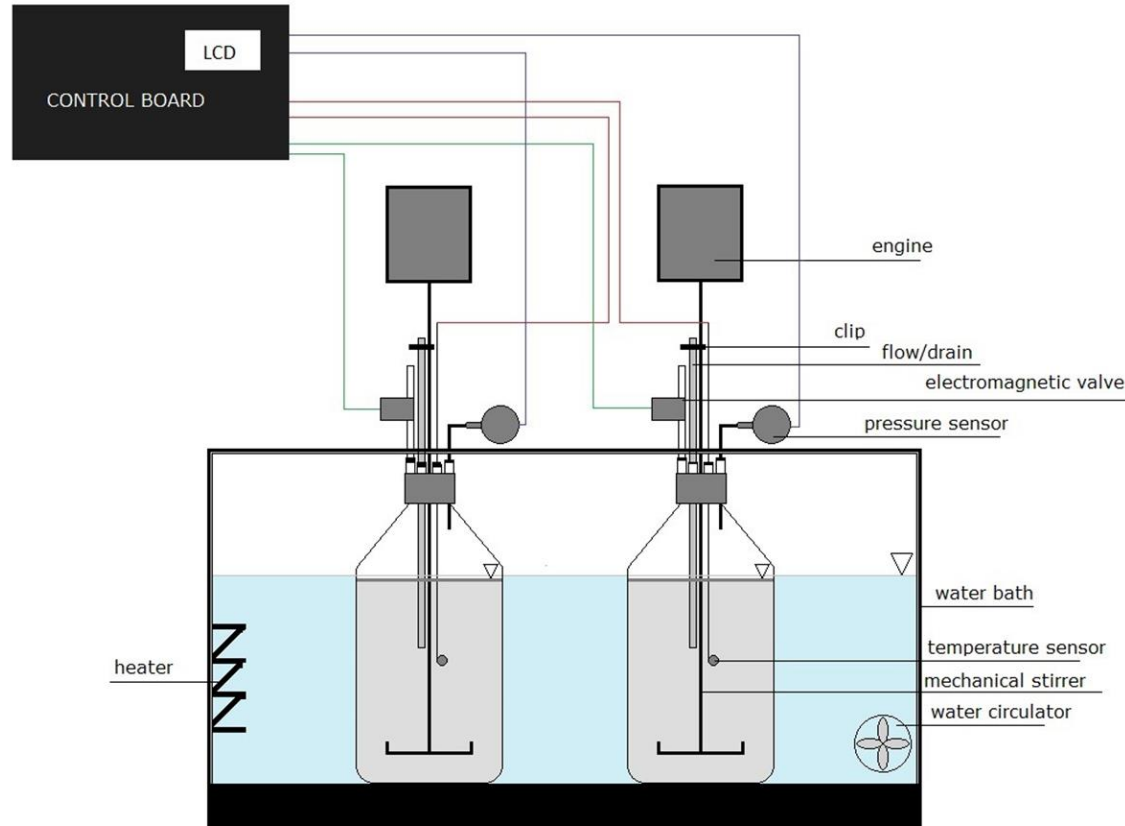
- Kontrola - 636,1 Nml/gVS
- „Strain 1” - 640,2 Nml/gVS
- „Strain 3” - 559,0 Nml/gVS
- „Strain 5” - 674,1 Nml/gVS

Biochemiczny potencjał metanowy po 46 dniach

- Kontrola - 791,1 Nml/gVS
- „Strain 1” - 820,1 Nml/gVS
- „Strain 3” - 830,8 Nml/gVS
- „Strain 5” - 806,3 Nml/gVS



Reaktory badawcze



W ramach programu PBL powstały dwa reaktory badawcze. Reaktory zostaną napełnione osadem z komory fermentacyjnej OŚ Klimzowiec. Do jednego reaktora podane zostaną wyselekcjonowane i namnożone bakterie cellulolityczne.

Celem badania jest sprawdzenie czy w reaktorze ze szczepionką bakteryjną nastąpi większy rozkład celulozy i wzrost produkcji biogazu.

Źródło: Isolation and testing of cellulolytic bacterial strains for methane fermentation substrate obtainment, Hosumbek Mateusz

Podsumowanie

- ▶ Celuloza występuje w osadach ściekowych w znacznych ilościach. Optymalizacja rozkładu celulozy to wzrost produkcji biogazu oraz zmniejszenie ilości powstających osadów ściekowych.
- ▶ Organizmy celulolityczne występują w osadach ściekowych.
- ▶ Na komunalnych oczyszczalniach celuloza jest rozkładana w procesie hydrolizy enzymatycznej.
- ▶ Dysponujemy obecnie niewielką ilością danych. Nie wiemy jaki ładunek celulozy doptywa do oczyszczalni ze ściekami surowymi? Jaki ładunek celulozy rozkładany jest w reaktorach biologicznych? Ile celulozy rozkładamy w procesie fermentacji? Jak wygląda obieg celulozy na innych oczyszczalniach?