

# INNOVATIONS SUSTAINABILITY MODERNITY OPENNESS

SERIA MONOGRAFII

TOM  
42

## ŚRODOWISKO

pod redakcją naukową  
Ewy Szatyłowicz  
Iwony Skoczko  
Doroty Anny Krawczyk

WYDZIAŁ BUDOWNICTWA  
I NAUK O ŚRODOWISKU  
POLITECHNIKI BIAŁOSTOCKIEJ



POLSKIE ZRZESZENIE  
TECHNIKÓW  
I INŻYNIERÓW  
SANITARNYCH



**INNOVATIONS – SUSTAINABILITY – MODERNITY – OPENNESS**

## **ŚRODOWISKO**

pod redakcją  
**Ewy Szatyłowicz**  
**Iwony Skoczko**  
**Doroty Anny Krawczyk**

SERIA MONOGRAFII

TOM 42

Białystok 2021

## Patronat



*Politechnika  
Białostocka*



*Politechnika Śląska*



*Wydział Budownictwa  
i Nauk o Środowisku  
Politechniki Białostockiej*



*Studenckie Koło  
Polskiego Zrzeszenia  
Techników i Inżynierów  
Sanitarnych*



*Polskie Zrzeszenie  
Techników i Inżynierów  
Sanitarnych*



*Studenckie Koło Naukowe  
„Techniki Membranowe”*



*Wydział Inżynierii  
Środowiska i Energetyki  
Politechniki Śląskiej*

**INNOVATIONS – SUSTAINABILITY – MODERNITY – OPENNESS**

**ŚRODOWISKO**

TOM 42

**pod redakcją  
Ewy Szatyłowicz  
Iwony Skoczko  
Doroty Anny Krawczyk**

Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej  
Białystok 2021

**Recenzenci:**

prof. dr hab. inż. Marcin Dębowski

dr inż. Edyta Kudlek

Redakcja i korekta językowa:

Ewa Szatyłowicz

Iwona Skoczko

Redakcja techniczna, skład:

Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej

Okładka:

Marcin Dominów

Zdjęcie na okładce: ilyessuti

<https://pixabay.com/pl/photos/bonsai-drewno-amber-flora-makro-4634224/>

© Copyright by Politechnika Białostocka, Białystok 2021

**e-ISBN 978-83-66391-75-8**

**DOI 10.24427/978-83-66391-75-8**



Publikacja jest udostępniona na licencji Creative Commons

Uznanie autorstwa- Użycie niekomercyjne- Bez utworów zależnych 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Pełną treść licencji udostępniono na stronie

[creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.pl](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.pl).

Publikacja jest dostępna w Internecie na stronie Oficyny Wydawniczej PB.

---

Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku  
Politechniki Białostockiej  
Wiejska 45E  
15-351 Białystok  
[www.wb.pb.edu.pl](http://www.wb.pb.edu.pl)

Polskie Zrzeszenie Techników  
i Inżynierów Sanitarnych  
Oddział w Białymstoku  
M. C. Skłodowskiej 2  
15-950 Białystok  
[www.pzits.bialystok.pl](http://www.pzits.bialystok.pl)

# Spis treści

Przegląd i porównanie zastosowania węgla aktywnego w zależności od jego właściwości <i>Ewelina Boś, Lukasz Winconek, Remigiusz Gumiński</i> .....	7
Wirusy w ściekach – występowanie oraz możliwości dezynfekcji <i>Eliza Hawrylik</i> .....	17
Białystok jako zielone ekocity <i>Klaudia Jarocka, Piotr Kraśnicki, Krzysztof Skoczko</i> .....	29
Żywność ekologiczna a konwencjonalna – wybrane właściwości <i>Kinga Koziak, Paweł Cwalina, Ewelina Bagińska, Małgorzata Krasowska</i> .....	47
Odnowa, rewitalizacja czy gentryfikacja? <i>Zuzanna Siemieniuk, Anna Siemieniuk</i> .....	59
Karbonizacja węgla aktywnych formowanych typu N <i>Adam Tabor, Renata Weygand</i> .....	71
Ocena wartości odżywczych i badanie tekstury chipsów <i>Piotr Tarasewicz, Gabriela Ożarowska, Julia Szyszkiewicz, Magdalena Joka</i> .....	81
Analiza ekonomiczna i energetyczna termomodernizacji budynku mieszkalnego z wykorzystaniem różnego rodzaju izolacji <i>Mateusz Truszkowski</i> .....	91



# Przegląd i porównanie zastosowania węgla aktywnego w zależności od jego właściwości

**Słowa kluczowe:** węgiel aktywny, sorbent węglowy, uzdatnianie wody, oczyszczanie spalin, oczyszczanie gazów odlotowych, powierzchnia właściwa, liczba jodowa

## Streszczenie

Wzrastający nacisk dotyczący ochrony środowiska i zapotrzebowanie na efektywne zarządzanie procesami związanymi z oczyszczaniem wód, ścieków oraz spalin w celu zminimalizowania ich oddziaływania na środowisko, determinuje rosnące zainteresowanie węglem aktywnym. Sorbenty węglowe charakteryzują się wysoce zróżnicowanymi parametrami fizykochemicznymi, takimi jak: powierzchnia właściwa, liczba adsorpcji jodu, wytrzymałość mechaniczna, ścieralność oraz zawartość substancji lotnych i popiołu. Wielkości wyżej wymienionych parametrów pozwalają na efektywne wykorzystanie węgla aktywnego w danej gałęzi przemysłu, w danej technologii prowadzenia procesu, a nawet ich „zaprogramowanie” na dany związek chemiczny. Wyróżnić można kilka postaci węgla aktywnego (postać granulowana, ziarnista lub pylista), co daje szerokie spektrum zastosowania w najróżniejszych aplikacjach. Celem pracy był przegląd i porównanie węgla aktywnych w zależności od zastosowania oraz ich zdolności adsorpcyjnych. Poddano pod dyskusję parametry fizykochemiczne oraz docelowe aplikacje węgla aktywnych.

## Wstęp

Węgle aktywne mają szerokie zastosowanie w licznych gałęziach przemysłu. Używane są w celu kontroli poziomu zanieczyszczeń, w złożonych procesach adsorpcyjnych, katalizie heterogenicznej, w uzdatnianiu wody, w oczyszczaniu powietrza, a także podczas prowadzenia procesów katalitycznych czy galwanizacyjnych [1]. Branża kosmetyczna jest jedynie jedną z nielicznych, w których swoją potęgę ukazuje, jakże niepozorny wi-



zualnie, węgiel aktywny. Węgiel aktywny jest substancją, składającą się głównie z węgla pierwiastkowego w formie bezpostaciowej, która została aktywowana (przetworzona) w celu rozbudowy jej struktury, która pozwala uzyskać dużą powierzchnię właściwą dostępną dla celów adsorpcji i reakcji chemicznych [1]. Jest to materiał porowaty o dużej powierzchni właściwej i zwiększonej objętości porów. Struktura węgla aktywnego to nieuporządkowany układ porów o średnicy mniejszej niż jeden do kilkuset nanometrów. Węgiel aktywny posiada dużą powierzchnię właściwą (1000–3000 m<sup>2</sup>/g) i znaczną objętość porów (nawet powyżej 1 cm<sup>3</sup>/g) [2, 3]. O skuteczności węgla aktywnego decyduje wiele czynników, z jednej strony są to parametry fizykochemiczne, z drugiej natomiast właściwości adsorbentu. Na parametry fizykochemiczne składają się zawartość substancji lotnych, zawartość popiołu, poziom liczby jodowej, powierzchnia właściwa oraz uziarnienie [4]. Istotą użytkowania węgla aktywnego jest optymalizacja procesu oczyszczania poszczególnych mediów (takich jak woda, ścieki, gaz, powietrze, artykuły spożywcze, leki itp.), przy uwzględnieniu warunków ekonomicznych i technologicznych.

W związku z powyższym słuszne i celowa jest analiza zastosowania węgla aktywnego w zależności od jego właściwości fizykochemicznych. W poniższej pracy dokonano także porównania węgla aktywności w zależności od wykorzystania oraz ich zdolności adsorpcyjnych.

## Rodzaje i charakterystyka węgla aktywnego

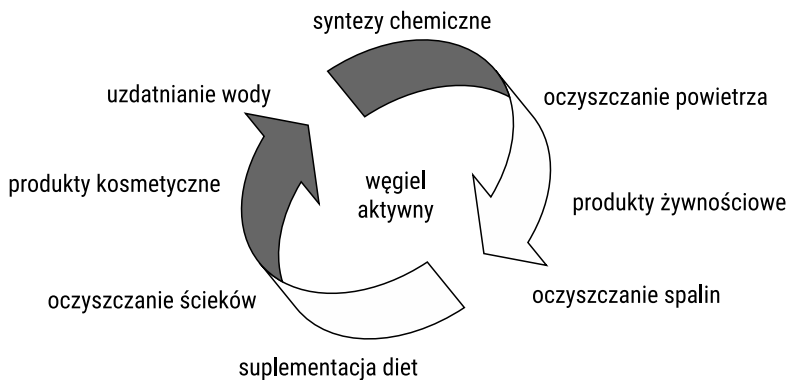
Proces produkcji węgla aktywnego opiera się głównie na surowcach pochodzenia organicznego. Do najpopularniejszych surowców używanych do produkcji węgla aktywnych możemy zaliczyć węgiel kamienny, węgiel brunatny, torf, drewno, pestki oraz łupiny owocowe [5]. Węgiel aktywny może przybierać postać granulowaną, ziarnistą oraz pylistą. Struktura porowata węgla aktywnego, która wykształca się podczas skomplikowanych mechanizmów procesu aktywacji, w pewnym stopniu determinuje w późniejszym czasie charakter i miejsce jego zastosowania. I tak węgle aktywne posiadające przewagę mikroporów są odpowiednie do adsorpcji z fazy gazowej, odwrotnie węgle mezoporowe i makroporowe – są dedykowane do adsorpcji z fazy ciekłej [1–6,8].

Na ziemi jest niedobór słodkiej wody, pomimo tego, że około 75% jej powierzchni jest nią pokryta. Tylko niewielki ułamek tej wody nadaje się do spożycia. Słodka woda gromadzona jest w warstwach wodonośnych, wodach powierzchniowych oraz w atmosferze. Szacuje się, że około miliarda ludzi ma utrudniony dostęp do czystej wody pitnej, a aż 80% ludzkich chorób pochodzi od zanieczyszczonej wody. Węgiel do oczyszczania wody, dzięki swojej powierzchni właściwej i wysokiej jakości strukturze porowatej, usuwa zanieczyszczenia organiczne, pestycydy, detergenty i mikrozanieczyszczenia stanowiące zagrożenie dla zdrowia. Taki węgiel jest również wykorzystywany do odchlorowania wody oraz do poprawy jej smaku i zapachu.

Zanieczyszczenie powietrza to nic innego jak wprowadzanie do atmosfery substancji chemicznych, cząstek stałych lub materiałów biologicznych, szkodliwych lub uciążliwych dla człowieka, innych organizmów żywych i środowiska. Atmosfera to złożony, dynamiczny, naturalny układ gazowy, który jest niezbędny do podtrzymania życia na ziemi. Szeroka gama węgli aktywnych przeznaczonych do oczyszczania powietrza i gazów, jest opracowana specjalnie w celu usuwania tlenków siarki, tlenków azotu, chlorków, dioksan, furanów, merkaptanów i inny organicznych związków lotnych mających negatywny wpływ na środowisko. Produkty farmaceutyczne, są podstawą współczesnej medycyny. Niezwykle ważne jest, aby produkty takie były bezpieczne, skuteczne i dobrej jakości, aby zapewnić bezpieczeństwo ich użytkownikom. Wykorzystywane są między innymi do wiązania różnych substancji znajdujących się w przewodzie pokarmowym, w tym związków nasilających perystaltykę, toksyn bakteryjnych, bakterii, leków, substancji toksycznych itp. [6–8]. Wiele produktów, takich jak oleje jadalne, cukier, alkohol, napoje i inne produkty żywnościowe jest rafinowanych za pomocą węgla aktywnego. Jest on wykorzystywany do odbarwiania, usuwania smaków i zapachów, separacji kofeiny z kawy, klaryfikacji soków i syropów owocowych oraz usuwania materiału koloidalnego z alkoholu.

Szerokie zastosowanie węgli aktywnych sprawia, że większość przedsiębiorstw, które z nich korzysta poszukuje sposobu „wydłużenia” jego cyklu życia. Taki proces wpływa redukcję kosztów oraz na minimalizowanie negatywnego oddziaływania na środowisko. Ekonomiczna opłacalność wykorzystania granulowanego węgla aktywnego do eliminacji zanieczyszczeń organicznych z przemysłowych i komunalnych instalacji ściekowych zależy od jego recyklingu podczas wielokrotnych cykli adsorpcji i regeneracji.

Podsumowując, węgiel aktywny obecny jest w wielu gałęziach przemysłu, wykorzystywany jest w wielu procesach oczyszczania i kontroli zanieczyszczeń, co obrazuje poniższa grafika (Rysunek 1).



Rysunek 1. Przegląd zastosowania węgla aktywnego

Źródło: Opracowanie własne

W Tabeli 1 przedstawiono przegląd sorbentów węglowych produkowanych w przedsiębiorstwie Grand Activated Sp. z o.o. w zależności od postaci węgla aktywnego oraz od jego wykorzystania.

Tabela 1. Przegląd sorbentów węglowych produkowanych przez Grand Activated Sp. z o.o.

Lp.	Nazwa handlowa	Postać	Aplikacja
1	AKP-5	Granulowany koks aktywny	Przeznaczony do oczyszczania spalin z dwutlenku siarki, tlenków azotu, chlorowodoru, dioksyn, furanów i innych węglowodorowych związków organicznych, metali ciężkich i pyłów. Stosowany do oczyszczania spalin w elektrowniach, z instalacji spalania odpadów oraz oczyszczania gazów przemysłowych. Używany przede wszystkim w procesie suchego oczyszczania gazów kominowych.
2	AKPA-14	Pyłowy węgiel aktywny	Stosowany jest do oczyszczania wody i ścieków oraz w procesach odbarwiania, klarowania i dezodoryzacji cieczy.
3	AKPA-22	Pyłowy węgiel aktywny	Stosowany jest do oczyszczania wody i ścieków oraz w procesach odbarwiania, klarowania i dezodoryzacji cieczy.
4	AKPA-FB	Pyłowy węgiel aktywny	Stosowany jest do uzdatniania wody i ścieków oraz procesów odbarwiania, klarowania i dezodoryzacji cieczy.
5	AG-5	Granulowany węgiel aktywny	Stosowany jest do oczyszczania wody przeznaczonej do celów spożywczych i medycznych. Usuwa z wody zanieczyszczenia organiczne, pestycydy, detergenty oraz szereg mikrozanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia. Stosowany jest często również do dechloracji wody, poprawy jej smaku i zapachu m.in. w procesie produkcji napojów chłodzących.
6	WG-12	Formowany węgiel aktywny	Przeznaczony do uzdatniania wody, zarówno w dużych stacjach wodociągowych, jak również w małych instalacjach filtrów i kontenerów. Charakteryzuje go duża efektywność usuwania z wody zanieczyszczeń organicznych, pestycydów, detergentów oraz szeregu mikrozanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia. Używany jest również do dechloracji wody oraz poprawy jej smaku i zapachu.
7	CWZ-11	Pyłowy węgiel aktywny	Stosowany jest w przemyśle środków spożywczych oraz do uzdatniania wody pitnej i oczyszczania ścieków.
8	CWZ-14 1-4 mm	Ziarnisty węgiel aktywny	Stosowany jest do oczyszczania wody i ścieków oraz w procesach odbarwiania, klarowania i dezodoryzacji cieczy.
9	CWZ-14	Pyłowy węgiel aktywny	Zalecany w przemyśle środków spożywczych, do rafinacji cukru, do oczyszczania roztworów soli nieorganicznych oraz do uzdatniania wody pitnej.

Lp.	Nazwa handlowa	Postać	Aplikacja
10	CWZ-22 1-4 mm	Ziarnisty węgiel aktywny	Stosowany do procesów oczyszczania i odbarwiania w gałęziach przemysłu spożywczego do oczyszczania wody i ścieków oraz w procesach odbarwiania, klarowania i dezodoryzacji cieczy.
11	CWZ-22	Pyłowy węgiel aktywny	Zalecany jest do rafinacji cukru, do procesów oczyszczania i odbarwiania w innych gałęziach przemysłu spożywczego, do odbarwiania soli nieorganicznych, w przemyśle kosmetyków i środków piorących oraz do uzdatniania wody pitnej.
12	CWZ-30	Pyłowy węgiel aktywny	Zalecany jest do rafinacji cukru, do procesów oczyszczania i odbarwiania w innych gałęziach przemysłu spożywczego, do odbarwiania soli nieorganicznych, w przemyśle kosmetyków i środków piorących oraz do uzdatniania wody pitnej.
13	WD Extra	Formowany węgiel aktywny	Przeznaczony do uzdatniania wody, zarówno w dużych stacjach wodociągowych, jak również w małych instalacjach filtrów i kontenerów. Dzięki wysokiej powierzchni właściwej i rozwiniętej strukturze porów węgiel aktywny WD Ekstra charakteryzuje duża efektywność usuwania z wody zanieczyszczeń organicznych, pestycydów, detergentów oraz szeregu mikrozanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia. Używany jest również do dechloracji wody oraz poprawy jej smaku i zapachu.
14	WG Pylisty	Pyłowy węgiel aktywny	Przeznaczony do uzdatniania wody do spożycia.
15	WDS	Ziarnisty węgiel aktywny	Stosowany w procesach technologicznych wytwarzania preparatów biochemicznych i chemicznych.
16	DTX	Ziarnisty węgiel aktywny	Sorbent DTX przeznaczony jest do oczyszczania wody skażonej środkami ABC. Służy do napełniania filtrów jako ostatni stopień uzdatniania wody do celów konsumpcyjnych.
17	DTO	Ziarnisty węgiel aktywny	Stosowany do adsorpcji z fazy ciekłej, głównie do oczyszczania wody przeznaczonej do celów spożywczych.
18	E-153	Pyłowy węgiel aktywny	Stosowany w procesach technologicznych wytwarzania szeregu preparatów biochemicznych i chemicznych.
19	CWH-11	Pyłowy węgiel aktywny	Zalecany jest głównie do oczyszczania i odbarwiania syropów ziemniaczanych i kukurydzianych, glukozy, miodu, dekstrozy. Służy także do odbarwiania i dezodoryzacji soków owocowych.
20	CWH-11	Pyłowy węgiel aktywny mokry	Zalecany jest głównie do oczyszczania i odbarwiania syropów ziemniaczanych i kukurydzianych, glukozy, miodu, dekstrozy. Służy także do odbarwiania i dezodoryzacji soków owocowych.

Lp.	Nazwa handlowa	Postać	Aplikacja
21	CWH-30	Pyłowy węgiel aktywny	Zalecany głównie do oczyszczania i odbarwiania substancji farmaceutycznych, biochemicznych, chemicznych i spożywczych.
22	CWF-30	Pyłowy węgiel aktywny	Stosowany jest do odbarwiania i oczyszczania soków glukozowych, syropów skrobiowych, organicznych i nieorganicznych preparatów farmaceutycznych, do odbarwiania substancji organicznych w przemyśle chemicznym, do poprawy smaku i zapachu napojów alkoholowych.
23	NG-I	Formowany węgiel aktywny	Przeznaczony jest do oczyszczania gazów przemysłowych z zanieczyszczeń siarkowodorem.
24	NG-II	Formowany węgiel aktywny	Używany jako węgiel rekuperacyjny do odzysku lotnych rozpuszczalników stosowanych w przemyśle, takich jak: benzen, ksylen, alkohole, estry oraz jako węgiel adsorpcyjny do usuwania z gazów niepożądanych i toksycznych składników.
25	DGCh	Ziarnisty węgiel aktywny	Stosowany jest do filtracji alkoholu w celu uzyskania wymaganej czystości i walorów smakowych.
26	NC-I	Formowany węgiel aktywny	Przeznaczony do adsorpcji z fazy ciekłej, głównie do oczyszczania i dezodoryzacji wody.
27	Węgiel aktywny Eur	Pyłowy węgiel aktywny	Stosowany do produkcji tabletek, jak również w procesie technologicznym wytwarzania szeregu preparatów farmaceutycznych, biochemicznych i chemicznych.
28	Węgiel aktywny IV	Pyłowy węgiel aktywny	Stosowany do produkcji tabletek, jak również w procesie technologicznym wytwarzania szeregu preparatów farmaceutycznych, biochemicznych i chemicznych.
29	Węgiel aktywny V	Pyłowy węgiel aktywny	Stosowany do produkcji tabletek, jak również w procesie technologicznym wytwarzania szeregu preparatów farmaceutycznych, biochemicznych i chemicznych.
30	Węgiel aktywny VI	Pyłowy węgiel aktywny	Stosowany do produkcji tabletek, jak również w procesie technologicznym wytwarzania szeregu preparatów farmaceutycznych, biochemicznych i chemicznych.

W celu zobrazowania szerokiej gamy sorbentów produkowanych z węgla aktywnego w Tabeli 2 przedstawiono porównanie parametrów fizykochemicznych zaprezentowanych wyżej sorbentów węglowych. Pod uwagę wzięto wartości liczby jodowej, wielkości powierzchni właściwej, zawartości popiołu, wytrzymałość mechaniczną oraz ciężar nasypowy każdego sorbentu.

Tabela 2. Porównanie parametrów fizykochemicznych węgla aktywnych w zależności od zastosowania

Lp.	Nazwa handlowa	Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	Liczba jodowa [mg/g]	Popiół [%]	Wytrzymałość [%]	Gęstość nasypowa [g/dm <sup>3</sup> ]
1	AKP-5/S	min. 300	min. 350	n/d	> 93,5%	560–660
2	AKPA-14	min. 750	min. 800	max. 15	n/d	360–500
3	AKPA-22	min. 850	min. 900	max. 15	n/d	380–500
4	AKPA-FB	min. 650	min. 600	max. 15	n/d	400–550
5	AG-5	min. 850	min. 850	max. 15	min. 90	min. 350
6	WG-12	min. 900	min. 950	max. 15	min. 90	min. 380
7	CWZ-11	min. 740	min. 780	max. 8	n/d	n/d
8	CWZ-14 ziarnisty	min. 800	min. 820	max. 8	n/d	n/d
9	CWZ-14 PYŁ	min. 800	min. 820	max. 8	n/d	n/d
10	CWZ-22 ziarnisty	min. 920	min. 950	max. 8	n/d	n/d
11	CWZ-22	min. 920	min. 950	max. 8	n/d	n/d
12	CWZ-30	min. 1020	min. 1050	max. 8	n/d	n/d
13	CWZ-35	min. 1050	min. 1100	max. 8	n/d	n/d
14	WD EXTRA	min. 900	min. 950	max. 15	min. 90	min. 380
15	WG Pylisty	min. 800	min. 850	max. 15	n/d	n/d
16	WDS	min. 200	min. 250	max. 6	n/d	n/d
17	CWH-11	min. 800	min. 800	max. 4	n/d	n/d
18	CWH-11 (mokry)	min. 800	min. 800	max. 4	n/d	n/d
19	CWH-22	min. 950	min. 950	max. 3	n/d	n/d
20	Eur	min. 1300	min. 1350	max. 15	n/d	n/d
21	CWH-30	min. 1000	min. 1000	max. 3	n/d	n/d
22	NG I	min. 950	min. 1000	n/d	min. 95	max. 500
23	NG II	min. 850	min. 900	n/d	min. 95	max. 500
24	AG-5	min. 800	min. 800	max. 15	min. 90	min. 350
25	DGCh	min. 200	min. 250	max. 5	n/d	288 +/- 32
26	NC I	min. 850	min. 900	n/d	min. 90	max. 500

Przedstawione w powyższych tabelach (Tabela 1 i Tabela 2) węgle posiadają różne formy i właściwości fizykochemiczne, produkowane są z różnych surowców i mają różne przeznaczenia. W tabeli 1 przedstawione są sorbenty węglowe wraz z przeznaczeniem charakterystycznym dla swoich parametrów fizykochemicznych, a tak-

że ze wskazaniem głównego surowca, z którego został wyprodukowany. Możemy zaobserwować, że niemal równomiernie rozkłada się podział sorbentów, jeżeli pod uwagę weźmiemy główny surowiec produkcyjny (węgiel kamienny i węgiel drzewny), natomiast jeżeli popatrzymy na postać węgla, to zróżnicowanie jest już mniejsze – dominują formowane i pyliste sorbenty węglowe. W tabeli 2 każdy sorbent opisany jest poprzez parametry fizykochemiczne, które determinują jego przeznaczenie, żywotność oraz zdolność regeneracji. Węgłe aktywne formowane z pyłu węgla kamiennego doskonale spisują się w procesach oczyszczania wody, spalin i gazów odlotowych. Ze względu na swoją wysoką wytrzymałość mechaniczną, odporność na ścieranie oraz wysoko rozwiniętą powierzchnię sorpcyjną mogą efektywnie pracować na złożach lub w absorberach kilka lat. Dodatkowym ich atutem jest zdolność do regeneracji, czyli do przywrócenia pierwotnych właściwości fizykochemicznych podczas obróbki termicznej. Pyliste węgle pochodzenia kamiennego są dedykowane do oczyszczania wody, ścieków oraz do oczyszczania gazów w spalarniach odpadów. Ze względu na mniejsze wartości powierzchni właściwej oraz na postać w formie pyłu, nie wykazują tak długiego czasu pracy, więc wykorzystanie takiego węgla jest dużo większe. Wysoka zdolność pochłaniania charakteryzuje węgiel aktywny pylisty pochodzący z węgla drzewnego, którego surowcem są drzewa liściaste. Pylisty węgiel aktywny (Eur, VI, V, IV) wykorzystywany jest przede wszystkim w przemyśle farmaceutycznym. Ze względu na swoją dużą powierzchnię właściwą (Eur > 1300 m<sup>2</sup>, węgiel aktywny VI > 1250 m<sup>2</sup>) oraz wysoką czystość, węgle te bardzo dobrze sprawdzają się jako substancja pomocnicza w lekach, suplementach diety oraz kosmetyce. Pyliste węgle aktywne pochodzenia drzewnego znajdują zastosowanie także podczas syntez chemicznych, w procesach oczyszczania alkoholi (CWZ-22, DGCh) oraz w procesach galwanizacyjnych (CWH-11, CWH-22).

## Podsumowanie

Węgłe aktywne są materiałami o bardzo szerokim spektrum zastosowania. Formowane (WG-12, AKP-5, NG I, NG II) oraz ziarniste (DTX, DT0) węgle aktywne otrzymywane z węgla kamiennego są przeznaczone do oczyszczania spalin z dwutlenku siarki, tlenków azotu, chlorowodoru, dioksyn, furanów, metali ciężkich oraz pyłów, do usuwania niepożądanych i toksycznych produktów (takich jak siarka, amoniak, naftalen) z gazów przemysłowych. Stosowane są także do oczyszczania spalin w elektrowniach, z instalacji spalania odpadów oraz oczyszczania gazów przemysłowych i odlotowych, a także do oczyszczania wody i ścieków, w procesach odbarwienia, klarowania i dezodoryzacji.

Węgłe aktywne są używane do produkcji tabletek (aktywny węgiel pylisty otrzymywany z węgla drzewnego z drzew liściastych – Węgiel aktywny Eur, Węgiel aktywny VI), jak również w procesie technologicznym wytwarzania szeregu preparatów farmaceutycznych, biochemicznych i chemicznych, w tym do rafinacji cukru, do de-

koloryzacji i oczyszczania z chemikaliów lub usuwania nieorganicznych roztworów soli w przemyśle kosmetycznym – pylisty lub ziarnisty węgiel aktywny pochodzenia drzewnego. Granulowany węgiel aktywny (np. WG-12) ma szerokie zastosowanie podczas procesu oczyszczania wody pitnej w zakładach produkujących wody mineralne, browarach, szpitalach, oczyszczania ścieków i wód przemysłowych w młoczarniach, cukrowniach, garbarniach, farbiarniach i rzeźniach. Używany jest także do oczyszczania wody w akwariach, usuwania oleju z kondensatu, odchlorowania i defenolizacja wody, do usuwania chlorofenoli z wody oraz do oczyszczania i odbarwiania ścieków i rozpuszczalników w pralniach chemicznych. Węgiel aktywny dzięki swoim właściwościom jest stosowany również przy produkcji ropy naftowej, ogniw galwanicznych z depolaryzacją powietrzną oraz do odzyskiwania lotnych rozpuszczalników, takich jak benzyna, toluen, alkohole, eter, tri i chloroetylen.

## Literatura

- [1] Jankowska H., Świątkowski A., Choma J., *Węgiel aktywny*, WNT, Warszawa 1985
- [2] Bansal R.C., Goyal M., *Adsorpcja na węglu aktywnym* [Adsorption on activated carbon]. WNT, Warszawa, 2009
- [3] Praca zbiorowa pod redakcją Zygmunta Dębowskiego; *Węgiel aktywny w ochronie środowiska i przemyśle* [Activated carbon in environmental protection and industry]; Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2004
- [4] Świątkowski A., Biniak S., Pakuła M., Trykowski G., *Metody oceny stopnia zużycia węgla aktywnego w procesie oczyszczania wody*, Ochrona Środowiska, R. 27, nr 1, 2005
- [5] Praca pod redakcją T. Borowieckiego, J. Kijeńskiego, J. Machnikowskiego, M. Ściążko, *Czysta energia, produkty chemiczne i paliwa z węgla – Ocena potencjału rozwojowego*, IChPW, Zabrze 2008
- [6] Dąbek L., *Regeneracja zużytych węgli aktywnych*, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 2007
- [7] Bello L. A., Omoboye A. J., Abiola E. O., Oyetade J. A., Udorah D. Oraeloka A., Eytayo R., *Treatment Technologies for Wastewater from Cosmetic Industry*, International Journal of Chemical and Biomolecular Science, 2018
- [8] Marsh, H.; Rodriguez-Reinoso, F. *Activated Carbon*, 1st ed.; Elsevier Science & Technology Books: Oxford, UK, 2006





# Wirusy w ściekach – występowanie oraz możliwości dezynfekcji

*Słowa kluczowe:* wirusy, ścieki, dezynfekcja

## Streszczenie

Stale wzrastająca ilość produkowanych ścieków oraz sytuacja epidemiologiczna panująca na świecie stawiają pod znakiem zapytania bezpieczeństwo sanitarne **ścieków opuszczających oczyszczalnie**. Ze względu na to, iż odprowadzanie ścieków nieustabilizowanych pod kątem mikrobiologicznym powoduje zagrożenie o zróżnicowanym stopniu nasilenia, a wirusy stanowią większość organizmów patogennych w nich obecnych należy szukać sposobu na ich efektywne usunięcie. Zastosowanie dezynfekcji ścieków nie jest praktyką szeroko stosowaną, jednak w obliczu pandemii, z którą mierzy się obecnie cały świat, może stać się procesem niezbędnym do zapewnienia bezpieczeństwa sanitarnego społeczeństwa. Idealna metoda dezynfekcji ścieków powinna gwarantować wysoką skuteczność w usuwaniu mikroorganizmów chorobotwórczych, bez wytwarzania toksycznych i niepożądanych produktów ubocznych. W artykule dokonano przeglądu możliwości zastosowania metod dezynfekcji do usuwania wirusów ze ścieków.

## Wstęp

Zgodnie z polskim ustawodawstwem jakość ścieków opuszczających komunalne oczyszczalnie ścieków określana jest przez Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych (Dz. U. 2019, poz. 1311). Rozporządzenie te wskazuje na szereg parametrów fizyko-chemicznych jakie muszą spełniać ścieki po przejściu wszystkich etapów procesów oczyszczania.

Nie porusza jednak ono kwestii wymogów sanitarnych – jedynie w przypadku ścieków przeznaczonych do rolniczego wykorzystania istnieje obowiązek określania czy w ściekach obecne są bakterie z rodzaju *Salmonella* oraz jaja pasożytów jelitowych należących do *Ascaris sp.*, *Trichuris sp.*, *Toxocara sp.* [1].

Oczyszczalnie ścieków nie posiadają zatem obowiązku badania, ani jaka jest ilość drobnoustrojów znajdujących się w ściekach, ani jakie rodzaje mikroorganizmów się tam znajdują. W obliczu wyzwania jakie stawia przed nami pandemia wywołana wirusem Covid-19 oraz biorąc pod uwagę fakt, iż w Polsce odprowadza się coraz większe ilości ścieków (w 2019 r. ogółem odprowadzono 1 343 275.5 dam<sup>3</sup> ścieków [2]) powstaje pytanie o ich bezpieczeństwo sanitarne.

## Mikrobiologiczna charakterystyka ścieków

Według obowiązującej w Polsce ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo Wodne (Dz. U. 2021, poz. 624 tj.) ścieki bytowe są to: „ścieki z budynków mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego oraz użyteczności publicznej powstające w wyniku ludzkiego metabolizmu lub funkcjonowania gospodarstw domowych oraz ścieki o zbliżonym składzie pochodzące z tych budynków”, zaś ścieki przemysłowe definiuje się jako: „ścieki niebędące ściekami bytowymi albo wodami opadowymi lub roztopowymi, powstałe w związku z prowadzoną przez zakład działalnością handlową, przemysłową, składową, transportową lub usługową, a także będące ich mieszaniną ze ściekami innego podmiotu, odprowadzane urządzeniami kanalizacyjnymi tego zakładu”. Ścieki komunalne to mieszanina obu wyżej wymienionych [3].

Ilość i jakość ścieków dopływających do oczyszczalni zależna jest od wielu składowych. Na jakość ścieków pochodzących z gospodarstw domowych w dużej mierze wpływa standard wyposażenia mieszkań oraz przyzwyczajenia mieszkańców [4]. Skład ścieków przemysłowych zależny jest od charakteru produkcji [5]. Nie bez znaczenia pozostaje także rodzaj kanalizacji ogólnospławnej, który może być przyczyną znacznych wahań ilości i jakości ścieków [6]. Dodatkowo dużą wartość, szczególnie dla małych obiektów, ma ilość i jakość ścieków dowożonych ze zbiorników bezodpływowych [7].

Surowe ścieki komunalne w większości składają się ze ścieków bytowych, a te pochodzą bezpośrednio z gospodarstw domowych. Ich skład mikrobiologiczny jest zatem uwarunkowany przez mikrobiom jelitowy człowieka, na który składają się głównie bakterie z rodzaju: *Firmicutes* (64%), *Bacteroidetes* (23%), *Proteobacteria* (8%) oraz *Actinobacteria* (3%) [8]. Uogólniając w ściekach wyróżnia się trzy główne kategorie patogenów: wirusy, bakterie chorobotwórcze oraz pierwotniaki pasożytnicze [9], których głównym źródłem są ścieki miejskie i przemysłowe, fekalia ludzkie, zwierzęce oraz fekalia szczurów zamieszkujących systemy kanalizacyjne.

Bakterie patogenne w ściekach stanowią mniejszość ogólniej liczby bakterii, a ich liczebność zależna jest od liczby chorych w danej populacji oraz przede wszyst-

kim od ilości wytwarzanych przez nich ścieków [5]. Do najważniejszych bakterii chorobotwórczych występujących w ściekach należą: *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, niektóre szczepy *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica*, *Mycobacterium tuberculosis* oraz *Leptospira spp.* [10].

Wirusy stanowią zdecydowaną większość mikroflory ścieków. Liczba cząstek wirusów może nawet pięciokrotnie przewyższyć liczbę komórek bakteryjnych [11]. Ładunek cząstek wirusów wprowadzanych do ścieków przez osoby chore może wynosić nawet  $10^{11}$  wirusów, a ścieki komunalne mogą zawierać nawet 140 typów wirusów pochodzenia jelitowego, które mogą wywołać u ludzi infekcje nawet w bardzo niskiej dawce [5,10,12]. Zgodnie z pracą autorstwa Simmondsa i in. [13], którzy zaprezentowali wyniki badań ścieków pod kątem występowania w nich wirusów (oczyszczalnie ścieków w USA) wirusy występowały w ściekach powszechnie: adenowirus (HAdV) – 100% próbek, enterowirus (EV) – 67% próbek oraz norowirus grypy – 10% próbek. Inni autorzy [14, 15, 16] wskazują na wyraźną korelację pomiędzy liczbą zachorowań na Covid-19, a obecnością cząstek wirusa SARS-CoV-2 w ściekach pochodzących z komunalnych oczyszczalni ścieków.

W tabeli 1. przedstawiono spis wirusów najczęściej występujących w ściekach oraz choroby, które mogą one wywoływać.

Tabela 1. Wirusy najczęściej występujące w ściekach oraz choroby przez nie wywoływane

Grupa wirusów	Nazwa jednostki chorobowej
<b>Enterowirusy</b>	
<i>Poliowirus</i>	paraliż dziecięcy, zapalenie opon mózgowych
<i>Coxsackiewirus A</i>	wady serca, choroby dróg oddechowych
<i>Coxsackiewirus B</i>	zapalenie opon mózgowych, wrodzone wady serca
<i>Echowirus</i>	wysypka, biegunka
<b>Inne</b>	
<i>Adenowirus</i>	infekcje oczu, choroby dróg oddechowych
<i>Hepatitis typ A</i>	zapalenie wątroby
<i>Rotawirus</i>	wymioty, biegunka
<i>Coronawirus</i>	dreszcze
<i>Parwovirus</i>	choroby dróg oddechowych u dzieci

Źródło: [17].

Wśród mikroflory ścieków najmniej licznie występują pierwotniaki, które dzięki zdolności do wytworzenia cyst i oocyt przetrwalnikowych cechują się długą przeżywalnością w niekorzystnych warunkach środowiskowych. Najczęściej spotykane to *Cryptosporidium spp.* oraz *Giardia lamblia* [5,10].

Omawiając mikrobiologiczną jakość ścieków należy pamiętać, iż ścieki szpitalne, jako szczególny rodzaj ścieków nie wymieniany przez Prawo Wodne [3], stanowią bezapelacyjny rezerwuar organizmów patogennych. O ładunku patogennych cząstek wirusów i bakterii jakie mogą przenosić ścieki szpitalne świadczy liczba funkcjonujących w Polsce szpitali, która w 2019 roku wynosiła 890. Łączna liczba łóżek w szpitalach stanowiła 166 828 [2]. W ściekach szpitalnych występuje znacząco podwyższona, w stosunku do typowych ścieków komunalnych, liczba mikroorganizmów patogennych oraz lekoopornych.

Do bakterii o istotnych cechach odporności, które izoluje się ze ścieków szpitalnych zaliczane są: *Staphylococcus aureus* (oporność na metycylinę), enterokoki (oporność na wankomycynę oraz aminoglikozydy) oraz bakterie z rodziny *Enterobacteriaceae*. Wszystkie wyżej wymienione zaliczane są do grupy patogenów alarmowych ze względu na mechanizmy odporności oraz łatwość rozprzestrzeniania się [5]. Ponadto ścieki szpitalne mogą również zawierać jaja pasożytów oraz bardzo liczne wirusy (w tym HIV oraz wirusy hepatotropowe wywołujące zapalenia wątroby).

Ścieki szpitalne pochodzące z oddziałów zakaźnych przed zrzutem do kanalizacji miejskiej powinna poprzedzać dezynfekcja. W pozostałych przypadkach muszą one spełniać jedynie wymogi rozporządzenia Ministra Budownictwa w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych (Dz.U. 2016, poz. 1757) [18].

## Wykorzystanie dezynfekcji ścieków w usuwaniu wirusów

Dotychczasowe badania sanitarnej jakości środowiska opierały się przede wszystkim o klasyczne techniki hodowli mikroorganizmów wykorzystujące powszechnie stosowane metody tj. izolację oraz fenotypową identyfikację drobnoustrojów. Nie dostarczały one jednak pełnej informacji, ze względu na to, iż większość drobnoustrojów środowiskowych nie hoduje się *in vitro* [19]. Współczesna mikrobiologia środowiska, coraz częściej sięgająca po techniki molekularne (bazujące na izolacji i analizie DNA i RNA drobnoustrojów) otwiera nowe możliwości w identyfikacji wybranych grup mikroorganizmów w próbkach środowiskowych, bez konieczności ich izolacji. Ma to szczególne znaczenie w wykrywaniu wirusów w ściekach oraz stwarza możliwość doboru właściwych metod dezynfekcji, gdyż należy mieć świadomość, iż odprowadzanie ścieków nieustabilizowanych pod kątem mikrobiologicznym powoduje zagrożenie o zróżnicowanym stopniu nasilenia [20].

Dezynfekcja jako celowy proces niszczenia mikroorganizmów metodami fizycznymi, chemicznymi, bądź biologicznymi ma duże znaczenie w zapewnieniu bezpieczeństwa sanitarnego. Zastosowanie dezynfekcji w odniesieniu do ścieków oczyszczonych nie jest praktyką powszechnie stosowaną, jednak w obliczu pandemii, z którą mierzy się obecnie cały świat, może stać się procesem niezbędnym do zapewnienia bezpieczeństwa sanitarnego społeczeństwa.

Klasyczne oczyszczanie ścieków w oczyszczalniach mechaniczno-biologicznych zapewnia pewien rodzaj „naturalnej dezynfekcji”. Na eliminację wirusów w biologicznych procesach oczyszczania ścieków wpływ mają dwa podstawowe mechanizmy: sorpcja na kłaczkach osadu czynnego oraz wyżeranie przez mikroorganizmy naturalnie tam bytujące (głównie pierwotniaki). Uważa się, że zastosowanie biologicznego oczyszczania ścieków pozwala na znaczące zmniejszenie liczby wirusów w granicach 90–95% dla złóż biologicznych oraz 90–98% dla osadu czynnego [21]. Dodatkowo wprowadzenie koagulacji w procesie oczyszczania ścieków nie tylko wspomaga usuwanie wirusów, ale również może przyczyniać się do ich inaktywacji [5].

Wysoki poziom początkowej liczby wirusów obecnych w ściekach surowych poddawanych procesom oczyszczania sprawia, iż nawet ich „naturalna dezynfekcja”, osiągnięta na poziomie niższym niż unieszkodliwienie bakterii, nie jest wystarczająca [22]. Zgodnie z literaturą [23] w wyniku oczyszczania ścieków miejskich liczba cząstek wirusów maleje na poziomie około 73,5%, a liczba enterowirusów spada w granicach 80–99,9%.

Jedynie zastosowanie celowanej dezynfekcji może zapewnić skuteczną eliminację niepożądanych patogenów ze ścieków. Dezynfekcja to podstawowa bariera ograniczająca rozprzestrzenianie się mikroorganizmów, mająca na celu ochronę zdrowia publicznego oraz zmniejszenie ryzyka wystąpienia zachorowań wśród ludzi. Wybór odpowiedniej metody dezynfekcji musi uwzględniać charakterystykę fizykochemiczną i mikrobiologiczną ścieków oraz ich końcowe przeznaczenie. Nie bez znaczenia pozostają również względy ekonomiczne stosowania określonych metod.

## Chemiczne metody dezynfekcji

Działanie chemicznych środków dezynfekcyjnych to efekt dyfuzyjnego transportu do wnętrza komórek drobnoustrojów, któremu towarzyszą reakcje z różnymi składnikami wewnątrzkomórkowymi. Do najczęściej stosowanych chemicznych środków dezynfekcyjnych należą chlor, dwutlenek chloru oraz ozon [5].

Chlorowanie to jedna z najczęściej stosowanych metod dezynfekcji ścieków w ujęciu historycznym [24]. Do dezynfekcji ścieków najczęściej stosuje się chlor w postaci ciekłej – podchloryn sodu. Jest on skuteczny głównie w unieszkodliwianiu mikroorganizmów znajdujących się w formie rozproszonej. Chlor jest najbardziej skuteczny w odniesieniu do bakterii. Wirusy, przetrwalniki bakteryjne, cysty i oocysty pierwotniaków oraz jaja helmintów są bardziej odporne na działanie chloru [25]. Zgodnie z badaniami Ji i współautorów [26] można stwierdzić, iż wolny chlor skutecznie inaktywuje wirusy zapalenia żołądka i jelit. Jednak usuwanie niektórych wirusów wymaga zastosowania dużych stężeń wolnego chloru – od 20 do 80 mg/dm<sup>3</sup> przy 90-minutowym czasie kontaktu [27, 28]. Pomimo swojej skuteczności chlorowanie jest procesem używanym najczęściej w sytuacjach awaryjnych, ze względu na produkty uboczne powstające podczas procesu [29].

Ozonowanie jest procesem, który zapewnia skuteczną dezynfekcję. Ozon należy do najsilniejszych utleniaczy stosowanych w oczyszczaniu ścieków – ma zdolność niszczenia wszystkich mikroorganizmów występujących w ściekach, w tym cząstek wirusów. Proces inaktywacji mikroorganizmów przebiega gwałtownie, przy niskich stężeniach ozonu (13 mg/l). W stężeniu resztkowym następuje inaktywacja mikroorganizmów odpornych na chlorowanie tj. wirusów (np. polio typu 3) oraz cyst pierwotniaków (*Giardia* oraz *Cryptosporidium*) [10, 25, 30]. Działanie ozonu na cząstki wirusa polega na dyfuzji przez osłonę białkową (kapsyd) oraz uszkodzeniu kwasu nukleinowego. Przy wyższych stężeniach następuje rozkład kapsydu [5]. Niewątpliwą cechą ozonu jest szybkość wchodzenia w reakcje oraz brak pozostawiania stężenia resztkowego w ściekach [31].

Spośród trzech najczęściej stosowanych chemicznych środków dezynfekcyjnych (ozon, dwutlenek chloru i chlor) najsilniejszym utleniaczem jest ozon.

## Fizyczne metody dezynfekcji

Zastosowanie fizycznych metod dezynfekcji jest poszukiwaniem rozwiązania w celu uniknięcia skutków ubocznych chemicznej dezynfekcji, przede wszystkim toksyczności powstających produktów ubocznych.

W przypadku promieniowania ultrafioletowego pożądane jest wytworzenie fali o odpowiedniej długości i zdolności transmisji w stosunku do obecnych w ściekach mikroorganizmów. W tabeli 2. przedstawiono wrażliwość różnych mikroorganizmów na działanie promieniowania UV.

Tabela 2. Wrażliwość mikroorganizmów na działanie promieniowania ultrafioletowego

Typ mikroorganizmu	Oporność na promieniowanie UV
Bakterie wegetatywne	najmniej odporne
Cysty <i>Giardia lamblia</i>	↓
Oocysty <i>Cryptosporidium parvum</i>	↓
Wirusy (głównie adenowirusy)	↓
Przetrwalniki bakterii	najbardziej odporne

Źródło: [32].

Dezynfekcja promieniowaniem UV to najlepsza, sprawdzona, akceptowana i ekologiczna metoda dezynfekcji ścieków, dająca wysokie efekty w przypadku dobrze oczyszczonych ścieków [29].

Istota zastosowania metod membranowych w dezynfekcji ścieków polega na usuwaniu mikroorganizmów na drodze filtracji [5]. Membrana jako fizyczna bariera zatrzymuje cząstki mikroorganizmów o określonych wymiarach. W praktyce naj-

częściej stosuje się mikrofiltrację oraz ultrafiltrację. Mikrofiltracja usuwa bakterie oraz cysty i oocysty pierwotniaków, ultrafiltracja zaś jest barierą dla wirusów, bakterii i pierwotniaków. Ze względu na wymiary cząstek wirusów najskuteczniejszą metodą dezynfekcji byłoby zastosowanie nanofiltracji, która niestety stosowana jest rzadko. Metody membranowe są całkowicie niereaktywne i nie wymagają dodatkowej instalacji, z wyjątkiem pomp [33–38].

## Alternatywne metody dezynfekcji

Do alternatywnych metod dezynfekcji zaliczyć można zastosowanie kwasu nadmanganowego, nadocotwego, pasteryzację oraz zastosowanie ultradźwięków [5].

Podaje się, że kwas nadmanganowy jest środkiem dezynfekującym o szerokim spektrum działania, który może inaktywować wirusy, bakterie i zarodniki bakterii, mykobakterie i mikroskopijne grzyby [39]. Kwas nadocotowy aktywnie niszczy bakterie wskaźnikowe, a słabiej cząstki wirusów, przetrwalniki bakterii oraz cysty i oocysty pierwotniaków [40].

W wyniku pasteryzacji giną wegetatywne formy chorobotwórczych mikroorganizmów.

Działanie ultradźwięków na dezintegrację drobnoustrojów jest możliwe dzięki zjawisku kawitacji. Pionierskie prace w zakresie niszczenia drobnoustrojów przy użyciu ultradźwięków przeprowadzone zostały przez Ordoneza i in. [41]. W swoich doniesieniach McClements [42] zaznaczył, że inaktywacja mikroorganizmów z użyciem ultradźwięków jest skuteczniejsza w połączeniu z dezynfekcją termiczną, czy też użyciem chloru. Znaczący udział mają prace naukowe dotyczące wykorzystania ultradźwięków do niszczenia drobnoustrojów, jednak skupiają się one głównie na niszczeniu bakterii nie dotykając dezynfekcji wirusów [43–45].

## Podsumowanie

Badania sanitarnej jakości środowiska z wykorzystaniem współczesnych technik molekularnych stwarzają realne możliwości poznawcze w zakresie mikrobiologii ścieków, dając wiedzę o potencjalnym zagrożeniu ze strony drobnoustrojów patogennych. Przykład ciągle aktualnej pandemii wywołanej wirusem SARS-CoV-2 stawia przed oczyszczalniami ścieków nowe zadania w zakresie oczyszczania. Dezynfekcja, która obecnie jest procesem stosowanym w niewielkim procencie funkcjonujących oczyszczalni ścieków już za moment może stać się obligatoryjna w każdym tego typu obiekcie.

Kluczowym kryterium przy doborze właściwej metody celowanej dezynfekcji jest skład mikrobiologiczny ścieków poddawanych procesowi. Współcześnie wykorzystywanych jest wiele metod dezynfekcji, jednak koniecznym jest dobranie takiej, któ-



ra zagwarantuje wysoką skuteczność w usuwaniu mikroorganizmów chorobotwórczych, bez wytwarzania toksycznych oraz niepożądanych produktów ubocznych.

## Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych (Dz. U. 2019, poz. 1311)
- [2] Bank Danych Lokalnych, <https://bdl.stat.gov.pl> [data dostępu: 20.06.2021]
- [3] Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo Wodne (Dz. U. 2021, poz. 624 tj.)
- [4] Dymaczewski Z., *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*. Wydawnictwo PZITS, Poznań, 2011
- [5] Bray R., Jankowska K., Kowal P., Kulbat E., Łuczkiwicz A., Olańczuk-Neyman K., Quant B., Sokołowska A., *Dezynfekcja ścieków*. Wydawnictwo „Seidel-Przywecki“ Sp. z o.o., Warszawa, 2015
- [6] Bolt A., Burszta-Adamiak E., Gudelis-Taraszkiewicz K., Suligowski Z., Tuszyńska A., *Kanalizacja. Projektowanie, wykonanie, eksploatacja*. Wydawnictwo „Seidel-Przywecki“ Sp. z o.o., Warszawa, 2012
- [7] Hawrylik E., *Ultrasonic Disintegration of Bacteria Contained in Treated Wastewater*. Journal of Ecological Engineering, 20(9), 2019, 171–176
- [8] Frank D. N., St Amand A. L., Feldman R. A., Boedeker E. C., Harpaz N., Pace N. R., *Molecular-phylogenetic characterization of microbial community imbalances in human inflammatory bowel diseases*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 104, 13780–13785
- [9] Leclerc H., Schwartzbrod L. T., Dei-Cas E., *Microbial agents associated with waterborne diseases*. Critical Reviews in Microbiology, 28 (2002), 371–409
- [10] Hawrylik E., Szatyłowicz S. W., *Innovations – Sustainability – Modernity – Openness. Woda i Środowisko*. Skoczko Iwona, Krawczyk Dorota, Szatyłowicz Ewa (red.), Series of Monographs, 2020, vol. 41, Białystok, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, s.29–42
- [11] Wu Q., Liu W. T., *Determination of virus abundance, diversity and distribution in a municipal wastewater treatment plant*. Water Research, 43(4), 2009, 1101–1109. 44

- [12] Murray J., Loney C., Murphy L. B., Graham S., Yeo R. P., *Characterization of monoclonal antibodies raised against recombinant respiratory syncytial virus nucleocapsid (N) protein: identification of a region in the carboxy terminus of N involved in the interaction with P protein*. *Virology* 289 (2001), 252–261
- [13] Simmonds P., Becher P., Collett M. S., Gould E. A., Heinz F. X., Meyers G., Monath T., Pletnev A., Rice C. M., Stiasny K., Thiel H. J., Weiner A., Bukh J., *Flaviviridae*. [w:] King A. M. Q., Adams M. J., Carstens E. B., Lefkowitz E. J. (red), *Virus taxonomy*. Elsevier, Oxford, 1003–1020
- [14] Hillary L. S., Farkas K., Maher K. H., Lucaci A., Thorpe J., Distaso M. A., Gaze W. H., Paterson S., Burke T., Connor T. R., McDonald J. E., Malham S. K., Jones D. L., *Monitoring SARS-CoV-2 in municipal wastewater to evaluate the success of lockdown measures for controlling COVID-19 in the UK*. *Water Research*, Volume 200 (2021), 117214
- [15] Fernandez-Cassi X., Scheidegger A., Banziger C., Cariti F., Tunas Corzon A., Ganesanandamoorthy P., Lemaitre J. C., Ort C., Julian T. R., Kohn T., *Wastewater monitoring outperforms case numbers as a tool to track COVID-19 incidence dynamics when test positivity rates are high*. *Water Research*, Volume 200 (2021), 117252
- [16] Giacobbo A., Rodrigues M. A. S., Zoppas Ferreira J., Bernardes A. M., de Pinho M. N., *A critical review on SARS-CoV-2 infectivity in water and wastewater. What do we know?* *Science of the Total Environment*, 774 (2021), 145721
- [17] Butarewicz A., *Organizmy patogenne w osadach ściekowych – ich wykrywanie i unieszkodliwianie*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej. Białystok, 2013
- [18] Rozporządzenie Ministra Budownictwa w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych (Dz.U. 2016, poz. 1757)
- [19] Vartoukian S. R., Palmer R. M., Wade W. G., *Strategies for culture of „unculturable” bacteria*. *FEMS Microbiology Letters*, 309 (210), 1–7
- [20] Butarewicz A., *Zastosowanie ultradźwięków do dezintegracji mikroorganizmów w ściekach i osadach ściekowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej. Białystok, 2016
- [21] Tchobanoglous G., Burton F. L., Stensel H. D., *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. 4th Edition. Meltcalf & Eddy, Inc’s, McGraw-Hill, Inc., New York, 2003, s. 1819
- [22] Mara D., Horan N. (red), *Handbook of water and wastewater microbiology*. New York Academic Press, Londyn, 2003

- [23] Wu Q., Liu W. T., *Determination of virus abundance, diversity and distribution in a municipal wastewater treatment plant*. Water Research, 43 (2009), 1101–1109
- [24] US EPA: Design Manual: *Municipal Wastewater Disinfection*. EPA Office of Research and Development. Cincinnati, 1986: EPA/625/1-86/021
- [25] U.S. Environmental Protection Agency. *Environmental Regulations and Technology: Combine Sewer Overflow. Technology Fact Sheet. Chlorine disinfection*. 1999: Epa/832/F-99/034, U.S. EPA, Washington, D.C.
- [26] Ji Z., Wang X. C., Xu L., Zhang C., Rong C., Rachmadi A. T., Amarasiri M., Okabe S., Funamizu N., Sano D., *Fecal source tracking in a wastewater treatment and reclamation system using multiple waterborne gastroenteritis viruses*. Pathogens, 2019, 8(4), 170
- [27] Barbeau B. i in., *Examining the use of aerobic spore-forming bacteria to assess the efficiency of chloration*. Water Research, 33 (1999), 2941–2948
- [28] Bitton G., *Wastewater microbiology*. 4th Edition, Wiley-Blackwell, New York, 2011
- [29] Fedler C. B., Francis R., Parekh D., Blanchet S., *Review of potential onsite wastewater disinfection technologies*. Texas Onsite Wastewater Treatment Research Council – TCEQ Project, 2012, 582–11–11054
- [30] Janex M., Savoye P., Roustan M., Do-Quang Z., Lazarova V., *Wastewater Disinfection by ozone: influence of water quality and kinetic modeling*. Ozone. Science & Engineering, 2000, 22(2), 113–120
- [31] Ozone Solutions Inc., *Ozone and wastewater disinfection*, 2013
- [32] Sobsey M., *ENVR 133 Water and wastewater disinfection*. 2006
- [33] Gomez M., Plaza Garron G., Perez J., Gomez M. A., *A comparative study of tertiary wastewater treatment by physico-chemical-UV process and macrofiltration-ultrafiltration technologies*. Desalination, 2007, 202, 369–376
- [34] Kowal A., Świdarska-Brzóz M., *Oczyszczanie wody*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2009
- [35] Bray R., Jankowska K., Kubalt E., Łuczkiwicz A., Sokołowska A., Quant B., *Zastosowanie mikrofiltracji do doczyszczania komunalnych ścieków oczyszczonych*. [w:] *Membrany I Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska*. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, 2012, 65, 87–99
- [36] Gitis V., Hankins N., *Water treatment chemicals: Trends and challenges*. Journal of Water Process Engineering, 2018, 25, 34–38

- [37] Bodzek M., Konieczny K., Rajca M., *Membranes in water and wastewater disinfection – review*. Archives of Environmental Protection, 2019, 1(45), 3–18
- [38] Wintgens T., Melin T., Schafer A., Khan S., Muston M., Bixio D., Thoeye C., *The role of membrane process in municipal wastewater reclamation and reuse*. Desalination, 2005, 178, 1–11
- [39] Gehr R., Chen D., Moreau M., *Performic acid (PFA): tests on an advanced primary effluent show promising disinfection performance*. Water Sci. Technol. 59 (1), 2009, 89–96
- [40] Koivunen J., Heinonen-Tanski H., *Peracetic acid (PAA) disinfection of primary secondary and tertiary treated municipal wastewaters*, Water Res. 39, 2005, 4445–4453
- [41] Ordonez J.A., Sanz B., Hernandez P.E., Lopez-Lorenzo P., *A note on the effect of combined ultrasonic and heat treatments on the survival of thermotolerant streptococci*, Journal of Applied Bacteriology, 54 (1984), 175–177
- [42] Mc Clements D.J., *Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing*, Trends in Food Science and Technology, 6(9), 1995, 293–299
- [43] Rusin A., Machnicka A., *Kawitacja ultradźwiękowa w higienizacji osadu czynnego nadmiernego*, Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko, Główny Instytut Górnictwa, 3 (2011), 73–80
- [44] Hawrylik E., *Wpływ ultradźwięków na dezintegrację bakterii nitkowatych obecnych w osadzie czynnym*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 1(92), 2018, 29–31
- [45] Hawrylik E., Zaręba K., Butarewicz A., *Wpływ ultradźwięków na przeżywalność drobnoustrojów obecnych w osadzie ściekowym*, Inżyniera Środowiska – Młodym Okiem, Ścieki i osady ściekowe, 31 (2017), 111–123



# Białystok jako zielone ekocity

*Słowa kluczowe:* zrównoważony rozwój, renaturyzacja miasta, strategia rozwoju

## Streszczenie

Problematyka ochrony środowiska jak ekologicznego podejścia do zagospodarowania obszarów miejskich ma na celu kształtowanie środowiska i najbliższego otoczenia człowieka, w ten sposób, by poszczególne elementy ekosfery harmonijnie łączyły się z wytworami techniki i cywilizacji. Przykładem właściwego połączenia tych elementów jest nowoczesny obraz miasta Białystok będącego stolicą województwa podlaskiego i największą aglomeracją w Polsce Północno-Wschodniej. Czyste środowisko przyrodnicze i zielony wizerunek jest podstawowym warunkiem do harmonijnego rozwoju zarówno społecznego, jak i gospodarczego miasta Białystok. Właśnie z tych względów planowanie oraz zmiany polityki społeczno-gospodarczej nawiązują do polityki ekologicznej. Jednym z głównych działań proekologicznych zrealizowanych przez władze miasta Białystok jest rozwój zieleni miejskiej. Niezwykły system zieleni urządzonej w Białymstoku tworzą: parki, parki zabytkowe, skwery i zieleńce, bulwary, tereny sportowo-rekreacyjne, cmentarze, ogrody działkowe, zielen przyuliczna, zielen osiedlowa oraz zielen towarzysząca zabudowie. Należy wspomnieć o miejskich łąkach kwiatowych, pasiekach, schroniskach dla owadów, zielonych budynkach, przystankach, a nawet ekranach przeciwhałasowych, renaturyzacji znajdujących się w mieście zbiorników wodnych. Miasto Białystok, ulegające ciągłym przeobrażeniom w zieloną oazę, stara się spełniać potrzeby współczesnych mieszkańców i jednocześnie odpowiadać problematyce zielonej psychologii człowieka.

## Wprowadzenie

Problematyka szeroko rozumianej ochrony środowiska jak „zielonego” podejścia do zagospodarowania obszarów miejskich ma przede wszystkim na celu racjonalne, zgodne z prawami natury i społeczeństwa budowanie i kształtowanie środowiska człowieka, w ten sposób, by poszczególne elementy ekosfery harmonijnie łączyły się

z wytworami techniki i cywilizacji. Kształtowanie krajobrazu miasta ma swoje korzenie już w starożytności, ale intensyfikacja zainteresowania i odpowiedniego połączenia zagadnień ochrony środowiska z architekturą krajobrazu znalazła zrozumienie w końcu XX wieku. Rozkwit nowego spojrzenia na ośrodki miejskie nastąpił zaś w XXI wieku. Obecnie, zrozumienie potrzeb mieszkańców jak zachowanie dziedzictwa tak kulturowego jak i przyrodniczego jest priorytetem kształtowania wizerunku nowoczesnego miasta umożliwiające przywrócenie w nim równowagi przyrodniczej. Podejmowane działania i strategie mają na celu zapobieganie lub przeciwdziałanie negatywnemu oddziaływaniu na środowisko, niwelują jego zniszczenia i uszkodzenia powstałe w latach poprzednich, neutralizują zanieczyszczenia, i odwracają zmiany fizyczne, chemiczne lub biologiczne [1–3].

Podejmowane działania w ramach odbudowy krajobrazu i środowiska miejskiego obejmują:

- Stosowanie technologii opierających się na obniżonym zakresie przetwórstwa i zmian,
- Stosowanie technologii, obniżających wykorzystanie surowców naturalnych
- Zmniejszanie zapotrzebowania na energię
- Zmniejszanie emisji gazów zanieczyszczających atmosferę
- Zastosowanie rozwiązań pochłaniających dwutlenek węgla
- Wykorzystanie materiałów z recyklingu
- Rozwijanie ekologicznej świadomości mieszkańców [2].

Podejmowane działania w zakresie renaturyzacji miast powinny być silnie sprzężone z działaniami w kierunku ochrony środowiska oraz budowy i ciągłego rozwijania świadomości ekologicznej mieszkańców. Celem właściwego kształtowania świadomości ekologicznej społeczeństwa jest uwrażliwienie grup i jednostek na problemy środowiskowe oraz rozwijanie czynności, dążeń i stylów życia, które zwiększają pieczę nad otaczającą przyrodę [4]. W kontekście przemiany betonowych miast w zielone oazy, ważnym elementem szeroko zakrojonych badań działań na rzecz środowiska jest konstatacja, że warunkiem koniecznym jest przekształcenie świadomości ekologicznej mieszkańców miast warunkującej bytowanie w sąsiedztwie zmienionych ekosystemów. Jak zauważa Szymańska [5] „konsekwentne zwiększanie nakładów na ochronę środowiska jest również ważnym zadaniem, podobnie jak budzenie świadomości ekologicznej i edukacja kolejnych pokoleń w zakresie bezpieczeństwa i przygotowania do życia w harmonii ze zrównoważonym rozwojem”.

## **Miasto Białystok**

Podlasie i leżące tu największe miasto Białystok będące stolicą województwa podlaskiego należy do polskich obszarów o najczystszej jakości powietrza. Świadczy o tym niższa niż w innych aglomeracjach emisja zanieczyszczeń do powietrza, ja-

kość odprowadzanych ścieków, zawartość metali ciężkich w glebie, czystość wód powierzchniowych i podziemnych oraz inne czynniki wpływające na zmianę stanu środowiska [6]. Co więcej, cechą wyróżniającą Białystok jest jego wielokulturowość i bogata historia kształtowania się wpływów różnych wielowyznaniowych grup i narodów. Stopień uprzemysłowienia Białegostoku jest niski i opiera się głównie na produkcji i przetwórstwie żywności, w którym dominuje przemysł mleczarski, mięsny, owocowo-warzywny, browarniczy, gorzelniczy i młynarski [7].

Miasto Białystok od kilkudziesięciu lat dynamicznie rozwija się zarówno pod względem demograficznym jak i gospodarczym. Wraz z szybkim rozwojem miasta zwiększa się poziom degradacji środowiska oraz wiążące się z im zagrożenia zdrowia i życia dla ludzi, ekosystemu i klimatu. Nie bez znaczenia pozostają też zaniedbania w dziedzinie ekologii z poprzednich dziesięcioleci, kiedy to nie przywiązywano uwagi do ochrony środowiska. Zmiany w tym zakresie rozpoczęły się dopiero po upadku komunizmu, a znacząco przyspieszyły dopiero na początku XXI wieku, w okresie ubiegania się Polski o członkostwo w Unii Europejskiej. Obecnie oparte o dyrektywy unijne polskie prawo w zakresie ochrony środowiska wymusza na jednostkach samorządu terytorialnego, instytucjach, przedsiębiorstwach, a także na osobach fizycznych różnego rodzaju działania proekologiczne. W ostatnich latach na terenie miasta Białystok zrealizowano wiele inwestycji mających na celu ochronę środowiska, sfinansowanych zarówno z budżetu miasta jak i funduszy unijnych oraz innych dotacji krajowych.

Czyste środowisko przyrodnicze i zielony wizerunek jest podstawowym warunkiem do harmonijnego rozwoju zarówno społecznego, jak i gospodarczego miasta Białystok. Właśnie z tych względów planowanie oraz zmiany polityki społeczno-gospodarczej powinno silnie nawiązywać do polityki ekologicznej. Zakres tej polityki jest od lat ujmowany w różny sposób w źródłowych materiałach strategicznych i programowych urzędu miasta. Najważniejszymi dokumentami, uwzględniającymi potrzebę i zakres ochrony środowiska są [6–9]:

- Program Ochrony Środowiska,
- Strategia Rozwoju,
- Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego.

W jednym z najszerszych dokumentów strategiczno-planistycznych, Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego, wymienione zostały główne problemy z zakresu ochrony środowiska, do których należą m.in. [9]:

- Właściwe gospodarowanie zasobami środowiska,
- Nieustająca potrzeby rekultywacji i zwalczania erozji powierzchni ziemi,
- Rosnące potrzeby rozwoju rolnictwa ekologicznego,
- Rozwój turystyki i rekreacji oraz lecznictwa uzdrowiskowego,
- Pojawiające problemy gospodarki leśnej,
- Odpowiednie planowanie ochrony terenów o specjalnych walorach przyrodniczych.

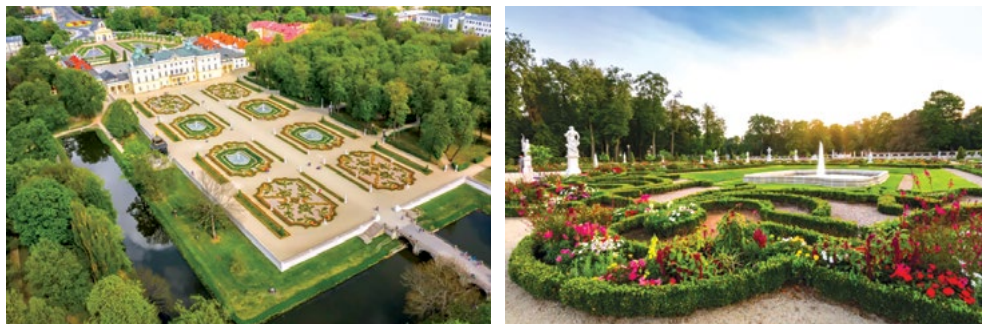


Dotychczasowe intensywne eksploatowanie zasobów, zwłaszcza surowców naturalnych (woda, gleba, surowce skalne – gł. piaski, drewno i in.), powodowało przez lata bardzo negatywne oddziaływanie na środowisko naturalne. Jego efektami ubocznymi były i są nadal emisje szkodliwych gazów, zanieczyszczenie powietrza, wód, wycinka lasów itp. Koncepcja zrównoważonego rozwoju miasta podkreśla zatem bardzo ważną rolę czynników społecznych oraz środowiskowych, w celu zaspokojenia potrzeb zmian wizerunku miasta jak i obecnego pokolenia mieszkańców, a także pokoleń przyszłych [7, 8].

Władze miasta, przed przystąpieniem do przebudowy wizerunku swojej aglomeracji i podjęcia kluczowych decyzji o renaturyzacji wybranych jego terenów przeprowadziły dokładną analizę strategii rozwoju i uwarunkowań rozwojowych [10, 11]. Sprawdzone również stopień realizacji przedsięwzięć założonych w strategii zrównoważonego rozwoju. W tym celu dokonano analizy aglomeracji pod względem uwarunkowań terytorialnych, demograficznych (ludność, zatrudnienie, pracodawcy), modernizacja przestrzeni miejskiej, ekologii i ochrony środowiska (obszary chronione, ochrona wód powierzchniowych, ochrona powietrza, ochrona przed hałasem), infrastruktury technicznej (komunikacja, telekomunikacja, infrastruktura elektroenergetyczna i gazowa, gospodarka zasobami naturalnymi, wodociągi i kanalizacja, gospodarka odpadami), infrastruktury społecznej (edukacja publiczna, pomoc społeczna, ochrona zdrowia, bezpieczeństwo i ochrona), potencjału kulturowego i turystycznego (kultura i ochrona dziedzictwa narodowego, kultura fizyczna i sport, turystyka i infrastruktura turystyczna) [6–9].

## System zieleni miejskiej

Jednym z głównych działań proekologicznych zrealizowanych przez władze miasta Białystok jest rozwój zieleni miejskiej. System zieleni urządzonej w Białymstoku tworzą: parki, parki zabytkowe, skwery i zieleńce, bulwary, tereny sportowo-rekreacyjne, cmentarze, ogrody działkowe, zieleń przyuliczna, zieleń osiedlowa oraz zieleń towarzysząca zabudowie. Miasto może pochwalić się pięknymi i zadbanymi parkami, jest ich aż 11, z czego 6 to parki zabytkowe. Całkowita powierzchnia parków wynosi 86,17 ha. Białostockie parki zabytkowe, poza walorami przyrodniczymi, są świadectwem sztuki kompozycji zieleni pochodzącej głównie z XIX wieku [11]. Najstarszym jest park Branickich będący barokowym zespołem pałacowo-ogrodowym, założonym w XVII w. bezpośrednio przy głównej rezydencji hetmana Jana Klemensa Branickiego (rys. 1). Dzięki kompleksowi pałacowo-ogrodowemu miasto Białystok jest nazywane „Wersalem północy”. Ogród znajdujący się za pałacem jest symetryczny względem alejki głównej, biegnącej przez środek ogrodu. Drzewa i krzewy są równo przystrzyżone i uformowane. Na terenie parku znajduje się salon ogrodowy z 8 parterami bukszpanowymi, boskiety, duża sadzawka „zwierciadłana”, system kanałów oraz dwa pawilony – włoski i chiński. W parku dominują drzewa liściaste m.in. lipy, wiązy, kasztanowce, graby, brzozy, olsze, tuje, wierzby płaczące i jabłonie [6–9].



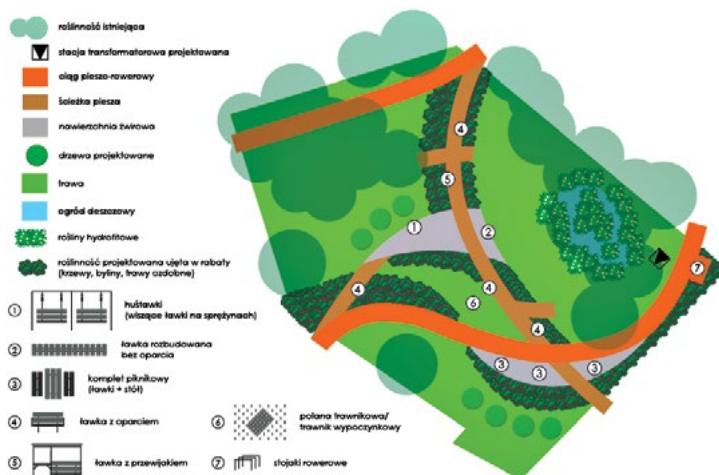
Rysunek 1. Ogród pałacowy przy dworze Branickich a) widok z lotu ptaka (fot. Alexandr+Medvedkov/Shutterstock), b) widok rabaty pałacowej (fot. Patryk Kośmider/Shutterstock)

Źródło: [12, 19]

Parki – zarówno te zabytkowe jak i miejskie, są siedliskiem licznych gatunków roślin. Część z nich powstała poprzez kształtowanie dawnych kompleksów leśnych utrzymując w parkach ciągłość pierwotnych populacji niektórych gatunków roślin i zwierząt. W 4 parkach nie wygrabia się liści, co ma na celu stworzenie warunków jak najbardziej zbliżonych do warunków panujących w lasach. W 2019 r. miasto utrzymywało:

- 6 parków zabytkowych m.in. Park Planty, Ogród Branickich (59,91 ha),
- 5 parków miejskich np. Park Antoniuk, Park Centralny (26,26 ha),
- 17 skwerów (17,8 ha) [6].

Miasto Białystok stara się sukcesywnie zwiększać powierzchnię terenów zielonych na terenach zurbanizowanych. Inicjowane jest powstawanie nowych, niewielkich parków tzw. „parków kieszonkowych” oraz skwerów, które łatwo wkomponować w miejski krajobraz [6, 7]. Z uwagi na małe rozmiary można zlokalizować je w wielu miejscach miasta, umożliwiając mieszkańcom łatwy dostęp do terenów zielonych. Pierwszy park kieszonkowy powstał w 2020 roku przy ul. Parkowej. Dwa kolejne parki kieszonkowe mają pojawić się w Białymstoku do końca 2021 roku. Pierwszy z nich powstanie na niezagospodarowanych działkach przy ulicy Gen. Wł. Andersa i będzie zajmował powierzchnię 0,37 ha (rys. 2). Powstanie tu pierwszy w Białymstoku miejski ogród deszczowy. Jego głównym zadaniem będzie zbieranie i wykorzystywanie wody opadowej. Ogród deszczowy będzie miał kształt nieregularnej plamy i poza roślinami ozdobnymi, zastosowane zostaną rośliny oczyszczające wodę. Zastosowanie warstw filtrujących wraz z odpowiednią roślinnością spowoduje, że ogród będzie oczyszczał zebrane wody opadowe. Ponadto w pobliżu wyżej wspomnianej ul. Gen. Wł. Andersa powstaną zielone ekrany dźwiękochłonne w postaci wysokich metalowych trejaży porośniętych pnączami ozdobnymi [7–9].



Rysunek 2. Park Kieszonkowy przy ulicy Andersa – koncepcja zagospodarowania

Źródło: [10]

Drugi park kieszonkowy (o pow. 0,39 ha) będzie zlokalizowany na osiedlu Nowe Miasto. Powstanie dzięki inicjatywie mieszkańców, w ramach Budżetu Obywatelskiego 2021 [7,8]. Powstaną tam ścieżki, mały plac zabaw, altana, nasadzenia drzew i krzewów liściastych, rabaty bylinowo-ziolowe i łąka kwietna [3]. Omawiając zieleń miejską w Białymstoku nie sposób nie wspomnieć o „zielonej” Operze i Filharmonii Podlaskiej (rys. 3) [13]. Obiekt oddano do użytku w 2012 roku. Gmach Opery i Filharmonii Podlaskiej otoczony jest ogrodami i oczkami wodnymi. Na dachu budynku znajduje się zielony taras widokowy. Wiele części opery jest pokrytych roślinnością co sprawia, że cały budynek genialnie współgra z zielonym otoczeniem [13].



Rysunek 3. Opera i Filharmonia Podlaska a) widok z lotu ptaka (fot. Wojciech Wojtkielewicz), b) widok na główne wejście do budynku

Źródło: [14, 20]

Niemniej jednak zielen miejska nie kończy się na parkach, skwerach i budynku Opery i Filharmonii Podlaskiej. Miasto Białystok prowadzi politykę wtapienia zieleni w krajobraz miejski [7, 8, 10]. Doskonałym przykładem tego są zielone ekrany dźwiękochłonne zlokalizowane przy ulicy Gen. N. Sulika oraz przy ulicy K. Ciołkowskiego, na których umieszczono łącznie 2000 pnączy winobluszczu. Kolejnym przykładem są zielone przystanki (rys. 4). Trzy pierwsze powstały w 2019 r. i zostały wyposażone w zielony dach, zieloną ścianę, dodatkową roślinność za wiatą i w donicy wolnostojącej. Z inicjatywy mieszkańców, którzy wybrali w głosowaniu budżetu obywatelskiego projekt „Zielone Przystanki Białostockiej Komunikacji Miejskiej”, do połowy listopada 2021 roku ma powstać kolejne 8 przystanków. Na szczególną uwagę zasługuje zagospodarowanie pasów drogowych i niektórych działek gminnych jako łąki kwietne [7, 8, 10].



Rysunek 4. Zielony przystanek przy ul. Pałacowej (fot. Marcin Jakowiak/UM Białystok)

Źródło: [15]

## Łąki kwietne

Białystok od 2019 roku realizuje projekt tworzenia łąk kwietnych na terenie miasta. W ciągu 3 lat powstało w Białymstoku blisko 15 ha łąk kwietnych. Pierwsze łąki, o łącznej powierzchni 5,5 ha, powstały w 2019 r. Utworzono je w pasach drogowych, działkach gminnych i w charakterystycznych punktach miasta [6–8].

Poszczególne łąki różnią się od siebie ze względu na zastosowaną mieszankę roślin. Wyróżnia się trzy główne rodzaje łąk kwietnych. Pierwszy to łąki z tradycyjnymi odmianami bylin z dodatkiem roślin jednorocznych. To jednoroczne kwiaty sprawiają, że kwiatowa łąka jest kolorowa w pierwszym roku po wysianiu. Druga formacja to pola zbóż, w które zasiano ich chwasty, czyli polne kwiaty takie jak maki czy cha-

bry. Trzecią formą są słoneczniki, które zostały zasiane w charakterystycznych miejscach: na rondach i na wzgórzu pod kościołem pw. Zmartwychwstania Pańskiego (rys. 5). Łąki kwiatne znacząco upiększają miasto zarówno te usytuowane na pasach drogowych, jak i w miejscach charakterystycznych Białegostoku (rys. 6) [7, 8, 11].



Rysunek 5. Pola słoneczników w Białymstoku (fot. Wojciech Wojtkielewicz/Poranny)

Źródło: [16]



Rysunek 6. Pasy drogowe jako łąki kwiatne a) ul. Popiełuszki (fot. Marcin Jakowiak/UM Białystok), b) ul. Tysiąclecia Państwa Polskiego (fot. Marcin Jakowiak/UM Białystok)

Źródło: [11]

Łąki są nowoczesną formą utrzymania zieleni w pasach drogowych, mają wiele zalet poza wspomnianym malowniczym wyglądem. Zastosowane mieszanki roślin oczyszczają powietrze z pyłów PM10 i PM2,5. Ich zadaniem jest również mikroretencja deszczu. Poprawiają bioróżnorodność i mikroklimat, a zastosowane mieszanki

roślin dają pożywienie dla owadów. Łąki kwietne są ważnym elementem ochrony owadów na terenach miejskich, gdyż na terenach wysoce zurbanizowanych wymiera wiele ich gatunków [3].

## Pasieka miejska i domki dla owadów

Białystok chce być miastem zaliczanym do grupy tzw. „Miast przyjaznych pszczołom”. W ostatnich latach zbudowano pasiekę dla pszczół oraz wiele domków dla owadów. Pierwsza miejska pasieka powstała w październiku 2019 r. przy skrzyżowaniu ul. J. K. Branickiego i ul. Cz. Miłosza (rys. 7).



Rysunek 7. Miejska Pasieka (fot. Marcin Mazewski/Polskie Radio Białystok)

Źródło: [17]

Dla bezpieczeństwa ule zostały ustawione za rzeką. Można je obserwować, ale nie ma do nich bezpośredniego dostępu. Wokół uli znajdują się łąki kwietne i pola słonecznikowe. Dodatkowo w pobliżu zostały posadzone drzewa owocowe i krzewy obficie kwitnące, a także rośliny miododajne. To zapewnia pszczołom wystarczającą ilość pożywienia od początku wiosny do późnej jesieni. Według szacunków pszczoły z każdego ula powinny wyprodukować od 10 do 15 kg miodu, który jest rozdawany mieszkańcom miasta przy różnych okazjach. Na terenach zielonych w Białymstoku jest także wiele domków dla owadów, tzw. Zapyłających (rys. 8). Usytuowane są w parkach, ale także w pobliżu miejsc gdzie powstają łąki kwietne. Zbudowane są z naturalnych materiałów – wewnątrz są np. kawałki cegieł, szyszki czy słoma. Z jednego domku mogą korzystać różne gatunki owadów. Budowle zostały zabezpieczone siatką, by nie mogły się do nich dostać szerszenie. Akcja ta ma nie tylko ochronę owadów – ma na celu również edukować ekologicznie białostocką społeczność [7, 8, 11].



Rysunek 8. Domki dla owadów (fot. Martyna Kowalik-Strapczuk/UM Białystok)

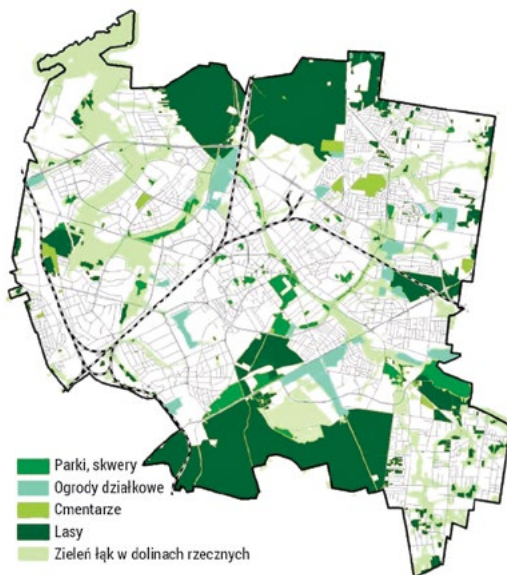
Źródło: [11]

## Lasy na terenie miasta Białystok

Kluczowy wpływ na miasto ma rozmieszczenie dużych kompleksów leśnych i rozległych terenów w dolinach rzek (rys. 9). Tereny otwarte oraz zieleni (łąki, pastwiska, grunty rolne, lasy, zieleń urządzona, nieużytki) stanowią ok. 50% obszaru miasta i tworzą bogaty zasób terenów przyrodniczych. Lasy w granicach administracyjnych miasta Białegostoku zajmują aktualnie areał ok. 1846 ha, stanowiąc tym samym 18,01% jego całkowitej powierzchni co pod tym względem plasuje miasto na jednym z wyższych miejsc wśród wszystkich większych miast Polski. Lasy w Białymstoku porastają przede wszystkim obrzeża miasta. Największymi zwartymi kompleksami są: „Las Solnicki”, „Las Pietrasze” wraz z „Lasem Wesołowskim”, „Las Bagno”, „Las Bacieczkowski”. Lasy komunalne są skupione głównie w dwóch kompleksach: lasy zlokalizowane w pobliżu centrum miasta w okolicach Parku Zwierzynieckiego wraz z rezerwatem przyrody „Las Zwierzyniecki” oraz lasy leżące w okolicach Stawów Dojlidzkich administrowane przez Białostocki Ośrodek Sportu i Rekreacji. Pozostałe lasy gminne są skupione w niewielkich kompleksach, głównie na osiedlu Jarosówka. Na terenie miasta Białegostoku występują obecnie 2 leśne rezerwaty przyrody – Zwierzyniecki o powierzchni 33,86 ha i Antoniuk o powierzchni 70,7 ha [6, 7, 8, 9].

Lasy Białegostoku to w przeważającej części bory świeże (Bśw) i bory mieszane świeże (BMśw) z dominacją sosny zwyczajnej. Natomiast wiek większości drzewostanów mieści się w granicach 20–60 lat (II i III klasa wieku). Dominującą funkcją całości lasów białostockich jest funkcja obszarów rekreacyjno-wypoczynkowych,

a gospodarka leśna jest oparta głównie na przeprowadzaniu niezbędnych zabiegów ochronnych oraz pielęgnacyjnych [6, 9].



Rysunek 9. Struktura obszarów zieleni

Źródło: [6]

Miasto Białystok podejmuje działania ochronne miejskich ekosystemów leśnych, których celem jest zachowanie ze względów naukowych i ekologicznych fragmentów lasów odznaczającego się wysokim stopniem naturalności z szeregiem rzadkich gatunków roślin. W ostatnich latach podejmowano następujące działania ochronne [7, 8, 11]:

- diagnozowano zagrożenia ekosystemów leśnych spowodowanych wpływem czynników zewnętrznych, mogących spowodować zaburzenie przebiegu procesów naturalnych w ekosystemie lub zagrożeń trwałości ekosystemów;
- zwiększano odporność ekosystemów leśnych poprzez zachowanie lub przywrócenie właściwego składu gatunkowego drzewostanów zgodnie z siedliskiem, struktury wiekowej i pionowej;
- działania chroniące przed szkodami powodowanymi przez czynniki zewnętrzne;
- ochrona i przywracanie bioróżnorodności biologicznej ekosystemów;
- ochronę przed szkodnictwem;
- wykonano inwentaryzację dotyczącą istniejących form ochrony przyrody;
- wykonywano zabiegi związane z ochroną migracji płazów;
- utrzymywano domki dla dzikich owadów zapylających;
- powołano nowe formy ochrony przyrody (5 nowych pomników przyrody w 2016 r.). [6–9, 11]



Ponadto w Białymstoku istnieje 17 pomników przyrody, łącznie 33 drzewa (tabela 1). Jak w większości polskich miast, zdecydowanie najwięcej wśród nich jest dębów szypułkowych, bo aż 21. [6–8]. W 2016 roku powołano aż 5 nowych pomników przyrody. Jednym z nich jest ponad 200-letni dąb szypułkowy, nazwany „Michał Wołodyjowski” (rys. 10), analogicznie do ulicy przy której jest zlokalizowany, czyli ul. M. Wołodyjowskiego 8. Obwód pnia dębu mierzony na wysokości 130 cm wynosi 326 cm. Jego wysokość to 23,5 m, a średnica korony wynosi 25 m. Drzewo rośnie prosto do wysokości ok. 6 m, skąd wypuszcza pierwsze konary, tworzące regularną koronę. Warto podkreślić, że dąb został uznany za pomnik przyrody dzięki inicjatywie okolicznych mieszkańców, którzy skierowali w tej sprawie wnioski do władz miasta. Dęby szypułkowe są gatunkiem długowiecznym, mogącym żyć nawet więcej niż 1000 lat. Dorastają nawet do 50 m wysokości, posiadają gruby, stosunkowo krótki pień i rozłożystą koronę wspartą na ogromnych konarach. Są one powszechnie uważane za szlachetne drzewa [7, 8].



Rysunek 10. Dąb szypułkowy „Michał Wołodyjowski” (fot. Marcin Jakowiak/UM Białystok)

Źródło: [11]

Tabela 1. Wykaz pomników przyrody na terenie miasta Białystok

Lp.	Przedmiot ochrony	Obiekt	Lokalizacja	Obwód [cm]	Wysokość [m]	Rok powołania
1	grupa drzew	8 dębów szypułkowych, 1 kasztanowiec, 1 jesion wyniosły	cmentarz w rejonie ul. Wasilkowskiej i Pułkowej	172–275	18–20	1996
2	pojedyncze drzewo	wiąz szypułkowy	ul.I.Malmeda 31 A	290	20	1981
3	pojedyncze drzewo	wiąz szypułkowy	ul. Zacisze 1	334	18	1981
4	pojedyncze drzewo	grab zwyczajny	rezerwat „Las Zwierzyniecki”	293	21	1981
5	pojedyncze drzewo	dąb szypułkowy	ul. Białostoczek 54	271	20	1996
6	pojedyncze drzewo	dąb szypułkowy	ul.W.Raginisa za posesją 20/B	304	20	1996
7	pojedyncze drzewo	klon zwyczajny	ul. Młynowa 66 i 68	363	21	1998
8	pojedyncze drzewo	modrzew europejski	ul. Zielna 23	210	15	2004
9	pojedyncze drzewo	dąb szypułkowy	ul. Pogodna 8	305	20	2016
10	pojedyncze drzewo	dąb szypułkowy	ul. M. Wołodyjowskiego 8	326	23,5	2016
11	pojedyncze drzewo	dąb szypułkowy	ul.Skorupska 34	286	19	2016
12	pojedyncze drzewo	czereśnia ptasia	Al.1000-lecia Państwa Polskiego 75	260	24	2016
13	grupa drzew	8 dębów szypułkowych	przy ul. Kawalerskiej	217–340	18–24	2016

Źródło: [6, 9]

## Ochrona zbiorników i cieków wodnych

W zakresie poprawy stosunków wodnych w ostatnich latach miasto podejmowało działania polegające na:

- Utrzymaniu, konserwacji i meandryzacji rzeki Białej w granicach administracyjnych miasta;
- Budowie zbiorników retencyjnych;
- Odbudowie stawów Marczukowskich
- Badaniu wód opadowych odprowadzanych do odbiorników naturalnych;

Działania na rzecz zapobiegania suszom:

- Zwiększenie retencji obszarów zurbanizowanych,
- Budowa i rozbudowa systemów sieci wodociągowej oraz modernizacja istniejących,
- Budowa obiektów małej retencji,
- Odbudowa/przebudowa systemów melioracyjnych z odwadniających na nawadniająco-odwadniające i budowa systemów,
- Budowa nowych urządzeń wodnych (innych niż zbiorniki retencyjne) i odbudowa/przebudowa istniejących urządzeń wodnych. [6–9]

Dobrym przykładem działań na rzecz odnowy i renaturalizacji cieków i zbiorników wodnych jest rzeka Biała, główna rzeka Białegostoku (rys. 11). Jest ona odbiornikiem większości wód opadowych z terenu miasta oraz oczyszczonych ścieków przemysłowo-bytowych. Stąd nieustanne starania o jak najlepsze utrzymanie, konserwację i poprawę stanu rzeki. W latach 2015–2016 poszerzono koryto rzeki Białej na odcinku od ul. Cz. Miłosza do ul. Pod Krzywą. Dokonano regulacji, która pozwoliła odtworzyć starorzecze. Zasypano sztucznie utworzone proste odcinki, dzięki czemu rzeka odzyskała naturalny kształt. Na przebudowanym odcinku powstały dwa oczka wodne (o powierzchni 900 m<sup>2</sup> oraz 400 m<sup>2</sup>) i cztery półtorametrowe zastawki. Wszystko po to, aby poprawić retencję i gospodarkę wodną w mieście [6–9, 11].



Rysunek 11. Rzeka Biała w trakcie meandryzacji a) teren pierwotny b) przebudowa

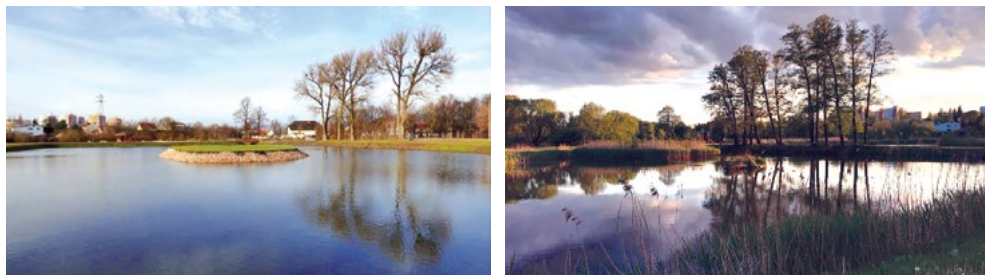
Źródło: [11]

Również w roku 2015 rozpoczęto odbudowę dwóch zaniedbanych stawów przy ul. Marczukowskiej (rys. 12). Przed II wojną światową tereny na Marczuku spełniały funkcję miejskiego kąpieliska. Kiedyś korzystały z nich również PKP. Zbiorniki służyły bowiem do zasilania parowozów z pobliskiej lokomotywowni. Przez lata nie były używane, ani konserwowane. Teren wokół stawów był zarośniętym nieużytkiem, a stawy – zamulonymi bajorkami. Jedną z miejskich inwestycji umożliwiła mieszkańcom odzyskanie dostępu do tych pełnych walorów przyrodniczych zbiorników wodnych. Inwestycja rozpoczęła się w grudniu 2015 roku i zakończono ją w grudniu 2016 roku. Stawy zostały oczyszczone i pogłębione. Powstały na nich wyspy lęgowe dla ptaków, a na dnie zbiorników – zimowisko dla ryb. Ponadto wybudowano dwa dodatkowe stawy do rozrodu płazów. Oprócz tego wykonano oczyszczenie oraz odmulenie cieku Bażantarka poniżej mostu przy ul. Marczukowskiej, które pozwoliło odprowadzić nadmiar wód do rzeki Białej. Ponadto w pobliżu stawów stworzono strefę rekreacyjną z tarasem widokowym, altaną i 7-metrową wieżą obserwacyjną. Zapomniane i zaniedbane niegdyś stawy stały się zarówno miejscem rekreacji dla mieszkańców, siedliskiem wielu gatunków zwierząt, lecz także zbiornikami retencyjnymi regulującymi warunki wodne (rys. 13) [3].



Rysunek 12. Stawy przy ul. Marczukowskiej przed przebudową (fot. Edyta Wołosik/Polskie Radio Białystok)

Źródło: [18]



Rysunek 13. Stawy przy ul. Marczukowskiej po przebudowie a) staw zachodni (fot. UM Białystok), b) staw wschodni (fot. Monika Lenczewska/Wyborcz)

Źródło: [11, 20]

## Podsumowanie

Współczesne miasto powinno się wpisywać w szerokie zagadnienie psychologii środowiskowej. Odnosi się do ona do zmniejszenia dysonansu w relacji człowiek-przestrzeń. Kiedyś miasta były rosnącymi zbiorowiskami ludzi, których przyciągał rozwijający się w nich handel i usługi. Potem magnesem stał się dynamiczny przemysł dający setki miejsc pracy. Nie bez znaczenia była bliskość innych mieszkańców, szkół i innych usług użyteczności publicznej. Zieleń nie była potrzebna. Budzenie świadomości ekologicznej społeczeństwa XXI wieku zmieniło to spojrzenie i pobudziło potrzebę zmian obszarów miejskich. Współczesny mieszkanin już nie chce po prostu szarymi ulicami chodzić do pracy i szukać oazy spokoju gdzieś za miastem. On teraz chce być i pracować w oazie. Najlepiej takiej, jaka oferuje mu jeszcze i śpiew ptaków w uszach, a na twarzy odczucie przyjemnego powiewu wiatru. Nie chce szarości, nie chce smogu ani spalin. Pragnie radować oczy kolorami i zielenią. Co więcej współczesny mieszkaniec miasta utożsamia się ze swoim otoczeniem. Oczekuje od niego nowoczesności i świeżości, a jednocześnie pięknej, ale złożonej formy i kształtu. Przemieszczanie się przez miasto ma sprawiać przyjemność, a nie męczyć – szczególnie podczas wydłużających się oczekiwań w korku. Można wtedy wychylić się przez okno samochodu i poczuć zapach kwiatów, a oczy nacieszyć tęczą barwnych płatków i liści.

Nowoczesnym mieszkańcom już nie wystarczy zwyczajny budynek w przestrzeni miasta. Pojawiają się marzenia przywołane z Wiszących Ogrodów Semiramidy będących jednym z 7 cudów świata starożytnego: zielone dachy, parki i fontanny w budynkach, złożoność i wielorakość i przestrzeni miejskiej.

Miasto Białystok, ulegające ciągłym przeobrażeniom w zieloną oazę, stara się spełniać właśnie te wszystkie potrzeby i odpowiadać problematyce zielonej psychologii człowieka.

## Literatura

- [1] Berkowska E., *Dostosowanie prawa europejskiego do polskich przepisów środowiskowych*, Biuro Studiów i Ekspertyz, Wydział Analiz Ekonomicznych i Społecznych, nr 1023/2004
- [2] Nowak-Far A., *Ochrona środowiska w UE*, Warszawa 2000, nr 4(15)
- [3] Pyłka-Gałkowska E., *Ekologia i ochrona środowiska*, Wydawnictwo Oświata, Warszawa 2004
- [4] Szczepanowski A. E., *Jakość i atrakcje turystyczne Podlasia*
- [5] Szymańska U., Zębek E., *Prawo i ochrona środowiska – aspekty prawne, ekonomiczne, ekologiczne i techniczne ochrony naturalnej przyrody*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Olsztyn 2008
- [6] *Program Ochrony Środowiska dla Miasta Białystok na lata 2017–2020 z perspektywą na lata 2021–2024*, Białystok, lipiec 2017 r.
- [7] *Strategia Rozwoju Miasta Białegostoku na lata 2011–2020 plus*
- [8] *Projekt Strategii Rozwoju Miasta Białegostoku do 2030 roku*
- [9] Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Miasta Białegostoku – Załącznik Nr. 1 do uchwały Nr XII/165/19 Rady Miasta Białystok z dnia 18 czerwca 2019 r.
- [10] *Strategiczna ocena oddziaływania na środowisko Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podlaskiego na lata 2014–2020*, <https://rpo.wrotapodlasia.pl/>
- [11] Oficjalny portal miasta Białystok, ogólnodostępne dane na stronie Urzędu Miejskiego w Białymstoku – <https://www.bialystok.pl/>
- [12] [www.podroze.onet.pl](http://www.podroze.onet.pl/) / foto: Shutterstock
- [13] <https://www.oifp.eu/> Opera i Filharmonia Podlaska
- [14] Kurier Poranny / Opera i Filharmonia Podlaska <https://poranny.pl/tag/opera-bialystok>
- [15] <https://poranny.pl/trzeci-zielony-przystanek-w-bialymstoku-przy-ul-palacowej-juz-gotowy-zdjecia/ar/c1-14404201>
- [16] <https://poranny.pl/pola-slonecznikow-w-bialymstoku-to-teraz-najmodniejsze-miejsce-w-miescie-zdjecie-ze-slonecznikami-w-tle-chce-miec-kazdy/ar/c1-14327259>
- [17] <https://www.radio.bialystok.pl/wiadomosci/index/id/175464>

- [18] <https://www.radio.bialystok.pl/wiadomosci/index/id/120339>
- [19] [shutterstock.com](https://www.shutterstock.com)
- [20] <https://bialystok.wyborcza.pl/bialystok/7,35241,21080487,stawy-marczukowskie-wrocily-kiedys-korzystaly-z-nich-parowozy.html>

# Żywność ekologiczna a konwencjonalna – wybrane właściwości

**Słowa kluczowe:** rolnictwo ekologiczne, żywność ekologiczna, zanieczyszczenia żywności, ochrona środowiska

## Streszczenie

W pracy zdefiniowano pojęcie rolnictwa ekologicznego i konwencjonalnego oraz przedstawiono różnice w jakości wyprodukowanej żywności wynikające z systemu gospodarowania. Przeprowadzono badania laboratoryjne, dzięki którym porównano zawartość suchej masy, aktywność wody oraz zawartość potasu, żelaza, miedzi, manganu i ołowiu w żywności. Materiały do badań stanowiły te same grupy produktów spożywczych, pochodzące z certyfikowanej produkcji ekologicznej i produkcji konwencjonalnej. Otrzymane wyniki wykazały, że certyfikowana żywność ekologiczna charakteryzuje się większą zawartością suchej masy oraz mniejszą aktywnością wody. Natomiast produkty konwencjonalne odznaczają się większą zawartością badanych pierwiastków, do czego przyczynia się m.in.: tło geochemiczne, stosowanie nawozów mineralnych oraz rozwój przemysłu i transportu. Ekologiczny sposób gospodarowania wpływa na podwyższenie jakości spożywanej żywności poprzez ograniczenie migracji składników nawozowych i innych zanieczyszczeń.

## Wstęp

Konsument, który nabywa określony produkt żywnościowy, posiada pewne oczekiwania dotyczące jego jakości. Jest on również ostatecznym odbiorcą i ponosi całe ryzyko konsekwencji zdrowotnych związanych z jego spożyciem [16]. Do podstawowych czynników, które warunkują jakość żywności można zaliczyć warunki środowiskowe oraz system gospodarowania [4]. Dlatego też, coraz więcej osób w trosce o zdrowie wprowadza do jadłospisu produkty pochodzące z produkcji ekologicznej, które są utożsamiane z produktami wysokiej jakości [8, 5]. Żywność ekologiczna jest



produkowana w gospodarstwach i przetwórnich, które podlegają certyfikacji zgodnie z zasadami dotyczącymi rolnictwa ekologicznego oraz przetwórstwa ekologicznego. Ten sposób produkcji opiera się na bezpiecznych dla środowiska praktykach rolniczych, które charakteryzują się odpowiednio dobranym płodozmianem oraz zastosowaniem nawozów zielonych, naturalnych i kompostów pochodzących z własnego gospodarstwa rolnego, a w procesie pielęgnacji roślin, w tym także w odchwaszczaniu upraw, stosuje się zabiegi typowo mechaniczne, które nie wymagają stosowania środków chemicznych [9]. Całokształt tych zabiegów przekłada się na otrzymywanie produktów spożywczych, które cechują się większą zawartością witamin, minerałów i innych cennych składników niż produkty otrzymywane w konwencjonalny sposób, czyli taki, którego celem jest maksymalizacja zysku. Konwencjonalny system prowadzenia działalności rolniczej nie wyklucza zużycia chemicznych środków ochrony roślin, nawozów sztucznych i stosowania GMO. Produkty, które pochodzą z tego typu gospodarstwa mogą zawierać związki, które są szkodliwe dla organizmu ludzkiego [10, 18]. W związku z rosnącą świadomością konsumentów, która dotyczy jakości żywności i stanu środowiska, coraz częściej prowadzi się badania dotyczące zagadnień związanych z produkcją żywności. Pozwalają one na weryfikację pozytywnego działania spożywanych produktów spożywczych na stan zdrowia oraz ocenę wpływu systemu produkcji rolnej na otaczające środowisko [1].

W celu oceny jakości oraz bezpieczeństwa żywności stosuje się parametry, które należą do trzech podstawowych zakresów takich jak: ocena organoleptyczna, ocena parametrów fizykochemicznych oraz ocena znakowania produktów. Ocena parametrów fizykochemicznych to metoda mierzalna wyznaczenia jakości żywności. Pozwala ona uzyskać niezbędne informacje odnośnie składu produktu, obecności mikro- i makroelementów, witamin, obecności zanieczyszczeń, oraz substancji dodatkowych. Jest ona dostosowana do grupy badanych produktów. Ocena organoleptyczna pozwala jedynie na wstępne badanie autentyczności i zafałszowania produktów spożywczych, natomiast poznanie wybranych cech fizykochemicznych za pomocą badań laboratoryjnych umożliwia pogłębienie wiedzy na temat jakości badanego produktu i stanowi ocenę obiektywną [15].

Celem pracy było oznaczenie wybranych właściwości fizykochemicznych produktów spożywczych pochodzących z upraw ekologicznych i konwencjonalnych, ich analiza oraz przedstawienie różnic wynikających z systemu gospodarowania. Przyczyni się to do oceny jakości produktów spożywczych dostępnych na rynku.

## Materiały i metody

Materiały do badań stanowiły te same grupy produktów spożywczych, pochodzących z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej (Tab. 1).

Tabela 1. Badany materiał

Grupa badanych produktów	Produkty
Owoce	jabłka
	banany
Warzywa	ziemniaki
	ogórki
Przetwory mleczne	śmietana 18%
	kefir
Przetwory zbożowe	płatki owsiane
	kasze jaglane

Źródło: własne

Wymienione produkty żywnościowe poddano analizie laboratoryjnej i oznaczono wybrane właściwości fizykochemiczne, takie jak: zawartość suchej masy za pomocą metody suszarkowej i aktywność wody przy wykorzystaniu aparatu do badania aktywności wody. Po uprzedniej mineralizacji próbek zbadano także zawartość potasu za pomocą fotometru płomieniowego oraz ilość nagromadzonych metali, takich jak: żelazo, miedź, mangan i ołów wykorzystując spektrometr absorpcji atomowej. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą programu komputerowego Statistica v. 12.

## Wyniki

Na podstawie przeprowadzonych badań otrzymano informację na temat zawartości suchej masy, aktywności wody oraz ilości potasu, żelaza, miedzi, manganu i ołowiu w produktach pochodzących z certyfikowanych upraw ekologicznych oraz upraw konwencjonalnych (Tab. 2, Tab. 3).

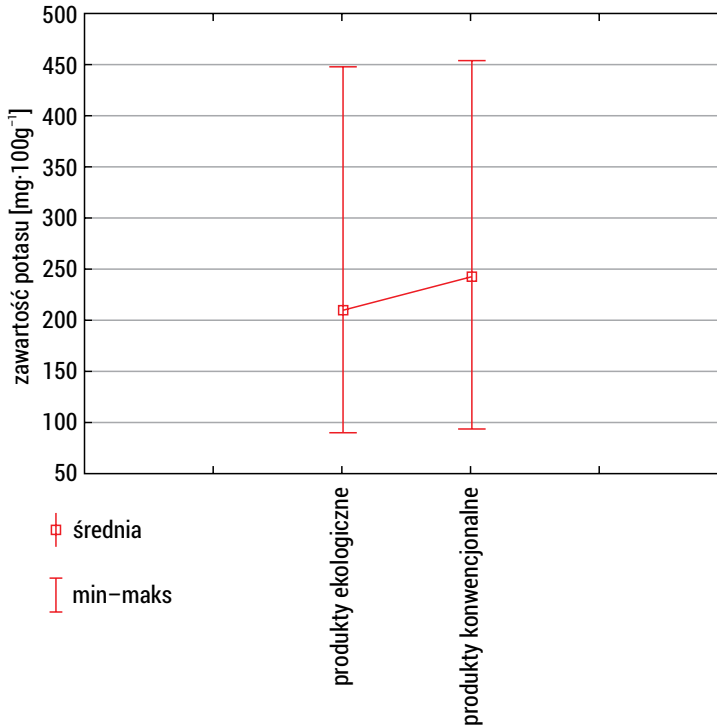
Tabela 2. Zawartość suchej masy i aktywność wody wybranych produktów spożywczych

Grupa badanych produktów	Produkty	Typ gospodarstwa	zawartość suchej masy [%]	aktywność wody [-]
owoce	jabłka	ekologiczne	15,83 ±0,50	0,99 ±0,02
		konwencjonalne	13,63 ±1,02	0,99 ±0,00
	banany	ekologiczne	28,17 ±1,51	0,98 ±0,01
		konwencjonalne	26,44 ±1,30	0,98 ±0,01
warzywa	ziemniaki	ekologiczne	21,82 ±0,91	0,99 ±0,01
		konwencjonalne	13,94 ±0,60	1,00 ±0,00
	ogórki	ekologiczne	3,98 ±0,58	0,99 ±0,01
		konwencjonalne	2,89 ±0,45	1,00 ±0,01
przetwory mleczne	śmietana 18%	ekologiczne	24,99 ±1,15	0,99 ±0,01
		konwencjonalne	24,00 ±0,95	1,00 ±0,01
	kefir	ekologiczne	18,13 ±0,62	0,99 ±0,01
		konwencjonalne	17,41 ±0,84	0,99 ±0,02
przetwory zbożowe	płatki owsiane	ekologiczne	90,31 ±1,50	0,39 ±0,02
		konwencjonalne	90,16 ±1,08	0,47 ±0,03
	kasze jaglane	ekologiczne	88,36 ±0,70	0,44 ±0,02
		konwencjonalne	88,20 ±1,17	0,50 ±0,01

Źródło: własne

Zawartość suchej masy w produktach pochodzenia ekologicznego mieściła się w zakresie od 3,98% do 90,31% całkowitej masy produktu, natomiast w produktach pochodzenia konwencjonalnego od 2,89% do 90,16%. Zauważono, że wszystkie spośród badanych produktów ekologicznych cechowały się wyższą zawartością suchej masy w porównaniu do konwencjonalnych odpowiedników. Również Hallman i in. [6] w swoich badaniach przeprowadzonych na papryce pochodzącej z upraw ekologicznych oraz konwencjonalnych ukazali taką zależność (sucha masa w papryce ekologicznej to średnio 9,58% całkowitej masy warzywa, natomiast w papryce konwencjonalnej to 8,45%). Jak podaje Kazimierczak i in. [7] w badaniach nad wybranymi gatunkami roślin zielarskich, wyniki wskazują także na istotnie wyższą zawartość suchej masy w surowcach pochodzących z uprawy ekologicznej ( $23,94 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1} \text{ ś.m.}$ ) w stosunku do surowców konwencjonalnych ( $19,93 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1} \text{ ś.m.}$ ). Aktywność wody to kluczowy parametr podczas przebiegu procesów biologicznych, który przede wszystkim wpływa na rozwój drobnoustrojów. Na podstawie przeprowadzonego badania stwierdzono, że produkty należące do takich grup jak: owoce, warzywa i przetwory mleczne charakteryzują się aktywnością wody powyżej 0,98, co sugeruje o braku stabilności mikrobiologicznej. Żywność zaklasyfikowana jako przetwory zbożowe odznacza się wartościami analizowanego parametru na poziomie niższym niż 0,5. O aktywności wody decyduje stan wody w materiale. Dlatego istnieje związek pomiędzy znacznie niższą zawartością suchej masy produktów należących do pierwszych trzech wymienionych grup w porównaniu do produktów zbożowych a podwyższoną wartością aktywności wody. Stwierdzono, że wszystkie spośród badanych produktów ekologicznych cechują się wyższą zawartością suchej masy, a tym samym mniejszą aktywnością wody w porównaniu do konwencjonalnych odpowiedników. Podana zależność wynika z większej podatności gromadzenia wody w tkankach roślin pochodzących z upraw konwencjonalnych w wyniku stosowania nawozów mineralnych, co powoduje zmniejszenie ilości suchej masy, a tym samym składników bioaktywnych, co stanowi odmienną sytuację do roślin pochodzących z gospodarstw ekologicznych [3, 7, 11].

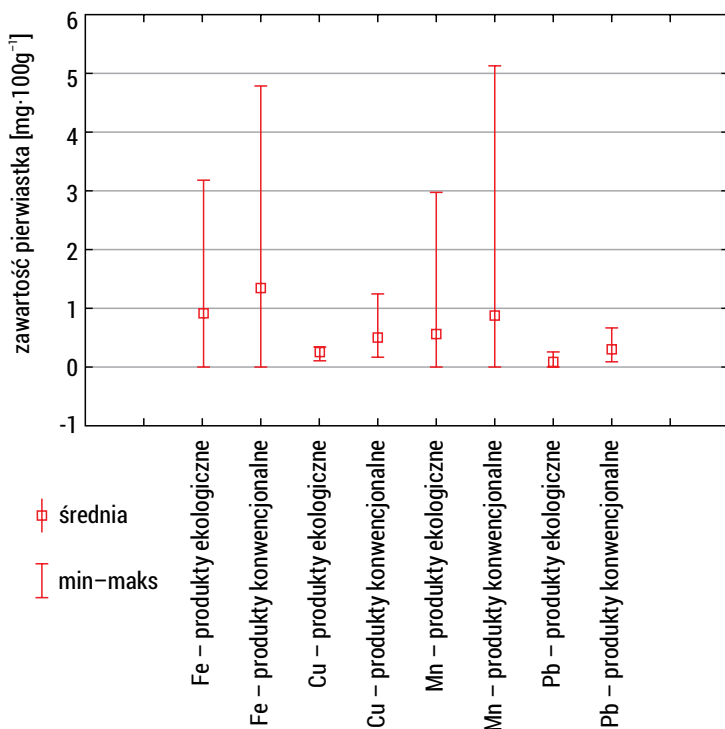
Biorąc pod uwagę zawartość potasu, zauważono, że była ona największa w ziemniakach i płatkach owsianych, przy czym większą zawartość tego pierwiastka stwierdzono w produktach z upraw konwencjonalnych. Potas całkowity to składnik występujący obficie w glebie, jednakże zawartość jego ruchliwych form, które są dostępne dla roślin jest często zbyt niska. Dlatego rolnicy są zmuszeni do nawożenia tym składnikiem [13]. Efekty tego zjawiska są zauważalne w przeprowadzonych badaniach. Żywność pochodząca z upraw konwencjonalnych, czyli tych w których dopuszcza się stosowanie nawozów sztucznych, odznacza się wyższą zawartością omawianego pierwiastka w porównaniu do żywności ekologicznej (Rys. 1).



Rysunek 1. Średnie ilości i zakresy potasu w produktach ekologicznych i konwencjonalnych

Źródło: własne

Ilość żelaza, miedzi i manganu była większa w przeważającej części produktów spożywczych pochodzących z upraw konwencjonalnych w porównaniu do produktów z upraw ekologicznych (Rys. 2). Zawartość żelaza wahała się od 0 do 4,8 mg·100g<sup>-1</sup>, miedzi od 0,1 do 1,3 mg·100g<sup>-1</sup>, a manganu od 0 do 5,1 mg·100g<sup>-1</sup>. Jak podaje Berski i in. [2] średnia zawartość żelaza i manganu w płatkach owsianych ekologicznych również była istotnie mniejsza niż w płatkach z ziarna z upraw konwencjonalnych (żelazo: 29,01 mg·kg<sup>-1</sup> i 38,16 mg·kg<sup>-1</sup>; mangan: 35,50 mg·kg<sup>-1</sup> i 40,60 mg·kg<sup>-1</sup>). Według badań przeprowadzonych przez Śmiechowską i Florek [14] również więcej miedzi zawierały warzywa z uprawy konwencjonalnej, a mianowicie 0,056 i 0,57 mg·kg<sup>-1</sup> św.m w ziemniakach i marchwi oraz 1,53 mg·kg<sup>-1</sup> św.m. w pietruszce. Niższą zawartość miedzi osiągnęły warzywa z uprawy ekologicznej i wynosiła ona 0,21 i 0,27 mg·kg<sup>-1</sup> św.m. w marchwi i ziemniakach oraz 0,08 mg·kg<sup>-1</sup> św.m. w pietruszce. Miedź to pierwiastek zaliczany do grupy metali ciężkich, jednakże w niewielkich ilościach jest niezbędny do prawidłowego funkcjonowania organizmu [17].



Rysunek 2. Średnie ilości i zakresy Fe, Cu, Mn, Pb w produktach ekologicznych i konwencjonalnych

Źródło: własne

Tabela 3. Zawartość żelaza, miedzi, manganu, ołowiu i potasu w wybranych produktach spożywczych

Produkty	Typ gospodarstwa	zawartość Fe [mg·100g <sup>-1</sup> ]	zawartość Cu [mg·100g <sup>-1</sup> ]	zawartość Mn [mg·100g <sup>-1</sup> ]	zawartość Pb [mg·100g <sup>-1</sup> ]	zawartość K [mg·100g <sup>-1</sup> ]
jabłka	ekologiczne	0,1831 ±0,0129	0,0981 ±0,0076	0,1831 ±0,0340	0,0000 ±0,0000	131,5893 ±3,7639
	konwencjonalne	0,2334 ±0,0693	0,1659 ±0,0578	0,2731 ±0,0410	0,2559 ±0,0154	186,6578 ±3,1984
banany	ekologiczne	0,0000 ±0,0000	0,2588 ±0,0908	0,5109 ±0,0509	0,0000 ±0,0000	313,6483 ±8,7364
	konwencjonalne	0,2218 ±0,01980	0,3773 ±0,03480	0,5249 ±0,0460	0,0886 ±0,0045	412,4088 ±10,3870

Produkty	Typ gospodarstwa	zawartość Fe [mg·100g <sup>-1</sup> ]	zawartość Cu [mg·100g <sup>-1</sup> ]	zawartość Mn [mg·100g <sup>-1</sup> ]	zawartość Pb [mg·100g <sup>-1</sup> ]	zawartość K [mg·100g <sup>-1</sup> ]
ziemniaki	ekologiczne	3,1322 ±0,5497	0,3273 ±0,0109	0,3851 ±0,0630	0,0000 ±0,0000	448,7805 ±13,9190
	konwencjonalne	1,4231 ±0,0540	0,6417 ±0,0359	0,3240 ±0,0429	0,2414 ±0,0099	453,6213 ±15,6308
ogórki	ekologiczne	0,2635 ±0,0297	0,3330 ±0,0198	0,1536 ±0,0065	0,1154 ±0,0420	137,7304 ±5,6519
	konwencjonalne	0,3929 ±0,0490	0,4056 ±0,0239	0,3467 ±0,0760	0,1269 ±0,0017	175,3353 ±7,5301
śmietana 18%	ekologiczne	0,0000 ±0,0000	0,1067 ±0,0090	0,0000 ±0,0000	0,0000 ±0,0000	121,6224 ±4,8209
	konwencjonalne	0,0000 ±0,0000	0,2860 ±0,0190	0,0000 ±0,0000	0,4656 ±0,0129	125,3409 ±4,7620
kefir	ekologiczne	0,0000 ±0,0000	0,2438 ±0,0034	0,0000 ±0,0000	0,2408 ±0,0209	134,2274 ±2,6491
	konwencjonalne	0,0000 ±0,0000	0,4290 ±0,0101	0,0000 ±0,0000	0,4020 ±0,0291	144,9745 ±3,7273
płatki owsiane	ekologiczne	3,1752 ±0,1940	0,2986 ±0,0126	2,9656 ±0,0103	0,0000 ±0,0000	304,6074 ±9,6263
	konwencjonalne	3,5594 ±0,2845	0,4543 ±0,0164	5,1228 ±0,0458	0,1363 ±0,0172	352,4884 ±11,6392
kasze jaglane	ekologiczne	0,5155 ±0,0183	0,3125 ±0,0926	0,3415 ±0,0284	0,2287 ±0,0029	89,2719 ±9,3429
	konwencjonalne	4,7776 ±0,0937	1,2450 ±0,0917	0,4349 ±0,0926	0,6607 ±0,0099	93,0943 ±5,0120

Źródło: własne

Wszystkie spośród badanych ekologicznych produktów spożywczych charakteryzowały się mniejszą zawartością ołowiu w swoim składzie w porównaniu do konwencjonalnych odpowiedników (Rys. 2). Według Rozporządzenia Komisji (WE) nr 1881/2006 [12] maksymalny dopuszczalny poziom ołowiu w zbożach i roślinach strączkowych wynosi 0,20 mg·kg<sup>-1</sup> świeżej masy, w warzywach 0,1–0,3 mg·kg<sup>-1</sup> (0,1 mg·kg<sup>-1</sup> w przypadku ziemniaków i ogórków), owocach 0,1–0,2 mg·kg<sup>-1</sup> i w przetworach mlecznych 0,02 mg·kg<sup>-1</sup>. Po przeliczeniu otrzymanych wyników na zawartość Pb w suchej masie produktu zauważono, że zarówno kasza jagłana pochodząca z uprawy konwencjonalnej, jak i ekologicznej przekracza ustanowiony w normie po-

ziom, przy czym zawartość Pb w produkcie konwencjonalnym jest prawie trzykrotnie wyższa niż w ekologicznym. Również płatki owsiane pochodzące z uprawy konwencjonalnej charakteryzują się przekroczeniem dopuszczalnej normy. W przypadku owoców, stwierdzono przekroczenie dozwolonej zawartości w jabłkach oraz bananach pochodzących z uprawy konwencjonalnej. Natomiast w przypadku warzyw, ogórki ekologiczne i konwencjonalne zawierały zbyt dużą ilość Pb w składzie, a analizując ziemniaki, nadwyżkę ponad dopuszczalny poziom zauważono w produktach konwencjonalnych. Rozpatrując przetwory mleczne jedynie śmietana 18% wyprodukowana w gospodarstwie ekologicznym nie przekroczyła dopuszczalnej zawartości. Nadmierna zawartość ołowiu może mieć związek ze stosowaniem nawozów mineralnych oraz rozwojem przemysłu i transportu. Metale ciężkie klasyfikowane są jako zagrożenia chemiczne obecne w produktach spożywczych, których w dużej mierze poziom zależy też od systemu gospodarowania [6].

## Podsumowanie

Główną różnicą pomiędzy ekologicznym systemem produkcji rolniczej a konwencjonalnym z punktu widzenia konsumenta to wykluczenie różnorodnych związków chemicznych mających na celu optymalizację plonów. W związku z tym ostateczne właściwości produktów spożywczych wykazują istotne różnice w zależności od rodzaju uprawy, z której pochodzą.

Na podstawie przeprowadzonych badań otrzymano informację na temat zawartości suchej masy, aktywności wody oraz ilości wybranych pierwiastków w produktach pochodzenia ekologicznego i konwencjonalnego. Stwierdzono, że wszystkie spośród badanych produktów ekologicznych cechują się wyższą zawartością suchej masy oraz mniejszą aktywnością wody w porównaniu do konwencjonalnych odpowiedników. Niższa zawartość suchej masy w produktach pochodzących z upraw konwencjonalnych może wynikać ze stosowania nawozów mineralnych, co przekłada się na większą podatność gromadzenia wody w tkankach roślin i wzrost plonów, co wpływa regresywnie na zawartość składników bioaktywnych w wyprodukowanej żywności. Natomiast zwiększona aktywność wody przyczynia się do obniżenia trwałości żywności i zwiększenia podatności na procesy gnilne [3, 7, 11].

Zawartość potasu była największa w ziemniakach i płatkach owsianych, przy czym większą zawartość tego pierwiastka stwierdzono w produktach z upraw konwencjonalnych. Może mieć to związek ze stosowaniem nawozów sztucznych w rolnictwach konwencjonalnych.

Natomiast ilość żelaza, miedzi i manganu była większa w przeważającej części produktów spożywczych pochodzących z upraw konwencjonalnych w porównaniu do produktów z upraw ekologicznych. Zawartość żelaza wahała się od 0 do 4.8 mg·100g<sup>-1</sup>, miedzi od 0.1 do 1.3 mg·100g<sup>-1</sup>, a manganu od 0 do 5.1 mg·100g<sup>-1</sup>.



Zawartość tych składników uzależniona jest m.in.: od tła geochemicznego, odmiany rośliny, sposobu hodowli, nawożenia i lokalizacji [7, 14].

Ponadto wszystkie spośród badanych ekologicznych produktów spożywczych charakteryzowały się mniejszą zawartością ołowiu w swoim składzie w porównaniu do konwencjonalnych odpowiedników, a niektóre z nich przekraczały dopuszczalny poziom Pb w swoim składzie. Ma to związek ze stosowaniem nawozów mineralnych oraz rozwojem przemysłu i transportu [14].

Przeprowadzone badania wskazują, że badane produkty ekologiczne i produkty konwencjonalne charakteryzują się odmiennymi właściwościami, przy czym ekologiczny sposób gospodarowania przyczynił się do podwyższenia jakości spożywanej żywności. Żywność ekologiczna charakteryzuje korzystniejszymi właściwościami prozdrowotnymi, co wynika z wyższej wartości odżywczej oraz niższego poziomu zanieczyszczeń, które stanowią pozostałości chemii rolnej w porównaniu do żywności konwencjonalnej.

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr WZ/WB-IIŚ/3/2020 w Politechnice Białostockiej i sfinansowane z subwencji badawczej przekazanej przez Ministra Edukacji i Nauki.

## Literatura

- [1] Adamczyk M., Rembiałkowska E., *The Comparative Assessment of Some Selected Quality Characteristics of Apples from the Organic and Conventional Production*. Żywność: nauka – technologia – jakość 2005, 2(43), s. 9–21
- [2] Berski W., Achremowicz B., Gambuś F., Gambuś H., *Zawartość wybranych mikroelementów i pierwiastków śladowych w płatkach owsianych*. Acta Agrophysica 2017, 24(1), s. 5–15
- [3] Brandt K., Molgaard P., *Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods?* Journal of the Science of Food and Agriculture 2001, 81, s. 924–931
- [4] Ducka M., *Ekologiczne rolnictwo i ogrodnictwo. Materiały szkoleniowe*. Krajowe Centrum Edukacji Rolniczej w Brwinowie 2011, s. 15–22
- [5] Głodowska M., Krawczyk J., *Heavy metals concentration in conventionally and organically grown vegetables*. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods. 2017, 9 (4), s. 497–503
- [6] Hallmann E., Rembiałkowska E., Szafirowska A., Grudzień K., *Znaczenie surowców z produkcji ekologicznej w profilaktyce zdrowotnej na przykładzie papryki z uprawy ekologicznej*. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny 2007, 58(1), s. 77–82

- [7] Kazimierczak R., Hallmann E., Sokołowska O., Rembiałkowska E., *Zawartość związków bioaktywnych w roślinach zielarskich z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej*. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering 2011, 56 (3), s. 200–205
- [8] Kowalczyk S., Krzyżanowski J., Kwasek M., *Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym (47). Zrównoważone systemy żywnościowe*. Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy 2018, s. 44–52
- [9] Magnusson M.K., Arvola A., Koivisto Hursti U.-K., Aberg L, Sjöden P.O., *Choice of organic foods is related to perceived consequences for human health and to environmentally friendly behaviour*. Appetite 2003, 40(2), s. 109–117
- [10] Onakpa M.M., Njan A.A., Kalu O.C., *A Review of Heavy Metal Contamination of Food Crops in Nigeria*. Annals of Global Health. 2018, 84(3), s. 488–494
- [11] Pałacha Z., Makarewicz M., *Aktywność wody wybranych grup produktów spożywczych*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 2011, 2, p. 24–28
- [12] *Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych* (Tekst mający znaczenie dla EOG) (Dz.U. L 364 z 20.12.2006, s. 5–24)
- [13] Sapek B., *Zagadnienie potasu w świetle oddziaływania rolnictwa na środowisko*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 2001, 476, s. 281–282
- [14] Śmiechowska M., Florek A. *Zawartość metali ciężkich w wybranych warzywach z uprawy konwencjonalnej, ekologicznej i działkowej*. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering 2011, 56(4), s. 154–156
- [15] Szpakowska M., Tymoszek E., *Wybrane aspekty oceny jakości produktów żywnościowych*. Prace i materiały Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego 2012, 3(3), s. 104–113
- [16] Tobler C., Vivianne H.M., Siegrist M., *Eating green. Consumers' willingness to adopt ecological food consumption behaviors*. Appetite 2011, 57(3), s. 674–682
- [17] Trumbo P., Yates A.A., Schlicker S., Poos M., *Dietary Reference Intakes: Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc*. Journal of the American Dietetic Association 2001, 101, s. 294–301
- [18] Wang Z., Bao J., Wang T., Moryani H.T., Kang W., Zheng, J., Zhan, C. Xiao W. *Hazardous heavy metals accumulation and health risk assessment of different vegetable species in contaminated soils from a typical mining city, Central China*. Int. J. Environ. Res. Public Health, 2021, 18



# Odnowa, rewitalizacja czy gentryfikacja?

*Słowa kluczowe:* odnowa, rewitalizacja, gentryfikacja, procesy urbanistyczne

## Streszczenie

Degradacja miejskiej przestrzeni charakteryzuje się najczęściej: istnieniem zdegradowanych śródmieść i wielofunkcyjnych przedwojennych obszarów zabudowy miejskiej oraz utratą ich atrakcyjności; obszarów poprzemysłowych, pokolejowych i powojkowych; blokowisk, w tym szczególnie blokowisk wzniesionych w technologii wielkopłytywowej, występowaniem pustostanów z przeznaczeniem do wyburzenia; brakiem atrakcyjnych dla użytkowników systemów przestrzeni publicznych, w tym zieleni miejskiej, itp. W pracy przedstawiono możliwości odnowy, rewitalizacji oraz gentryfikacji miast oraz niektóre procesy zmian zachodzące w przestrzeni zurbanizowanej. Pokazano trendy wartościowe i pozytywne, omówiono również te nieprawidłowe, generujące nieład przestrzenny i nierównowagę rozwojową. Ukazano, iż dzielnice podupadłe i ubogie mogą zamieniać się w osiedla cieszące się popularnością, oryginalne i dobrze notowane. Im więcej zadbanej osiedli o podwyższonym standardzie, tym prestiż miasta wzrasta, rośnie również poczucie zadowolenia mieszkańców z przestrzeni, którą zamieszkują, co ma istotne znaczenie w życiu człowieka. Dlatego tak ważne jest przywracanie do życia obszarów miasta, które wymagają naprawy oraz kompleksowego podejścia. W polskiej literaturze możemy spotkać się z dwoma terminami odnoszącymi się do problematyki odnowy miast, często używanymi zamiennie, są to terminy: rewitalizacja i gentryfikacja.

## Wprowadzenie

Współczesne miasta rozrastają się, zajmują nowe tereny. Często chaotycznie i nieudbale przechwytyują coraz więcej przestrzeni, a przecież w mieście istnieją obszary zapomniane i zaniedbane, które można zagospodarować kolejny raz w odmienny raz, czyli poddać procesowi odnowy. Jest on określany mianem „rewitalizacji”, zaś działania rewitalizacyjne w mieście to prace uwzględniające współczesne możliwości

techniczne, a także potrzeby obecnych i przyszłych mieszkańców oraz skutki tych działań dla procesów rozwojowych miasta [17].

Według definicji rewitalizacja to wielopłaszczyznowe wyprowadzanie obszarów zdegradowanych ze stanu kryzysowego poprzez działania urbanistyczne i planistyczne, skoncentrowane terytorialnie i koordynowane przez lokalną administrację samorządową na rzecz społeczności, gospodarki i przestrzeni lokalnej, prowadzone w sposób zaplanowany poprzez programy rewitalizacji [13]. W polskiej literaturze możemy spotkać się z dwoma terminami odnoszącymi się do problematyki odnowy miast, często używanymi zamiennie. Są to terminy: rewitalizacja i gentryfikacja. Pod pojęciem rewitalizacji rozumie się „sekwencję działań mających na celu ożywienie gospodarcze oraz zmianę struktury przestrzennej i funkcjonalnej zdegradowanych obszarów miasta (głównie przemysłowych)”. W skład przemian wchodzi działania zmierzające do nadania nowego wizerunku i kształtu architektonicznego terenom poprzemysłowym z zachowaniem ich dziedzictwa historycznego. Gentryfikacja natomiast stanowi składnik procesu rewitalizacji, w którym akcentuje się zmianę składu społecznego mieszkańców. Składają się na nią m.in. programy przebudowy i podniesienia standardu dzielnic centralnych, rozbudowy instytucji kulturalnych, czy też rozwijania atrakcyjnych ośrodków handlowych i usługowych. Działania takie miały i mają przede wszystkim na celu zmianę społecznego obrazu dzielnic centralnych poprzez przyciągnięcie do nich ludzi zamożnych [9].

Istotną rolę w życiu człowieka jest poczucie zadowolenia z przestrzeni, którą zamieszkujemy. Wszyscy pragniemy oddychać czystym powietrzem, mieć piękną okolicę, dostępność usług w sąsiedztwie, a w bliskiej odległości wszystkie udogodnienia życia takie jak: sklepy, szkoły, przedszkola. Nie chcemy również tracić czasu na dojazdy do pracy. Dobrze byłoby również, aby okolica umożliwiała ciekawe spędzenie wolnego czasu i oferowała miejsca, gdzie możemy spotkać się ze znajomymi, a dzieci mogły swobodnie bawić się z rówieśnikami. Dobrze zorganizowana miejska przestrzeń publiczna to miejsce, w którym się poruszamy i przebywamy. To obszar w którym istnieje możliwość łączności, czyli spotkań i nawiązywania relacji międzyludzkich.

Obecnie fazy przemian miasta zależą od likwidacji nieefektywnych lub przestarzałych zakładów przemysłowych, rozwoju nowych technologii oraz od postępu sektora usług. To właśnie w miastach występują największe zmiany. Pojawiają się w nich obszary zaniedbane i zdegradowane, wymagające interwencji [1].

Rewitalizacja – to pojęcie odnoszące się do kompleksowych akcji podejmowanych w obszarach miast, w szczególności w dzielnicach starych i na obszarach wybranych, wiążących działania remontów, modernizacji oraz rewaloryzacji z działaniem zmierzającym do ożywienia społeczno-gospodarczego [11]. Zadaniem działań rewitalizacyjnych powinno być zwiększenie szans rozwoju miast i poprawa jakości życia ich mieszkańców poprzez kompleksowe przekształcenia fragmentów przestrzeni miejskiej z zachowaniem dziedzictwa materialnego i duchowego oraz zasad zrównoważonego rozwoju [18].

Zagadnienie rewitalizacji obejmuje trzy aspekty: przestrzenny, społeczny i gospodarczy. Aspekt przestrzenny dotyczy zagadnień architektoniczno-urbanistycznych i budowlanych, ekologii, infrastruktury technicznej oraz dziedzictwa kulturowego. Natomiast aspekt społeczny odnosi się do występowania patologii społecznych, zjawisk wykluczenia społecznego oraz zmian demograficznych. Aspekt ekonomiczny związany jest z koniecznością doprowadzenia rewitalizowanego obszaru do ożywienia gospodarczego – powstania nowych stałych miejsc pracy, przyciągnięcia zewnętrznych inwestorów, nowych mieszkańców i użytkowników [10, 5].

Według Jarczewskiego [7] w obrębie szeroko rozumianej rewitalizacji wyróżniamy cztery typy tego procesu:

- rewitalizację zdegradowanych śródmieść i wielofunkcyjnych przedwojennych obszarów zabudowy miejskiej,
- rewitalizację obszarów przemysłowych, pokolejowych i powojkowych,
- rewitalizację blokowisk, w tym szczególnie blokowisk wzniesionych w technologii wielkopłytowej,
- rewitalizację krajobrazu miast ze szczególnym uwzględnieniem sylwety miasta i systemu przestrzeni publicznych, w tym zieleni miejskiej.

## Rewitalizacja zdegradowanych śródmieść

Ciągły rozwój naszego kraju, który często wspierany jest przez fundusze europejskie, przyniósł widoczne zmiany w przestrzeni polskich miast. Współcześnie znaczenie przedsięwzięć urbanistycznych o dużej skali w kształtowaniu rozwoju miast wykracza poza kwestie związane wyłącznie z działaniami inwestycyjnymi. Aktywność procesów urbanistycznych w ich centrach oraz bezustanny przyrost wielozadaniowych zabudowań, a szczególnie w zakresie rewitalizacji starówek, daje impuls do zastanowienia się nad konkretną tendencją i wyglądem oraz wizerunkiem teraźniejszego śródmieścia. Określenie granic obszarów śródmiejskich oraz usytuowanie nowych przedsięwzięć często związane jest z problematyką rewitalizacji terenów zdegradowanych oraz realizacją nowych projektów publicznych [14].

Trudna sytuacja w śródmieściach niektórych polskich miast (np. Bielsko-Biała, Łódź, Wrocław) została w pewnym stopniu poprawiona po 1990 r. dzięki zapalowi mieszkańców i samorządów oraz wskutek odtwarzania i rewitalizowania swoich dzielnic historycznych, a szczególnie rynków, ważnych placów i ulic handlowo-usługowych [18]. Niestety słabe punkty systemu planowania przestrzennego spowodowały, że zmianom tym nie zawsze towarzyszyła dbałość o należytą jakość przestrzeni oraz estetykę i wzajemne dopasowanie wznoszonych obiektów. Obok współczesnych, estetycznych budynków istnieją zaniedbane kamienice, czego przykładem jest kamienica na ul. Sobieskiego w Białymstoku (rys 1). Analiza procesów zmian zachodzących w przestrzeni zurbanizowanej powinna wskazać, jak wspierać trendy warto-

ściowe i pozytywne, a jak eliminować te nieprawidłowe, zagrażające funkcjonowaniu miast, generujące nieład przestrzenny i nierównowagę rozwojową [15].



Rysunek 1: Kamienica w centrum Białegostoku na ul. Sobieskiego

Źródło: opracowanie własne

## Rewitalizacja obszarów przemysłowych

Potrzeby rewitalizacyjne powinny dotyczyć szczególnie tych obszarów, które w znacznym stopniu były przesiąknięte przemysłem. Obszary przemysłowe pozostawiły po sobie nie tylko skażone środowisko, ale również nieatrakcyjne zabudowania i infrastrukturę. Miejsca te ze względu na zaniedbaną zabudowę i niedoinwestowanie są postrzegane jako miejsca nieatrakcyjne do życia. Często dotyczy to obszarów śródmiejskich, których problemy zostały dodatkowo spotęgowane w wyniku dylematów suburbanizacyjnych. Wyludnianie się miasta w centrum i rozwój strefy podmiejskiej spowodowany był również coraz bardziej rosnącym znaczeniem terenów zielonych [16].

Rewitalizacja terenów przemysłowych jest zadaniem bardzo złożonym ze względu na kumulację nie tylko niekorzystnych zjawisk środowiskowych, ale także społecznych i gospodarczych. Zły stan nieużytków przemysłowych generuje ogra-

niczenia w rozwoju miasta i negatywnie wpływa na egzystencję społeczności lokalnej [12]. Teren przemysłowy, powojkowy, pokolejowy jest doskonałym zapleczem dla rewitalizacji. Realizacja na nim przedsięwzięć, na które brakuje miejsca w dzielnicach zamieszkałych, pozwala na nowe, bardziej prospołeczne myślenie o modernizacji i adaptacji do nowych funkcji tego typu obiektów i obszarów o dużych wartościach zabytkowych.

Racjonalne zagospodarowanie nieużytków przemysłowych wpływa korzystnie na zahamowanie procesu suburbanizacji, kształtowanie ładu przestrzennego oraz poprawę stanu środowiska przyrodniczego przez eliminację negatywnych oddziaływań. Ponowne wykorzystanie terenów przemysłowych może mieć kluczowe znaczenie w kontekście zmiany wizerunku miasta [12], takim wzorcem w Białymstoku mogą być magazyny przy ul. Węglowej gdzie powstało ogólnopolskie Muzeum Sybiru, stworzone pod patronatem Muzeum Wojska w Białymstoku (rys 2). Należy dodać, iż tereny przemysłowe, choć obecnie często niedostępne i niejako „wyłączone” z przestrzeni miast, stanowią jednak znaczący potencjał rozwojowy [18].



Rysunek 2: Magazyny na ul. Węglowej w Białymstoku po rewitalizacji

Źródło: opracowanie własne



## Rewitalizacja blokowisk

Budynki wykonane w technologii wielkopłytywowej powstawały w okresie drastycznego braku mieszkań i jeszcze bardziej drastycznego oszczędzania materiałów budowlanych, robocizny i środków finansowych. Te wielkie zespoły mieszkaniowe są zarówno produktem powojennej polityki mieszkaniowej, zjawiskiem społecznym jak też dziełem konkretnych architektów. Nie można dopuścić do ich destrukcji, ponieważ wyemigrują z nich lepiej sytuowani mieszkańcy, a wtedy może nastąpić klęska społeczna. Aby osiedla stały się atrakcyjnym i przyjaznym miejscem do życia, konieczna wydaje się ich rewitalizacja. Rewitalizacja osiedli mieszkaniowych powinna być sumą przemyślanych i popartych badaniami konkretnych zabiegów, sama termomodernizacja nie wystarczy. Blokowiska choć wydają się formą budowlaną, na którą trudno znaleźć sposób, to jednak dają się przebudowywać chociażby poprzez dodawanie lub ujmowanie pewnych elementów, takich jak: balkony, tarasy, wykusze czy zewnętrzne windy. Ważne jest, aby przy rehabilitacji zadbać o spójną kompozycję efektu końcowego. Ma ona być, atrakcyjna wizualnie, a zarazem funkcjonalną i przyjazną dla mieszkańców [3]. Rewitalizacja blokowisk to próba zwrócenia osiedlom pierwotnych wartości funkcjonalno-przestrzennych i społecznych oraz dostosowanie ich do współczesnych standardów życia. To proces tworzenia przyjaznego miejsca zamieszkania, zachęcanie do większego zaangażowania w życie osiedla. Mogą być to działania takie jak: organizowanie wydarzeń kulturalnych, przekształcanie przestrzeni publicznych w miejsca spotkań i obszar spędzania przez mieszkańców wolnego czasu, remonty, modernizacje budynków jak również infrastruktury.

Jednak wielkie osiedla mieszkaniowe w przeciwieństwie do wielu nowych projektów domów sprzedawanych przez deweloperów wydają się być paradoksalnie dobrymi miejscami do życia. Wpływa na to bliskość terenów rekreacyjnych i sporo zieleni, place zabaw oraz duże odległości pomiędzy poszczególnymi budynkami. Oprócz tego można powiedzieć o, zupełnie dobrej dostępności komunikacyjnej, bogatym wyposażeniu w infrastrukturę społeczną np. handel i usługi. To wszystko sprawia, że blokowiska są ciągle atrakcyjne dla obecnych, jak również i nowych mieszkańców [18], przykładem takiego miejsca w Białymstoku może być osiedle przy ul. Witosa (rys 3).



Rysunek 3: Stare bloki przy ul. Witosa w Białymstoku

Źródło: opracowanie własne

## Rewitalizacja krajobrazu

Nieodzownym elementem procesu rewitalizacji miasta, często pomijanym, jest wymiar środowiskowy, czyli rewitalizacja krajobrazu. Krajobraz jest to postrzegana przez ludzi przestrzeń, zawierająca elementy przyrodnicze lub wytwory cywilizacji, ukształtowana w wyniku działania czynników naturalnych lub działalności człowieka. Wciąż zachodzące w miastach procesy przestrzenne, a szczególnie zwiększenie intensywności zabudowy terenów wolnych, stale powodują zmniejszenie miejskich terenów zielonych. To wymusza weryfikację znaczenia przestrzeni publicznej. Zahamowanie tego niekorzystnego trendu może być realizowane poprzez racjonalne projekty rewitalizacyjne [16], potwierdzeniem takiego projektu jest realizacja rewitalizacji Stawów Marczukowskich w centrum Białymstoku (rys 4). Miejskie tereny zieleni stanowią jeden z elementów przestrzeni publicznych miasta, ponieważ od kiedy istnieją aglomeracje, przestrzeń publiczna jest ich nieodłącznym składnikiem. Place, ulice, bulwary, promenady, skwery i parki stanowią nie tylko szkielet komunikacyjny i rekreacyjny miasta, ale też scenę miejskiego życia, po której poruszają się jego uczestnicy [8].

Zieleń to zdecydowanie najsilniej eksponowany, jak również najszybciej zauważalny element, który wyróżnia się w przestrzeni miejskiej równocześnie mocno wpływający na atrakcyjność miasta. Aby jednak mógł spełniać odpowiednio swoją funkcję należy zadbać o odpowiednią ilość i jakość wody. Ważna jest więc analiza wszystkich aspektów gospodarki wodnej, uwzględniających zarówno zaopatrzenie w wodę, jak też coraz częstsze zjawiska suszy i powodzi. To właśnie weryfikacja relacji zachodzących pomiędzy środowiskiem miejskim i środowiskiem wodnym daje podstawę do wskazania sposobów zmniejszających lub likwidujących negatywne efekty wzajemnych oddziaływań tych obu środowisk. Należy dodać, iż ściśle powiązanie między wodą a obszarami zielonymi potwierdza, że nie można efektywnie zarządzać zielenią miejską pomijając aspekt wodny.

Obecnie w wielu miastach w celu poprawy jakości środowiska i walorów rekreacyjnych, a także dla retencjonowania wód i spływów opadowych podejmuje się próby odtwarzania bogactwa sieci hydrograficznej [6].



Rysunek 4: Stawy Marczukowskie w Białymstoku po rewitalizacji

Źródło: opracowanie własne

## Gentryfikacja

Gentryfikacja to zmiana charakteru fragmentu miasta, która związana jest z rozwojem miasta, a konkretnie jego dzielnicy, potrzebującej odmiany. Polega ona na poprawie i unowocześnieniu podupadłej i ubogiej dzielnicy w osiedle cieszące się popularnością, niepospolite i dobrze notowane. Udokumentowaniem tego sformułowania może być przykład zabytkowej kamienicy przy ul. Rocha w Białymstoku (rys 5). Można wyróżnić gentryfikację: ekonomiczną, społeczną i symboliczną (kulturową). Pierwsza dotyczy wzrostu cen nieruchomości na danym terenie, druga to proces zastąpienia lokatorów na bardziej majątnych i dobrze sytuowanych, zaś trzecia odbywa się w mentalności społeczeństwa, gdy mieszkańcy miasta akceptują przeprowadzoną metamorfozę. Nieodczynnym elementem jest wtedy jeszcze rewitalizacja krajobrazu, czyli wykonanie wszelkich zabiegów, które spowodują, aby dany teren był urzekający i godny podziwu, czyli odnawianie i odtwarzanie oraz rekonstrukcja terenów zielonych oraz szeroko rozumianej małej architektury.



Rysunek 5: Zabytkowa kamienica przy ul. Rocha w Białymstoku

Źródło: opracowanie własne

W ostatnich latach rozwija się nowa forma gentryfikacji miejskiej, tzw. zielona gentryfikacja. Jest ona powiązana ze zmieniającą się polityką miejską oraz dynamicznym rozwojem gospodarczym miast [2]. W związku z rozwojem wysokiej jakości terenów zieleni, które zwiększają atrakcyjność danego obszaru następuje wzrost cen nieruchomości na danym terenie [2, 4].

Rewitalizacja krajobrazu to również działania rewitalizacyjne, które polegają tylko na przywróceniu do użytku pustych, porzuconych pomieszczeń lub placów. Dzięki społeczności miejscowej tworzone są ogrody miejskie, parki czy place zabaw dla dzieci. W niewykorzystanych budynkach, społecznicy tworzą też świetlice czy centra kultury.

## Podsumowanie

Odnowa, rewitalizacja, czy gentryfikacja to zestaw działań mających na celu poprawę sytuacji w mieście, w obszarach, na których został zidentyfikowany stan kryzysowy. Działania te obejmują sferę: społeczną, gospodarczą, środowiskową, techniczną jak również przestrzenną. Dzięki ich realizacji ma nastąpić poprawa warunków do życia i wypoczynku oraz rozwoju gospodarczego. Dzielnice z zapomnianych i podniszczonych, zmieniają się w modne i tętniące życiem nowoczesne ośrodki kultury, wtedy nasze miasta pięknieją w oczach i rozwijają się.

Proces rewitalizacji ma z założenia dążyć do funkcjonalnego wykorzystania pustostanów i obszarów zdegradowanych dla nowych funkcji miejskich i nowych miejsc pracy, ale jednocześnie przeciwdziałać tendencjom zmierzającym do całkowitego wymazywania śladów dziedzictwa kulturowego [15].

## Literatura

- [1] Chądzyńska E., 2015, *Rewitalizacja zdegradowanych przestrzeni miejskich – studia przypadku*, Studia Miejskie 2015, nr 17, s. 91–103
- [2] Curran W., Hamilton T., 2012, *Just green enough: contesting environmental gentrification in Greenpoint*, Brooklyn, Local Environment, 17(9), s. 1027–1042
- [3] Czado J., 2012, *Możliwość rehabilitacji wielkich zespołów mieszkaniowych na przykładzie wybranych państw zachodnich*, Czasopismo Techniczne Architektura, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej 7–A/2012, z. 29, s. 25–38
- [4] Głównczyński M., 2017, *Gentryfikacja miast – przegląd literatury polskiej i zagranicznej*, Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna nr. 39, Instytut Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań, s. 61–78

- [5] Jagodzińska K., 2013, *Rewitalizacyjna funkcja kultury i dziedzictwa kulturowego*, Kultura a rozwój, Narodowe Centrum Kultury, Warszawa, s. 265–285
- [6] Januchta-Szostak A., 2012, *Usługi ekosystemów wodnych w miastach*, Magazyn Zrównoważony Rozwój – Zastosowania”, nr 3, Fundacja Sendzimira, Kraków 2012, <https://sendzimir.org.pl.pdf>, s. 91–110
- [7] Jarczewski W. (red), 2009, *Przestrzenne aspekty rewitalizacji – śródmieścia, blokowiska, tereny przemysłowe, pokolejowe i powojkowe*, Wydawnictwo Instytutu rozwoju miast, Kraków, s. 18–23
- [8] Kowalewska A., 2011, *Przestrzeń publiczna – wspólne dobro mieszkańców*, [www.zielonewiadomosci.pl](http://www.zielonewiadomosci.pl), 20.11.2011
- [9] Kozielska B., 2008, *Współczesne koncepcje rozwoju metropolii w kontekście paradygmatu miast globalnych* – doktorat, Uniwersytet Śląski Wydział Nauk Społecznych, Katowice, s. 122–127
- [10] Kozłowski S., Wojnarowska A., 2011, *Rewitalizacja zdegradowanych obszarów miejskich. Zagadnienia teoretyczne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, s. 19
- [11] Lorens P., Martyniuk-Peczek J., 2009, *Wybrane zagadnienia rewitalizacji miast, Miasto, metropolia, region*, Wydawnictwo Urbanista, Gdańsk, s. 7–9
- [12] Maciejewska A., Ulanicka M., 2017, *Wybrane aspekty społeczne i środowiskowe procesu rewitalizacji obszarów przemysłowych*, Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju, Polska Akademia Nauk, zeszyt 266, s. 93–104
- [13] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 23 lutego 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o rewitalizacji (Dziennik Ustaw 2021 poz. 485)
- [14] Ogrodnik D., 2012, *Strukturalne przesłanki rewitalizacji śródmieść – przykład Krakowa*, Czasopismo Techniczne, Architektura, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej z. 12 (3A), s. 49–54
- [15] Sepioł J., praca zbiorowa, 2014, *Przestrzeń życia Polaków, Koncepcja i koordynacja*, Murator S.A., s. 7–230
- [16] Sobol A., 2014, *Rewitalizacja miast w kolorach zieleni*, Studia Ekonomiczne/ Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, nr 187 Transformacja współczesnej gospodarki jako przedmiot badań ekonomicznych, s. 285–295
- [17] Stawasz D., 2017, *Odnowa miasta poprzez rewitalizację*, prace naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław, nr 477, s. 253–261
- [18] Ziobrowski Z., Jarczewski W., red., 2010, *Rewitalizacja miast polskich – diagnoza*, Wydawnictwo Instytutu rozwoju miast, Kraków, s. 45–54



# Karbonizacja węgla aktywnych formowanych typu N

**Słowa kluczowe:** węgiel aktywny, sorbent węglowy, uzdatnianie wody, oczyszczanie spalin, oczyszczanie gazów odlotowych, powierzchnia właściwa, liczba jodowa

## Streszczenie

W niniejszej pracy zaprezentowano dostępne w literaturze i dokumentacji technologicznej Spółki Grand Activated w Hajnówce informacje dotyczące procesu karbonizacji, charakterystykę i zastosowanie formowanych węgla aktywnych typu N. Karbonizacja jest jednym z etapów produkcji węgla aktywnych, w którym otrzymujemy nieaktywny adsorpcyjnie materiał, który w procesie aktywacji zyskuje wysokie zdolności adsorpcyjne. Węgiel aktywny formowany typu N znajduje szerokie zastosowanie do adsorpcji z fazy gazowej i ciekłej.

## Wstęp

Rozwój przemysłu, któremu towarzyszą wymagania dotyczące ochrony środowiska, powoduje poszukiwanie niedrogich i efektywnych adsorbentów. Ze względu na swoją dostępność i neutralność względem środowiska, a także rozwiniętą porowatość, adsorbenty węglowe znalazły różnorodne zastosowanie. Są one stosowane do adsorpcji zanieczyszczeń z fazy ciekłej, gazowej, ale także w katalizie jako katalizatory czy też ich nośniki, ponadto służą do przechowywania gazów [1]. Dostępność węgla aktywnych wiąże się z nieskomplikowanym procesem produkcji wykorzystującym naturalne jak i syntetyczne materiały zawierające w swojej polimerycznej budowie atomy węgla. Do otrzymania węgla aktywnych stosowane są różne materiały pochodzenia organicznego: drewno, torf, pestki owoców, skorupy orzechów, węgle kopalne [2–6].

W poniższym artykule przedstawiono proces produkcji węgla aktywnych typu N na przykładzie Spółki Grand Activated W Hajnówce. Scharakteryzowano poszczególne procesy składające się na całą produkcję węgla aktywnego typu N.



## Produkcja węgla aktywnych formowanych

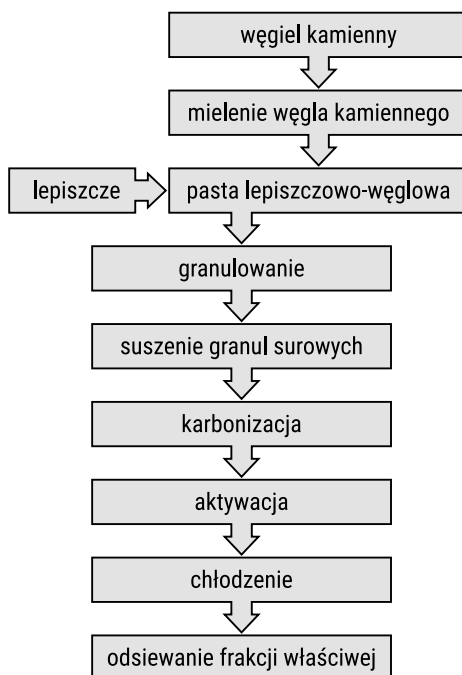
Produkcja polskich węgla aktywnych formowanych opiera się na węglu kamiennym. Zdecydowana większość węgla aktywnych stosowanych do oczyszczania i dezodoryzacji wody pitnej, adsorpcji związków organicznych, oczyszczania powietrza, otrzymuje się na bazie węgla kamiennych [2,7,8,9]. Jako lepszycze przy produkcji węgla aktywnych formowanych stosowane są różne substancje: smoła drzewna, ługi posulfitowe, melasa buraczana, syrop kukurydziany, skrobia. Węgiel aktywny typu N otrzymywany jest z mieszaniny pyłu węglowego i odpowiednio dobranego lepszycza poprzez wyprasowanie cylindrycznych granul o średnicy 3,5 mm a następnie ich suszenie, karbonizację i aktywację parą wodną. Węgiel aktywny typu N otrzymywany jest z mieszaniny pyłu węglowego i odpowiednio dobranego lepszycza poprzez wyprasowanie cylindrycznych granul o średnicy 3,5 mm a następnie ich suszenie, karbonizację i aktywację parą wodną. W zależności od właściwości jakościowych i zastosowania, węgiel aktywny typu N można podzielić na: N-G – węgiel aktywny formowany do adsorpcji z fazy gazowej, N-C – węgiel aktywny formowany do adsorpcji z gazy ciekłej. Węgiel aktywny N-G jest formowanym węglem aktywnym używanym przede wszystkim jako węgiel do adsorpcji par rtęci, oczyszczania gazów odlotowych ze spalarni odpadów, usuwania rozpuszczalników ( np. eteru, toluenu, benzenu) i lotnych związków organicznych (LZO), tlenków azotu z instalacji przemysłowych. Znajduje także szerokie zastosowanie w usuwaniu związków zawierających siarkę (siarkowódór, ditlenek siarki, disiarczek węgla) pochodzących z elektrowni, elektrociepłowni i przemysłu petrochemicznego. Węgiel aktywny N-G charakteryzuje się wysokimi właściwościami sorpcyjnymi, dużą powierzchnią właściwą i wysoką chłonnością statyczną i dynamiczną w stosunku do adsorbowanych gazów. Węgiel aktywny N-C jest formowanym węglem aktywnym przeznaczonym do adsorpcji z fazy ciekłej, stosowany jest głównie do oczyszczania i dezodoryzacji wody. Przy doborze węgla aktywnego do oczyszczania wody ważna jest pojemność adsorpcyjna węgla wobec określonych zanieczyszczeń, kinetyka sorpcji tych związków, jak również znajomość ogólnego składu uzdatnianej wody oraz warunków eksploatacji filtrów węglowych. Struktura kapilarna oraz chemiczna natura powierzchni węgla aktywnych otrzymywanych z węgla kamiennych, warunkująca ich zastosowanie w procesach adsorpcyjnych, zależą w znacznym stopniu od budowy chemicznej, zawartości i składu substancji mineralnej oraz od rodzaju układu kapilarnego węgla poddawanego obróbce termicznej i fizykochemicznej [10]. Przydatność technologiczną węgla kamiennego charakteryzują parametry: zawartość części lotnych, zawartość popiołu, zawartość wilgoci, spiekalność (wg Rogi). Węgiel kamienny w polskiej klasyfikacji podzielony jest na 10 typów (PN-G-97002:1982), wymagane parametry węgla kamiennego zostały opracowane na podstawie badań w laboratorium Spółki Grand Activated (Tabela 1).

Tabela 1. Parametry węgla kamiennego dla węgla aktywnego typu N

Lp.	Parametr	Wymagania
1.	Spiekalność	65–80 RI
2.	Zawartość części lotnych	25–35%
3.	Zawartość wilgoci	max 6%
4.	Zawartość popiołu	max 4%

Źródło: Opracowanie własne

Wytwarzanie węgla aktywnych formowanych typu N składa się z kilku etapów: mielenia węgla kamiennego, przygotowania pasty lepiszczowo-węglowej, granulowania, suszenia granul surowych, karbonizacji, aktywacji, wysiewania frakcji właściwej (Rysunek 1).



Rysunek 1. Schemat produkcji węgla aktywnego typu N

Źródło: Opracowanie własne

Odpowiednie rozdrobnienie węgla w znacznym stopniu wpływa na jakość produktu finalnego. Parametry jakościowe pyłu węglowego podane w niniejszej pracy zostały wypracowane przy produkcji węgla aktywnych typu N w Spółce Grand Activated (Tabela 2).

Tabela 2. Parametry jakościowe pyłu węglowego

Lp.	Parametr	Wymagania
1.	Frakcja poniżej 0,088 mm	min 75%
2.	Powierzchnia zewnętrzna pyłu	4200 ± 200 cm <sup>3</sup> /g

Źródło: Opracowanie własne

Węgiel po rozdrobnieniu jest mieszany z lepiszczem w odpowiednich proporcjach. Pasta lepiszczowo-węglowa podawana jest do granulatorów w których powstają tzw. granule surowe. Granule otrzymane w procesie karbonizacji nie mogą być zdeformowane, popękane, opalone (Rysunek 2).



Rysunek 2. Zdjęcie granul surowych węgla aktywnego typu N

Źródło: Opracowanie własne

Granule surowe kierowane są do suszarek, podstawowym celem suszenia granul surowych jest nadanie granulom odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej potrzebnej w kolejnych etapach wytwarzania węgla aktywnych. Cel ten uzyskuje się dzięki odparowaniu wilgoci i częściowemu rozkładowi mało trwałych związków chemicznych węgla. Wysuszone granule powinny być odporne na zgniatanie, bez widocznego parowania wody i wyczuwalnych produktów rozkładu termicznego substancji organicznych. W początkowych etapach surowce poddawane są obróbce termicznej prowadzonej w wysokiej temperaturze bez dostępu powietrza celem utworzenia karbonizatu.

Powstały karbonizat charakteryzuje się słabo rozwiniętą strukturą porowatą i musi zostać poddany dalszej obróbce czyli aktywacji. Powstała w granulce podczas karbonizacji pierwotna struktura porowata lub jej zaczątki, podczas aktywacji jest rozwijana w rozpoczętym kierunku. Proces aktywacji może być przeprowadzany na drodze chemicznej lub fizycznej.

## Karbonizacja

Jednym z ważniejszych etapów procesu otrzymywania węgla aktywnych jest karbonizacja, gdyż od parametrów tego procesu zależy powstawanie pierwotnej struktury porowatej. W procesie aktywacji jest dalsze ukształtowanie struktury porowatej węgla, rozszerzenia istniejących porów i powstania nowych, w wyniku czego powierzchnia węgla jest bardziej porowata i reaktywna. Proces karbonizacji polega na częściowej termicznej degradacji niepotrzebnych składników i zanieczyszczeń pochodzących z surowca, węgla kamiennego. Mogą się w nim znajdować długie łańcuchy związków węgla, wodoru i tlenu podzielone na mniejsze cząsteczki w postaci gazów, skraplających się oparów (smoły i oleje).

Istnieje kilka modeli opisujących proces karbonizacji, ale proces ten można zasadniczo podzielić na cztery fazy, zgodnie z zapotrzebowaniem energetycznym reakcji karbonizacji: suszenie (100–200°C); wstępne karbonizacja lub prażenie (200–475°C); karbonizacja (475–800°C); i wiązanie węgla (800–1200°C). Proces karbonizacji wymaga utrzymania żądanych temperatur a granule po procesie karbonizacji nie mogą być spopielone (Rysunek 3).



Rysunek 3. Zdjęcie granul po karbonizacji

Źródło: Opracowanie własne

Parametry jakościowe granul po karbonizacji podane w niniejszej pracy zostały wypracowane przy produkcji węgla aktywnych typu N w Spółce Grand Activated (Tabela 3).

Tabela 3. Parametry jakościowe granul po karbonizacji węgla aktywnego typu N

Lp.	Parametr	Wymagania
1.	Gęstość nasypowa	660–750 g/dm <sup>3</sup>
2.	Zawartość części lotnych	10–15%
3.	Nasiąkliwość wodna	0,30–0,39 cm <sup>3</sup> /g
4.	Wytrzymałość mechaniczna	min 98%

Źródło: Opracowanie własne

Materiał węglowy, przeznaczony do produkcji węgla aktywnych metodą parowo-gazową, musi spełniać określone warunki, z których najważniejszymi są: mała zawartość części lotnych, duża zawartość węgla pierwiastkowego, określona porowatość, odporność mechaniczna na rozkruszenie i ścieranie. Proces karbonizacji przebiega w temperaturze 475–800°C, granule nabierają mechanicznej wytrzymałości, przy czym w wyniku wydzielenia lotnych substancji materiał wzbogaca się w węgiel i powstaje pierwotna struktura porowata. Działania energii cieplnej prowadzi do destrukcji organicznej masy węgla wyjściowego, jak też i lepiszcza. W rezultacie postępujących procesów polikondensacji i polimeryzacji powstaje jednorodna granula. Porowata struktura węgla wyjściowych w czasie obróbki termicznej ulega znacznym zmianom [2].

Wymagane właściwości karbonizatu otrzymuje się poprzez dobór odpowiednich warunków w procesie karbonizacji. Zaliczyć do nich należy: czas karbonizacji, odpowiedni dobór temperatur w strefie zasypowej i wysypowej pieców, prędkość wzrostu temperatury i atmosfera w jakiej zachodzi piroliza węgla. Temperatura w strefie wysypowej pieca należy do kluczowych parametrów procesu karbonizacji. Pod wpływem dostarczonego ciepła dochodzi do rozerwania mniej trwałych wiązań chemicznych i wydzielenia do otoczenia granul lotnych produktów termicznego rozkładu surowca węglowego. Z praktycznego punktu widzenia karbonizacja ma na celu pozbycie się części lotnych z granul z poziomu 30–40% do zawartości około 10–15% oraz nadanie granulom dużej wytrzymałości mechanicznej dzięki przemianom węgla w półkoks pod wpływem temperatury. Zawartości części lotnych, zamieszczone w Tabeli 4 zostały oznaczone w laboratorium Spółki Grand Activated.

Tabela 4. Zawartość części lotnych na różnych etapach wytwarzania granul

Lp.	Rodzaj granul	Zawartość części lotnych
1.	Granule surowe	37,4%
2.	Granule po suszeniu	31,0%
3.	Granule po karbonizacji	11,9%

Źródło: Opracowanie własne

W karbonizacji następuje także uporządkowanie zwartej substancji węglowej – znacznie większe niż było w surowcu wyjściowym, a może ono nastąpić tylko w wysokiej temperaturze. Węgłe kamienne ze wzrostem temperatury karbonizacji kurczą się, przez co objętość utworzonych w początkowym etapie procesu mikroporów zmniejsza się znacznie. Kolejnym ważnym parametrem procesu karbonizacji jest szybkość osiągania temperatury w strefie wysypowej. Temperatura wzrastająca zbyt szybko powoduje, że etapy rozkładu termicznego węgla i reakcje poboczne produktów pirolizy mogą nakładać się między sobą powodując trudności w kontrolowaniu powstawania struktury porowatej w karbonizacie. Duża szybkość wzrostu temperatury nie sprzyja także większemu uporządkowaniu chemicznej budowy substancji węglowej, gdyż opisywane procesy, jako przebiegające w fazie stałej, zachodzą powoli i wymagają określonego czasu.

Przy szybkiej prędkości ogrzewania i krótkim czasie, z karbonizowanego surowca wydziela się duża ilość części lotnych i powstają wówczas pory o większych rozmiarach. Reaktywność karbonizatów otrzymanych przy dużej szybkości ogrzewania jest większa niż otrzymanych podczas powolnego wzrostu temperatury. Jest to skutek większej porowatości i mniejszego uporządkowania zwartej substancji węglowej, niż obserwuje się w karbonizatach otrzymanych z tych samych surowców. Granule o większej porowatości i mniej uporządkowanej substancji węglowej charakteryzują się niższą wytrzymałością mechaniczną niż granule powstałe podczas powolnego ogrzewania. Na rozkład termiczny węgla i przebieg reakcji pobocznych produktów pirolizy ma również wpływ atmosfera, w której odbywa się proces karbonizacji. Kiedy powstające podczas procesu karbonizacji gazy są usuwane szybko za pomocą gazów spalinowych lub strumienia gazu obojętnego, wówczas otrzymany karbonizat jest bardziej reaktywny ale uzysk jest niższy. W procesie karbonizacji, w wyniku pirolizy węgla kamiennego większość pierwiastków niewęglowych (tlen, wodór, azot, siarka) jest eliminowana w postaci produktów gazowych. Produktami utlenienia tych pierwiastków powinny być tlenki:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{SO}_2$ , ewentualnie  $\text{SO}_3$ . Produktem utlenienia azotu jest przede wszystkim  $\text{NO}$  ze względu na jego trwałość w wysokich temperaturach [12]. Gazy karbonizacyjne zawierają  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  i  $\text{CO}$  a także zawierać mogą również pewne ilości węglowodorów aromatycznych oraz pyły  $\text{PM}_{2,5}$  oraz  $\text{PM}_{10}$ .

W procesie produkcji węgla aktywnych piece różnić się mogą co do wymiarów i zdolności produkcyjnych, materiałów budowlanych, kształtu, ilości kominów, mechanizacji, poziomu kontroli procesu i źródła energii. Gdy źródło ciepła jest zewnętrzne, przestrzeń w piecu jest lepiej wykorzystana, co w konsekwencji zwiększa produktywność, ponieważ cały węgiel jest przetwarzany, a zatem wydajność jest większa. Jeśli chodzi o proces produkcji węgla, może on być: przerywany półkresowy (działanie prawie ciągłe) lub ciągły. Wszystkie piece o niskim poziomie zaawansowania technologicznego mają proces produkcji seryjnej. Ten rodzaj systemu utrudnia wykorzystanie gazów z procesu węgla, ponieważ skład gazów karbonizacyjnych zmienia się w zależności od termicznej degradacji surowca w czasie. Piece o zaawan-

sowanej technologii proponują obróbkę gazów. Autoklawy spalają gazy w celu ponownego wykorzystania ciepła, a także skraplają gazy. Retorty spalają gazy, ponownie wykorzystują ciepło, a także wytwarzają energię elektryczną. Ponadto, wszystkie piece metalowe suszą i ogrzewają produkowany węgiel za pomocą palników.

## Podsumowanie

Otrzymanie węgla aktywnych o pożądanych właściwościach wymaga doboru odpowiednich surowców oraz procesu technologicznego. Od doboru parametrów technologicznych procesu zależą właściwości finalnego produktu [11]. W procesie karbonizacji zachodzą reakcje chemiczne i fizyczne, które zależą głównie od czasu, temperatury i zasadniczo zachodzą poprzez kontrolę dopływu tlenu do pieca do rozkładu termicznego surowca. Karbonizat powstały w wyniku tego procesu będzie miał określone właściwości fizykochemiczne w zależności od właściwości węgla (skład chemiczny, gęstość, wilgotność, wielkość surowca pierwotnego) i trybu pracy pieca (m.in. ułożenie materiału, szybkość nagrzewania, ciśnienie wewnętrzne, regulacja temperatury, przepływ termiczny, dynamika płynów gazów wewnątrz pieca, czas ekspozycji na działanie ciepła).

## Literatura

- [1] Derbyshire, F., Jagtoyen, M., Thwaites, M., *Activated Carbons – Production and Applications* [w:] Patrick, J.W. (ed.), *Porosity in Carbons: Characterization and Applications*. Edward Arnold, Inc. London, 1995
- [2] Jankowska, H., Świątkowski, A., Choma, J., *Węgiel aktywny*, WNT, Warszawa 1985
- [3] Lussier, G., Shull, J.C., Miller, D.J., *Activated carbon from cherry Stones*, Carbon, 1994, 32, p. 1493–1498
- [4] Gergova, K., Eser, S., *Effects of activation method on the pore structure of activated carbons from apricot Stones*, Carbon, 1996, 34, pp. 879–888
- [5] Jia, F., Steele, C.J., Hayward, I.P., Thomas, K.M., *Mechanism of adsorption on gold and silver species on activated carbons*, Carbon, 1998, 36, p. 1299–1308
- [6] Ziętek, S., Zin, M., Grochola, W., *Wpływ struktury kapilarnej na właściwości otrzymanych z nich sorbentów impregnowanych solami metali*, Przemysł Chemiczny, 1998, t. 67, p. 277–278
- [7] Buczek, B., Czepirski, L., *Węgiel i perspektywy jego wykorzystania*, Fundacja im. W. Świętosławskiego, Gliwice 2000

- [8] Korta, A., *Własności sorpcyjne stałych produktów pirolizy i aktywacji węgla kamiennych*, Zeszyt Nauk. AGH 1988
- [9] Sarbak, Z., *Adsorpcja i adsorbenty*, WN, Poznań 2000
- [10] Jasieńko-Hałat, M., *Wpływ stopnia uwęglenia na kształtowanie się struktury kapilarnej karbonizatów z węgla niesiekających*, Przemysł Chemiczny. 2005, 84, 364
- [11] Bansal, R. C., Goyal, M., *Adsorpcja na węglu aktywnym*; WNT; Warszawa, 2009
- [12] Lorenz, U., *Metoda oceny wartości węgla kamiennego energetycznego uwzględniająca skutki jego spalania dla środowiska przyrodniczego*. Studia, Rozprawy, Monografie nr 64. Wydawnictwo Instytutu GSMiE PAN. Kraków 1999, p. 84





# Ocena wartości odżywczych i badanie tekstury chipsów

**Słowa kluczowe:** tekstura żywności, teksturometr, przekąski, chipsy, proces wytwarzania chipsów

## Streszczenie

Chipsy od dawna cieszą się największą popularnością wśród przekąsek. Są najczęstszym produktem, po który sięgamy. W pracy przeprowadzono badania na trzech rodzajach chipsów o smaku papryki, soli morskiej i śmietany z cebulką. Analizie podlegała ich barwa, smak i zapach, konsystencja oraz wartości odżywcze. Oznaczono również wartości tekstury – łamliwość. Badania wykonano przy użyciu teksturometru TA.XT plus. Wartościami zmiennymi była średnica narzędzia – 0,25 mm, 0,5 mm i 0,75 mm oraz prędkość narzędzia – 0,1 mm/s, 0,3 mm/s i 0,5 mm/s. Największej siły trzeba było użyć do przełamania chipsów o smaku paprykowym, a najmniejszej do smaku śmietana z cebulką.

## Wprowadzenie

Chipsy w kategorii słonych przekąsek cieszą się największą popularnością. Centrum Badawczo-Rozwojowe Biostat przeprowadziło analizy, z których wynika, że wśród młodej grupy osób (do 35 roku życia) najbardziej renomowaną przekąską są właśnie chipsy. W tym gronie sięga po nie aż 92% osób [www.1].

Chipsy z ang. snack food to przekąska w postaci cienkich, osuszonych plastrów. Surowcem do wytwarzania chipsów ziemniaczanych są ziemniaki [11]. Producent dobiera odmianę o odpowiednich parametrach. Ziemniaki powinny być dojrzałe, stosunkowo miękkie, o niskiej zawartości cukrów redukujących i dobrze, gdy posiadają jasnożółty miąższ o bardzo dobrym smaku [3]. Zwykle do wytworzenia 1 kg chipsów potrzeba 3 kg ziemniaków. Grudzińska M. w swojej pracy [2] przedstawia pojęcie wartości technologicznej ziemniaka, a mianowicie zestawu cech, które zade-

cydują na co zostanie przetworzony. Są to min. takie czynniki jak: wielkość, kształt bulw, głębokość i ilość oczek, grubość i wady skórki jak i skład chemiczny. Wielkość bulw opisuje skala od 1 do 9. Małe i bardzo małe oznacza cyfra 1, 2, 3, średnie rozmiary od 4 do 6 i duże do bardzo dużych od 7 do 9. Kształt bulw wyraża się indeksem długości do szerokości. Wyróżniamy następujące kształty: okrągły skrócony, okrągły, okrągło-owalny, owalny, owalno-podłużny i podłużny. U ziemniaka jadalnego w większości występują płytkie oczka. Oznacza się je w skali stopniowej od 1 do 9, przy czym 1 oznacza głębokość oczek powyżej 4 mm (bardzo głębokie z wyboistością między oczkami), a 9 głębokość 0 mm (bardzo płytkie, niewyczuwalne pod palcem). Skórkę możemy podzielić pod względem barwy na żółtą, jasnoróżową oraz czerwoną. Grubość skórki wyraża się w skali 9 stopniowej. 1, 2, 3 oznacza skórkę grubą, szorstką, lekko lub silnie popękaną, a 9 skórkę bardzo cienką, gładką i lśniącą.

Dynamicznie rozwijający się rynek przekąsek serwuje konsumentom nowe rozwiązania, a mianowicie chipsy warzywne czy owocowe.

Proces przetwarzania ziemniaków na chipsy jest wieloetapowy. Chipsy, czyli uszlachetniony produkt ziemniaczany można uzyskać poprzez trzy główne etapy produkcji: krojenie w plastry, smażenie i przyprawienie dodatkami [7].

W pracy pt. Przetwarzanie ziemniaków K. Maślińskiego [7] wyróżnia się poszczególne etapy produkcji chipsów ziemniaczanych:

- dostarczenie i sortowanie surowca,
- mycie,
- obieranie ziemniaków metodą cierną, parową lub chemiczną,
- usuwanie ziemniaków z defektami typu ciemne plamki,
- krojenie na plastry (zastosowanie noży o różnych kształtach płaskich lub karbowanych), gładka powierzchnia noża zapobiega nadmiernemu wchłanianiu tłuszczu i poprawia ich teksturę,
- mycie krajanki przy użyciu natrysku wody, ten zabieg usuwa ziarna skrobi z powierzchni plastrów, aby nie dochodziło do ich zlepiania,
- smażenie, metodą okresową – plastry w siatkach zanurza się w zbiorniku z gorącym olejem, lub metodą ciągłą – plastry za pomocą przenośnika przesuwane są wewnątrz zbiornika do smażenia,
- usuwanie nadmiaru tłuszczu na stołach ociekowych,
- doprawianie – dodawanie mieszanki przypraw smakowo zapachowych tj. chili, papryka czy koperek, (dzięki temu, że chipsy są ciepłe przyprawy łatwo się do niech przyklejają),
- pakowanie w atmosferze gazu obojętnego,
- magazynowanie.

Wybierając dobrej jakości chipsy powinniśmy skupić się na trzech parametrach: konsystencji, smaku i zapachu oraz barwie [12]. Konsystencja powinna być chrupka i delikatna, a zależy ona od: zawartości tłuszczu, skrobi i suchej masy w surowcu, parametrów smażenia (czasu, rodzaju tłuszczu) oraz grubości plasterków. Smak i za-

pach powinien być typowy dla danego rodzaju chipsów [8] i zależy on od aminokwasów, cukrów oraz kwasów organicznych. Pożądana barwa do uzyskania to słomkowożółta, na której wpływ mają przede wszystkim zawarte w ziemniaku cukry, w tym redukujące, których ilość nie powinna w surowcu przekraczać 0,1% [8].

Tekstura żywności według Polskiej Normy [PN-ISO 11036:1999] oznacza ogół właściwości strukturalnych oraz reologicznych produktu, które człowiek może odbierać za pomocą bodźców mechanicznych, wzrokowych oraz słuchowych.

Marzec A. [6], prowadząc badania jakości produktów pod kątem szeroko pojętej akceptacji konsumenckiej zwraca szczególną uwagę na to jak wielkie znaczenie ma analiza sensoryczna. Za pomocą tekstury żywności można określić wiele parametrów oraz uruchomić wiele zmysłów do jej oceny.

Badacze z PennState University oznajmili, że istnieją osoby których język potrafi postrzegać rozmiary cząstek, co pozwala im lepiej wykrywać niewielkie różnice w teksturze żywności [9].

Aby dokładnie opisać teksturę wyróżnia się szereg parametrów tj.: Twardość, czyli siła niezbędna do osiągnięcia określonej deformacji, ściśnięcia próbki[5] [www.2]. Sprężystość, stopień w jakim zdeformowane ciało powraca do pierwotnego kształtu, po ustąpieniu sił deformujących. Adhezyjność – praca potrzebna do pokonania sił przyciągania między powierzchnią próbki, a powierzchnią innych obiektów, z którymi wchodzi w styczność. Kohezyjność czyli siła wiązań wewnętrznych tworzących strukturę próbki. Łamliwość, a więc siła, przy której próbka ulega przełamaniu. Gumowatość – siła potrzebna do zniszczenia wiązań wewnętrznych próbki (rozdrobienie żywności). Żujność, czyli praca potrzebna do zniszczenia wiązań wewnętrznych próbki (rozdrobienie żywności).

W swojej pracy badawczej Kozak M. [4] przeprowadza badanie cech tekstury chipsów owocowych i warzywnych pod względem twardości, łamliwości oraz maksymalnej siły cięcia. Konsystencja materiałów jest ściśle związana z pracą cięcia, ponieważ odpowiada ona pracy wykonywanej podczas żucia. Wyznaczona praca wykonana podczas przecinania pojedynczego chipsa wynosiła od 0,93 do 14,36 mJ.

## Materiały i metody badawcze

### Materiał badawczy

Materiałem badawczym były powszechnie dostępne chipsy o średniej cenie rynkowej (ok. 4 zł/100g) w trzech smakach: papryka, sól morska oraz śmietana z cebulką. Aby badanie było jak najbardziej miarodajne wybrano chipsy o takim samym kształcie oraz wadze. Produkty przed badaniem pochodziły ze świeżo otwartych opakowań. Przy każdym badaniu zapewniono temperaturę pokojową oraz jednakowe warunki.

Wartości odżywcze chipsów użytych do badań zostały uzyskane z ich opakowań. Każdy rodzaj chipsów ma zbliżoną wartość energetyczna w 100g, jednak sól morska

ma największą 535 kcal (Tab. 1.). Największą ilość soli mają chipsy o smaku śmietany z cebulą 35g/100g produktu. Węglowodany w chipsach o smaku papryki i soli morskiej są zbliżone.

Tabela 1. Wartość odżywcza chipsów użytych do badania

	Wartość energetyczna w 100g [kcal]	Tłuszcz (w tym kwasy tłuszczowe nasycone) [g]	Węglowodany (w tym cukry) [g]	Białko [g]	Sól [g]
Papryka	522	30 (3,2)	58 (2,7)	3,6	1,8
Sól morską	535	32 (3,3)	57 (0,6)	3,5	1,0
Śmietana z cebulką	529	35 (3,4)	48 (3,4)	5,6	1,7

Źródło: dane producenta.

Znaczną różnicę w zawartości węglowodanów obserwuje się w chipsach śmietana z cebulka, gdzie wartość ta jest niższa o ok.10g/100g produktu w porównaniu z chipsami o smaku papryki i soli morskiej. Ten rodzaj chipsów ma też o około 2g wyższą zawartość białka od pozostałych badanych chipsów. Najmniej soli mają chipsy o smaku soli morskiej.

Metody badawcze

#### 1. Ocena sensoryczna

Ocenę sensoryczną przeprowadziły niezależnie 3 osoby w wieku 20–26 lat poprzez ocenę wyglądu, zapachu, smaku i konsystencji/kruchości badanych rodzajów chipsów. Barwa została określono wizualnie. Efekty smakowe, zapachowe i konsystencja został określony poprzez konsumpcję 10 sztuk chipsów każdego rodzaju w godzinnych odstępach czasowych.

#### 2. Analiza tekstury

Badania wykonano przy użyciu teksturometru TA.XT plus (Rys. 1) w 30 powtórzeniach i obliczono wartość średnią siły niszczącej. W badaniach zastosowano trzy rodzaje przystawek roboczych – sensorów w kształcie kuli o średnicy 0,25; 0,50 i 0,75 mm, które zaprogramowano na pracę przy trzech prędkościach posuwu głowicy pomiarowej 0,1; 0,3 i 0,5 mm/s.



Rysunek 1. Stanowisko badawcze do analizy tekstury

Źródło własne.

## Wyniki badań i dyskusja

### 1. Ocena sensoryczna

W pierwszym etapie badań dokonano oceny sensorycznej badanych chipsów co zostało przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Ocena sensoryczna chipsów użytych do badań

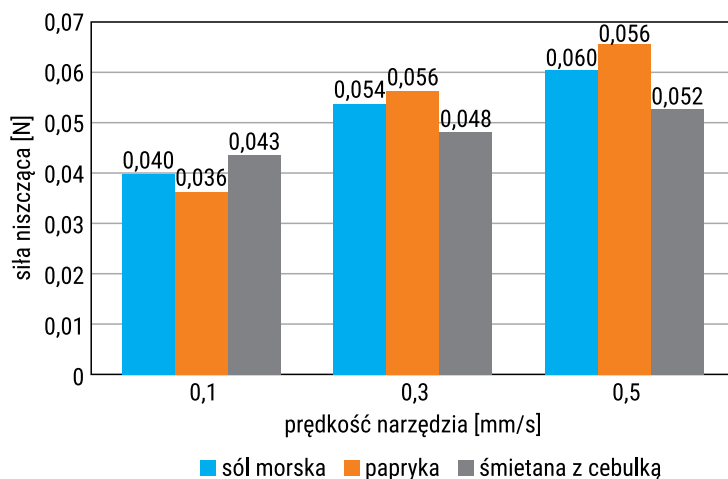
	<b>Barwa</b>	<b>Smak i zapach</b>	<b>Konsystencja</b>
Papryka	żółta do pomarańczowej z widocznymi dodatkami mieszanki przypraw papryki	słony, lekko pikantny, paprykowy, zapach typowy	krucha, łamliwa
Sól morską	słomkowożółta z widocznymi kryształkami soli	słony z charakterystycznym posmakiem chipsów ziemniaczanych, zapach typowy	krucha, łamliwa
Śmietana z cebulką	słomkowożółta z widocznymi dodatkami zielonej cebulki	lekko słony, wyczuwalny posmak cebulki, lekko śmietanowy, zapach typowy	krucha, łamliwa

Źródło: Opracowanie własne

Barwa i smak chipsów jest charakterystyczny dla danego smaku. W znacznym stopniu zależy od zastosowanego dodatku np.: papryki, cebulki. Każdy rodzaj miał zbliżoną konsystencję – łamliwą i kruchą. Jest to struktura pożądana dla chipsów i świadcząca o ich świeżości i odpowiednim przechowywaniu.

## 2. Analiza tekstury chipsów

Rysunek 2 przedstawia wykres zależności siły niszczącej od prędkości posuwu narzędzia o średnicy 0,25 mm.

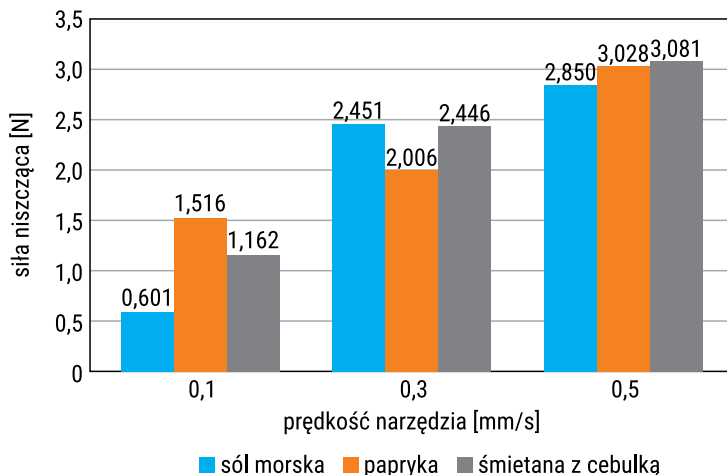


Rysunek 2. Wartość siły niszczącej od prędkości posuwu narzędzia przy zastosowaniu średnicy narzędzia 0,25 mm

Przy zastosowaniu narzędzia o średnicy 0,25 mm zaobserwowano najniższe wartości siły niszczącej spośród wszystkich badanych prób. Bez względu na smak oraz prędkość narzędzia wartość siły jest zbliżona i mieści się w przedziale od 0,04 do 0,06 N. Co więcej, otrzymane wyniki dla różnych prędkości pracy teksturometru nie wykazały znaczących różnic.

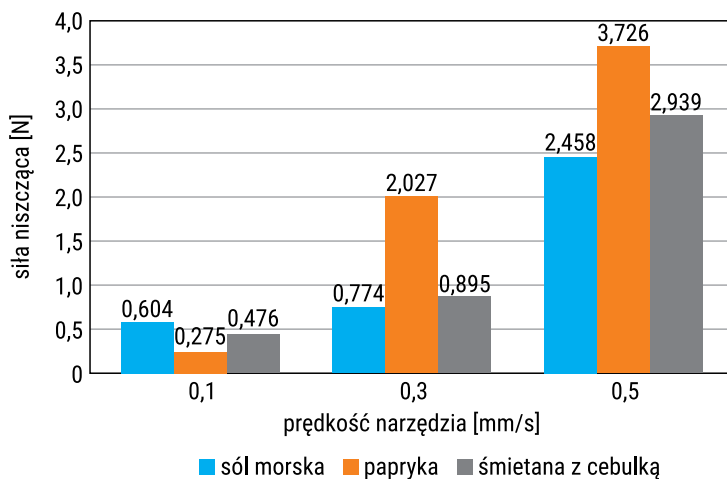
Rysunek 3. przedstawia wykres zależności siły niszczącej od prędkości posuwu narzędzia o średnicy 0,5 mm.

Przy prędkości posuwu 0,1 mm/s i średnicy narzędzia 0,5 mm największą wartość siły niszczącej zaobserwowano w przypadku chipsów o smaku paprykowym (1,5 N), a najmniejszej dla chipsów o smaku soli morskiej (0,6 N). Sugeruje się, że przyprawa w postaci soli morskiej może wpływać na zwiększenie kruchości chipsów (Rys. 3 i Rys. 4). Przy prędkości narzędzia 0,3 mm/s wartości są zbliżone. Największej siły (3,1 N) trzeba użyć do przełamania chipsów o smaku śmietany z cebulką przy prędkości 0,5 mm/s.



Rysunek 3. Wartość siły niszczącej od prędkości posuwu narzędzia przy zastosowaniu średnicy narzędzia 0,5 mm

Rysunek 4 przedstawia wykres zależności siły niszczącej od prędkości posuwu narzędzia o średnicy 0,75 mm.



Rysunek 4. Wartość siły niszczącej od prędkości posuwu narzędzia przy zastosowaniu średnicy narzędzia 0,75 mm

Przy zastosowaniu narzędzia o średnicy 0,75 mm i różnych prędkościach zaobserwowano największe zróżnicowanie w wartości siły niszczącej. W celu przełamania produktu przy prędkości 0,1 mm/s największej siły użyto dla chipa o smaku soli morskiej, następnie jednak wraz ze wzrostem prędkości posuwu narzędzia, odnotowywana dla tej próby wartości siły niszczącej były najniższą spośród badanych.



Wraz ze zwiększeniem prędkości pracy teksturometru odnotowano większą rozbieżność w wynikach badań tj. przy prędkości 0,1 mm/s odchylenie standardowe od średniej wynosiło ok.  $\pm 0,02$ . W kolejnych dwóch przypadkach zastosowanej prędkości 0,3 mm/s oraz 0,5 mm/s odchylenie standardowe od średniej to kolejno  $\pm 0,25$  i  $\pm 0,6$ . Wysoki rozrzut uzyskanych wyników siły niszczącej chipsy wynika z ich nieregularnej struktury oraz zmniejszenia dokładności pomiarowej wraz z wzrostem prędkości posuwu głowicy teksturometru.

Gondek E. i Marzec A. [1], przeprowadziły doświadczenie, w którym ścisano warstwę chipsów o początkowej wysokości 60 mm z prędkością 50 mm·min<sup>-1</sup>. Chipsy były umieszczone w cylindrze o średnicy 45 mm i ścisano je do 50% początkowej wartości za pomocą głowicy o średnicy 30mm. Maksymalna siła złamania badanych chipsów wynosiła średnio 15 N.

Kozak M. [4] jako materiał do wyznaczenia łamliwości użyła chipsów owocowych (jabłkowych i truskawkowych) i warzywnych (marchwiowych, pomidorowych, paprykowych i buraczanych). Wyniki badania łamliwości poszczególnych przekąsek mieściły się w przedziale od 10,48 do 21,98 N. Najwyższą wartość uzyskały marchwiowe, a najniższą pomidorowe.

Jak wynika z przeprowadzonych doświadczeń, na łamliwość mają wpływ zastosowane dodatki typu mieszanka paprykowa, sól morska i aromaty śmietankowe, średnica narzędzia użytego do badania oraz prędkość przeprowadzenia próby.

## Wnioski

1. Każdy z przebadanych rodzajów chipsów miał pożądaną konsystencję, kruchą i łamliwą.
2. Każdy rodzaj przebadanych chipsów miał wysoką wartość kaloryczną wynoszącą ok. 500 kcal/100 g produktu. Jednak najbardziej kaloryczne okazały się chipsy o smaku soli morskiej (535 kcal), a najmniej o smaku paprykowym (522 kcal).
3. Największą ilość tłuszczu zawierały chipsy o smaku śmietany z cebulką 35 g, a najmniej chipsy paprykowe 30 g. Chipsy o smaku soli morskiej miały wartość tłuszczu zbliżoną do średniej, czyli 32 g.
4. Chipsy o smaku papryki i soli morskiej miały prawie jednakową ilość węglowodanów tj. ok. 57,7 g, a chipsy o smaku śmietany z cebulką miały o ok. 10 g mniej węglowodanów.
5. Najwięcej białka posiadały chipsy o smaku śmietana z cebulką 5,6 g na 100 g produktu, a pozostałe smaki o ok. 2g mniej.
6. Największą ilość soli zawierał smak paprykowy i śmietana z cebulką. To chipsy o smaku soli morskiej posiadały najmniej soli (1 g).
7. Zarówno prędkość posuwu jak i średnica narzędzia miała wpływ na łamliwość chipsów (siłę niszczącą).

8. Największą wartość siły niszczącej zaobserwowano przy badaniu chipsów o smaku paprykowym, a najmniejszą dla smaku śmietana z cebulką.
9. Każdy rodzaj chipsów użyty do badań wykazał, że najmniejszej siły trzeba było użyć do złamania chipsa przy zastosowaniu narzędzia o średnicy 0,5 mm, a większej przy użyciu narzędzia o średnicy 0,75 mm.

## Literatura

- [1] Gondek E. i Marzec A. *Właściwości akustyczne i mechaniczne chipsów ziemniaczanych*, 2009
- [2] Grudzińska M. *Influence of weather and storage conditions on technological characteristics of potato in French fries and chips production*, 2012
- [3] Indigo M. *Jakie ziemniaki kupić na chipsy?* 2018
- [4] Kozak M. *Ocena wybranych parametrów tekstury popularnych przekąsek owocowych i warzywnych*, 2015
- [5] *Laboplus, Właściwości teksturometryczne, co to jest i jak to badać?* 2020
- [6] Marzec A. *Texture of food. Part II – Selected methods of sensory of analysis*, 2008
- [7] Maśliński K. *Technik technologii żywności. Przetwarzanie ziemniaków*, 2006
- [8] Mozolewski W., Wieczorek J., F.Pomianowski J., *Badania jakości organoleptycznej czipsów solonych*, 2011
- [9] Ostaszewski J., *Tekstura żywności – nowe badania*, 2019
- [10] PN-ISO 11036:1999. *Analiza sensoryczna. Metodologia. Profilowanie tekstury*.
- [11] Wójcik-Stopczyńska B., Grzeszczuk M. *Badanie jakości prób chipsów ziemniaczanych pochodzących z sieci handlowej*, 2003
- [12] Zychnowska M., Krygier K., Iwańczuk M., *Analiza zawartości i jakości tłuszczu w polskich smażonych chipsach ziemniaczanych*, 2015

### Strony internetowe

- [13] <https://www.diagnostic.org.pl> dostęp dnia: 09.06.2021
- [14] <https://www.merieuxnutrisciences.com/pl> dostęp dnia: 09.06.2021



# Analiza ekonomiczna i energetyczna termomodernizacji budynku mieszkalnego z wykorzystaniem różnego rodzaju izolacji

*Słowa kluczowe:* termomodernizacja, styropian, okres zwrotu

## Streszczenie

Termomodernizacja obiektów mieszkalnych wielorodzinnych jest działaniem prowadzącym do zmniejszenia energochłonności obiektów. W artykule rozpatrzono dwa warianty docieplenia budynku przy wykorzystaniu różnych materiałów izolacyjnych o różnych właściwościach. Przeprowadzona analiza wykazała związane z termomodernizacją oszczędności, oraz zalety każdego z użytych materiałów. Szybszy przewidywany zwrot inwestycji będzie przy zastosowaniu styropianu XPS o  $\lambda=0,029$  W/m<sup>2</sup>K o grubości 10 cm.

## Wprowadzenie

W ciągu ostatnich lat znaczenia nabiera racjonalne wykorzystanie ciepła w budownictwie [1]. Jak podaje Piotrowska-Woroniak znaczna część istniejących budynków nie spełnia obecnych wymogów energetycznych i wymaga przeprowadzenia całościowej termomodernizacji [2]. Sektor drobnych odbiorców wykorzystuje ponad połowę energii elektrycznej i cieplnej wyprodukowanej w Polsce [3]. W celu istotnego zmniejszenia zużycia zasobów energii, potrzebne jest działanie na rzecz poprawy efektywności energetycznej, zwłaszcza z uwagi na niską jakość energetyczną istniejących zasobów budowlanych [4]. Kompleksowa termomodernizacja powinna obejmować wymianę instalacji centralnego ogrzewania, oraz wykonanie docieplenia wszystkich przegród zewnętrznych (fasad, stropodachu oraz stropu/podłogi) [5]. Wykorzystanie przy tym styropianu zapewnia dobre właściwości izolacyjne, odporność na wilgoć, niskie obciążenia konstrukcji budynku, czy też zapewnienie bezpieczeństwa dla środowiska [6]. Ważną częścią przeprowadzanej termomodernizacji

budynku jest także dostosowanie instalacji centralnego ogrzewania do pracy w zmienionych warunkach, powstałych na skutek redukcji obciążenia cieplnego budynku [7]. Pozostawienie instalacji c.o. w stanie istniejącym jest błędem inżynierskim, powoduje obniżenie komfortu cieplnego w budynku, rozregulowanie hydrauliczne instalacji oraz zmniejszenie oszczędności energetycznych wynikających z termomodernizacji [8].

W ostatnich latach wraz z rozwojem budownictwa w Polsce zaczęto stosować coraz to lepsze materiały termoizolacyjne. Dzięki nim możliwe jest przeprowadzenie termomodernizacji starych budynków mieszkalnych wielorodzinnych. W artykule tym zostanie przedstawiona krótka charakterystyka wybranych materiałów, a także przeprowadzona zostanie analiza techniczno-ekonomiczna z ukierunkowaniem na efekty energetyczne i ekonomiczne takiego procesu. Analiza zostanie oparta na przykładowym budynku mieszkalnym wielorodzinnym zlokalizowanym w miejscowości Bobra Wielka, powiat sokólski, województwo podlaskie.

Na rynku budowlanym wyróżnić można wiele rodzajów materiałów termoizolacyjnych przeznaczonych do ocieplenia budynków mieszkalnych. Poprzez prawidłowe docieplenie takiego obiektu, zapewnia się mieszkańcom korzyści ekonomiczne, związane z obniżeniem kosztów ogrzewania. Zwrócić należy także uwagę na możliwość poprawy wizualnej i estetycznej takiego budynku, co związane będzie także z ochroną konstrukcji budynku przed niesprzyjającymi warunkami atmosferycznymi. Duże znaczenie przy dociepleniu budynku mieszkalnego ma także fakt zmniejszenia zapotrzebowania na energię ciepłą na cele grzewcze, przez co możliwe jest zastosowanie źródła ciepła o mniejszej mocy [9]. Przy wykonywanej analizie zostały zastosowane dwa warianty docieplenia. Pierwszy z nich wykorzystuje materiał termoizolacyjny w postaci styropianu EPS, a drugi – styropianu XPS.

Styropian z polistyrenu ekspandowanego (EPS) jest jednym z najpopularniejszych materiałów stosowanych w dociepleniach budynków mieszkalnych. Jedną z jego największych zalet jest współczynnik przewodzenia ciepła w granicach 0,030–0,045 W/(m<sup>2</sup>K) w zależności od stosowanej wersji [10]. Wspomnieć należy też o tym, że jest to materiał samogasnący oraz odporny na wilgoć [11]. Jego zaletą jest też odporność na czas, z upływem którego nie zauważa się gnicia, czy też butwienia w wilgotnym środowisku. Styropian ten zachowuje swoje właściwości fizyczne, kształt oraz wymiary. Nie jest on jednak odporny na działanie rozpuszczalników organicznych, promieniowanie UV, czy też zbyt wysoką temperaturę [12].

Styropian XPS (polistyren ekstrudowany) wykazuje się w porównaniu do poprzednika współczynnikiem przewodzenia ciepła na poziomie 0,025–0,038 W/(m<sup>2</sup>K). Stwierdzić też można wyższą odporność na ściskanie, co spowodowane jest przez sposób jego wykonania – zwarta, jednolita budowa o zamkniętych porach. Cechuje się lepszą wytrzymałością mechaniczną, odpornością na warunki atmosferyczne, czynniki chemiczne czy też odpornością na promieniowanie UV. Podobnie jak EPS jest on materiałem samogasnącym [13].

Celem artykułu jest przedstawienie krótkiej charakterystyki wybranych materiałów izolacyjnych, oraz przeprowadzenie analizy efektów termomodernizacji budynku mieszkalnego wielorodzinnego przy ich użyciu.

## Charakterystyka obiektu badawczego

Analizę przeprowadzono dla 3-kondygnacyjnego budynku mieszkalnego wielorodzinnego z podpiwniczeniem. Podstawowe dane odnośnie obiektu zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry obiektu (opracowanie własne)

Dane	Wartości
Liczba kondygnacji [ilość]	3
Wysokość kondygnacji mieszkalnych [m]	2,51
Wysokość piwnicy [m]	2.30
Liczba mieszkań [szt.]	12
Powierzchnia ogrzewana [m <sup>2</sup> ]	647,7
Kubatura ogrzewana [m <sup>3</sup> ]	1625,7
Straty ciepła przez przenikanie [W]	45534
Straty ciepła przez wentylację [W]	10958
Suma strat ciepła [W]	56492

W budynku przed modernizacją przyjęto instalację centralnego ogrzewania wodną, pompową, w układzie otwartym z rozdzielaczem dolnym, przy wykorzystaniu rur salowych oraz grzejników żeliwnych członowych. Parametry czynnika grzewczego to 90/70°C.

Po termomodernizacji budynku założono możliwość obniżenia parametrów czynnika grzewczego do temperatury 70/50°C, przy wykorzystaniu rur stalowych, grzejników płytowych firmy PURMO typ Compact oraz drabinkowych w łazienkach firmy PURMO typ Santorini. Dodatkowo zastosowano izolację przewodów stalowych w piwnicy i rozprowadzeniach po mieszkaniach.

## Warianty termomodernizacji

Rozpatrzono dwa warianty zastosowania materiałów izolacyjnych. Dla wariantu pierwszego przyjęto styropian EPS o współczynniku  $\lambda=0,042$  W/(m<sup>2</sup>K), a za materiał termoizolacyjny dla wariantu drugiego – styropian XPS o współczynniku  $\lambda=0,029$  W/(m<sup>2</sup>K). W przypadku stropodachu przyjęto granulaty Rockwool Granrock ze skal-

nej wełny mineralnej o współczynniku  $\lambda=0,042$  W/(m<sup>2</sup>K). Oba przypadki zostały policzone dla  $U_{c(max)}$  przyjętego według WT-2021. Na tej podstawie wyliczono minimalne grubości docieplenia do wykorzystania w obliczeniach (tabela 2).

Tabela 2. Zestawienie grubości docieplenia w poszczególnych wariantach

Przegroda	Wariant 1	Wariant 2
Stropodach	24 cm granulatu ze skalnej wełny mineralnej	24 cm granulatu ze skalnej wełny mineralnej
Ściana zewnętrzna budynku	14 cm styropian (EPS)	10 cm styropian (XPS)
Ściana zewnętrzna piwnicy	6 cm styropian (EPS)	4 cm styropian (XPS)

Źródło: opracowanie własne.

Zróznicowanie w grubości dobranej izolacji w obu wariantach wynika z konieczności uzyskania współczynnika  $U$  na poziomie minimalnym, spełniającym wymogi stawiane przez WT-2021 [14].

## Metodyka obliczeń i uzyskane wyniki

W celu oszacowania efektów energetycznych wyliczono procentowe zmniejszenie projektowego obciążenia cieplnego, korzystając z zależności przedstawionej w PN-EN 12831:2006 [15].

$$\Delta\phi = \phi_0 - \phi_i \quad [1]$$

gdzie:

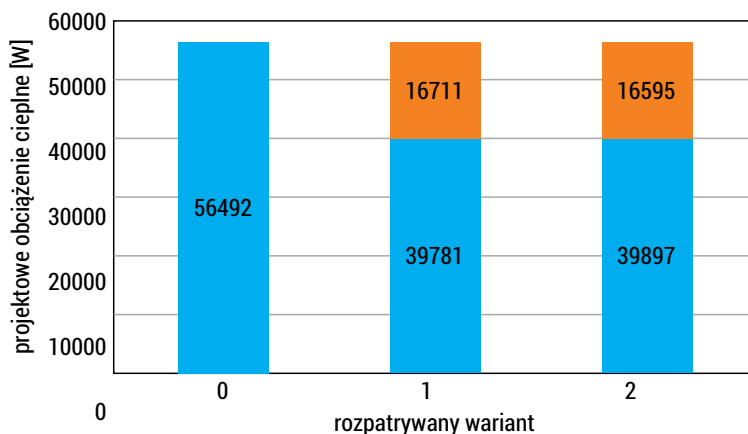
- $\phi_0$  – projektowe obciążenie cieplne budynku przed termoizolacją [W],
- $\phi_i$  – projektowe obciążenie cieplne budynku po termoizolacji [W],
- $i$  – wariant termoizolacji [1, 2]

W tabeli 3 oraz na wykresie 1 zostały przedstawione wartości oraz wyliczone zmiana obciążenia cieplnego z następnym przedstawieniem otrzymanego efektu na skutek termomodernizacji obiektu mieszkalnego.

Tabela 3. Projektowe obciążenie cieplne oraz efekt termomodernizacji

	$\phi_0$	$\phi_i$	
Rozpatrywany wariant	0	1	2
Projektowe obciążenie cieplne budynku	56492	39781	39897
Efekt – $\Delta\phi$ [W]	–	16711	16595
Efekt – $\Delta\phi$ [%]	–	29,58	29,38

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 1. Zestawienie wartości projektowego obciążenia cieplnego oraz efektu termomodernizacji

Źródło: [opracowanie własne]

Ponadto, w oparciu o normę PN-EN ISO 13790:2009 [16] oszacowano zmianę zapotrzebowania na energię użytkową na cele grzewcze.

$$\Delta Q_u = Q_{u0} - Q_{ui} \quad [2]$$

gdzie:

$Q_{u0}$  – zapotrzebowanie na energię użytkową przed dociepleniem [kW/rok]

$Q_{ui}$  – zapotrzebowanie na energię użytkową po dociepleniu [kW/rok]

$i$  – wariant termoizolacji [1, 2]

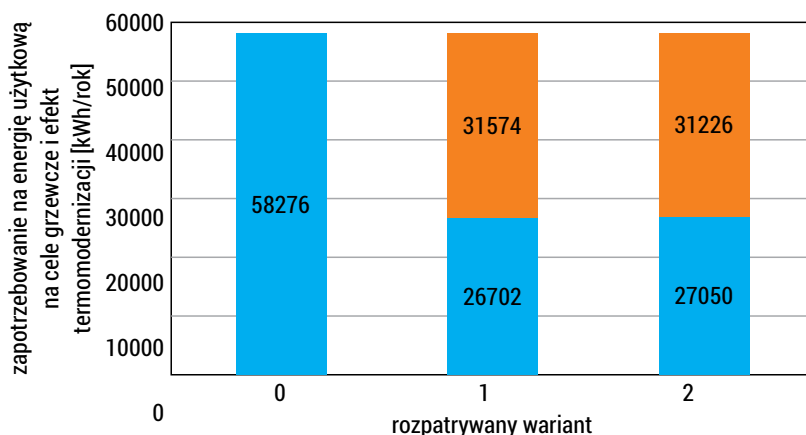
W tabeli 4 oraz na wykresie 2 zostały przedstawione wartości oraz wyliczona zmiana zapotrzebowania na energię użytkową na cele grzewcze w odniesieniu do poszczególnych wariantów.



Tabela 4. Zapotrzebowanie na energię użytkową na cele grzewcze oraz efektu termomodernizacji

	$Q_{u0}$	$Q_{ui}$	
Rozpatrywany wariant	0	1	2
Zapotrzebowanie na energię użytkową [kWh/rok]	58276	26702	27050
Efekt – $\Delta Q_u$ [kWh/rok]	–	31574	31226
Efekt – $\Delta Q_u$ [%]	–	54,18	53,58

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 2. Zestawienie zapotrzebowania na energię użytkową na cele grzewcze oraz efektu termomodernizacji

Źródło: [opracowanie własne]

Po wykonaniu części analizy pod względem efektów termomodernizacji z zakresu energetycznego omawianego budynku, sporządzono analizę ekonomiczną. Wzięto pod uwagę zapotrzebowanie na paliwo w każdym z wariantów, oszczędności związane ze zmniejszeniem zużycia paliwa na cele grzewcze, oraz całościowe koszty termomodernizacji. Zestawienie zapotrzebowania na paliwo, oraz oszczędności z tym związanym przedstawiono w tabeli 5, przy czym skorzystano z szacunkowych kosztów paliwa (miału węglowego) o wartości 0,64zł – dane dla miejscowości Bielsk Podlaski na rok 2021 [17].

Tabela 5. Szacunkowe oszczędności oraz koszt termomodernizacji

<b>Zestawienie szacunkowych oszczędności związanych z zapotrzebowaniem na paliwo</b>			
Rozpatrywany wariant	0	1	2
Zapotrzebowanie na paliwo [kg/rok]	25900	18100	18200
Oszczędność paliwa [kg/rok]	–	7800	7700
Oszczędność przy 0,64zł/kg mialu [PLN/rok]	–	4992	4928
<b>Zestawienie szacunkowych kosztów związanych z termomodernizacją</b>			
Koszt docieplenia przegród budowlanych [zł]	–	99250	83970
Koszt modernizacji instalacji c.o. [zł]	–	129900	129300
Koszt ogółem [zł]	–	229150	213270

Źródło: opracowanie własne.

Przy założonych szacunkowych kosztach materiałów potrzebnych do wykonania termomodernizacji budynku mieszkalnego wielorodzinnego i określonym poziomie oszczędności wyliczono czas zwrotu inwestycji termomodernizacji tego obiektu. Wykonano to poprzez podzielenie nakładów na roboty modernizacyjne przez przewidywaną oszczędność roczną. Wynik obliczeń przedstawiono w tabeli poniżej, przy czym korzystano ze wzoru:

$$SPBT = \frac{N}{\Delta K} \quad [3]$$

gdzie:

SPBT – prosty okres zwrotu [latach],

N – przewidywane nakłady inwestycyjne [zł],

$\Delta K$  – szacunkowe oszczędności związane z oszczędnościami eksploatacyjnymi [zł/rok]

Tabela 6. Przewidywany czas zwrotu

<b>Rozpatrywany wariant</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Nakłady N [zł]	229150	213270
Przewidywana oszczędność [zł/rok]	4992	4928
Przewidywany czas zwrotu [lata]	45,90	43,30

Źródło: opracowanie własne.

Przewidywany czas zwrotu znacznie przekracza zalecany okres jakim jest 12–15 lat. Przy analizie pod kątem ekonomicznym planowanej termomodernizacji budynku, zauważyć można niższy koszt inwestycji przy zastosowaniu styropianu XPS (o blisko 7%), przy zbliżonym stopniu zmniejszenia zapotrzebowania energii użytko-

wej na cele grzewcze, oraz projektowym obciążeniu cieplnym do wariantu uwzględniającego styropian EPS.

## Podsumowanie i wnioski

Przeanalizowano dwa warianty z wykorzystaniem materiałów izolacyjnych w postaci styropianu EPS oraz styropianu XPS. Wykorzystanie dwóch materiałów o zróżnicowanym  $\lambda$  wymusiło konieczność zastosowania różnych ich grubości, aby spełnić minimalne wymogi WT-2021. W wariantcie 1 efekt termomodernizacji wyniósł 29,58%, a dla materiału w wariantcie 2 – 29,38%. Podobną zależność zauważono w efekcie zmniejszenia zapotrzebowania na energię użytkową (wariant 1 – 54,18%, wariant 2 – 53,58%). W obu przypadkach wynika, że nieznaczną przewagę uzyskuje styropian EPS użyty dla wariantu 1. Powiązane z tym są bezpośrednio uzyskane oszczędności roczne uzyskane na zmniejszeniu zużycia paliwa. Analiza wykazała, że wykorzystanie styropianu XPS jako materiału wykorzystywanego do docieplenia budynku mieszkalnego wielorodzinnego, oraz przy jednoczesnym wykonaniu modernizacji istniejącej instalacji centralnego ogrzewania jest opłacalniejsze, oraz gwarantuje szybszy zwrot poniesionych kosztów niż przy termomodernizacji tego budynku wykorzystując styropian EPS. Przewidywany czas zwrotu przeprowadzenia termomodernizacji wskazuje na różnicę blisko 2 lat pomiędzy wariantem 1, a wariantem 2. Wykonanie termomodernizacji starych budynków jest o tyle ważne, że pozwala na oszczędność związaną z obniżeniem projektowego obciążenia cieplnego, oraz zapotrzebowania na energię, a co za tym idzie – kosztów ogrzewania. Dodatkowo pozwala to zapewnić wyższy standard życia dla mieszkańców takich bloków, poprzez zapewnienie im komfortu cieplnego.

## Literatura

- [1] Krawczyk D.A., *Certyfikacja energetyczna budynków*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej 2011
- [2] Piotrowska-Woroniak J., *Głęboka termomodernizacja budynku z funkcją biurowo-warsztatową – studium przypadku*, Rynek Instalacyjny 10/2020, s. 51
- [3] Nieznalski K., *Zużycie energii w Polsce i UE a termomodernizacja budynków*, Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna 2018, tom nr1–2, s. 22–28
- [4] Górzyński J., *Podstawy analizy energetycznej obiektów budowlanych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2012
- [5] Firląg S., *Rynek termomodernizacji w Polsce*, Rynek Instalacyjny 7–8/2016, s. 24
- [6] Niedzielko J., *Energoefektywny dom dostępny*, Wydawnictwo Polcen 2012

- [7] Jadwiszczak P., *Instalacje centralnego ogrzewania w procesie termomodernizacji budynków*, Termomodernizacja budynków, Izolacje, Grupa Medium 2021
- [8] Jadwiszczak P., *Modernizacja instalacji c.o. w budynkach po modernizacji*, Rynek Instalacyjny 10/2013, s. 20
- [9] <https://www.caparol.pl/innovacje/rozwiazania-systemowe/co-to-jest-termomodernizacja-odpowiadamy-na-najczestsze-pytania-zwiazane-z-ociepleniem-domu>, 15.07.2021
- [10] <https://realbud.com/styropian-eps-czy-xps>, 15.07.2021
- [11] <https://kb.pl/porady/styropian-eps-czy-styropian-xps-moze-grafitowy-sprawdzamy/>, 15.07.2021
- [12] [http://mowimyjak.se.pl/dom-i-ogrod/budowa-i-remont/polistyren-ekspandowany-polistyren-ekstrudowany-czym-sie-roznia,10\\_79054.html](http://mowimyjak.se.pl/dom-i-ogrod/budowa-i-remont/polistyren-ekspandowany-polistyren-ekstrudowany-czym-sie-roznia,10_79054.html), 16.07.2021
- [13] <http://www.e-izolacje.pl/a/xps-polistyren-ekstrudowany-4487,2.html>, 16.07.2021
- [14] Rozporządzenie Ministra Rozwoju, Pracy i Technologii z dnia 21 grudnia 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z późniejszymi zmianami
- [15] PN-EN 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
- [16] PN-EN ISO 13790:2009 Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia
- [17] <https://kb.pl/cenniki/mial-weglowy/>, 17.07.2021

 Politechnika  
Białostocka

