

POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA
WYDZIAŁ BUDOWNICTWA
I INŻYNIERII ŚRODOWISKA



POLSKIE ZRZESZENIE INŻYNIERÓW
I TECHNIKÓW SANITARNYCH



MONOGRAFIE
„INŻYNIERIA ŚRODOWISKA – MŁODYM OKIEM”
TOM 23
OCHRONA ŚRODOWISKA

pod redakcją
Iwony Skoczko
Janiny Piekutin
Moniki Wysockiej
Macieja Załuska



Białystok 2016

POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA
WYDZIAŁ BUDOWNICTWA
I INŻYNIERII ŚRODOWISKA



POLSKIE ZRZESZENIE INŻYNIERÓW
I TECHNIKÓW SANITARNYCH



MONOGRAFIE
TOM 23
OCHRONA ŚRODOWISKA

MONOGRAFIE
TOM 23

*Patronat
Rektora Politechniki Białostockiej
prof. dr hab. inż. Lecha Dzienisa*

*Wydział Budownictwa
i Inżynierii Środowiska
Politechniki Białostockiej*



*Honorowy Patronat
Prezydenta
Miasta Białegostoku*

**Publikacja dofinansowana przez
Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Białymstoku**



Wojewódzki Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej
w Białymstoku

www.wfosigw.bialystok.pl

Serdecznie dziękujemy za pomoc w organizacji uroczystości
i wydaniu niniejszej publikacji.

Patronaty medialne:



POLSKI
instalator



INŻYNIERIA ŚRODOWISKA – MŁODYM OKIEM

TOM 23

OCHRONA ŚRODOWISKA

**pod redakcją
Iwony Skoczko
Janiny Piekutin
Moniki Wysockiej
Macieja Załuska**

Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej
Białystok 2016

Redaktor tomu:

Iwona Skoczko
Janina Piekutin
Monika Wysocka
Maciej Żaluska

Zespół redakcyjny:

Iwona Skoczko – Redaktor Naczelny
Janina Piekutin – Redaktor Naczelny
Monika Wysocka – skład monografii
Maciej Żaluska – skład monografii

Redakcja językowa: Autorzy**Recenzenci monografii:**

dr hab. Izabella Jastrzębska
dr inż. Jacek Leszczyński

Zespół naukowy:

dr hab. inż. Iwona Skoczko – Politechnika Białostocka
prof. dr hab. inż. Józefa Wiater – Politechnika Białostocka
prof. dr hab. inż. Rafał Miłaszewski – Politechnika Białostocka
prof. Aleksey Ternovtsev – Kijowski Narodowy Uniwersytet Budownictwa i Architektury
prof. Dmitry Spitsov – Moskiewski Państwowy Uniwersytet Budownictwa
prof. Javier Bayo – Uniwersytet Techniczny Cartagena
dr hab. inż. Mariusz Dudziak – Politechnika Śląska
dr hab. Aneta Dorota Petelska – Uniwersytet w Białymstoku
dr hab. Izabella Jastrzębska – Uniwersytet w Białymstoku
dr hab. Zenon Łotowski – Uniwersytet w Białymstoku
dr hab. inż. Jacek Piekarski, prof. PK – Politechnika Koszalińska
dr hab. inż. Urszula Filipkowska, prof. UWM – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
dr hab. inż. Katarzyna Ignatowicz – Politechnika Białostocka
dr hab. inż. Sławomir Obidziński – Politechnika Białostocka
dr n. tech. Janina Piekutin – Politechnika Białostocka
dr n. tech. Joanna Szczukowska – Politechnika Białostocka
dr inż. Katarzyna Gładyszewska-Fiedoruk – Politechnika Białostocka
dr inż. Anna Siemieniuk – Politechnika Białostocka
dr inż. Elżbieta Grygorczuk-Petersons – Politechnika Białostocka
dr inż. Dariusz Andraka – Politechnika Białostocka
dr inż. Jacek Leszczyński – Politechnika Białostocka

Wszystkie zamieszczone w monografii prace są recenzowane

Copyright by Politechnika Białostocka, Białystok 2016

ISBN 978-83-62582-90-7

Publikacja nie może być w jakikolwiek sposób powielana i rozpowszechniana bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich

Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej

Polskie Zrzeszenie Techników i Inżynierów Sanitarnych Oddział w Białymstoku
ul. M. C. Skłodowskiej 2, 15-950 Białystok
Tel.: 85 744 31 00
e-mail: konferencjapzits@gmail.com
www.pzits.bialystok.pl

SPIS TREŚCI

Tworzenie siedlisk przyrodniczych w procesie rekultywacji wyrobisk żwiru na przykładzie kopalni kruszyw w Zabłociu	9
inż. Aleksandra Czylok, prof. dr hab. Henryk Klama	
Wybrane aspekty ekonomiczne termicznego przekształcania osadów ściekowych.....	39
mgr inż. Magdalena Filkiewicz	
Sposoby ograniczenia negatywnych oddziaływań transportu na środowisko i zdrowie człowieka	69
lic. Ewelina Gajko, dr Izabela Dobrzyńska	
Ceniony w Europie polski miód drahimski pochodzący z ekologicznych terenów Pojezierza Drawskiego	92
mgr inż. Celina Habryka	
Membranowe techniki rozdziału	118
mgr Katarzyna Janicka, dr hab. Aneta D. Petelska	
Fitoremediacyjne metody poprawy jakości powietrza i gleby	140
mgr inż. Agnieszka Łagocka, mgr inż. Michał Kamiński	
Znaczenie prawa ochrony środowiska w procesie inwestycyjno - budowlanym	165
mgr Sylwia Łazuk	
Plantacje roślin energetycznych – źródło energii odnawialnej	192
dr hab. Łaska Grażyna prof. PB, mgr inż. Nazaruk Bożena	
Istota oceny oddziaływania na środowisko w działalności inwestycyjnej	212
mgr Ilona Radziwon	

Analiza i uwarunkowania rozwoju biogazowni rolniczych w województwie podlaskim	240
inż. Magdalena Horysz, inż. Łukasz Malinowski, mgr inż. Ewa Szatyłowicz, inż. Szymon Skarżyński, inż. Iwona Barszczewska, inż. Natalia Woroniecka, Katarzyna Dąbrowska, Łukasz Trybułowski, dr nauk tech. Janina Piekutin	
Zrównoważony rozwój miast wojewódzkich Polski.....	262
mgr Natalia Sławińska	
Czy pompy ciepła mogą przyczynić się do ograniczenia emisji CO ₂ po modernizacji siłowni ciepłych w Polsce?	284
inż. Tomasz Słomiński, inż. Marlena Rejkowicz, dr inż. Andrzej Gajewski	
Retencyjność ekstensywnych zielonych dachów w walce z podtopieniami terenów ...	315
mgr inż. Małgorzata Sobczyk	
Wielofunkcyjny rozwój obszarów wiejskich	336
mgr inż. Jarosław Świdyński	
Negatywne skutki występowania zachwaszczenia w uprawie roślin	361
mgr inż. Milena Kosiorek	
Ocena potencjału solarnego dachów osiedla domów jednorodzinnych w Białymstoku, z wykorzystaniem danych LiDAR	384
mgr inż. Michał Targoński	

inż. Aleksandra Czylok¹⁾, prof. dr hab. Henryk Klama
Akademia Techniczno – Humanistyczna w Bielsku-Białej,
Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska
Zakład Zrównoważonego Rozwoju Obszarów Górskich
Bielsko-Biała, ul. Willowa 2
¹⁾czylok.al@gmail.com

Tworzenie siedlisk przyrodniczych w procesie rekultywacji wytrobisk żwiru na przykładzie kopalni kruszyw w Zabłociu

*Formation of habitats through reclamation of after-mining excavations:
a case of study in gravel mining in Zabłocie*

Słowa kluczowe: *rekultywacja wytrobisk, siedliska przyrodnicze, awifauna, żwirownia*

Keywords: *reclamation of excavations, habitats, avifauna, gravel mine*

Streszczenie: Coraz intensywniejsza eksploatacja środowiska naturalnego przyczynia się do radykalnego pogarszania jego stanu. Rośliny i zwierzęta tracą swój już i tak zawężony areał, a potrzeby inwestorów i przyrody najczęściej są zbyt sprzeczne, by je pogodzić. Gdy nie ma możliwości uniknięcia szkodliwej działalności, jedynym rozwiązaniem jest sprawienie, by w trakcie i po zaprzestaniu prac skutki były jak najmniej negatywne lub jak najmniej odczuwalne dla środowiska. W pracy przedstawiono wyniki badań ornitologicznych i florystycznych na siedliskach powstałych podczas rekultywacji wytrobisk żwiru na terenie kopalni kruszyw mineralnych w Zabłociu. Badania florystyczne wykazały, iż w wyniku prowadzonej rekultywacji powstały biotopy zasiedlone przez różne typy zbiorowisk roślinnych, wśród których można wyróżnić sześć podstawowych typów siedlisk (wodne; przywodne; nadbrzeżne; sąsiadujące zbiorowiska nadbrzeżne i przybrzeżne; łąkowe; zbiorowiska ruderalne powierzchni zniwelowanych pomiędzy stawami; zakrzewienia, zadrzewienia i zbiorowiska leśne). Podczas obserwacji ornitologicznych na badanym obszarze stwierdzono 58 gatunków ptaków należących do 23 rodzin. Spośród nich 50 gatunków znajduje się pod ochroną ścisłą, a 4 to gatunki priorytetowe, wymienione w załączniku

I Dyrektywy Ptasiej (bączek, zimorodek, błotniak stawowy, dzierzba gąsiorek). Zaobserwowane gatunki stanowią walor przyrodniczy badanego terenu i świadczą o atrakcyjności siedlisk stworzonych w procesie rekultywacji połączonej ze spontaniczną sukcesją roślinności.

1. Wstęp

Celem opracowania jest określenie poziomu wykształcenia siedlisk przyrodniczych na terenie wyłączonych z eksploatacji, zrehabilitowanych wyrobisk kopalni kruszyw w Zabłociu, a przez to ocena skuteczności przeprowadzonych prac rekultywacyjnych, których kierunek, ze względu na przynależność terenu do obszaru Natura 2000 (Dolina Górnej Wisły PLB240001), został określony jako wodny.

1.1. Rekultywacja wyrobisk pogórnich

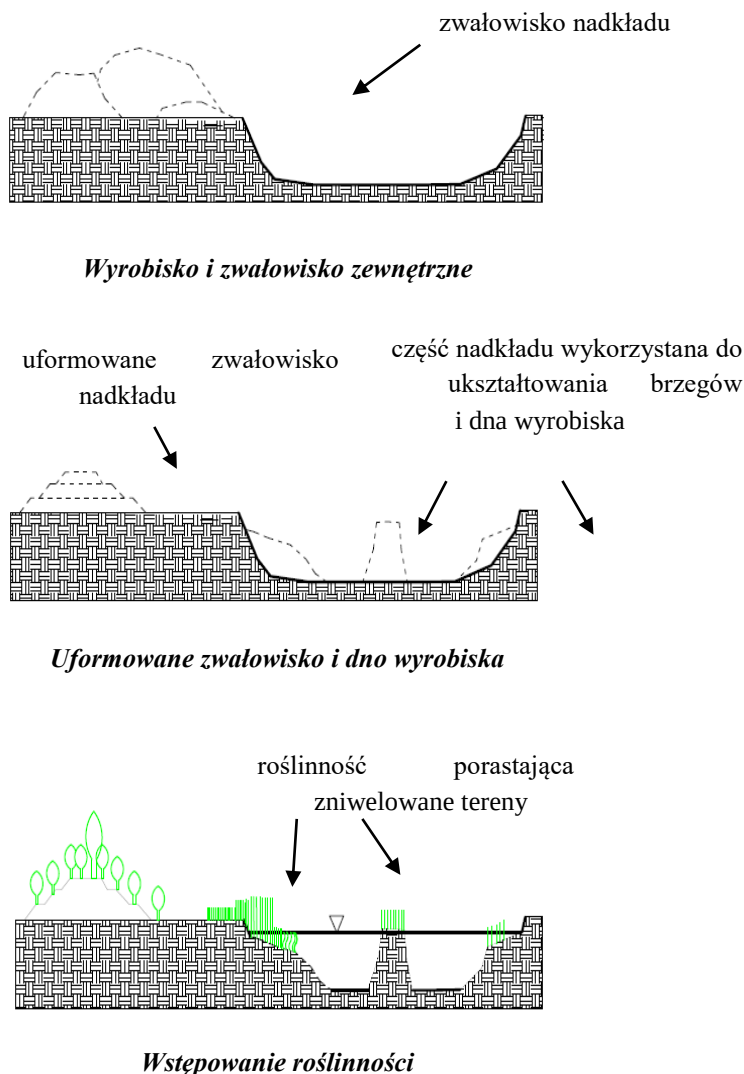
Działalność przemysłowa niesie ze sobą zmiany w krajobrazie i innych składnikach środowiska naturalnego, których konsekwencją są najczęściej dewastacja i degradacja terenu. Artykuł trzeci Dyrektywy UE w sprawie ochrony dzikiego ptactwa z dnia 30 listopada 2009 r. zobowiązuje do „przywracania zniszczonych biotopów”, artykuł 6 Dyrektywy UE z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory nakazuje zastosowanie środków kompensujących w przypadku konieczności przeprowadzenia przedsięwzięcia [1, 2]. Umiejętnie zaprojektowana i przeprowadzona rekultywacja stwarza możliwość nie tylko odtworzenia utraconych siedlisk, ale również stworzenia nowych, atrakcyjnych, siedlisk zastępczych. Zgodnie z Ustawą z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych, przez grunty zdegradowane rozumie się grunty o obniżonej wartości użytkowej (...), natomiast grunty

zdeństowane stanoią grunty całkowie pozbawione wartości użytkowych. Ustawa definiuje proces rekultywacji jako nadanie lub przywrócenie gruntom zdegradowanym lub zdeństowanym wartości użytkowych lub przyrodniczych, które zachodzi poprzez właściwe ukształtowanie rzeźby terenu, poprawienie właściwości fizycznych i chemicznych, uregulowanie stosunków wodnych, odtworzenie gleb, umocnienie skarp, odbudowanie lub zbudowanie niezbędnych dróg [3].

Podmiot, którego działalność może wywołać szkody w środowisku, jest zobowiązany do ich zapobiegania, ograniczania, zwalczania i/lub kompensowania. Procesy te należy prowadzić na każdym etapie działalności. Ważne, aby zarówno działalność wydobywcza, jak i naprawcza prowadzone były z jak najmniejszą szkodą dla środowiska. Zgodnie z Prawem geologicznym i górnictwem, wyrobisko górnicze jest to przestrzeń w nieruchomości gruntowej lub górotworze powstała w wyniku robót górniczych [4]. Ogólnie, wyrobiska podzielić można na podziemne, powstające głównie w wyniku prac górnictwa głębinowego oraz naziemne, jako skutki eksploatacji kamieniołomów, żwirowni, piaskowni itp.

Kierunkiem rekultywacji wyrobiska naziemnego może być zasypanie dołu warstwą nadkładu, (pod warunkiem, że przedsiębiorca dysponuje odpowiednią ilością żyznego nadkładu) i po niwelacji terenu wzbogacenie gleby nawozem, wysianie odpowiednich gatunków roślin (np. z grupy roślin motylkowych i traw) [5]. W przypadku wyrobisk zawodnionych, najczęstszym wyborem jest kierunek wodny rekultywacji. Wymaga on odpowiednich zabiegów już na etapie prowadzenia prac wydobywczych, w tym odpowiedniego ukształtowania skarp i linii brzegowej z wykorzystaniem zebranego nadkładu glebowego. Na

poniższych rycinach (Rys.1.) przedstawiono schematycznie przebieg procesu zagospodarowania wyrobiska.



Rysunek 1. Przebieg procesu zagospodarowania wyrobiska

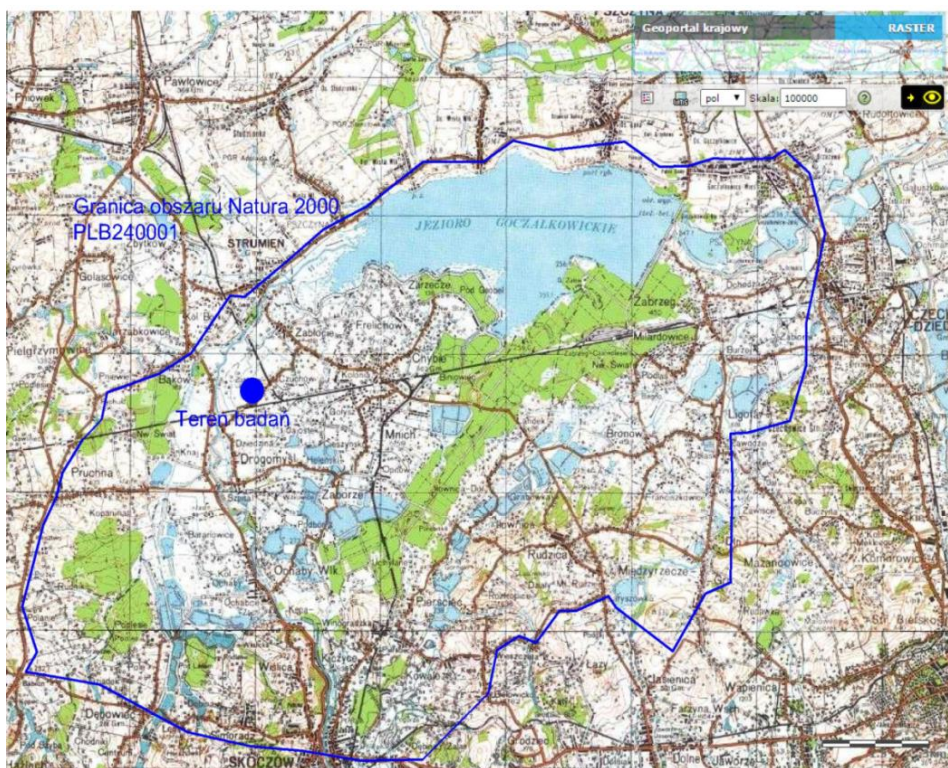
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [5, 6]

W miarę postępu eksploatacji zebrany nadkład służy jako materiał do kształtowania linii brzegowej i dna przyszłego zbiornika wodnego, co pozwoli na zasiedlenie go przez roślinność. Zabiegi techniczne dokonane

na zwałowisku pozostałego nadkładu, polegające głównie na formowaniu jego zboczy, również kreują warunki dla bytowania roślinności.

2. Teren i metodyka badań

Opracowanie dotyczy kopalni kruszyw mineralnych w Zabłociu. Działalność zakładu polega na wydobywaniu kruszyw naturalnych w postaci żwirów i piasków metodą odkrywkową. Badania obejmują teren byłych prac, gdzie rekultywacja wyrobisk została zakończona lub jest w trakcie realizacji. Powierzchnia badanego terenu – wyrobisk wraz z groblami pomiędzy stawami oraz najbliższym otoczeniem – wynosi około 50 ha. Zakład znajduje się w obrębie Obszaru Specjalnej Ochrony Natura 2000 „Dolina Górnej Wisły” (PLB240001). Orientacyjne usytuowanie badanego obiektu względem granic obszaru Natura 2000 przedstawiono na mapie (Rys.2.).



Rysunek 2. Usytuowanie badanego obiektu względem granic obszaru Natura 2000

Źródło: www.geoportal.gov.pl [7] ; orientacyjne granice naniesiono w programie AutoCad

Przedsiębiorstwo powstało w 2002 roku. Od tego czasu w wyniku eksploatacji kruszyw powstało osiem wyrobisk, które na skutek wypełnienia się wodą przekształciły się w zbiorniki wodne (stan na grudzień 2015 r.). Inwestor został zobowiązany do przeprowadzenia prac rekultywacyjnych decyzją Burmistrza Gminy Strumień oraz Starosty Cieszyńskiego. Techniczne zabiegi rekultywacyjne prowadzone były systematycznie w miarę eksploatacji złoża. Zebrany nadkład posłużył do formowania nachylenia skarp, z 70° do $30\text{--}40^\circ$. Ponadto część materiału posłużyła do formowania urozmaiconej linii brzegowej wyrobisk. Oprócz zatok i półwyspów wzdłuż brzegu, zalecane było stworzenie wysp i płycizn, jako siedlisk dla roślinności wodnej. Wyrobiska o głębokości

do 10 m po wypełnieniu się wodą stworzyły zbiorniki wodne. W ramach rekultywacji biologicznej w głębsze miejsca wprowadzono kilka gatunków roślin wodnych, m.in. tatarak zwyczajny i pałkę szerokolistną. Resztę terenu pozostawiono procesowi samoczynnej regeneracji. Ponadto zalecone zostało kontrolowanie przebiegu sukcesji roślin z częstotliwością raz do roku. Dodatkowo raz na rok (późnym latem lub jesienią) zalecono wykaszanie traw z terenów między wyrobiskami i zbieranie siana [6].

Badania obejmują siedem z ośmiu zbiorników wodnych powstałych z wyrobisk po eksploatacji kruszywa oraz ich otoczenie. Jeden zbiornik nie podlegał inwentaryzacji ze względu na jego lokalizację w miejscu czynnych prac na zwirowni. Na potrzeby niniejszego opracowania zbiorniki nazwano liczbami od 1 do 7. Położenie badanych wyrobisk przedstawione zostało na mapie zbiorowisk roślinnych badanego terenu (załącznik 1). Najmłodszym i jednocześnie największym zbiornikiem jest staw „7”, funkcjonujący w obecnej formie od 2015 r. Najstarsze zbiorniki to staw „1” oraz „6”, powstałe w 2008 r. Eksploatacja w wyrobiskach została zakończona odpowiednio: staw „1” - 2007 r., staw „2” – 2011 r., staw „3” - 2012 r., staw „4” - 2012 r., staw „5” - 2010 r., staw „6” - 2007 r., staw „7” - 2015 r. Obowiązujący Inwestora termin zakończenia prac rekultywacyjnych to 5 lat od zakończenia eksploatacji. Rekultywację można więc uznać za zakończoną w przypadku stawów „1”, „2”, „5” oraz „6”.

Eksploatacje botaniczne polegające na prowadzono w lipcu 2015 r. Badaniami objęto brzegi zbiorników (wyrobisk) oraz tereny między nimi. W przypadku każdego zbiornika dokonywano spisów florystycznych oraz wyróżniano typy zbiorowisk wodnych i przywodnych na podstawie

gatunków dominujących. Wyróżnione typy zbiorowisk dały podstawę do wyróżnienia grup siedlisk wykorzystywanych przez ptaki.

Badania awifauny opierały się na wizytach terenowych odbywanych w terminie od marca do grudnia 2015 r. W terenie prowadzono obserwacje przy pomocy lornetki 10x60, z jednoczesnym nasłuchem. W miarę możliwości starano się rejestrować napotkane ptaki przy pomocy aparatu fotograficznego. Aby ująć jak największe spektrum gatunkowe ptaków lęgowych oraz zimujących, obserwacje prowadzono zarówno w sezonie lęgowym, jak i w czasie połęgowym, o różnych porach dnia (od 4:30 do 21:00).

Istnieje kilka zasadniczych cech obserwacji mogących wpływać na zaniżenie liczby zaobserwowanych gatunków, tj.: nie prowadzono obserwacji nocnych, nie prowadzono wabień głosowych ptaków oraz stwierdzenia gatunków, których nie udało się jednoznacznie zidentyfikować, zostały pominięte.

Zgodnie z europejskim systemem kryteriów lęgowości, każdej obserwacji dokonanej w okresie lęgowym, tj. od marca do sierpnia, przypisane zostało odpowiednie kryterium lęgowości, zależne m.in. od zachowania osobnika/osobników oraz okoliczności obserwacji. Każdemu kryterium odpowiada kategoria lęgowości. System ten pozwala na ujednolicenie i standaryzację oceny prawdopodobieństwa gniazdowania obserwowanego gatunku na danym terenie.

W celu zobrazowania występowania ptaków w obrębie określonych siedlisk, wyniki obserwacji naniesiono na dwie mapy – mapę zbiorowisk roślinnych (załącznik 1) oraz mapę miejsc prawdopodobnego lub stwierdzonego gniazdowania ptaków (wraz z kilkoma gatunkami nie

gniazdującymi na terenie badań, ale przebywającymi często w jego obrębie) (załącznik 2).

3. Wyniki badań i dyskusja

W wyniku prowadzonej na terenie badanej żwirowni rekultywacji powstały biotopy zasiedlone przez różne typy zbiorowisk roślinnych. Wyróżnić można tutaj sześć podstawowych typów siedlisk, tj.:

- wodne: strefa wody głębokiej w stawach,
- przywodne: siedliska płytkiej wody na brzegach stawów, stanowiące strefę litoralu, oraz rowu melioracyjnego,
- nadbrzeżne: siedliska lądowe, zwykle na skarpach nad stawami, będące w kontakcie ze zbiorowiskami przywodnymi z jednej strony i zbiorowiskami powierzchni zniwelowanych z drugiej,
- powierzchnie między stawami po niwelacji terenu, z odsłoniętą glebą,
- strefa roślinności łąk świeżych na obrzeżach żwirowni,
- strefa roślinności leśnej na obrzeżach żwirowni.

Zbiorowiska roślinne siedlisk wodnych badanego terenu są słabo rozwinięte. W stawie nr 2 stwierdzono występowanie niewielkich płatów zbiorowiska z wywłócznikiem kłosowym *Myriophyllum spicatum*. Jest to zbiorowisko pionierskie siedlisk mineralnych, rozpowszechnione w sztucznych zbiornikach zalewowych.

Na brzegach stawów, w strefie wody płytkiej występuje roślinność szuwarów wysokich. Na badanym terenie obserwowano trzy typy szuwarów właściwych, tj. zbiorowisko z trzciną pospolitą *Phragmites australis* (szuwar trzcinowy), zbiorowisko z pałą szerokolistną *Typhalatifolia* (szuwar szerokopałkowy) oraz zbiorowisko z manną mielec *Glyceria aquatica* (szuwar trawiasty z manną mielec).

Na siedliskach nadbrzeżnych, czyli siedliskach lądowych sąsiadujących z siedliskami nadwodnymi, notowano trzy typy zbiorowisk, mających charakter mokrych łąk; są to: zbiorowisko z mozgą trzcinową *Phalaris arundinacea*, zbiorowisko z sitowiem leśnym *Scirpus sylvaticus* oraz zbiorowisko z sitem rozpięchłym *Juncus effusus*. Na badanym terenie obserwowano siedem układów przestrzennych zbiorowisk przywodnych i nadbrzeżnych, tj.: (1) zb. z *Phragmites* + zb. z *Juncus*, (2) zb. z *Phragmites* + zb. z *Scirpus*, (3) zb. z *Typha* + zb. z *Scirpus*, (4) zb. z *Typha* + zb. z *Phalaris*, (5) zb. z *Typha* + zb. z *Juncus*, (6) zb. z *Glyceria* + zb. z *Phalaris*, (7) zb. z *Glyceria* + zb. z *Juncus*.

Teren pomiędzy stawami został zniwelowany, mineralny nadkład glebowy został wyrównany. Stworzyło to warunki do spontanicznego wkraczania gatunków roślin i formowania się pionierskich zbiorowisk roślinnych. Na badanym terenie obserwuje się, między innymi w zależności od wilgotności podłoża, mozaikę płatów z dominacją różnych gatunków roślin, tj.: z *Juncus effusus*, *Cirsium palustre*, *Phalaris arundinacea*, *Scirpus sylvaticus*, *Calamagrostis epigejos*, *Cirsium arvense*, *Carex rostrata*, *Phragmites communis*, *Agrostis stolonifera* czy *Solidago serotina*. Niewątpliwie ten kompleks płatów o różnej wielkości tworzy, ze względu na swoją genezę, roślinność ruderalną, nawiązującą swoim składem do roślinności łąkowej. Na obrzeżach żwirowiska spotyka się pola uprawne oraz ekstensywnie użytkowane łąki świeże z dominacją wyczyńca łąkowego *Alopecurus pratensis* lub kłosówki wełnistej *Holcus lanatus*. Od strony północno-wschodniej ze żwirowiskiem graniczy zbiorowisko leśne o typie łągu jesionowo-olszowego z *Alnus glutinosa* i *Fraxinus excelsior* w drzewostanie. Warto również odnotować, że nielicznie, w dużym rozproszeniu spotyka się na terenie

żwirowiska niewielkie skupienia wierzb z *Salixcaprea*, *S. fragilis*, *S. alba*, *Salixcinerea* i *S. purpurea*. Nie tworzą one jednak wyraźnie wyodrębnionych zbiorowisk krzewiastych. Od strony wschodniej, przy stawie nr 3 występuje kilkusetmetrowy płat zapustów z *Alnusglutinosa*.

Wyniki obserwacji ornitologicznych zestawiono w tabeli 1. Podczas obserwacji na terenie żwirowni stwierdzono 58 gatunków ptaków należących do 23 rodzin. Spośród nich 50 gatunków znajduje się pod ochroną ścisłą, a 4 to gatunki priorytetowe, wymienione w załączniku I Dyrektywy Ptasiej. Okoliczności obserwacji 41 spośród zanotowanych 58 gatunków ptaków pozwoliły na zakwalifikowanie ich do ptaków lęgowych badanego terenu. Głównym czynnikiem decydującym o zaliczeniu gatunku do awifauny lęgowej jest pora obserwacji. Zgodnie z wytycznymi kryteriów lęgowości, gatunkom zaobserwowanym od marca do sierpnia nadano odpowiednie kategorie lęgowości (A, B, lub C) [8]. Kryteria lęgowości oznaczają odpowiednio: A - gniazdowanie możliwe, B - gniazdowanie prawdopodobne, C- gniazdowanie pewne. Brak kryterium lęgowości oznacza obserwacje nie wskazujące na bliskość gniazda i/lub poza sezonem lęgowym i/lub ptaków zaobserwowanych na terenie badań, ale dla których obserwowano gniazda poza terenem badań i jego granicami.

Tabela 1. Lista ptaków zanotowanych na terenie Zakładu i przy jego granicach (pogrubioną czcionką wyróżniono gatunki objęte ochroną ścisłą, kolorem zielonym zaznaczono gatunki wymienione w załączniku I Dyrektywy Ptasiej)

L.p.	Nazwa łacińska	Nazwa polska	Rodzina	Kryterium lęgowości
1.	<i>Accipitergentilis</i>	jastrząb	jastrzębiowate	-
2.	<i>Acrocephaluscirpaceu</i>	trzcinniczek	pokrzewkowat	A

L.p.	Nazwa łacińska	Nazwa polska	Rodzina	Kryterium lęgowości
	s		e	
3.	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	trzciniak	pokrzewkowate	B
4.	<i>Actitis hypoleucos</i>	brodziec piskliwy	bekasowate	B
5.	<i>Aegithalos caudatus</i>	raniuszek	raniuszk	-
6.	<i>Alcedo atthis</i>	zimirdek	zimirodkowate	B
7.	<i>Aythya fuligula</i>	czernica	kaczkowate	B
8.	<i>Anas platyrhynchos</i>	krzyżówka	kaczkowate	B
9.	<i>Ardeacinerea</i>	czapla siwa	czaplowate	-
10.	<i>Buteo buteo</i>	myszolów	jastrzębiowate	-
11.	<i>Buteo lagopus</i>	myszolów wlochaty	jastrzębiowate	-
12.	<i>Carduelis carduelis</i>	szygiel	łuszczaki	B
13.	<i>Carduelis chloris</i>	dzwonek	łuszczaki	-
14.	<i>Charadrius dubius</i>	sieweczka rzeczna	siewkowate	A
15.	<i>Circus aeruginosus</i>	blotniak stawowy	jastrzębiowate	-
16.	<i>Columba palumbus</i>	grzywacz	gołębkiowate	B
17.	<i>Cuculus canorus</i>	kukulka	kukulki	B
18.	<i>Cygnus olor</i>	labędź niemy	kaczkowate	A
19.	<i>Delichon urbica</i>	oknówka	jaskółkowate	-
20.	<i>Dendrocopos major</i>	dzięcioł duży	dzięciołowate	A
21.	<i>Emberiza citrinella</i>	trznadel	trznadłowate	B
22.	<i>Emberiza schoeniclus</i>	potrzos	trznadłowate	B
23.	<i>Erithacus rubecula</i>	rudzik	drozdowate	A

L.p.	Nazwa łacińska	Nazwa polska	Rodzina	Kryterium lęgowości
24.	<i>Falco tinnunculus</i>	pustułka	sokołowate	B
25.	<i>Fringilla coelebs</i>	zięba	łuszczaki	-
26.	<i>Fulica atra</i>	łyśka	chruściele	B
27.	<i>Gallinago gallinago</i>	kszyk	bekasowate	-
28.	<i>Gallinula chloropus</i>	kokoszka	chruściele	A
29.	<i>Garrulus glandarius</i>	sójka	krukowate	A
30.	<i>Hirundo rustica</i>	dymówka	jaskółkowate	-
31.	<i>Ixobrychus minutus</i>	bączek	czaplowate	B
32.	<i>Lanius collurio</i>	dzierzba gąsiorek	dzierzbowate	B
33.	<i>Lanius excubitor</i>	dzierzba srokosz	dzierzbowate	-
34.	<i>Larus ridibundus</i>	mewa śmieszka	mewy	C
35.	<i>Locustella fluviatilis</i>	strumieniówka	pokrzewkowate	B
36.	<i>Locustella luscinoides</i>	brzęczka	pokrzewkowate	B
37.	<i>Luscinia megarhynchos</i>	słownik rdzawy	drozdowate	B
38.	<i>Motacilla alba</i>	pliszka siwa	pliszkowate	B
39.	<i>Motacilla flava</i>	pliszka żółta	pliszkowate	A
40.	<i>Muscicapa striata</i>	Mucholówka szara	mucholówko- wate	-
41.	<i>Oriolus oriolus</i>	wilga	wilgi	B
42.	<i>Parus major</i>	Sikora bogotka	sikory	A
43.	<i>Parus caeruleus</i>	sikora	sikory	A

L.p.	Nazwa łacińska	Nazwa polska	Rodzina	Kryterium lęgowości
		modra		
44.	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Kormoran zwyczajny	kormorany	-
45.	<i>Phasianus colchicus</i>	bażant	kuraki	B
46.	<i>Phoenicurus ochruros</i>	kopciuszek	drozdowate	-
47.	<i>Pica pica</i>	sroka	krukowate	B
48.	<i>Picus viridis</i>	Dzięcioł zielony	dzięciołowate	B
49.	<i>Podiceps cristatus</i>	Perkoz dwuczuby	perkozy	-
50.	<i>Rallus aquaticus</i>	wodnik	chruściele	B
51.	<i>Saxicola rubetra</i>	pokląskwa	drozdowate	B
52.	<i>Saxicola rubicola</i>	kląskawka	drozdowate	B
53.	<i>Sterna hirundo</i>	Rybitwa rzeczna	rybitwy	A
54.	<i>Sturnus vulgaris</i>	szpak	szpakowate	C
55.	<i>Sylvia atricapilla</i>	kapturka	pokrzewkowate	A
56.	<i>Sylvia communis</i>	cierniówka	pokrzewkowate	B
57.	<i>Turdus merula</i>	kos	drozdowate	A
58.	<i>Turdus viscivorus</i>	paszkot	drozdowate	-

Źródło: opracowanie własne

Obserwacje wykazały znaczną różnorodność siedlisk i gatunków ptaków występujących w ich obrębie. Spośród ptaków lęgowych wyróżnić można te preferujące między innymi: suche łąki (kląskawka), wilgotne łąki (pokląskwa, potrzos), lasy i zarośla (wilga, paszkot, śpiewak, dzięcioł duży), tereny rolnicze i zadrzewienia śródpolne

(szczygieł, trznadel) i wreszcie środowiska wodne. Z tymi ostatnimi bezpośrednio związanych jest aż 20 gatunków. Gatunki te zakładają gniazda w obrębie trzech głównych stref środowisk wodnych: wodnej, lądowej i strefy ziemi nieporośniętej roślinnością [9]. Ich zestawienie wraz z zaobserwowanymi gatunkami ptaków zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie zbiorowisk roślinnych badanego terenu ze strefami gniazdowania ptaków oraz stwierdzonymi gatunkami ptaków

Strefa gniazdowania	Zbiorowisko roślinne	Ptaki lęgowe
strefa roślinności wodnej niskiej lub nawodnej	niewielkie płaty zbiorowiska z wywłócznikiem kłosowym, mogące stanowić pokarm dla kaczkowatych i chruścieli	-
strefa roślinności wodnej wysokiej	szuwar szerokopalkowy	trzciniak, perkoz dwuczuby, wodnik, bączek
	szuwar trawiasty z manną mielec	śmieszka, czernica, krzyżówka
	szuwar trzcinowy	trzciniak, trzcinniczek
	strefa zalanej roślinności wodnej stawu „7”	łyśka, kokoszka, łabędź niemy

Strefa gniazdowania	Zbiorowisko roślinne	Ptaki lęgowe
strefa roślinności lądowej niskiej i nadbrzeżnej	zbiorowiska o charakterze mokrych łąk	kląskawka, brzęczka, strumieniówka, brodziec piskliwy, krzyżówka
	zbiorowiska ruderalne na zniwelowanych terenach	potrzos, trznadel, pliszka żółta, pliszka siwa, bażant, pokląskwa,
	zbiorowiska wysepek na stawach, głównie z manną mielec	śmieszka, rybitwa rzeczna
strefa roślinności lądowej wysokiej	zakrzewienia wierzbowe i zapusty olchowe oraz zakrzaczenia	dzierzba gąsiorek, cierniówka, szczygieł, dzwonec, rudzik, pokrzewka czarnołbista, kos
	zadrzewienia z olszą czarną	paszkoł, dzięcioł zielony, sroka, sikora modra, bogatka, wilga, pustułka
płaty ziemi nieporośniętej roślinnością	odsłonięte elementy brzegów stawu „2” i „7”	zimirdek, rybitwa rzeczna, sieweczka rzeczna, kopciuszek

Źródło: opracowanie własne

Zdecydowaną zaletą badanego terenu jest różnorodność siedlisk. Każdy ze zbiorników wodnych wykazuje się różnym stopniem pokrycia

dna i brzegów roślinnością, ponadto różnią się od siebie składem gatunkowym i fazą sukcesji.

Staw nr 1 posiada strefę roślinności wodnej wysokiej i gęstej. Pas szuwaru trzcinowego jest dość szeroki (do 5 metrów), ale stanowi niewielki procent linii brzegowej. Zanotowano tam gatunki ściśle związane z trzcinowiskami, a mianowicie trzcinniczka i trzciniaaka. Trzcinniczki preferują rzadkie trzcinowiska i są względnie niepłochliwe. Trzciniaaki natomiast wolą trzcinowiska rozległe, najbliższa duża koncentracja trzciniaaka występuje na Zbiorniku Goczałkowickim [10]. Mimo to, co najmniej jedna para wybrała szuwar na stawie nr 1 jako miejsce do gniazdowania. Ponadto, staw ten znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie domostw i pod największym wpływem człowieka (częste wykaszanie roślinności wokół stawu, stanowiska wędkarskie).

Staw nr 2 charakteryzuje się najbardziej ubogą pod względem miejsc lęgowych strefą roślinności wodnej. Zbiorowiska z wywłócznikiem kłosowym mogą stanowić miejsce żerowania dla łabędzi czy kaczek, brak tu natomiast dostatecznie rozwiniętej roślinności dla zakładania gniazd na wodzie. Fragment brzegu natomiast może stanowić dogodne miejsce dla lęgu zimorodka. Zimorodki zakładają gniazda w norach, najczęściej lokowanych około pół metra nad taflą wody, w stromym, odsłoniętym brzegu rzeki lub zbiornika wodnego[11].

Strefa przybrzeżna jest bogatsza niż w przypadku stawu nr 1, nie ma tu tak wielkiej presji ze strony człowieka, za wyjątkiem brzegu wschodniego, który znajduje się blisko gospodarstwa i gdzie roślinność jest regularnie wykaszana. Na grobli od strony północnej zbiorowisko z dominacją situ rozpięchłego tworzy strefę roślinności lądowej niskiej,

z elementami roślinności wysokiej. Tutaj zanotowano obecność m.in. potrzosa.

Staw nr 3 składa się z dwóch połączonych części „3a” i „3b”. Części te istotnie się od siebie różnią, staw „3a” posiada atrakcyjną lęgowo strefę roślinności niskiej z licznymi kępami, przy ujściu rowu melioracyjnego do stawu (przy południowo-wschodniej części brzegu) oraz w mniejszym stopniu przy zachodniej części brzegu.

Ze względu na konieczność bliskiego podejścia do stawu w celu jego obserwacji (drzewa i inne elementy uniemożliwiają obserwacje przez lornetkę z bezpiecznych odległości), wizyty w tym miejscu w sezonie lęgowym ograniczano do minimum, aby nie ryzykować porzucenia lęgu przez ptaki. Nawet krótkie przebywanie w tamtym miejscu w ubraniach maskujących skutkowało niemal natychmiastowym wykryciem i próbą przepłoszenia przez mewy śmieszki, dlatego zanotowano niewiele gatunków lęgowych w tym miejscu, mimo atrakcyjnego środowiska. Na podobnych kępach trawy na stawie nr 4 widziano mewę śmieszkę najprawdopodobniej na gnieździe, można więc podejrzewać obecność gniazd tych mew również na stawie „3a”. Spodziewać można się tutaj kilku gatunków ptaków wodnych, np. łyski czy krzyżówki. Urozmaicona linia brzegowa w połączeniu z odizolowaniem od zabudowań i źródeł hałasu oraz bujną roślinnością strefy przybrzeżnej i nadbrzeżnej stanowią bardzo atrakcyjne siedlisko dla ptaków wodnych.

Od strony północnej staw „3b” sąsiaduje bezpośrednio z niewielkim łęgiem olchowym, co wyróżnia go od innych stawów. Nie prowadzono bezpośrednich obserwacji awifauny lęgu, stwierdzono tam jednak występowanie m.in. wilgi, zaganiacza i muchołówki szarej.

Od strony północnej staw otaczają zarośla i krzewy, w których w sezonie lęgowym 2015 r. słyszano słowika rdzawego.

Staw nr 4 w sezonie lęgowym 2015 r. wykazywał się atrakcyjną budową części linii brzegowej tworzącej strefy roślinności wysokiej i niskiej. Obecnie (stan na styczeń 2016 r.) staw ten połączył się ze stawem nr 7 w wyniku zalania oddzielającej je grobli przez podnoszący się poziom wody w stawie nr 7. Wzdłuż północno - wschodniego brzegu połączonych teraz stawów znajduje się strefa roślinności lądowej niskiej i wysokiej z kilkoma krzewami, gdzie widziano m.in. gąsiorka, bażanty, cierniówkę. W tych okolicach słyszano też brzęczkę. Jeśli poziom wody nie podniesie się już znacznie, zalana grobla może tworzyć wypłyenia, na których, po zajęciu przez roślinność, ptaki będą mogły zakładać gniazda. Zimą, podczas cieplejszych dni, gdy tafla wody nie była zamrznięta, grobla ta była wykorzystywana przez odpoczywające krzyżówki.

Po drugiej stronie żwirowni, naprzeciwko stawów nr 2, 3 i 4, za była drogą wewnętrzną, znajdują się stawy nr 5 i 6. Pomimo niewielkich odległości stawy te oraz otaczające je tereny różnią się od tych wcześniej opisywanych. Przede wszystkim, wzdłuż linii brzegowej stawów rośnie szuwar pałkowy. Pałka wąskolistna nie występuje na innych stawach lub występuje tylko wyspowo. Na stawach nr 5 i 6 stanowi zdecydowaną większość roślinności szuwarowej. Ponadto, stawy te oddzielone są szerszymi groblami niż pozostałe stawy, są wręcz od siebie odseparowane.

Staw nr 5 od strony południowej otoczony jest łąką z dominacją situ rozpięzchłego oraz traw, która po około 200 metrach kończy się niewielkim kompleksem drzew. Od strony wschodniej wstępują

zadrzewienia olchowe, znajduje się tu kompleks siewek o wysokości do około 2 metrów. Sama łąka, dzięki jej odseparowaniu od ludzi (trasy wędkarzy ograniczają się do bezpośrednich okolic stawu) może stanowić atrakcyjne miejsce gniazdowania ptaków lęgnących się w strefie roślinności lądowej niskiej, jak błotniak stawowy, czy brodziec piskliwy[8]. W tych okolicach słyszano m.in. brzęczkę, ponadto zanotowano obecność tygryka paskowanego. Podobnie do grobli przy stawie, tutaj również nie prowadzono penetracji terenu w sezonie lęgowym, zgodnie z zasadą „przede wszystkim nie szkodzić”.

W obrębie szuwaru na stawie nr 5 zanotowano obecność bączka, najprawdopodobniej osobnika juvenilnego. Ponadto, wczesną wiosną słyszano charakterystyczne dla bączka odgłosy („szczenie psa”). Szuwar jest także zamieszkiwany przez trzcinaki i trzcinniczki. Szuwar pałkowy ma od około 2 do 4 metrów szerokości, a w zatoce wcinającej się w łąd przy południowym brzegu, ma około 5 m długości i 3 m szerokości. Nie obejmuje tylko zachodniej części linii brzegowej, która jest odsłonięta i stroma.

Staw nr 6 posiada uboższą strefę szuwarową, szerokości do 2 metrów. Tutaj w połowie marca 2015 r. widziano perkoza dwuczubego. Stąd słyszano też wodnika. Wodniki zamieszkują nawet małe zbiorniki wodne, z szuwarem i inną roślinnością umożliwiającą ukrycie się[9].

Otoczenie stawu nr 6 to również zbiorowiska z dominacją situ rozpięzłego i traw, tworzących strefę roślinności lądowej wysokiej, z tym, że trawy tutaj osiągają większe wysokości, niż w okolicach stawu nr 5. Widziano tu śpiewającego samca potrzosa. Miejsce to również stanowi atrakcyjne środowisko dla lęgów ptaków, szczególnie tych zakładających gniazda na ziemi pośród roślinności.

Dodatkowym atutem kompleksu stawów nr 5, 6 i otaczających je zbiorowisk jest ich otoczenie od strony zachodniej – aż do rzeki Wisły (około 1 km) znajdują się tu pola uprawne. Pomiędzy Wisłą a stawami jest tylko kilka zabudowań, najbliższe położone są około 700 metrów na zachód. Zagrożeniem dla lęgów mogą być tutaj wędkarze w przypadku nadmiernej frekwencji w czasie wychowywania młodych oraz liczna populacja srok i sójek, pojawiająca się szczególnie często na drzewach przy zachodnich brzegach stawów. Ptaki te w swojej diecie uwzględniają również pisklęta i jaja innych gatunków, ponadto dzięki swej inteligencji szybko uczą się lokalizacji gniazd [12]. Notowano również obecność pary lisów.

Najmłodszym i wykazującym się największą dynamiką zmian jest staw nr 7. Jednocześnie ma on największą powierzchnię i głębokość. Prace wydobywcze zostały tu zaprzestane dopiero początkiem wiosny 2015 r. i od tamtej pory wyrobisko wypełniało się wodą. W sezonie lęgowym 2015 dzięki niskiemu poziomowi wody tworzył świetne warunki lęgowe. Częściowo zalana roślinność w strefie płycizny tworzyła wyspę gęstych zarośli. Przez lornetkę można było obserwować przebywające tam krzyżówki, łyski, kokoszki, czernice, czaple siwe, różne ptaki śpiewające, a nawet sarny. Szczególnie upodobały sobie to miejsce zimorodki, czatujące często na zalanych częściowo krzewach. Poza kompleksem zalanej roślinności w strefie płycizny, w obrębie zbiornika znajdowało się kilka kęp traw oraz wysepka, które mewy upodobały sobie jako miejsce lęgu. Na terenie żwirowni często widywano także rybitwy rzeczne, możliwe więc, że one również gniazdowały w tamtym miejscu. Aktualnie (stan na styczeń 2016 r.) wzdłuż linii brzegowej stawu znajduje się pas roślinności wynurzonej, szerokości 2 - 3

m. Kompleks roślinności lądowej w strefie pływicznej został już niemal całkowicie zalany zostawiając wynurzone jedynie górne części wyższych roślin. Brak roślinności brzegowej wzdłuż brzegu północnego, który jest stromy, odsłonięty i dość wysoki. Znajdują się tam jedynie drzewa, które przy silnych wiatrach mogą ulec przewróceniu, ze względu na częściowe odsłonięcie ich korzeni. Elementem urozmaicającym rzeźbę zbiornika jest wyspa, której powierzchnia znajduje się na poziomie łądu, nie grozi więc jej zalanie. Dzięki odseparowaniu od brzegów, ptaki na niej są chronione przed drapieżnikami i niepokojeniem przez ludzi, stanowi więc atrakcyjne miejsce nie tylko lęgu, ale też nocowania i odpoczynku.

Przy północno-wschodnim fragmencie brzegu znajduje się niewielki pas zadrzewień, na których często widywano dzięcioły zielone i duże, a za zadrzewieniami znajduje się łąka wyczyńcowa. Od strony północnej, aż do stawu nr 6 i dalej znajdują się pola uprawne z wyspowo rozmieszczonymi zadrzewieniami i zaroślami.

Należy zwrócić uwagę na fakt, iż obecność lęgowych mew śmieszek znacznie podnosi walory przyrodnicze zbiornika i „przyciąga” inne gatunki do gniazdowania. Dzieje się tak dlatego, że ptaki innych gatunków takich jak perkozy, kaczki, rybitwy czy inne mewy, korzystają z czujności i zaciętości śmieszek w obronie gniazda przed drapieżnikami. Pozwala to na zmniejszenie ryzyka utraty lęgu w wyniku drapieżnictwa i lepszym spożytkowaniu energii oszczędzonej na wypatrywaniu drapieżników [13].

Zjawisko podnoszenia się poziomu wody na stawie nr 7 spowodowało utratę cennych siedlisk wykorzystywanych przez ptaki w sezonie lęgowym 2015 r. Z drugiej jednak strony, woda zalewająca wyżej położone części brzegów oraz miejsce ujścia rowu melioracyjnego

i byłej drogi wewnętrznej do stawu, mogło stworzyć nowe strefy nadające się do żerowania i gniazdowania. Konieczna jest dalsza obserwacja terenu w celu określenia konsekwencji zachodzących tam zmian. Sam rów melioracyjny oraz droga wewnętrzna także stanowią atrakcyjną dla niektórych ptaków lokalizację. Rów ma szerokość około 2 metrów i głębokość około metra. Jest porośnięty pałąką wąskolistną, tworzącą siedlisko dla kolejnej pary trzcinaków. Wzdłuż jego długości rośnie kilka krzewów, na których widziano m.in. zaniepokojoną samicę potrzęsacza. Miejsce ujścia rowu do stawu było często odwiedzane przez ptaki brodzące i inne, jak na przykład pliszki siwe i żółte. Na drodze wewnętrznej znajdują się też kałuże stanowiące swoisty wodopój dla różnych gatunków ptaków. O częstoci odwiedzenia tego miejsca świadczyły liczne ślady ptaków. W tym miejscu widziano np. sieweczkę rzeczną.

Istnieje możliwość stworzenia sztucznych miejsc do gniazdowania dla ptaków wodnych. Powodem stosowania takiej formy ochrony czynnej może być niski sukces lęgowy w gniazdach naturalnych (np. gdy łatwo ulegają one zniszczeniu podczas wiatrów, lub zalaniu przy podniesieniu poziomu wody), chęć stworzenia nowych siedlisk na terenach dogodnych dla danego gatunku lub, tak jak w przypadku stawu nr 7 - utrata pierwotnych miejsc gniazdowania w wyniku przemian środowiska. Dane literaturowe dostarczają szczegółowych wytycznych dotyczących budowy i stosowania sztucznych gniazd. Mróz i inni (2013) zakładali sztuczne platformy lęgowe dla rybitw czarnych i białoskrzydłych, zbudowane z gałązek trzciny i kotwione przy pomocy plastikowych butelek wypełnionych wodą i żwirem [14]. Olszewski (2006) konstruował pływające platformy dla rybitw czarnych, zbudowane z gałązek robinii

akacyjowej, przymocowane do butelek plastikowych zapewniających wyporność i mocowane na sznurze do pala wbitego w dno. Pływające platformy pozwalały m.in. ochronić lęgi przed zatopieniem podczas wezbrań [15]. Antczak i Mohr (2007) opracowali kosze wiklinowe i druciane platformy mające służyć krzyżówkom i kokoszkom [16]. Na stawach rybnych i rzece Wiśle w obrębie obszaru Natura 2000 Dolina Górnej Wisły zakładano sztuczne platformy lęgowe, stałe i pływające [17]. Sztuczne platformy lęgowe pomogłyby odtworzyć utracone w wyniku podnoszącego się poziomu wody siedliska, jednak rozwiązanie to wymaga uprzednich obserwacji i konsultacji.

4. Wnioski

1. Kompleks stawów, jaki powstał w wyniku rekultywacji wyrobisk żwiru stanowi interesujące przyrodniczo miejsce. W sezonie lęgowym 2015 wykazywał się różnorodnością siedlisk i ptaków występujących w ich obrębie. Istnieją tam zbiorowiska od wodnych, poprzez łąkowe po leśne. Różnorodność siedlisk determinuje stosunkowo dużą różnorodność gatunkową występujących ptaków obok gatunków wodno – błotnych, spotkać można również te o innych preferencjach siedliskowych.
2. Pozostawienie w czasie eksploatacji nawet niewielkich powierzchni kompleksów leśnych czy zadrzewień pozwala na zachowanie ciągłości z okolicznymi zbiorowiskami i wpływa na wzrost bioróżnorodności terenu, wzbogacając go o awifaunę niezwiązaną z siedliskami wodnymi, w tym takie gatunki jak dzięcioł zielony, dzięcioł duży, wilga czy zaganiacz.

3. Obecność niepospolitych gatunków związanych z siedliskami wodnymi, takich jak bączek, strumieniówka, brzęczka czy zimorodek, świadczy o słuszności przeprowadzonych zabiegów rekultywacyjnych.
4. Obiekt zasługuje na objęcie go ochroną w celu zapewnienia ptakom odpowiednich warunków bytowania. Szczególnie ważna jest ochrona przed płoszeniem i niepokojeniem osobników wychowujących młode, zaśmiecaniem i zanieczyszczeniem terenu. Elementy ochrony czynnej, takie jak wykaszanie traw muszą być przeprowadzane poza sezonem lęgowym i w sposób jak najmniej inwazyjny.
5. Największą różnorodnością w sezonie lęgowym 2015 wykazywał się staw nr 7, będący w początkowym stadium sukcesji. O jego atrakcyjności dla gniazdujących ptaków stanowiło kilka cech: stosunkowo niski poziom wody, dość duża powierzchnia zapewniająca względny spokój i bezpieczeństwo w centralnym miejscu zbiornika, urozmaicona linia brzegowa i dno, szereg wysepek i wypłyceń, bujnie rozwinięta roślinność wysoka na zbiorniku (w tym wypadku stanowiona przez zalaną roślinność lądową – zdjęcie 1). Przy projektowaniu i przeprowadzaniu rekultywacji wyrobisk należy kłaść więc szczególny nacisk na tworzenie odpowiedniej, urozmaiconej rzeźby dna i brzegów zbiornika, zawierającej jak najwięcej powyższych elementów.



Zdjęcie 1. Zalewana roślinność lądowa na stawie „7”, która w sezonie 2015 stanowiła atrakcyjne miejsce lęgowe dla wielu gatunków ptaków; na zdjęciu widoczna para czernic

Źródło: Wykonanie własne

6. Należy kontynuować obserwacje ornitofauny w celu stwierdzenia lub wykluczenia potrzeby założenia sztucznych platform lęgowych dla ptaków, które utraciły miejsca lęgowe z sezonu 2015 na stawie „7”.

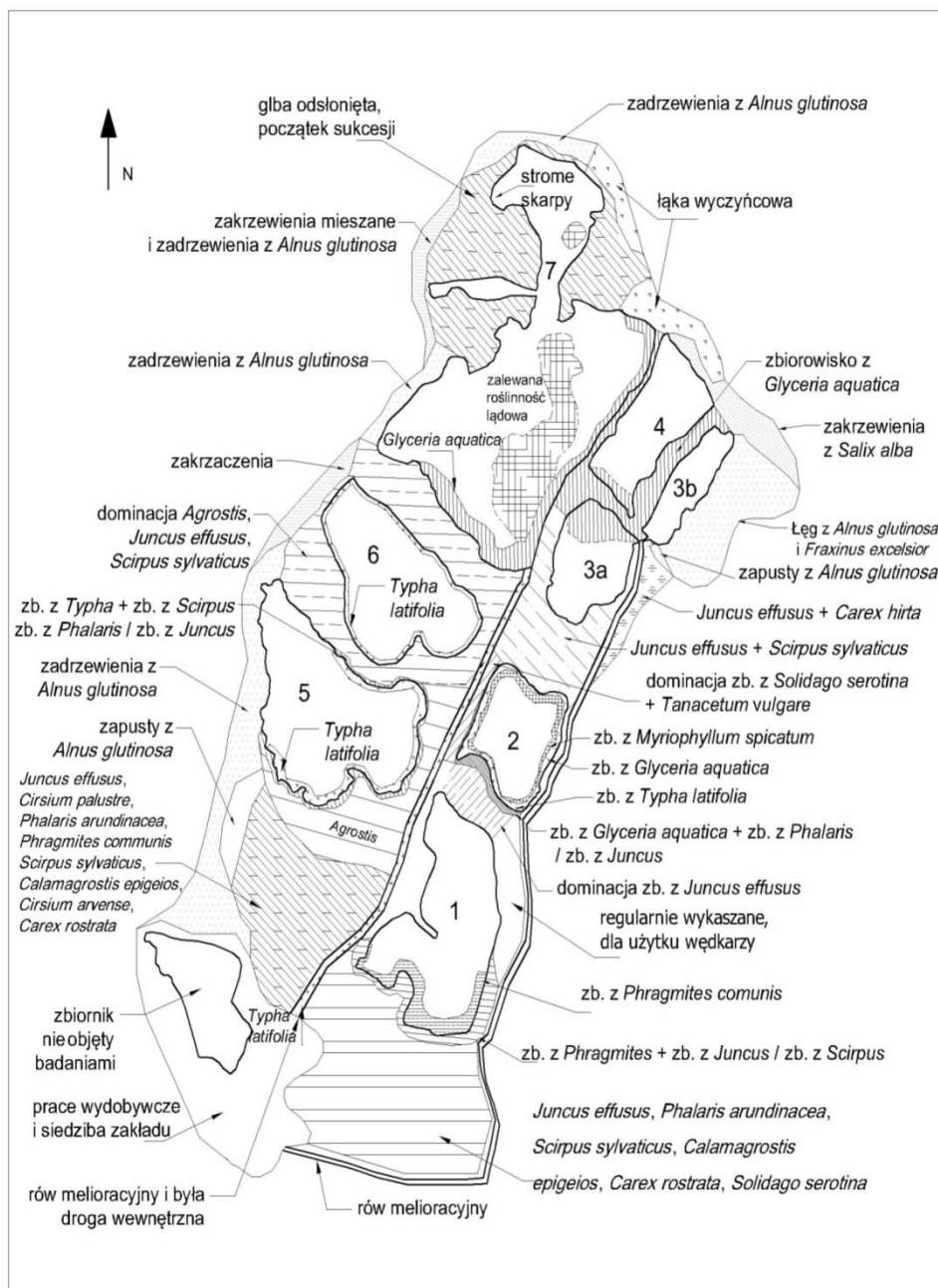
Literatura:

1. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/147/WE z dn. 30 listopada 2009r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa.
2. Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dn. 21 maja 1992r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory.
3. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych.(Dz.U. 1995 nr 16 poz. 78).
4. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze(Dz.U. 2011 Nr 163 poz. 981).
5. Maciak F. (red.) 2003. *Ochrona i rekultywacja środowiska*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

6. Pająk A., Pająk D., Majewska-Durjasz I (niepubl). 2010. *Raport o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięcia polegającego na poszerzeniu eksploatacji kruszywa naturalnego ze złoża „Zabłocie 2” w Zabłociu w granicach obszaru górniczego „Zabłocie V.EKOID, Katowice.*
7. 7. www.geoportal.gov.pl [dostęp: 05.01.2016].
8. Wilk T. (red.) 2015. *Kryteria lęgowości ptaków - materiały pomocnicze. Wersja 2.* Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków, Marki.
9. Dejonghe J.-F. (red.) 2008. *Ptaki w swoim środowisku*, Zakład Narodowy im. Ossolińskich - Wydawnictwo, Wrocław.
10. Kruszewicz A. (red.) 2008. *Ptaki Polski. Tom I i II.* MULTICO, Warszawa.
11. Singer D. (red.) *Atlas ptaków Europy.* Delta, Warszawa.
12. Antczak J., Mohr A. 2007 *Przydatność wiklinowych koszy i drucianych platform lęgowych stosowanych jako pomoc lęgowa dla krzyżówki i kokoszki na niewielkich zbiornikach wodnych.* Kraska 15(2): 26-34.
13. Antczak J., Mohr A. 2011. *Co się stało z lęgowymi ptakami wodnymi środkowej części Pomorza?*, Ptaki 4, str. 20-23.
14. Mróz E., Golawski A., Kasprzykowski Z. 2013. *Wykorzystanie sztucznych platform gniazdowych przez rybitwy czarne *Chlidonias niger* i rybitwy białoskrzydłe *Ch. leucopterus* na starorzeczu w dolinie Bugu*, Ornithologica 54(1), str. 58-61.
15. Olszewski A. 2006. *Platformy lęgowe dla rybitw czarnych*, Kraska 13(1-2): 35.

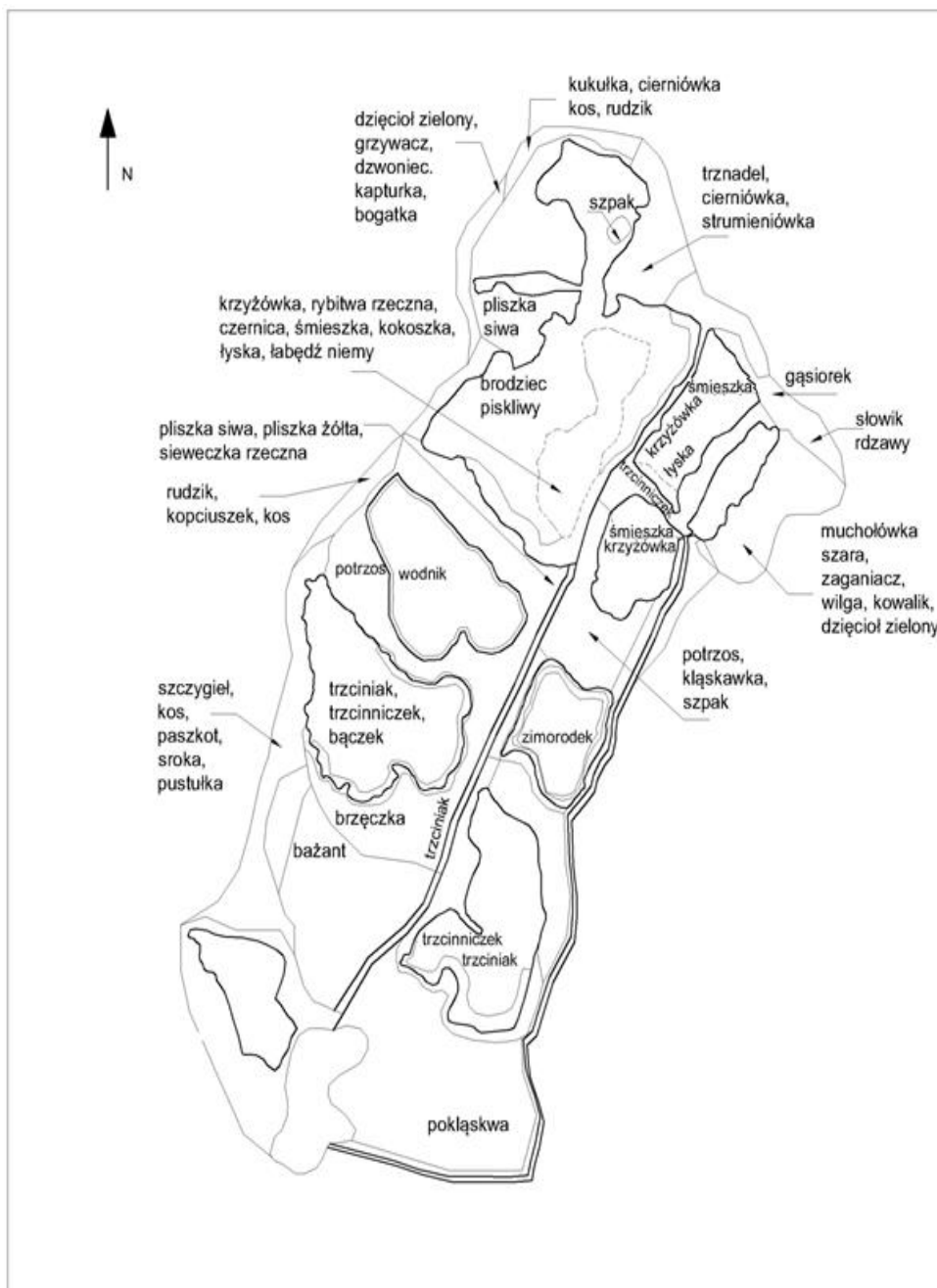
16. Antczak J., Mohr A. 2007. *Przydatność wiklinowych koszy i drucianych platform lęgowych stosowanych jako pomoc lęgowa dla krzyżówki i kokoszki na niewielkich zbiornikach wodnych*, Kraska 15(2), str. 26-34.
17. Janiszewski T., Minias P., Włodarczyk R. 2012. *Rybitwy rzeczne znów na Jeziorsku*. Ptaki 1, str. 26-27.

Załącznik 1. Zbiorowiska roślinne badanego terenu



Źródło: Opracowanie własne

Załącznik 2. Awifauna badanego terenu



Źródło: Opracowanie własne

mgr inż. Magdalena Filkiewicz¹⁾
Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Katedra Systemów Inżynierii Środowiska
ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok
¹⁾magdalena_kupiec@wp.pl

Wybrane aspekty ekonomiczne termicznego przekształcania osadów ściekowych

Economic assessment of thermal treatment of sewage sludge

Słowa kluczowe: *termiczne przekształcanie osadów ściekowych, osad ściekowy, ekonomia*

Keywords: *thermal treatment of sewage sludge, sewage sludge, economy*

Streszczenie: Nowelizacja prawa wprowadzająca zakaz składowania komunalnych osadów ściekowych, bezsprzecznie wpływa na kształtowanie się gospodarki osadami w kraju. Coraz większą rolę, wśród licznych metod zagospodarowania osadów ściekowych w Polsce, zaczyna odgrywać termiczne ich przekształcanie. Jednakże stanowi ono dość kosztowny proces, na cenę którego wpływają między innymi: koszty obsługi, suszenia osadów, nakłady inwestycyjne i inne niż wymienione eksploatacyjne, odzysk energii, powstające produkty uboczne i możliwości ich zagospodarowania. Istotnym jednak jest, że prowadzone na oczyszczalniach ścieków procesy technologiczne oprócz tego, że muszą być efektywne ekologicznie, to powinny być atrakcyjne ekonomicznie. Dlatego też, przed wdrożeniem technologii, eksploataторы oczyszczalni zobowiązani są do przeprowadzenia analiz finansowych pozwalających na wybór najkorzystniejszych rozwiązań. W niniejszej pracy autor podjął próbę wskazania i omówienia wybranych elementów wpływających na bilans ekonomiczny termicznego unieszkodliwiania osadów ściekowych.

1. Wstęp

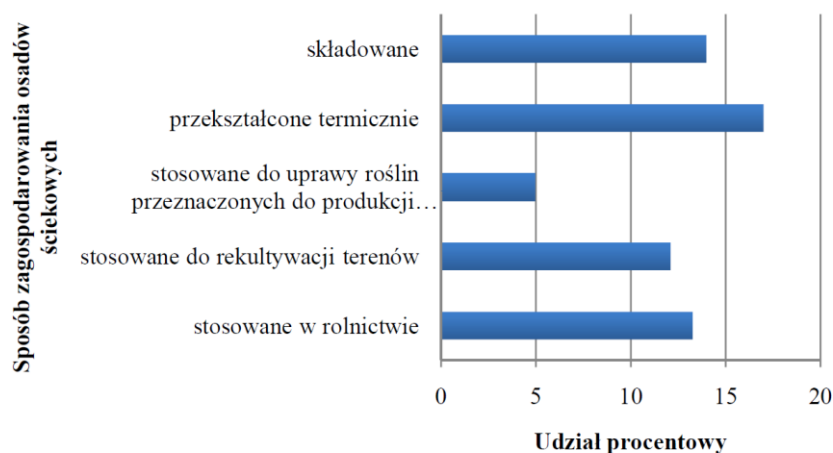
Wytworzone na oczyszczalniach ścieków osady wymagają unieszkodliwienia nie tylko z przyczyn prawnych, ale również praktycznych i estetycznych. Z punktu widzenia ekologii, z uwagi

na zawartość substancji biogennych, osady ściekowe po przetworzeniu powinny powracać do środowiska naturalnego. Od dnia 1 stycznia 2016 r., zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu, osady ściekowe, których ciepło spalania wynosi powyżej 6 MJ/kg suchej masy, nie będą mogły być składowane [1]. Powyższe przyczyniło się do wyeliminowania procesu składowania z metod zagospodarowania osadów ściekowych. Tym samym osady ściekowe muszą być spalane lub ponownie wykorzystane. W przeciwnym razie, zgodnie z dyrektywą nr 1999/31/WE Unii Europejskiej, wytwórcy osadów ściekowych zapłacą kary. Ponowne wykorzystanie osadów ściekowych związane jest z rolniczym ich wykorzystaniem, co zalecane jest dla małych i średnich oczyszczalni. Dla dużych oczyszczalni ścieków, z uwagi na nieodpowiednie właściwości fizyczno - chemiczne osadów, zagospodarowanie to jest praktycznie niemożliwe.

Zgodnie z danymi GUS, ilość osadów ściekowych w 2014 roku stanowi 967,4 tys. Mg [2]. Szacuje się, że w 2018 r. ich masa przekroczy 700 tys. Mg w przeliczeniu na suchą masę [3]. Do głównych czynników mających wpływ na wzrastającą ilość komunalnych osadów ściekowych w Polsce należy zaliczyć przede wszystkim: modernizację oczyszczalni w celu przystosowania ich do wysokosprawnych technologii nastawionych na usuwanie związków biogennych, rozbudowę sieci kanalizacyjnej, wzrastający odsetek ludności miejskiej i wiejskiej obsługiwanej przez oczyszczalnie, budowę nowych oczyszczalni ścieków [4].

1.1. Zagospodarowanie osadów ściekowych

Zgodnie z danymi GUS w 2014 r., największym uznaniem cieszyło się termiczne przekształcanie osadów ściekowych, a najmniejszym stosowanie ich do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu [2]. Jak wynika z rysunku 1, niemałe znaczenie wśród metod zagospodarowania osadów ściekowych miało ich składowanie, które to w 2016 r. ustąpi miejsca pozostałym sposobom. Ma to bezwzględny związek z nowelizacją prawa, z której wynika, że składowanie osadów od bieżącego roku jest zabronione. Należy podkreślić, że zakaz ten w innych krajach został wprowadzony już wcześniej np. w Niemczech w 2005 r. [5].



Rysunek 1. Struktura ilościowego zagospodarowania osadów ściekowych w Polsce

Źródło: Ochrona Środowiska 2015, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2015, Tabl. 61 (108). Osady z przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków

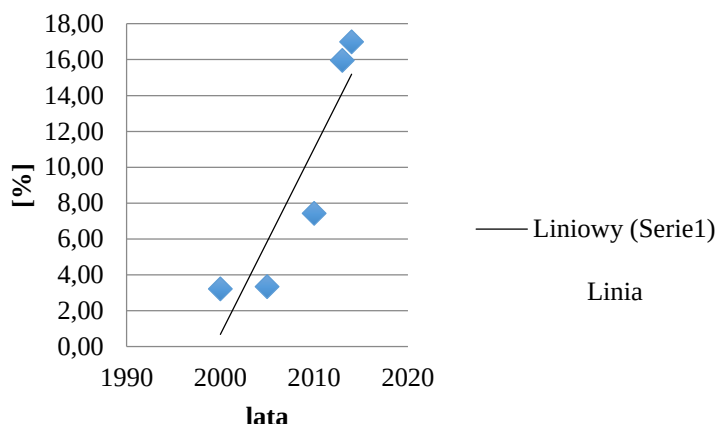
Jak wynika z danych statystycznych i panujących tendencji, struktura zagospodarowania osadów ulegnie zmianie nie tylko w zakresie składowania osadów, ale również w zakresie zmniejszonego udziału przyrodniczego ich zagospodarowania. Wynika to między innymi z obecności w osadach metali ciężkich (np. kadmu, ołowiu), jak

i mikrozanieczyszczeń organicznych (np. wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), polichlorowanych bifenyli (PCB), polichlorowanych dibenzodioskyn i dibenzofuranów (PCDD/F), adsorbowanych organicznych związków chloru (AOX) oraz pestycydów). Wprowadzane do gleby metale ciężkie ulegają biologicznej bioakumulacji i w niesprzyjających warunkach mogą zostać przekształcone w formy łatwo dostępne dla roślin. Tym samym, stwarzają zagrożenie dla jakości środowiska oraz zdrowia i życia ludzi. Ograniczenia wykorzystania metod przyrodniczego zagospodarowania osadów, wynikają między innymi z faktu, że osady stosowane w rolnictwie muszą spełniać kryteria określone rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych. Natomiast ww. mikrozanieczyszczenia, mimo iż nie są ograniczone żadnym aktem prawa to jednak stanowią swoiste niebezpieczeństwo dla środowiska, co wynika między innymi z ich dużej trwałości i możliwości bioakumulacji [6]. Dlatego też, np. rządowe plany landów Niemiec przewidują stopniowe odejście od rolniczego i przyrodniczego wykorzystania osadów [5]. Tym samym, z uwagi na powyższe, wśród metod zagospodarowania osadów widoczne będzie zwiększone ich przekształcanie na drodze termicznej.

1.2. Termiczne przekształcanie osadów

Jednym z głównych celów Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2014 jest zwiększenie ilości przetwarzanych osadów ściekowych w procesach termicznych. Zgodnie z jego założeniami ilość zutylizowanych tą metodą osadów ściekowych ma przekroczyć 30% w roku 2020 [3]. Zgodnie z danymi GUS, termiczne przekształcanie

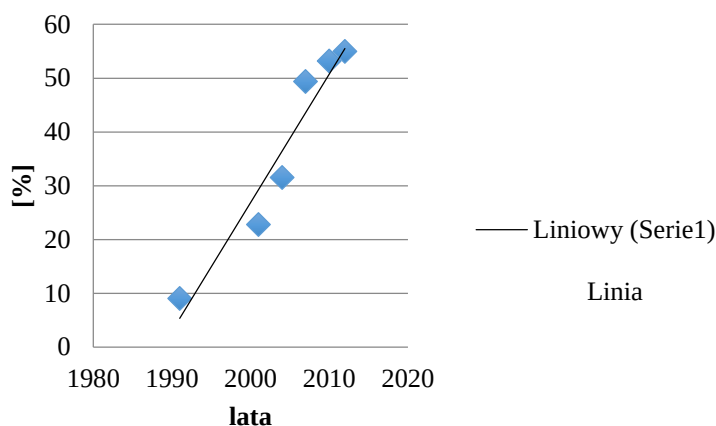
osadów ściekowych charakteryzuje się coraz większą popularnością, co uwidacznia rysunek 2 [2].



Rysunek 2. Procentowy udział termicznego przekształcania osadów ściekowych wśród metod zagospodarowania osadów ściekowych w Polsce, na przełomie lat 2000 - 2014

Źródło: Ochrona Środowiska 2015, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2015, Tabl. 61 (108). Osady z przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków

Wzrastająca ilość osadów przetwarzanych termicznie bezwzględnie jest związana, z wdrożeniem nowoczesnych metod i technologii przeróbki osadów ściekowych, na co wykorzystano środki finansowe dysponowane przez POIiŚ 2007 – 2013 i wcześniejsze programy. Należy zaznaczyć, że aktualnie zauważalny trend wzrostu w zakresie termicznego przekształcania osadów ściekowych widoczny był już wcześniej w krajach Unii Europejskiej. Jednym z nich są Niemcy, w których to, w roku 2001, 22,8% masy osadów było już przekształcanych termicznie, a w roku 2012 ponad połowa (rysunek 3) [5].



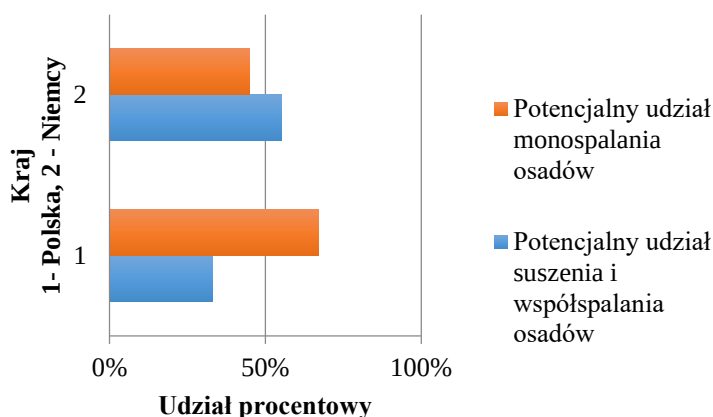
Rysunek 3. Procentowy udział termicznego przekształcania osadów ściekowych wśród metod zagospodarowania osadów ściekowych w Niemczech, na przełomie lat 1991 - 2012

Źródło: Pająk T.: *Termiczne przekształcanie osadów ściekowych wobec wyzwań roku 2016*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, 2012, t. 17, nr 3, s. 363 – 376

Niemcy od lat wiodą prym w zakresie wdrażania nowoczesnych metod przeróbki osadów ściekowych. Porównując tendencje pomiędzy Polską, a Niemcami, widać, że zdecydowany rozwój metod termicznych u naszego zachodniego sąsiada nastąpił ok. 15 lat wcześniej niż w naszym kraju. Co więcej, wzrost ten charakteryzuje się zdecydowanie większą dynamiką. Należy również zaznaczyć, że w niektórych krajach termiczne zagospodarowanie osadów ściekowych stanowi jedyną prawnie dopuszczalną metodę ich zagospodarowania (np. w Szwajcarii od 2006 r.) [5].

Istnieją trzy główne sposoby termicznej utylizacji osadów: spalanie, współspalanie oraz metody alternatywne takie jak piroliza czy zgazowanie [6]. W jaki sposób gospodarowane są osady wynika między innymi z ich składu chemicznego masy palnej i substancji mineralnej, zawartości części lotnych, wilgotności, popiołu i jego składu [7].

Istotą problemu gospodarki osadami ściekowymi jest brak strategii wskazującej kierunku postępowania z nimi. Wprawdzie, osad ściekowy traktowany jest jako odpad i metodyka ich zagospodarowania ukazana jest w Krajowym Programie Gospodarki Odpadami Komunalnymi. Jednakże, treść dotycząca samych odpadów jest niewielka. Dlatego też, Polska, jako kraj mniej doświadczony w zakresie przeróbki termicznej odpadów może czerpać wzorce z bardziej rozwiniętych krajów Unii Europejskiej np. Niemiec. Porównując stan zagospodarowania osadów ściekowych, wskazany na rysunku 4, wyraźnie widać, że udział zastosowania w Niemczech suszenia i współspalania jest porównywalny do monospalania, co zdecydowanie jest rozbieżne w Polsce.



Rysunek 4. Porównanie udziału procesów spalania i suszenia w Polsce i w Niemczech

Źródło: Pająk T.: *Termiczne przekształcanie osadów ściekowych wobec wyzwań roku 2016*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, 2012, t. 17, nr 3, s. 363 – 376

Jak wynika z danych literaturowych, współspalanie osadów ściekowych w warunkach krajowych możliwe jest jak dotąd jedynie w cementowniach, w piecach do wypalania klinkieru. Rozwiązanie to stanowi sposób ograniczenia osadów ściekowych, wykluczenia

konieczności ich składowania, a zarazem zmniejszenia emisji dwutlenku węgla, gdyż osady ściekowe traktowane są jako biomasa [8].

2. Wybrane aspekty ekonomiki termicznego przekształcania osadów ściekowych

Osady ściekowe charakteryzują się określonymi parametrami paliwowymi. Poniżej w tabeli 1 przedstawiono przykładowe parametry paliwowe osadów ściekowych [7].

Tabela 1. Przykładowe parametry paliwowe osadów ściekowych

Oznaczenie	Jednostka	Stan	
		roboczy	w s.m.
Wilgotność całkowita	%	82,8	-
Sucha masa	%	17,2	-
Popiół 550°C	%	6,0	34,9
Części lotne	%	9,8	57,5
Ciepło spalania	kJ/kg	2.620,0	15.377,0
Wartość opałowa	kJ/kg	527,0	14.299,0
Węgiel całkowity	%	6,2	36,3
Wodór	%	0,9	5,2
Siarka całkowita	%	0,2	1,2
Chlor	%	0,01	-

Źródło: Burzała B.: *Termiczne przekształcanie osadów ściekowych jako jedna z metod ich utylizacji*, Nowa energia nr 1(37)/2014, str. 29 – 32

Parametry osadów ściekowych wskazują na możliwość ich wykorzystania, a zarazem wpływają na koszt ich zagospodarowania. Wśród kosztów zagospodarowania osadów ściekowych można wyliczyć m. in.: koszty inwestycyjne, nakłady eksploatacyjne, amortyzację. Jednym z czynników wpływających na bilans finansowy jest suszenie

osadów, a także rodzaj instalacji, konieczność użycia środków chemicznych, personel, transport, gospodarka emisjami, czy innymi produktami ubocznymi.

2.1. Suszenie

Jak wynika z zestawienia, w tabeli 1, osady charakteryzują się wysoką wilgotnością, co może stanowić barierę wykorzystania termicznego ich przekształcania. Zgodnie z danymi literaturowymi, jak i doświadczeniem, tak duża zawartość wody uniemożliwia autotermiczne spalanie. Praktyka wykazuje, że warunkiem monospalania jest wysuszenie osadu do poziomu poniżej 40% zawartości wody i uzyskanie zawartość substancji palnych (węgiel, wodór, siarka) powyżej 25% [9], a współspalania, aby osad ściekowy został wysuszony do zawartości suchej masy na poziomie 10 – 30% [7].

Należy zaznaczyć, że wartość opałowa osadów ściekowych wzrasta wraz ze wzrostem ilości substancji organicznej w zawartości suchej masy, co m. in. rzutuje na ocenę możliwości wykorzystania ich w termicznych procesach. Jak wynika z licznych doświadczeń, z punktu widzenia ekonomicznego i ekologicznego przekształcanie termiczne uwodnionych osadów nie jest zasadne, dlatego tak ważne jest wcześniejsze ich suszenie, które stanowi jeden z aspektów ekonomicznych termicznego unieszkodliwiania osadów ściekowych. Jest ono bezwzględnie związane z kosztami dostarczenia ciepła do odparowania większości wody.

Suszenie prowadzi do zmian postaci fizycznej osadów, ograniczając znacząco ich objętość i masę. W rezultacie proces ten obniża koszty transportu, ułatwia przechowywanie oraz powoduje

przekształcanie się osadów w produkt o określonych parametrach ułatwiających jego końcowe zagospodarowanie [6]. Istotnym jest, że suszenie jest najbardziej energochłonnym, a przez to kosztownym procesem spośród wszystkich etapów przeróbki osadów [10].

Aktualnie, na rynku widoczne są różnorodne metody i technologie suszenia – od suszarni niskotemperaturowych aż do tych, w których temperatura wynosi 1.500°C . Jednakże, należy podkreślić, że każda suszarnia termiczna, bez względu na wybrany typ i rodzaj technologii, to nie tylko ogromne nakłady inwestycyjne, ale przede wszystkim wysokie i stale rosnące wraz z cenami nośników energii koszty eksploatacji. Dlatego też, wśród licznych rozwiązań widoczne są nowoczesne suszarnie solarne, które to charakteryzują się niskimi kosztami eksploatacji [11]. Jednakże, rynek posiada też wiele ofert suszarni konwencjonalnych.

2.1.1. Ekonomia suszarni solarnych

2.1.1.1. Solarna suszarnia osadów

Suszarnia solarna jest odpowiednio zaprojektowaną i wyposażoną halą szklarniową, w której do intensyfikacji odparowania wody wykorzystuje się efekt cieplarniany i wentylację grawitacyjną [11].

Pierwsza w Polsce suszarnia solarna została oddana do użytku na oczyszczalni ścieków w Rzeszowie w 2004 roku. Przerabia ona rocznie około 6.000 ton odwodnionych mechanicznie osadów susząc je z 19 % do około 60 % suchej masy, przy czym stopień wysuszenia dochodzi latem nawet do 80 – 85 % suchej masy.

Jak wynika z danych literaturowych, suszarnie słoneczne są najprostszym i najtańszym sposobem na redukcję objętości osadów

na oczyszczalniach, które produkują od 200 do 4.000 ton odwodnionych mechanicznie osadów w ciągu roku. Suszarnie mają budowę modułową tzn. składają się z hal szklarniowych. Warunkiem przeprowadzenia procesu jest odwodnienie osadów do 18 - 20% suchej masy. Do suszenia solarne nadają się zarówno osady ustabilizowane, jak i surowe. Jednakże, osady o wysokiej zawartości substancji organicznych w suchej masie muszą być o wiele częściej przewracane i intensywniej napowietrzane, tak by nie dopuścić do rozwoju procesów gnilnych. W trakcie suszenia osadów surowych razem z odparowaniem wody zachodzą procesy zbliżone do kompostowania, a rozpad materii organicznej dodatkowo przyczynia się do redukcji ich masy.

Tak jak każda technologia związana z przetwórstwem osadów ściekowych, suszarnia słoneczna również emituje odory. Jednakże, z uwagi na fakt, że jest to proces niskotemperaturowy, odbywający się na dużej powierzchni i rozłożony w czasie to uciążliwość odorowa jest ograniczona. Co więcej, hale suszarnicze wyposażone są w urządzenia do mechanicznego przewracania i napowietrzania suszonego złoża, a intensywność pracy przewracarki dostosowana jest do jakości suszonych osadów i zmieniających się warunków atmosferycznych. Dzięki temu, podczas procesu suszenia stwarzane są optymalne warunki do rozwoju bakterii aerobowych co sprawia, że emitowane odory przypominają swoim charakterem kompost, którego charakter odorowy jest zdecydowanie mniej uciążliwy niż przy składowaniu odwodnionych osadów.

Proces suszenia słonecznego może być wspomagany dodatkowymi źródłami energii np. poprzez biogaz, ciepło odpadowe z chłodzenia generatorów, pomp ciepła. Energię cieplną można

przekazywać suszonemu osadowi za pomocą np.: ogrzewania podłogowego, nadmuchu gorącego powietrza lub promienników niskotemperaturowych. Tego typu instalacje określane są jako suszarnie hybrydowe.

Efektem końcowym procesu suszenia jest granulát o nieregularnych ziarnach wielkości 1 – 2 cm. Ma on trzykrotnie mniejszą objętość i własności hydrofobowe, przez co może być składowany na wolnym powietrzu, bez zagrożenia rozpyływania się na deszczu. Dzięki swojej strukturze i zjawisku higienizacji może być też o wiele łatwiej zagospodarowywany przyrodniczo niż mechanicznie odwodnione osady. Ma on także bardzo dobre własności opałowe. Jego wartość energetyczna jest zbliżona do węgla brunatnego, a jego mieszanie z paliwem węglowym nie powoduje znaczącej zmiany składu emitowanych spalin [11].

Ponadto, niektórzy eksploratorzy wskazują, że przy właściwie prowadzonym suszeniu otrzymuje się susz osadowy, który jest bezpieczny mikrobiologicznie i o ile nie ma innych ograniczeń może być wykorzystywany przyrodniczo [11].

Wśród suszarni solarnych i hybrydowych możemy wymienić obiekty takie jak np.:

- a) Żary – suszarnia słoneczna, składająca się z 3 hal, obejmująca czynną powierzchnię suszenia 3.979 m², wyposażona w przewracarki,
- b) Lubawa – suszarnia słoneczna, składająca się z 1 hali, obejmująca czynną powierzchnię suszenia 735 m², wyposażona w przewracarki, materiał użyty w technologii – stal nierdzewna,

- c) Myszków – suszarnia hybrydowa wspomagana pompą ciepła, obejmuje 1 halę, jej czynna powierzchnia suszenia wynosi 1.266 m², wyposażona w przewracarkę,
- d) Krosno - suszarnia hybrydowa wspomagana ogrzewaniem podłogowym i nadmuchem ciepłego powietrza, składająca się z 3 hal, obejmująca czynną powierzchnię suszenia 2.586 m², wyposażona w przewracarki,
- e) Kłodzko – suszarnia hybrydowa wspomagana pompą ciepła, 1 hala, obejmująca czynną powierzchnię suszenia 885 m², wyposażona w przewracarkę, materiał użyty w technologii – stal nierdzewna [12].

2.1.1.2. Ekonomia suszarni solarnych

Woda w osadach ściekowych występuje w postaci związanej, wobec czego do pełnego suszenia potrzeba aż od 0,6 kWh do 1,2 kWh ciepła na każdy kilogram odparowanej wody [12]. Dzięki wykorzystaniu naturalnych zjawisk fizycznych całkowite zużycie energii na odparowanie 1 tony wody z osadów to około 25 do 35 kWh, tj. zaledwie 2 do 5% tego co zużywają konwencjonalne suszarnie termiczne [11]. Z uwagi na rosnące ceny energii należy stosować tak technologię, aby udział niekonwencjonalnych nośników był jak największy. W celu zminimalizowania kosztów, zasadnym jest również używanie w suszarniach solarnych biogazu, który może powstawać w ramach ciągu technologicznego w procesie fermentacji metanowej. Biogaz może być bezpośrednio spalany w promiennikach podczerwieni i zamieniany na fale elektromagnetyczne, które podobnie jak słońce nagrzewają górną warstwę osadów. Kolejnym sposobem prowadzącym do obniżenia kosztów energii może być wykorzystanie nadwyżki ciepła, pochodzącego

ze spalin lub użycie ciepła odzyskiwanego w procesie chłodzenia generatorów prądu. Niestety, nie praktykuje się stosowania pomp ciepła, które z uwagi na wysoki koszt inwestycyjny, jak i eksploatacyjny zawiązują zdecydowanie koszty pracy całej technologii [12].

Jednakże jak dotychczas, w literaturze widoczny jest pogląd, że w polskich warunkach klimatycznych zdecydowanie lepsze efekty suszenia uzyskuje się w suszarniach hybrydowych [10].

Tak jak we wszystkich dziedzinach, tak i w przypadku suszarni koszt inwestycyjny jest zróżnicowany. Zależy on zarówno od przepustowości, jak i zastosowanej technologii oraz użytych materiałów. Przykładowe wartości poniesionych nakładów przedstawiono w tabeli 2 [12].

Tabela 2. Charakterystyka kosztów i wydajności wybranych suszarni

Obiekt		Całkowity koszt inwestycji [zł]	Masa wody odparowywana w ciągu roku wg dokumentacji projektowej [Mg/rok]	Wydajność jednostkowa suszarni [Mg _{H2O} /m ²]	Jednostkowy koszt inwestycji [zł/Mg _{H2O}]	Jednostkowy koszt inwestycji w przeliczeniu na 1 m ² czynnej powierzchni suszenia [zł/m ²]
Suszarnia solarna	Żary	5.688.000	2.604	0,686	2.184	1.429,50
	Lubawa	2.755.200	525	0,714	5.248	3.748,57
Suszarnia hybrydowa	Myszków	4.100.000	983	0,776	3.154	3.238,55
	Krosno	8.278.000	5.025	1,943	1.647	3.201,08
	Kłodzko	5.000.000	758	0,856	6.596	5.649,72

Źródło: Trojanowska K.: *Suszarnie Solarne - aspekty ekonomiczne*, Wodociągi – Kanalizacja, 2013-5

2.1.1.3. Ekonomika suszarni na przykładzie instalacji w Żarach

Suszarnia w Żarach została zaprojektowana do wysuszenia łącznie 3.574 Mg osadów na rok, od 19 do 70% suchej masy, co stanowi

2.604 Mg wody/rok. Całkowite zużycie energii elektrycznej w 2010 roku wynosiło 19.260 kWh, co daje koszt 640 zł/mc. Tym samym współczynnik zużycia energii elektrycznej na 1 tonę odparowanej wody wynosił 13,83 kWh/Mg wody. Przekłada się to na bezpośredni koszt suszenia na poziomie ok. 5 zł na tonę odparowanej wody (przy założeniu, że cena 1kWh energii elektrycznej wynosi 0,336 zł). Roczne zużycie energii kształtuje się na poziomie kilkudniowego zużycia energii całej oczyszczalni ścieków [12].

Koszty obsługi oraz pracy sprzętu w 2012 r. instalacji w Żarach w 2012 roku wraz z energią elektryczną w przeliczeniu na 1 Mg odparowanej wody odpowiednio wynosi 18,25 zł [12].

Jak wynika z tabeli 3, różnorodne instalacje charakteryzują się innym zużyciem energii.

Tabela 3. Przykładowe szacunkowe wartości zużycia energii elektrycznej w suszarniach

Obiekt	Przybliżone zużycie energii elektrycznej na Mg odparowanej wody [kWh/Mg H₂O]
Żary	14
Kozienice	8
Krosno	56 (w przypadku 1 hali, dotyczy tylko pracy instalacji wentylacyjnych) (3 hale = 168)
Kłodzko	18 (przy wyłączonym ogrzewaniu podłogowym) 308 (przy włączonych pompach ciepła)
Myszków	10 (przy wyłączonym ogrzewaniu podłogowym) 382 (przy włączonych pompach ciepła)

Źródło: Trojanowska K.: *Suszarnie Solarne - jak wybrać najlepszą technologię*, Wodociągi – Kanalizacja, 2013-5, Trojanowska K.: *Suszarnie Solarne – aspekty ekonomiczne*, Wodociągi – Kanalizacja, 2013-5

Zgodnie z powyższym zestawieniem można zauważyć, że instalacje Żary i Kozienice, pracujące w oparciu o tą samą technologię

mają zbliżone zużycie energii elektrycznej. Zdecydowanie wyższe koszty generuje suszarnia w Krośnie, której technologia oparta jest o wentylację mechaniczną. Tym samym, można uznać, że rodzaj technologii ma istotne znaczenie w bilansie kosztów eksploatacji inwestycji. Co więcej, jak wynika z zestawienia w tabeli 2 i tabeli 3, nie istnieje bezpośrednia zależność jednostkowego kosztu inwestycji [zł/Mg H_2O] i wartości zużytej energii elektrycznej na Mg odparowanej wody.

Rozważając aspekt ekonomiczny suszenia osadów, można również wskazać, że oczyszczalnia oszczędza także na odbiorze mechanicznie odwodnionych osadów, co ma związek z redukcją ich masy w wyniku odparowania wody. Tym samym wpływa również na zmniejszenie kosztów transportu, jeżeli takowe występują.

2.1.2. Konwencjonalna suszarnia osadów. Ekonomika suszarni na przykładzie instalacji w Rudzie Śląskiej

Innym rodzajem suszarni są suszarnie konwencjonalne, w których nośnikiem energii są paliwa tradycyjne. Jedną z nich jest suszarnia w Rudzie Śląskiej (o przepustowości ok. 55 m³/d) zlokalizowana na oczyszczalni ścieków „Orzegów”. W przedmiotowej instalacji, proces suszenia prowadzony jest automatycznie na dwóch niezależnych ciągach technologicznych. Założono, iż min. zawartość suchej masy w osadzie odwodnionym wprowadzanym do suszarni wyniesie 20 %, zaś wyprowadzona z suszarni nie mniej niż 80 %. Wydajność nominalna eksploatowanych suszarni wynosi: 455,5 kg s.m./h, tj. 56,5 m³/d osadu o zawartości 20 % s.m.). Pozwala to na odparowanie wody z suszonego osadu w ilości ok. 1.850 kg H_2O /h. Nośnikiem energii termicznej dla

suszarni jest gaz ziemny – jednostkowe zapotrzebowanie na energię termiczną nie przekracza 0,9 kWh/kg H₂O.

W przedmiotowej instalacji, osad odwodniony o zawartości 19 - 21 % s.m. lub w przypadku pracy suszarni z recyrkulacją osadu wysuszonego (sucha masa na poziomie 25 -28 % s.m.) tłoczony jest do urządzenia rozkładającego osad na górnej taśmie suszarki. Osad przeciskany jest przez tzw. matrycę, w wyniku czego powstają nitki osadu, które za pomocą rozdzielacza są równomiernie rozkładane na całej szerokości górnej taśmy. Jak wynika z posiadanego doświadczenia, osad powinien mieć strukturę przestrzenną, pozwalającą na przepływ suszącego powietrza i jednocześnie powinien w pełni pokrywać całą czynną powierzchnię górnej taśmy. Omawiana instalacja to suszarnia taśmowa z wymuszonym obiegiem ciepłego powietrza o temp. ok. 100°C, które przepływa przez rozłożony osad na przesuwających się taśmach (2 szt.). W końcowej części suszarni osad zostaje schłodzony świeżym powietrzem do temp. poniżej 50°C. Czas zatrzymania osadu w suszarni wynosi ok. 1,5 – 2 godzin. Dodatkowo, suszarnia wyposażona jest w dwa wymienniki woda – powietrze o mocy 450 kW każdy, zasilane wodą grzewczą o temp. 120°C. Istotą suszenia jest ciągła cyrkulacja gorącego powietrza wewnątrz suszarni. Suszarnia wyposażona jest w 4 wentylatory powietrza obiegowego o mocy 18,5 kW każdy i wydajności do 36.000 m³/h, które odpowiedzialne są za cyrkulację powietrza suszącego (obiegowego). Proces suszenia prowadzony jest przy podciśnieniu (powoduje to zhermetyzowanie cyrkulacji powietrza technologicznego), które uzyskiwane jest dzięki pracy wentylatora powietrza odlotowego (wydajność 8.400 m³/h, moc 11 kW).

Energia termiczna niezbędna do suszenia osadów powstaje ze spalania gazu ziemnego w kotle gazowym o mocy 2MW. Kocioł gazowy podgrzewa wodę krążącą w układzie zamkniętym. Obiegi powietrza suszącego zostały wyposażone w rekuperatory (wymienniki płytowo-krzyżowe) do odzysku ciepła z powietrza odlotowego. Ciepło odebrane w tym wymienniku przekazywane jest na wstępne podgrzanie strumienia powietrza świeżego doprowadzanego w sposób ciągły do suszarni [13].

Usuwane powietrze z suszarni zostaje wstępnie schłodzone w wymienniku krzyżowo-płytowym. Po przejściu przez rekuperator powietrze odlotowe wprowadzane jest do płuczki (skruber) od dołu, a od góry rozpryskiwana jest woda technologiczna poprzez system dysz zraszających. Powoduje to obniżenie temperatury powietrza odlotowego, wykroplenia zawartej w nim pary wodnej oraz zatrzymania cząstek pyłów osadu porywanego przez powietrze odlotowe. Wykroplony kondensat opada wraz z chłodzącą wodą technologiczną na dno płuczki, skąd jest odprowadzany do kanalizacji wewnętrznej. Powietrze po ochłodzeniu i wykropleniu wilgoci w skruberze jest kierowane do biofiltrów w celu oczyszczenia z zapachów. [13].

Tabela 4. Przykładowe parametry instalacji w Rudzie Śląskiej

Parametr	Jednostka	Wartość
Uwodnienie osadu po prasach	% H ₂ O	78,5-81
Zawartość wilgoci w osadzie wysuszonym	% H ₂ O	5-15
Zużycie energii cieplnej na 1 kg odparowanej wody	kWh/kg H ₂ O	0,7265-0,8384
Zużycie energii elektrycznej na 1 kg	kWh/kg H ₂ O	0,0692-0,0763

Parametr	Jednostka	Wartość
odparowanej wody		
Zużycie gazu ziemnego na tonę osadu odwodnionego [20% s.m.]	m ³ /Mg	60-75

Źródło: Wypler M., Kopiec R.,: *Instalacja do suszenia osadów ściekowych – Doświadczenia z eksploatacji suszarni osadów ściekowych oczyszczalni „Orzegów” w Rudzie Śląskiej – dane własne oczyszczalni, 2012*

Jak widać z powyższej tabeli 4, zużycie energii elektrycznej w przedstawionej instalacji jest niższe niż w przypadku suszarni solarnych. Jednakże, tego typu instalacje pociągają za sobą również koszt paliwa tradycyjnego, co zwiększa bilans kosztów eksploatacji suszarni. Posiadane doświadczenia, wykazują, że suszarnia mechaniczna potrzebuje zewnętrznej energii o mocy ponad dziesięciokrotnie większej niż suszarnia słoneczna [14].

2.2. Produkty uboczne procesów termicznych

Jak każdy proces, termiczne unieszkodliwianie osadów powoduje powstanie produktu ubocznego jakim jest popiół, który to musi zostać odpowiednio zagospodarowany. Jak wynika z doświadczeń, im większy udział osadów ściekowych w mieszance paliwowej tym większa ilość popiołu [15].

Popiół jest odpadem, który z uwagi na zawartość metali ciężkich i zanieczyszczeń organicznych np. wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), polichlorowanych bifenyli (PCB), polichlorowanych dibenzodioskyn i dibenzofuranów (PCDD/F) może wywoływać wśród społeczeństwa obawy o negatywne jego oddziaływanie. W związku z powyższym powstałe w procesie termicznego przekształcania popioły muszą być traktowane jako odpady

niebezpieczne, co podnosi ich koszt całkowitej utylizacji, a tym samym eksploatacji instalacji termicznego unieszkodliwiania osadów ściekowych [15].

Co więcej, procesy termicznego przekształcania osadów przyczyniają się również do powstania emisji zanieczyszczeń do powietrza. Jak wynika z wieloletnich badań, im większy udział osadów w stosunku do bazowego paliwa tym większa emisja gazów, w tym: dwutlenku siarki, tlenki azotu. Co więcej, procesy termiczne związane są z emisją dioksyn i furanów, NO_x, SO₂, N₂O, jak HCl, HF i C_xH_y, co stanowi potencjalne zagrożenie dla środowiska [15]. Ponadto, termiczna obróbka osadów stwarza ryzyko emisji metali ciężkich, chociażby poprzez popioły lotne obecne w gazach spalinowych. Z uwagi na fakt, że osad ściekowy traktowany jest jako odpad, instalacje w trakcie współspalania zobligowane są do spełniania wymogów emisyjnych. Jakość emisji powstałych w wyniku procesów termicznych limitowana jest aktem prawa. Dlatego też, eksploratorzy zobowiązani są do minimalizowania emisji zanieczyszczeń do powietrza, co ma związek z koniecznością zastosowania urządzeń do ograniczania ich emisji i pociąga za sobą koszty. Innymi słowy, każda instalacja termicznego unieszkodliwiania osadów ściekowych wymaga dużych nakładów inwestycyjnych na człon oczyszczania gazów odlotowych.

Jak wynika z przeprowadzonej analizy dla rejonu siedmiu obiektów oczyszczania ścieków (obszar: Sosnowiec, Katowice, Dąbrowa Górnicza, Jaworzno, Będzin) koszty zagospodarowania produktów ubocznych dla instalacji obejmującej suszenie wraz ze spalaniem w piecu ze złożem fluidalnym kształtują się zgodnie z tabelą 5 [17].

Tabela 5. Przykładowe szacunkowe koszty instalacji suszenia wraz ze spalaniem w złożu fluidalnym

	Szacunkowy koszt obliczony dla instalacji o technologii suszenie wraz ze spalaniem w piecu ze złożem fluidalnym [zł]
Zagospodarowanie popiołów	1.615.500,00
Zagospodarowanie pozostałości z oczyszczania spalin	330.000,00
Koszt* w przeliczeniu na 1 tonę osadu odwodnionego	225,00

*koszt obsługi, chemikaliów, mediów, ostatecznego zagospodarowania pozostałości po spalaniu osadu oraz koszty amortyzacji

Źródło: Analiza własna RPWiK Sosnowiec

Ponadto wykazano, że koszt eksploatacji*, w tym ostatecznego zagospodarowania pozostałości po spalaniu osadu, suszarni mechanicznej w porównaniu do instalacji opartej o suszenie wraz ze spalaniem w piecu fluidalnym jest zdecydowanie wyższy (ok. 100 zł na tonę osadu odwodnionego). Taki stan rzeczy wynika przede wszystkim z kosztów związanych z wykorzystaniem energii elektrycznej jak i ciepłej.

Tabela 6. Porównanie wybranych parametrów przykładowej instalacji o technologii suszenia wraz ze spalaniem w piecu fluidalnym i suszarni mechanicznej

	Instalacja o technologii suszenie wraz ze spalaniem w piecu ze złożem fluidalnym	Suszarnia mechaniczna
Ilość osadu uwodnionego przyjęta do obliczeń	129.818 Mg/rok	92.962 Mg/rok
Ilość suchej masy	24.446 Mg s.m./rok	17.607 Mg s.m./rok
Ilość linii i wydajność	1 x 3.260 kg s.m./h	1 x 2.200 kg s.m./h
Koszt* w przeliczeniu na 1 tonę osadu odwodnionego	25,00 zł	131,00 zł

*koszt obsługi, chemikaliów, mediów, ostatecznego zagospodarowania pozostałości po spaleniu osadu oraz koszty amortyzacji

Źródło: Analiza własna RPWiK Sosnowiec

2.3. Odzysk energii

Instalacje do termicznego unieszkodliwiania osadów oprócz generowanych kosztów pozwalają również w ramach swoich technologii bilansować je, chociażby poprzez możliwość wytwarzania energii. W wielu przypadkach wytworzone ciepło pozwala na ogrzanie współistniejących obiektów, czy też dostarczenie niezbędnej energii do procesów prowadzonych w ramach technologii. Tym samym, ogranicza

to koszty związane z koniecznością pozyskania paliw tradycyjnych lub alternatywnych. Poniżej przedstawiono przykładowe instalacje wraz z ich zdolnościami generacji energii.

Wśród licznych instalacji, pozwalających na odzysk energii, można wskazać np. technologię RASCHKA, która polega na zastosowaniu pieca ze złożem fluidalnym. Pozwala ona na osiągnięcie stabilnych warunków spalania, dzięki czemu proces prowadzony jest autotermicznie. Energia odzyskana wykorzystywana jest do produkcji pary, która służy do podsuszenia osadów, a także do celów grzewczych na oczyszczalni ścieków i do produkcji energii elektrycznej. Przykładem jej zastosowania są Niemcy (Karlsruhe), gdzie przetwarzane są nominalnie osady ściekowe nieprzefermentowane w ilości 1.640 kg/h, osady ściekowe przefermentowane w ilości 420 kg/h, lekkie substancje z instalacji fermentacji odpadów biologicznych w ilości 60 kg/h i skratki w ilości 80 kg/h. Osad jest odwadniany mechanicznie do 73% zawartości wody za pomocą wirówek, a następnie w podgrzewanej parą suszarce gdzie uzyskuje się około 38 % s.m.. Aktualne parametry pary, produkowanej w kotle odzysknicowym, 25 bar temp. 300⁰C, wydajność 8 Mg/h, są wystarczające dla podsuszania osadów i podgrzania powietrza spalania. Moc instalacji wynosi 300 kW i zabezpiecza zapotrzebowanie na ciepło całej oczyszczalni ścieków na rok.

Innym przykładem może być technologia Pyrofluid. Polega ona na termicznym przekształcaniu osadów ściekowych w piecu ze złożem fluidalnym. Wymagany stopień odwodnienia osadów ściekowych dla tej technologii wynosi około 30 – 35 % s.m. w zależności od zawartości materii organicznej, wartość w podanym przedziale dotyczy osadu przefermentowanego, w którym zawartość materii organicznej wynosi ok.

65%. Dla osadów niefermentowanych, zawierających powyżej 70 % materii organicznej minimalny stopień odwodnienia jest niższy i wynosi ok. 25% s.m. Do pieca może być podawany, jako wsad uzupełniający, osad wysuszony o zawartości 80 - 90% s.m. pod warunkiem, że nie stanowi on więcej niż około 15 - 20% nadawy, zaś pozostała część to klasyczny osad odwodniony mechanicznie. Taka instalacja znajduje się np. w Sankt Petersburgu w Rosji. Została ona uruchomiona w 1997 r. Składa się z czterech pieców fluidalnych i posiada przepustowość 10,5 Mg/h s.m. Powstałe z procesu spalania ciepło służy do produkcji pary o ciśnieniu 6 barów, zasilającej lokalną sieć ciepłowniczą.

Stacje termicznej utylizacji osadów ściekowych Pyrofluid wybudowano też w Krakowie i Łodzi. W Płaszowie wybudowano jedną linię technologiczną z zastosowaniem pieca fluidalnego, zaś w Łodzi dwie. W obu instalacjach ciepło wytworzone w wyniku termicznego procesu przetwarzania osadów jest odzyskiwane i wykorzystywane ponownie w procesie termicznej utylizacji i fermentacji osadów przed odwadnianiem. W rezultacie gaz produkowany w komorach fermentacyjnych można skierować do stacji generatorów produkujących energię elektryczną. Również ciepło potrzebne do ogrzania wszystkich obiektów oczyszczalni w okresie zimowym będzie pochodzić ze stacji termicznej utylizacji osadów.

Wśród licznych technologii widoczne są równie te co pozwalają na współspalanie osadów ściekowych i odpadów komunalnych. Przykładem może być instalacja w Wiedniu, która składa się z czterech linii technologicznych. Na nich spalane są: wysortowane frakcje stałe odpadów komunalnych o wartości opałowej do 15 MJ/kg i wilgotności 10 %, osady ściekowe bez podsuszania o zawartości 20% s.m. i wartości

opałowej 1,38 MJ/kg, mieszanina 80% masy mechanicznie odwodnionych osadów ściekowych oraz 20% odpadów stałych jako paliwo wspomagające, gwarantujące przeprowadzenie autotermicznego procesu spalania mechanicznie odwodnionych osadów, mieszaniny zawierającej kombinację proporcji wyżej wymienionych paliw. Energia wydzielana podczas spalania odpadów komunalnych jest wystarczającym nośnikiem energii dla spalania jedynie mechanicznie odwodnionych osadów, a w zależności od udziału osadów (max 16 Mg s.m./h) w spalanych odpadach (max 18 Mg/h) możliwa jest także generacja energii elektrycznej przez generator o mocy 3,8 MWe i/lub ciepła o mocy maks. 30 MW_{th} [18].

2.4. Nakłady inwestycyjne

Każda instalacja z uwagi na swoją przepustowość, jak i technologię związana jest z nakładem finansowym. W tabeli 7 przedstawiono przykładowe koszty instalacji związanych z termicznym przekształcaniem osadów.

Tabela 7. Koszty inwestycyjne przykładowych instalacji do spalania odpadów, w tym osadów ściekowych

Obiekt		Wydajność [Mg/rok]	Cena [ml zł brutto]
Stacja termicznej utylizacji osadów ściekowych	Kraków	103,3 (64 Mg/d)	88,0
	Łódź	264,0	106,0
Spalarnia odpadów komunalnych	Białystok	120.000,0 (15,5 Mg/h)	409,538
Instalacja współspalania	Thun Szwajcaria	100,0	510,0

Obiekt		Wydajność [Mg/rok]	Cena [ml zł brutto]
osadów i odpadów komunalnych		(13,1 Mg/h)	

Źródło: Niesler J., Nadziakiewicz J.: *Ocena możliwości współspalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych w aglomeracji śląskiej*, Piece przemysłowe & kotły, IX-X/2013

Jak wynika z danych literaturowych, nakłady inwestycyjne na budowę instalacji współspalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych są znacznie niższe niż nakłady przeznaczone na budowę dwóch instalacji spalających odpady komunalne i osady ściekowe niezależnie, a umiejscowienie takiego zakładu na terenie lub w pobliżu oczyszczalni ścieków wytwarzającej największą ilość osadów ściekowych w regionie pozwoli poprzez ograniczenie kosztu ich transportu na uzyskanie dodatkowych oszczędności.

2.5. Ograniczenie emisji CO₂

Z treści dyrektywy 2009/28/WE, a wcześniej z dyrektywy 2001/77/WE i zawartej tam definicji biomasy jasno i zobowiązująco dla prawa krajowego wynika, że komunalne osady ściekowe stanowią określony rodzaj biomasy. Można dodać, że z racji swojego składu, w przybliżeniu w 100 % swojej masy opartego na składnikach ulegających biodegradacji, stanowią biomasę. Oznacza to jednocześnie, że skoro osady ściekowe można traktować, jako biomasę, to jednocześnie można je traktować, jako neutralne pod względem emisji CO₂ źródło energii. Badania wykazują, że energetyczne wykorzystanie 1 tony wysuszonych osadów równoważne jest ograniczeniu emisji CO₂ pochodzącego z 500 kg paliwa węglowego. Wykorzystanie osadów

pozwała eksploratorom cementowni uniknąć dodatkowych kosztów z tytułu emisji ww. gazu, a także finansów związanych z koniecznością pozyskania paliwa tradycyjnego [8]. Jednakże, spadek wartości giełdowych jednostki EUA (8 - 8,5€ grudzień 2015 r.) uprawniającą do emisji 1 tony emisji dwutlenku węgla może stanowić zagrożenie dla wykorzystania osadów ściekowych w cementowniach, czy też w innych procesach współspalania czy spalania. [19].

3. Wnioski

1. Wybór metody termicznego przekształcania osadów powinien być poprzedzony analizą optymalizacyjną uwzględniającą parametry paliwa.
2. Jedną z głównych składowych kosztów związanych z termicznym unieszkodliwianiem osadów ściekowych jest ich suszenie. Poniesione nakłady na proces suszenia związane są głównie z kosztami energii. Najniższymi kosztami suszenia charakteryzują się suszarnie słoneczne.
3. Spalane osady ściekowe są neutralne pod względem emisji dwutlenku węgla. Dzięki temu są one atrakcyjnym ko-paliwem, umożliwiającym handel emisjami, co wpływa na zmniejszenie kosztów eksploatacji instalacji.
4. Wysokie nakłady finansowe podczas eksploatacji instalacji termicznego unieszkodliwiania osadów ponoszone są na ograniczenie emisji spalin.
5. Znajdujące się na rynku rozwiązania technologiczne pozwalają na odzysk energii, zarówno w formie ciepła jak i energii elektrycznej, w wyniku czego wykorzystywana jest ona ponownie w zachodzących

na oczyszczalni procesach, a także do ogrzania wszystkich obiektów oczyszczalni.

6. Instalacja współspalania odpadów komunalnych i komunalnych osadów ściekowych może być efektywna energetycznie tylko w przypadku wykorzystania części strumienia ciepła z procesu współspalania do suszenia osadów.
7. Dla regionu wytwarzającego duże ilości zarówno odpadów komunalnych jak i osadów ściekowych, a nie posiadającego jeszcze ani spalarni odpadów komunalnych ani spalarni osadów ściekowych, warta polecenia jest budowa instalacji współspalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych. Wynika to w dużej mierze z kosztów inwestycyjnych. Powyżej przedstawiony przykładowy nakład na budowę spalarni odpadów komunalnych i osadów ściekowych jest wyższy tylko o ok. 20% od kosztów inwestycyjnych samej spalarni odpadów komunalnych. A jednocześnie pozwala rozwiązać problem zagospodarowania odpadów komunalnych oraz osadów ściekowych.

Literatura:

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz. U. z 2013 r. poz. 38).
2. Ochrona Środowiska 2015, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2015, Tabl. 61 (108). Osady z przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków.
3. Krajowy Plan Gospodarowania Odpadami 2014.

4. Kruszelnicka I., Ginter-Kramarczyk D.: *Problem z osadami ściekowymi*. <http://www.kierunekwodkan.pl/arttykul,9150,page,1.html>.
5. Pająk T.: *Termiczne przekształcanie osadów ściekowych wobec wyzwań roku 2016*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, 2012, t. 17, nr 3, s. 363 – 376.
6. Bień J. D.: *Zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych metodami termicznymi*. Inżynieria i Ochrona Środowiska, 2012, t. 15, nr 4, s. 439 – 449.
7. Burzała B.: *Termiczne przekształcanie osadów ściekowych jako jedna z metod ich utylizacji*, Nowa energia nr 1(37)/2014, str. 29 - 32.
8. Bień J. B., Górski M., Gromiec M., Kacprzak M., Kamizela T., Kowalczyk M., Neczaj E., Pająk T., Wystalska K.: *Ekspertyza, która będzie stanowić materiał bazowy do opracowania strategii postępowania z komunalnymi osadami ściekowymi na lata 2014-2020*, Częstochowa, 2014 .
9. Bień J. B.: *Osady ściekowe, teoria i praktyka*, Wydawnictwo Politechniki Czę- stochowskiej, Częstochowa 2007.
10. Trojanowska K., Sadecka Z., Myszogra S.: *Suszarnie solarne – jak wybrać najlepszą technologię*, Wodociągi - Kanalizacja, dodatek specjalny 2012 – 1.
11. Trojanowska K.: *Technologie solarne w suszeniu osadów ściekowych - czyli jak efektywnie i tanio rozwiązać problem zagospodarowania osadów*, materiały własne EUROTECH Bielsko - Biała (<http://www.ingmina.pl>).
12. Trojanowska K.: *Suszarnie Solarne - aspekty ekonomiczne*, Wodociągi – Kanalizacja, 2013-5.

13. Wypler M., Kopiec R.,: *Instalacja do suszenia osadów ściekowych – Doświadczenia z eksploatacji suszarni osadów ściekowych oczyszczalni „Orzegów” w Rudzie Śląskiej – dane własne oczyszczalni*, 2012.
14. Tunia A., Nowak A.: *Suszarnia słoneczna osadów na oczyszczalni ścieków w Rzeszowie*, Forum Eksploatatora, listopad 2006, str. 60.
15. Filkiewicz M.: *Termiczne przekształcanie osadów ściekowych – szansa, czy zagrożenie?*, Monografie „Inżynieria Środowiska – Młodym Okiem”, tom 12, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, 2015, str. 9-33.
16. Fytyli D., Zabaniotou A.: *Utylization of sewage sludge in EU application of old and new metod - A review*, *Renewable & Sustainable energy reviews*, Elsevier, 12(2008), str. 116-140.
17. Analiza własna RPWiK Sosnowiec.
18. Niesler J., Nadziakiewicz J.: *Ocena możliwości współspalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych w aglomeracji śląskiej*, Piece przemysłowe & kotły, IX-X/2013.
19. <http://nowa-energia.com.pl/2016/01/12/spadek-wartosci-uprawnien-do-emisji-co2-w-grudniu/>.

Ewelina Gajko¹⁾, dr Izabela Dobrzyńska
Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Biologiczno-Chemiczny
Zakład Elektrochemii
ul. Ciołkowskiego 1K, 15-245 Białystok
¹⁾ewelinagajko@wp.pl

Sposoby ograniczenia negatywnych oddziaływań transportu na środowisko i zdrowie człowieka

Reducing the transport impact on the environment and human health

Słowa kluczowe: *transport, środowisko, biopaliwa, filtr, reakcje katalityczne, bioetanol, biodiesel*

Keywords: *transport, environmental, biofuels, filter, catalytic reaction, bioethanol, biodiesel*

Streszczenie: Celem niniejszego artykułu było zaprezentowanie sposobów ograniczenia negatywnych oddziaływań transportu na środowisko i zdrowie człowieka. Analiza omawianego problemu polegała na przeglądzie powiązanych z zagadnieniem publikacji naukowych. W rezultacie pozwoliło to na zilustrowanie wpływu transportu na środowisko, a także zestawienie dotychczas wykorzystywanych sposobów ograniczenia jego negatywnego oddziaływania na środowisko przyrodnicze. Transport przyczynia się w znaczący sposób do powstawania gazów cieplarnianych, smogów lub zakwaszenia środowiska. Emisja zanieczyszczeń powoduje wzrost ryzyka występowania schorzeń układu oddechowego i krążenia. Zanieczyszczenia pochodzące z transportu wykazują cechy mutagenne i kancerogenne. Groźny jest też hałas wywołujący zaburzenia narządu słuchu i układu nerwowego. Należy wyeliminować lub ograniczyć zagrożenia wynikające z oddziaływania transportu na środowisko i zdrowie człowieka. W tym celu dokonuje się modyfikacji silników i wtrysków, wyposaża układy w reaktory katalityczne i filtry cząstek stałych. Poszukuje się również skutecznych alternatywnych paliw lub biokomponentów. Najczęściej używanym biopaliwem jest bioetanol.

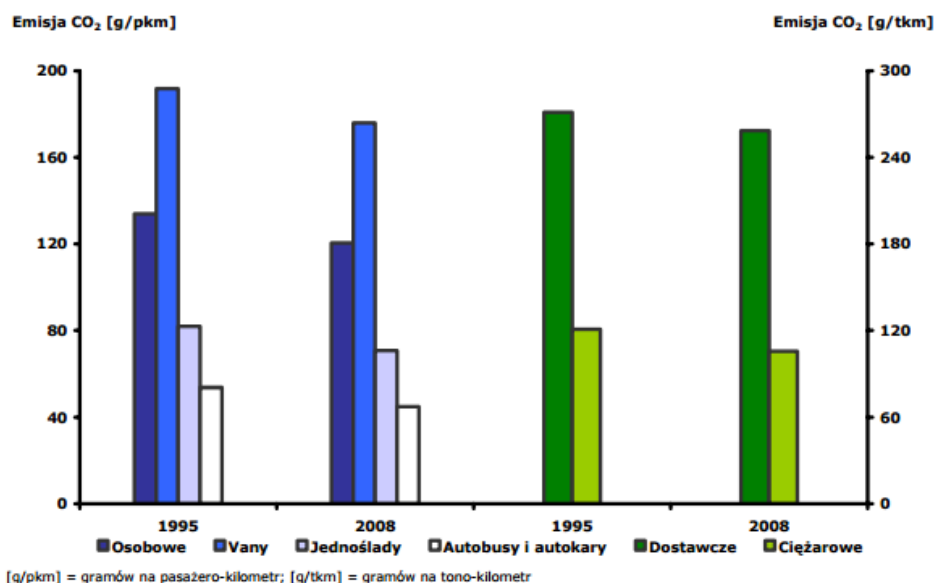
1. Wstęp

Rozwój transportu jest nieodłącznym elementem postępującej gospodarki, lecz stanowi poważne zagrożenie dla środowiska przyrodniczego oraz zdrowia ludzi. Efekty jego oddziaływania zależą od wielu czynników. Zależy to przede wszystkim od stopnia rozwoju tej dziedziny, jej zaawansowania i wrażliwości danej przestrzeni na jej działania. Należy zauważyć, iż w Unii Europejskiej transport stanowi źródło ok. 54% całkowitej emisji tlenków azotu, 45% tlenku węgla, 23% niemetanowych lotnych związków organicznych i 23% pyłów. Przyczynia się więc w znaczący sposób do powstawania gazów cieplarnianych. Warto również zaznaczyć, iż przy dotychczasowym sposobie użytkowania paliw kopalnych i związaną z tym emisją dwutlenku węgla, temperatura pod koniec tego stulecia wzrośnie od 2,5-4,5°C. Ocieplenie w takiej skali stanowi bardzo duże zagrożenie, stąd też istotna jest idea redukcji emisji gazów cieplarnianych [2].

2. Rodzaje transportu i ich wpływ na środowisko

W wyniku spalania paliw w silnikach samochodowych do atmosfery trafiają tlenek węgla, tlenek azotu, węglowodory. Emisja tych związków może powodować powstanie smogów lub zakwaszenie środowiska. Szczególnie narażone są lasy (zwłaszcza wysokogórskie), konstrukcje stalowe, fundamenty betonowe oraz elementy z piaskowca i wapienia [3]. Transport przyczynia się także do intensyfikowania efektu cieplarnianego poprzez bezpośrednią lub pośrednią emisję gazów cieplarnianych tj.: tlenku i dwutlenku węgla, metanu, podtlenku azotu, ozonu troposferycznego oraz lotnych związków organicznych. Związki

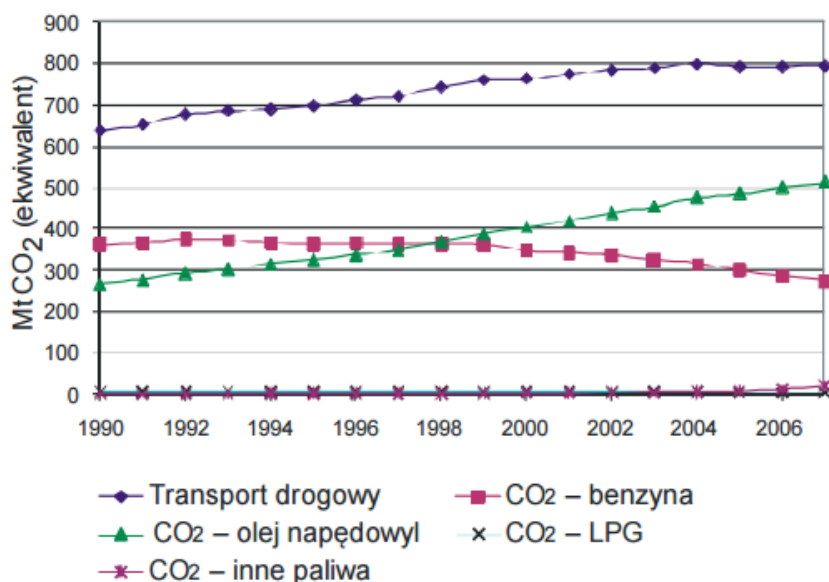
te pochodzą ze spalania oleju napędowego (silniki o zapłonie samoczynnym -ZS) i benzyny (silniki o zapłonie iskrowym -ZI) [1]. Na rysunku 1 przedstawiono, w jakim stopniu różne pojazdy przyczyniają się do emisji dwutlenku węgla zawartego w gazach spalinowych.



Rysunek 1. Emisja CO₂ przez różne środki transportu

Źródło: Climate for a transport change. TERM 2007: indicators tracking transport and environment in the European Union. European Environment Agency 2008

Ponadto warto się przyjrzeć rysunkowi 2, który obrazuje ilość emisji dwutlenku węgla przez pojazdy napędzane różnymi paliwami na przestrzeni 16 lat. Jak można zaobserwować zjawisko zanieczyszczania środowiska przez transport nasila się z biegiem lat, dlatego też istotne są poszukiwania alternatywnych rozwiązań.



Rysunek 2. Emisja CO₂ w transporcie kołowym UE z rozbiorem na rodzaje paliwa

Źródło: Annual European Community greenhouse gas inventory 1990-2007 and inventory report 2009. European Environment Agency, Technical report No 04/2009

Sektor ten wpływa także na zdrowie ludności. Emisja zanieczyszczeń powoduje wzrost ryzyka występowania schorzeń układu oddechowego i krążenia. Spaliny z silników bardzo łatwo dostają się do pęcherzyków płucnych i się w nich kumulują. Istnieje ryzyko, iż nie tylko wywołują zaburzenia pracy układu oddechowego, lecz mogą być prekursorem kancerogenezy. W wyniku intensywnej ekspozycji na spaliny dochodzi do podrażnień błon śluzowych oczu, a w konsekwencji pogorszenia się stanu narządu wzroku. Pewien eksperyment prowadzony na szczurach wykazał, iż spaliny wykazują także działanie mutagenne [4,5,6].

Istotny jest też hałas komunikacyjny, który także wpływa na jakość życia ludności. Wywołuje bowiem uciążliwości, utrudnia pracę, wypoczynek czy też sen, budzi niepokój i rozdrażnienie. Może także

doprowadzić do stanów nerwicowych. Jeśli organ słuchu jest szczególnie wyekspozowany na hałas, nie ma możliwości regeneracji. Następuje wówczas stopniowe, utrwalające się przesunięcie progu słyszenia, a tym samym osłabienie słuchu [1]. Rozwój transportu zmniejsza areał ziemi. Warto zauważyć, iż każdy kilometr autostrady czy drogi zajmuje od 4 do 7ha. Intensywna eksploatacja dróg przyczynia się do zanieczyszczeń gleby, a tym samym do jej degradacji. Obojętna nie pozostaje szata roślinna, która jest narażona w szczególności na osadzające się pyły. Powodują powstanie na roślinach warstwy izolującej i ograniczającej dostęp do światła, przez co zakłócony jest także istotny proces fotosyntezy. Transport, a w szczególności drogowy, stanowi zagrożenie także dla zwierząt. Szlaki komunikacyjne mogą przecinać szlaki migracyjne lub fragmentować siedliska. Skutkuje to często licznymi wypadkami z udziałem zwierząt. Na drogach masowo giną łosie, jelenie, dziki, sarny, a także małe płazy, gady, lisy, zające czy też ptaki [1,7].

Warto również zwrócić uwagę na ryzyko, jakie niesie ze sobą transport lotniczy. Na jego potrzeby przeznaczają się znaczne areały ziemi. Nie jest to jednak największy problem, ponieważ, prócz hałasu i zanieczyszczeń środowiska, emituje promieniowanie elektromagnetyczne z instalacji, niebezpieczne dla zwierząt i ludzi. Natomiast problemy z transportem wodnym skupiają się przede wszystkim na transporcie morskim. Powoduje on pogorszenie jakości powietrza w wyniku formowania się ozonu w przyziemnych warstwach atmosfery, emisji tlenku siarki i cząstek stałych. Szczególnie narażone na te zagrożenia są tereny przybrzeżne i porty o dużym natężeniu ruchu. Transport kolejowy w porównaniu do drogowego jest zdecydowanie

bezpieczniejszą formą transportu, lecz także naraża środowisko na hałas, drgania, zanieczyszczenie powietrza spalinami [1].

3. Przeciwdziałanie i niwelowanie zagrożeń ze strony transportu

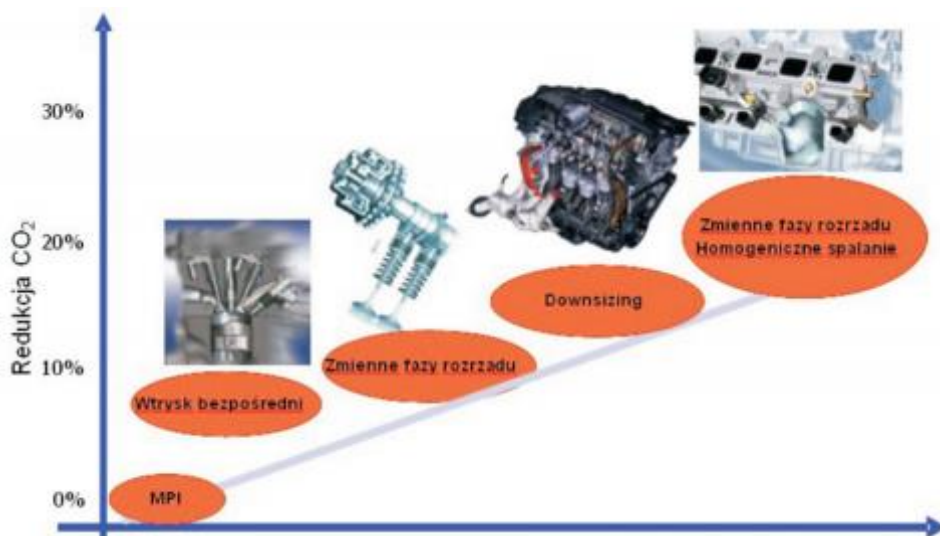
Skala zagrożeń, jaką niesie za sobą dynamiczny rozwój omawianego sektora, nakłania do zniwelowania jego wpływu na środowisko i życie człowieka. Działania te muszą się jednak opierać na trzech równo cennych płaszczyznach. Należy uświadomić społeczeństwu skalę niebezpieczeństw, a jednocześnie zapobiegać występowaniu opisanych wyżej zagrożeń i niwelować skutki tych, których zahamować nie można. Dobrą ideą jest zastępowanie transportu drogowego transportem kolejowym lub morskim, a także promocja transportu multimodalnego. Należy wspierać tych, którzy podejmują inicjatywę i stawiają na odnawialne źródła energii. Istotne jest, aby wyeliminować z ruchu drogowego pojazdy nie spełniające wymagań bezpieczeństwa i ochrony środowiska. Dobrym rozwiązaniem byłoby także przekierowanie ciężkiego transportu na obrzeża miast i nałożenie ograniczeń na transport indywidualny [1]. Warto zaznaczyć, iż każdy użytkownik pojazdów jest odpowiedzialny za emisję spalin. Dlatego też należałoby unormować dopuszczalną pojemność silnika. Umożliwiłoby to redukcję spalin. Badania wykazały bowiem, iż dwukrotny wzrost zużycia oleju skutkuje wzrostem emisji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych aż o 11-24%. Są to związki wykazujące działanie rakotwórcze [8].

Transport lotniczy także może ograniczyć swe negatywne skutki oddziaływania na środowisko poprzez wycofanie krótkodystansowych lotów i wdrożenie racjonalnych sposobów zarządzania ruchem. Ważne

jest też rozwijanie systemów nowoczesnych technologii konstrukcji silników i środków komunikacji oraz monitorowania jakości środowiska [1]. Istnieje także możliwość modyfikacji składu paliw, co w znaczny sposób przyczyni się od zmiany składu emitowanych związków. W zależności od typu silnika zmniejszenie zawartości siarki w paliwie już o ok. 0,05% powoduje jednocześnie obniżenie zawartości dwutlenku siarki i cząstek stałych w spalinach od 8 do 18%. Wielkość cząstek stałych można również obniżyć poprzez wzrost liczby cetanowej. Modyfikacja gęstości paliwa z 845 do 825 kg/m³ także zmniejsza ilość spalin o ok. 5-10% [8].

1.1. Modyfikacje silników samochodowych

Producenci ze względu na wymagania ekologiczne są zmobilizowani do poszukiwania nowych technologicznych rozwiązań. Do roku 2015 konstruktorzy skupiali się na wprowadzeniu zmian w budowie silnika, mających na celu zmniejszenie zużycia paliwa, a tym samym zmniejszenie emisji spalin do atmosfery. Koncentrowano się na doskonaleniu wtrysku paliwa i zasilania powietrzem. Pracowano nad układem oczyszczania spalin i układem chłodzenia. Istotne także jest zredukowanie strat wewnętrznych i odzysk energii. Jest to strategia pozwalająca obniżyć zużycie paliwa o ok. 8-10%. Obecnie coraz częściej w pojazdach znajduje zastosowanie zintegrowane sterowanie elektroniczne, turbosprężarki wspomagane elektrycznie, układy zmian faz rozrządu i wzniosu zaworów czy też wtryskiwaczy o zmiennym przekroju przepływu i geometrii strugi na obciążeniach częściowych. Na wykresie (rysunek 3) przedstawiono wpływ zmian na redukcję emisji dwutlenku węgla [9].



Rysunek 3. Rozwój konstrukcji silników a redukcja emisji CO₂

Źródło: Merkisz J.: Tendencje rozwojowe silników spalinowych SILNIKI SPALINOWE, nr 1/2004 (118), str. 28-39.

Spełnienie narzuconych norm dotyczących emisji spalin będzie możliwe w momencie wprowadzenia istotnych zmian w konstrukcji wtrysków i silników. W tabeli 1 przedstawiono kierunki zmian, które mają na celu obniżenie zużycia paliwa, a tym samym zmniejszenie emisji spalin do atmosfery.

Tabela 1. Kierunki zmian w budowie silników pojazdów samochodowych

Silnik	I etap	II etap
ZI	✓ Downsizing do 40%(obniżenie emisji CO₂ o 20%) ✓ Boosting (doładowanie mechaniczne, turbo i turbosprężarki o zmiennej geometrii) ✓ Wtrysk bezpośredni (DI) $l=1$ i $l>1$ ✓ Zmienne fazy rozrzadu i wznios	✓ Adaptacja sterowania ✓ Elastyczne podsystemy silnika ✓ Nowe systemy spalania ✓ Wzrost efektywności pracy silnika

Silnik		I etap	II etap
		zaworów (obniżenie emisji CO₂ o 10%) ✓ Zmienny stopień sprężania = 8-14 (obniżenie emisji CO₂ o 25%) ✓ Instalacja 42V (odzyskiwanie energii hamowania, alternator/rozrusznik, semihybryda)	✓ Przystosowanie do spalania gazu ziemnego i wodoru ✓ Wysokodoładowane silniki spalające ubogie mieszanki ✓ Zarządzanie przez jeden sterownik całym układem napędowym ✓ Sterowanie x-by-wire
ZS	LDD D I	✓ Zmniejszenie objętości skokowej, przy zwiększeniu wskaźnika mocy jednostkowej do 75 kW/dm³ ✓ Duży stopień doładowania ✓ Turbosprężarka wspomagana elektrycznie, wyparkowa turbina gazowa ✓ Chłodzony układ recyrkulacji spalin EGR ✓ Zmienne fazy rozrządu ✓ Zaawansowane systemy wtrysku ✓ Wtryskiwacze o zmiennej średnicy otworków rozpylacza ✓ Zaawansowane systemy oczyszczania spalin	✓ Adaptacyjne podsystemy silnika sterowane w całym zakresie pracy ✓ Downsizing ✓ Wzrost doładowania (lepsze wytrzymałościowo materiały) ✓ Strategia sterowania pojedynczych cykli pracy ✓ Zastosowanie ładunku
	HDD	✓ Zmniejszenie objętości skokowej	homogenicznego na

Silnik		I etap	II etap
	D	✓ Duży stopień doładowania	mocach częściowych
	I	✓ Turbosprężarka wspomagana elektrycznie	✓ Nowe systemy spalania ze sterowaniem zapłonu (zmniejszenie NO _x i PM)
		✓ Zmienne fazy rozrządu i wzniosu zaworów	
		✓ Filtr cząstek stałych, selektywna redukcja	
		✓ Zaawansowane systemy wtrysku	
		✓ Wtryskiwacze o zmiennej średnicy otworków rozpylacza	
		✓ Obniżenie zużycia paliwa	
		✓ Poprawa procesu spalania	
		✓ Adaptacyjne regulowane maksymalnie ciśnienie wtrysku	
		✓ Nacisk na obniżenie kosztów eksploatacji	

Źródło: Merkisz J.: Tendencje rozwojowe silników spalinowych SILNIKI SPALINOWE, nr 1/2004 (118), str. 28-39.

1.2. Gaz ziemny jako ekopaliwo silnikowe

Zaletą gazu ziemnego jest to, że jako paliwo nie wymaga szczególnej obróbki chemicznej. Ulega on jedynie oczyszczaniu i odsiarczaniu. Za ekologiczne paliwo uznawany jest gaz wysokometanowy. Do jego walorów możemy zaliczyć ogólnodostępność i cenę. Można go także uzdatnić w celu pozbawienia substancji korozyjnych. Gaz ziemny posiada również wszelkie potrzebne cechy paliwa silnikowego. Pozwala na łatwy rozruch silnika w niskich temperaturach i pozytywnie wpływa na jego żywotność. Warto

zaznaczyć, iż jest lżejszy od powietrza i w przypadku nieszczelności lub awarii układu ulatnia się do atmosfery. Z kolei paliwa płynne rozlewają się po ziemi i cięższa od powietrza mieszanka propan-butan kumuluje się nad jej powierzchnią [10].

3.3. Biopaliwa

Biopaliwo jest paliwem powstałym na skutek przetworzenia biomasy-produktów organizmów żywych. Stanowi 90-procentowy udział w produkcji energii przy użyciu odnawialnych źródeł. Rolnictwo ma za zadanie dostarczyć surowców do produkcji biopaliw. W tabeli 2 zestawiono rodzaje biopaliw i nośników energii [11].

Tabela 2. Rodzaje biopaliw i nośników energii

Rodzaje biopaliw	Rodzaje nośników energii
Stałe: ✓ biomasa drzewna z odpadów ✓ biomasa z upraw energetycznych ✓ słoma	energia elektryczna lub ciepła
Ciekłe ✓ rośliny oleiste, oleje posmażalnicze ✓ ziarno zbóż ✓ buraki cukrowe	biodiesel bioetanol
Gazowe: ✓ biomasa świeża z upraw polowych ✓ odpady organiczne	biogaz

Źródło: Biofuels in the European Union. A vision for 2030 and beyond. 2006, Biofuels Research Advisory Council, Bruksela, str. 32.

W tabeli 3 przedstawiono typy biopaliw stosowanych w silnikach w zestawieniu z surowcami i procesem ich produkcji.

Tabela 3. Biopaliwa silnikowe i surowce do ich produkcji

Typ biopaliwa	Surowiec	Proces produkcji
Bioetanol	Buraki cukrowe, zboża	Hydroliza + fermentacja
Czysty olej roślinny	Rośliny oleiste np. ziarno rzepaku	Tłoczenie na zimno. Ekstrakcja
Biodiesel	Rośliny oleiste	Tłoczenie na zimno +transestryfikacja
RME,FAME/FAEE	Oleje posmażalnicze	Transestryfikacja
Bio ETBE	Bioetanol	Synteza chemiczna
Biogaz	Biomasa wilgotna	Fermentacja

Źródło: Biofuels in the European Union. A vision for 2030 and beyond. 2006, Biofuels Research Advisory Council, Bruksela. str. 32.

Biopaliwa mają realną szansę na stanie się zamiennikiem tradycyjnych paliw. Ich zalet możemy doszukiwać się w kontekście ekonomicznym, środowiskowym oraz gwarantującym bezpieczeństwo energetyczne. Dają szansę na uniezależnienie się od importu ropy. Są także sposobem na ograniczenie stosowania paliw kopalnych. Gwarantują łatwą dostępność. Prócz zmniejszenia toksyczności emisji spalin rewitalizują słabnące obszary wiejskie. Dają możliwość na zrównoważony rozwój i zwiększenie miejsc pracy na wsi. Redukują emisję gazów cieplarnianych i metanu. Są także biodegradowalne. Ponadto poprawiają wydajność pojazdów [11,12].

Obecnie w większości wykorzystuje się biopaliwa pierwszej generacji. Są to paliwa wyprodukowane z olei roślinnych i skrobi pozyskiwanych z płodów rolnych. Do najpopularniejszych należą produkowane w Europie bioestry i bioetanol. Te same części rośliny mogą posłużyć do produkcji żywności. Biopaliwa drugiej generacji bazują na uwolnieniu energii pochodzącej z biomasy odpadowej z np.

słomy po uprawach roślin, odpadów jałowego drewna, produktów z plantacji energetycznych. Proces produkcji polega głównie na obróbce biomasy, zgazowaniu i syntezie Fischera i Tropscha. Biometanol i biowodór stanowią paliwa trzeciej generacji. Otrzymuje się je w wyniku zgazowania lignocelulozy i następnie syntezy lub procesów biologicznych. Technologia ich masowej produkcji jest przedmiotem prac technologów na lata 2030-te [13].

Bioetanol to najczęściej wykorzystywane biopaliwo na świecie stanowiące ekwiwalent benzyny. Największymi producentami tego biopaliwa są USA, Chiny i Brazylia. Wytwarza się go z cukru lub skrobi zbóż w procesie fermentacji. Bioetanol produkowany jest również z lignocelulozowej biomasy. Proces produkcji składa się z trzech etapów: hydrolizy cukrów wyższych do monomeru glukozy, fermentacji glukozy i destylacji do momentu uzyskania etanolu absolutnego. O atrakcyjności bioetanolu jako paliwa alternatywnego świadczy fakt, iż jest pozyskiwany z zasobów biologicznych i jest bogaty w tlen. Daje to możliwość zmniejszenia ilości cząstek stałych podczas pracy silników wysokoprężnych. W porównaniu do benzyny posiada wyższą liczbę oktanową, szersze granice palności, większe prędkości płomienia oraz wyższe ciepło parowania. Niestety charakteryzuje go niższa gęstość energetyczna, korozyjność, niska jasność płomienia, niższe ciśnienie pary i miesza się z wodą [14-19].

Biowodór z kolei jest nazywany niekiedy paliwem przyszłości ze względu na czystość spalania i wysoką wydajność energetyczną. Może być produkowany na skalę przemysłową w procesie fotofermentacji w obecności bakterii purpurowych i przy ograniczonym dostępie tlenu.

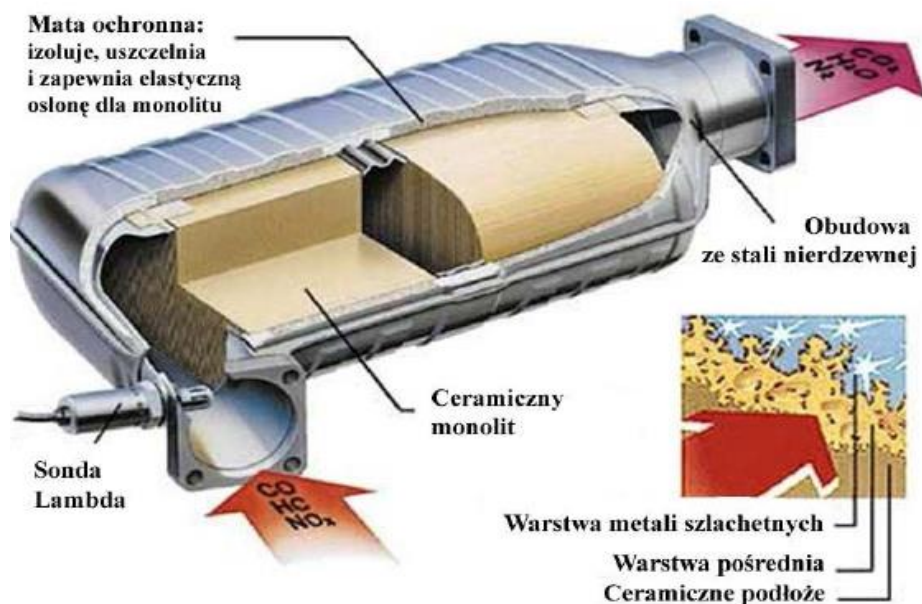
Druga metoda to przemiany fermentacyjne z udziałem bakterii heterotroficznych [20].

Biopaliwa to jednak nie same zalety. Należy dodać, iż w rzeczywistości za zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych odpowiedzialny jest bioetanol pozyskany z lignocelulozy. Martwiący jest też fakt, że podczas produkcji paliw alternatywnych wytwarzane są wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Istotny jest też aspekt Ekonomiczny. Rozwój produkcji biopaliw przyczyni się do wzrostu cen podstawowych artykułów żywnościowych, a tym samym o nadmierną konkurencję o źródła i dostawy wody. W wyniku uprawy roślinności przeznaczonej na cele bioenergetyczne może dojść do powstania gatunków endemicznych na tych terenach [11,14,15].

3.4. Samochodowe reaktory katalityczne

Na poniższym rysunku przedstawiono przykładowy samochodowy reaktor katalityczny, który składa się z dwóch ceramicznych monolitów wypełnionych rzędem kanalików. Na pierwszy ceramiczny blok nakłada się platynę i rod, a na drugi- platynę i pallad. Mimo różnorodności budowy, masy i udziału poszczególnych pierwiastków funkcja jest jedna. Ich zadaniem jest przekształcenie trującego gazu w parę wodną i dwutlenek węgla. Możemy je podzielić na: utleniające (zmniejsza w spalinach zawartość CO i węglowodorów), redukujące (zmniejsza w spalinach zawartość tlenków azotu) i trójdrożne (zmniejsza w spalinach zawartość NO_x, CO i węglowodorów). Zastosowanie platynowców nie jest bezcelowe. Z łatwością przeprowadzają reakcje redox, wykazują odporność chemiczną. Są więc bardzo skutecznymi katalizatorami. Jednak ich obojętność chemiczna ma

swoje granice. Zdarzają się niekiedy przypadki pasywacji w obecności ołowiu, fosforu lub innych związków ze spalin. Do niszczenia ich przyczyniają się skrajne warunki funkcjonowania silników. Zaliczyć możemy do nich mechaniczne i termiczne naprężenia, kwasowy odczyn spalin, zbyt wysoką temperaturę pracy. Należy więc w celu zapewnienia właściwego funkcjonowania reaktorów katalitycznych przeprowadzać okresowe przeglądy pojazdów i w odpowiednich przypadkach dokonywać ich wymiany. Przyczyni się to w znacznym stopniu do zmniejszenia emisji toksycznych spalin [21]. Poniżej na rysunku 4 przedstawiono samochodowy reaktor katalityczny.

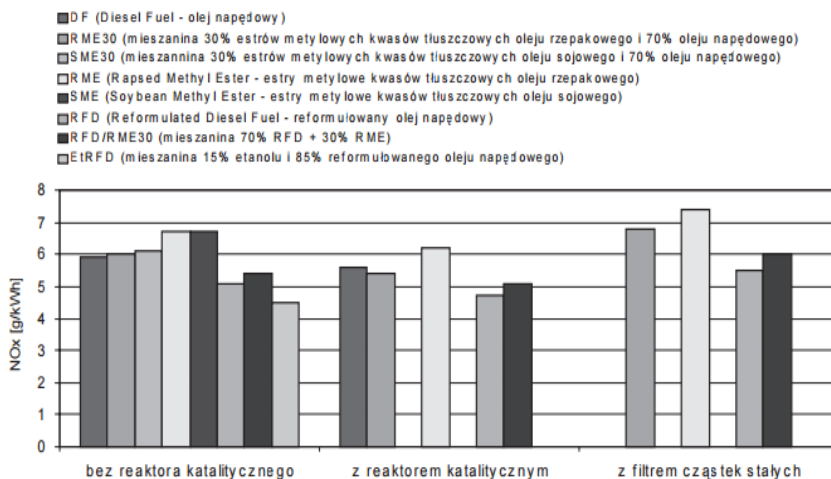


Rysunek 4. Samochodowy reaktor katalityczny

Źródło: <http://autokult.pl/12794,reaktor-katalityczny-czyli-nasz-stary-dobry-katalizator>

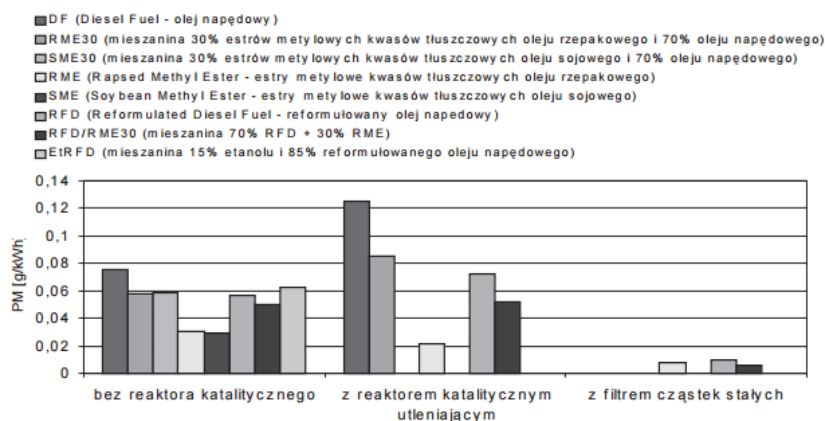
Na poniższych diagramach (rysunek 5 i 6) można zaobserwować, w jakim stopniu zmniejsza się emisja tlenków azotu i cząstek stałych podczas spalania paliwa przez silnik autobusowy bez reaktora

katalitycznego, z reaktorem katalitycznym utleniającym i z filtrem cząstek stałych.



Rysunek 5. Emisja NO_x przez silnik autobusowy Volvo DH10A-285 (ZS) wyposażony w różne typy układów oczyszczania spalin w teście ECE R49 przy zasilaniu paliwami konwencjonalnymi i biopaliwami

Źródło: Kelly K.J. i inni: Federal Test Procedure Emissions Test Results from Ethanol Variable-Fuel Vehicle Chevrolet Lumina. SAE Paper 961092



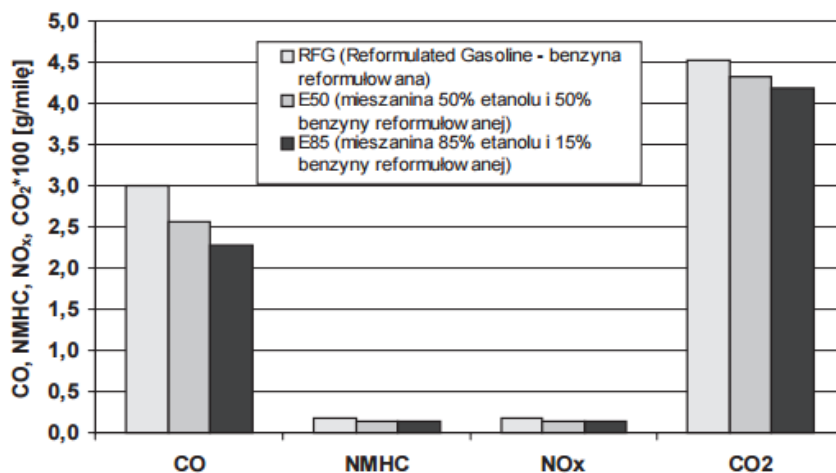
Rysunek 6. Emisja PM przez silnik autobusowy Volvo DH10A-285 (ZS) wyposażony w różne typy układów oczyszczania spalin w teście ECE R49 przy zasilaniu paliwami konwencjonalnymi i biopaliwami

Źródło: Kelly K.J. i inni: Federal Test Procedure Emissions Test Results from Ethanol Variable-Fuel Vehicle Chevrolet Lumina. SAE Paper 961092

3.5. Dodatki do paliw

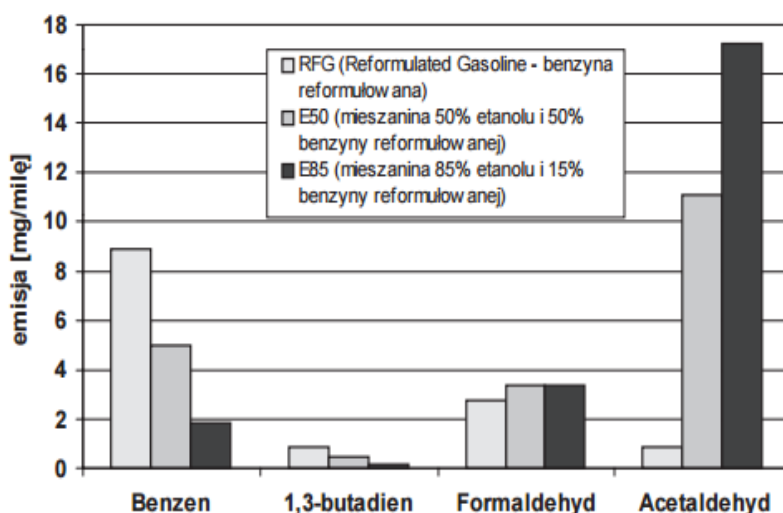
Stosowanie wyłącznie biopaliw czy silników z reaktorem katalitycznym nie rozwiązuje w pełni problemu. Równie pomocne w ograniczaniu emisji toksycznych spalin są stosowane dodatki do paliw. Poniżej przedstawione rysunki także ilustrują wpływ dodatków: estrów i/lub etanolu na zmniejszenie związków toksycznych, powstałych w wyniku pracy silnika.

Alkohol etylowy w najkorzystniejszy pod względem ekologicznym sposób jest wytwarzany na drodze fermentacji biomasy. Dodatek etanolu do paliwa powoduje zmniejszenie, proporcjonalne do jego udziału w paliwie, zawartości dwutlenku węgla, benzenu i 1,3-butadienu w spalinach. Wadą jest natomiast znaczny wzrost stężenia acetaldehydu w emitowanych gazach [22]. Wpływ etanolu jako dodatku do paliw na ograniczenie emisji związków toksycznych ilustrują zamieszczone poniżej rysunki 7 i 8.



Rysunek 7. Emisja toksycznych składników spalin i CO₂ w teście FTP-75 przez samochód Chevrolet Lumina przy zasilaniu paliwami o różnej zawartości etanolu

Źródło: Paivi A. i inni: Emission from Heavy-Duty Engine with and without Aftertreatment Using Selected Biofuels. FISITA 2002 World Automotive Congress Helsinki F02E195



Rysunek 8. Emisja Nielimitowanych toksycznych składników spalin w teście FTP-75 przez samochód Chevrolet Lumina przy zasilaniu paliwami o różnej zawartości etanolu

Źródło: Paivi A. i inni: Emission from Heavy-Duty Engine with and without Aftertreatment Using Selected Biofuels. FISITA 2002 World Automotive Congress Helsinki F02E195.

Ponadto do paliw dodaje się estry metylowe i etylowe kwasów tłuszczowych olejów roślinnych o zbliżonych właściwościach do oleju napędowego. W przybliżeniu dodatek estru metylowego kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego lub estrów metylowych kwasów tłuszczowych oleju sojowego zmniejsza emisję HC liniowo wraz ze wzrostem ilości biokomponentu. Może jednak dojść do zwiększenia ilości tlenku węgla w spalinach. Dotyczy to jednak silników bez reaktora katalitycznego. Z kolei w układach wyposażonych w ten element, zmniejsza się zarówno zawartość HC, jak i CO. Dodatek estrów nie wpływa w pożądaną sposób na ilość tlenków azotu. Rekompensowane jest to jednak przez obniżenie zawartości, uważanych za najgroźniejsze w spalinach, cząstek stałych w wyniku dodania bioskładnika [23].

4. Wnioski

1. W celu ograniczenia emisji spalin i zmniejszenia ich toksyczności wprowadzono szereg zmian we wtryskach i silnikach samochodowych. Obecnie coraz częściej w pojazdach znajduje zastosowanie zintegrowane sterowanie elektroniczne, turbosprężarki wspomagane elektrycznie, układy zmian faz rozrządu i wzniosu zaworów czy też wtryskiwaczy o zmiennym przekroju przepływu i geometrii strugi na obciążeniach częściowych.
2. Istotnym elementem układu napędowego pojazdów jest reaktor katalityczny. Wyróżniamy ich trzy rodzaje: utleniający, redukujący i trójdrożny. Jego zastosowanie w układach samochodowych w znaczny sposób obniża emisję tlenku węgla (II), tlenków azotu, cząstek stałych.
3. Skutecznym katalizatorem zastosowanym w układach silnikowych są platynowce, które z łatwością ulegają reakcjom utleniania-redukcji, a jednocześnie są w szerokim zakresie odporne chemicznie. Należy jednak pamiętać, iż mogą utracić swoje cenne właściwości na skutek mechanicznych i termicznych naprężeń, kwasowego odczynu spalin, zbyt wysokiej temperatury pracy.
4. W znacznym stopniu do zmniejszenia ilości emitowanych zanieczyszczeń przyczynia się stan techniczny, a w szczególności szczelność podzespołów, pojazdów. Regularne przeglądy i naprawy zapewnią unormowaną emisję spalin.
5. Gaz ziemny, a w szczególności gaz wysokometanowy, jest uznawany za paliwo ekologiczne, ponieważ pozwala na łatwy rozruch silnika nawet w niskich temperaturach, pozytywnie wpływa na jego

żywołność i nie wymaga obróbki chemicznej. Może być jednak uzdatniany w substancje antykorozyjne, co zapewni sprawność i szczelność układów samochodowych.

6. Biopaliwa są alternatywnym źródłem energii pozyskiwanym z biomasy. Ich zalet możemy doszukiwać się w kontekście ekonomicznym, środowiskowym oraz gwarantującym bezpieczeństwo energetyczne.
7. Obecnie najczęściej produkowane biopaliwa to bioetanol i biodiesel.
8. O atrakcyjności bioetanolu jako paliwa alternatywnego świadczy fakt, iż jest pozyskiwany z zasobów biologicznych i jest bogaty w tlen. Jego zastosowanie w znacznym stopniu ogranicza zawartość cząstek stałych w emitowanych spalinach.
9. Biowodór jest nazywany paliwem przyszłości, gdyż charakteryzuje się wysoką czystością spalania i wysoką wydajność energetyczną.
10. Biopaliwa, prócz wielu zalet, mają też wady związane m.in. z wytwarzaniem WWA podczas ich produkcji.
11. Innym sposobem redukcji emisji spalin jest dodatek biokomponentów do konwencjonalnych paliw. Najczęściej jest nim alkohol etylowy i/lub estry metylowe i etylowe kwasów tłuszczowych olejów roślinnych.
12. Dodatek etanolu do paliwa powoduje zmniejszenie, proporcjonalne do jego udziału w paliwie, zawartości dwutlenku węgla, benzenu i 1,3-butadienu w spalinach. Wzrasta jednak stężenie acetaldehydu w emitowanych gazach spalinowych.
13. Podobne działanie wywołuje dodatek estrów. Ich obecność w mieszkankach paliwowych zmniejsza zawartość HC i cząstek stałych w spalinach proporcjonalnie do ich zawartości w biopaliwie.

14. W silnikach z reaktorem katalitycznym i wykorzystującym paliwa z biokomponentami zmniejsza się w spalinach zawartość HC, CO i cząstek stałych, podejrzewanych o właściwości kancerogenne.

Literatura:

1. Badyda A. J.: *Zagrożenia środowiskowe ze strony transportu*. NAUKA, 2010, str. 115-125.
2. Zellner R.: *The impact of CO2 on global warming*. Materiały konf. 5th International Commercial Powertrain Conference. AVL 2009.
3. Kurcz S., Lipok D: *Zielone aspekty logistyki w przedsiębiorstwach województwa śląskiego*. Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej Nr 60, 2013, str. 55-62.
4. Badyda A., Lubiński W.: *The Influence of Air Pollution on Pulmonary Function Test Results in People Living Close to Busy Roads*. „Polish Journal of Environmental Studies” vol. 18, No. 3A, 2009, str. 7-12.
5. Tan Y.L.: *Analysis of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons in Shale Oil and Diesel Particulates*. Anal. Lett., 1988, str. 553-562.
6. Leberchert G., Czerczak S.: *Spaliny silnika Diesla. Wytyczne szacowania ryzyka zdrowotnego dla czynników rakotwórczych*. IMP, Łódź 1997, 6, str 42-84.
7. Gronowicz J.: *Ochrona środowiska w transporcie lądowym*, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji; Poznań-Radom 2004.
8. file:///C:/Users/user/Downloads/Posniak.pdf [dostęp: 17.02.2016r.]
9. Merkisz J.: *Tendencje rozwojowe silników spalinowych* SILNIKI SPALINOWE, nr 1/2004 (118), str. 28-39.

10. Wołoszyn R.: *Gaz ziemny jako paliwo do napędu pojazdów. EKSPLOATACJA I NIEZAWODNOŚĆ*, 2003, str.19-22.
11. Szeptycki A.: *Biopaliwa-zalecenia UE, potrzeby, realne możliwości produkcji*. Inżynieria Rolnicza 7(95), 2007, str. 201-206.
12. Chisti Y.: *Biodiesel from microalgae beats bioethanol*, Trends in Biotechnology Vol.26 No.3, 2008, str. 126.
13. http://www.techorg.polsl.pl/images/pliki/Instrukcje/BiotechII_Biopal_Biopaliwa.pdf [dostęp: 17.02.2016r.]
14. Koh L. P., Ghazoul J.: *Biofuels, biodiversity, and people: Understanding the conflicts and finding opportunities*, Biological conservation 141, 2008, str. 2450 –2460.
15. Jegannathan K. R., Chan Eng-Seng, Ravindra P.: *Harnessing biofuels: A global Renaissance in energy production*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13, 2009, str. 2163–2168.
16. Sa’nchez OJ, Cardona CA.: *Trends in biotechnological production of fuel ethanol*, Bioresource Technology 99, 2008, str. 5270–5272.
17. Kim S., Dale B. E.: *Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues*, Biomass and Bioenergy 26, 2004, str. 361 – 375.
18. Balat M., Balat H., öz C.: *Progress in bioethanol processing.*, Progress in Energy and Combustion Science 34, 2008, str. 551–554.
19. Moreira dos Santos C. Y., de Almeida Azevedo D., de Aquino Neto F. R.: *Selected organic compounds from biomass burning found in the atmospheric particulate matter over sugarcane plantation areas*, Atmospheric Environment 36,2002, str. 3009–3019.

20. Jędrzejewska-Cicińska M., Kozak K.: *Produkcja bioenergii ze ścieków przemysłu spożywczego*. Polityka Energetyczna. Tom 10, Zeszyt 1, 2007, str. 131-139.
21. Czora M., Gambuś F.: *Samochodowe reaktory katalityczne oraz ich wpływ na środowisko*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, 2012, str. 41-56.
22. Guerrieri D.A., Caffrey P.J., Vankatesh R.: *Investigation into the Vehicle Exhaust Emissions of High Percentage Ethanol Blends.*, SAE Paper 950777.
23. Kozak M.: *Kierunki rozwoju paliw do ekologicznych silników spalinowych*. Praca magisterska, Politechnika Lubelska 1998.

mgr inż. Celina Habryka¹⁾

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Technologii Żywności

Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności

ul. Balicka 122, Kraków

¹⁾celina.habryka@gmail.com

Ceniony w Europie polski miód drahimski pochodzący z ekologicznych terenów Pojezierza Drawskiego

*Highly regarded in Europe, Polish honey drahimski coming
from ecological areas Pojezierze Drawskie*

Słowa kluczowe: *miód, miód drahimski, pasieka,*

Keywords: *honey, honey drahimski, apiary*

Streszczenie: Celem pracy jest opisanie Miodu Drahimskiego, produktu cenionego jako Chronione Oznaczenie Geograficzne wraz z zaznaczeniem ekologicznych terenów Polski, z których miód ten jest pozyskiwany. Opisano procedury ubiegania się o uzyskanie znaku ChOG oraz kryteria jakim ten miód powinien sprostać na podstawie dostępnej literatury i opracowań naukowych oraz rozporządzeń Unii Europejskiej. Dzięki tym rozporządzeniom stosuje się ochronę niektórych produktów żywnościowych, które posiadają szczególne i niepowtarzalne wartości, wynikające z tradycji i dziedzictwa przyrodniczego oraz kulturowego danego kraju lub regionu. Każdy kraj posiada własne specyficzne produkty rolne i artykuły spożywcze, które charakteryzują dany region i stanowią część tradycji i kultury kulinarnej mieszkającej tam ludności.

1. Wstęp

Konsumenci co raz częściej szukają miodów wyróżniających się jakością, walorami smakowymi, zdrowotnymi i odżywczymi, oraz pochodzeniem. Odpowiadając na takie zapotrzebowanie zostały

wprowadzone symbole: Chronionej Nazwy Pochodzenia, Chronionego Oznaczenia Geograficznego oraz Gwarantowanej Tradycyjnej Specjalności. Produkty z tymi znakami mają chronić i promować oryginalne ich wytwarzane, ponadto mogą być sprzedawane na terenie całej Unii Europejskiej. Miód Drahimski 1 czerwca 2006 roku został wpisany na Listę Produktów Tradycyjnych. Nazwą tą firmowanych jest kilka gatunków miodów odmianowych, pochodzących z terenów Drawskiego Parku Krajobrazowego. Są miody drahiskie: lipowy, gryczany, wielokwiatowy rzepakowy oraz wrzosowy. Do tradycyjnych, przez stulecia najważniejszych zajęć ludności Drahimia i okolicy należało pszczelarstwo. Rozległe wrzosowiska, piękne aleje starych lip, akacjowe zagajniki, uprawy gryki i rzepaku, bujna, różnorodna roślinność obfitują w niezliczoną ilość pożytków pszczelich ekologicznie czystych, zapewniających nektary najwyższej jakości. Pszczelarze zachowując wspaniałe tradycje tego zawodu, wyjątkową troskę o rodziny pszczele i czystość środowiska naturalnego pozyskują ten znakomity miód. Marka i metryka pochodzenie dają gwarancję jakości, natomiast tajemnicza nazwa, bogata historia oraz uroda Drawskiego Parku Krajobrazowego wzbudzają zainteresowanie regionem. Nazwa „**Miód drahimski**” została zarejestrowana jako Chronione Oznaczenie Geograficzne (ChOG) w Rozporządzeniu Wykonawczym Komisji (UE) NR 568/2011 z dnia 14 czerwca 2011 r. W specyfikacji załączonej do wniosku zostały określone szczegółowe wymagania, które powinien spełniać opisany miód.

Według dyrektywy Rady Europejskiej z 2001 roku odnoszącej się do produkcji miodu (zaktualizowanej w 2014 roku): „miód jest naturalnie słodką substancją produkowaną przez pszczoły *Apis mellifera* z nektaru roślin lub wydzielin żywych części roślin lub wydzielin owadów

wysysających żywe części roślin, zbieranych przez pszczoły, przerabianych przez łączenie specyficznych substancji z pszczół, składanych, odwodnionych, gromadzonych i pozostawionych w plastrach miodu do dojrzewania.” [1].

Zarówno w Polsce jak i w krajach Unii obserwuje się silną tendencję do podkreślania własnej przynależności regionalnej. Coraz więcej mówi się o roli oraz znaczeniu regionu, często nazywanego „małą ojczyzną”. W ten nurt idealnie wpisują się mechanizmy pozwalające promować i ochraniać dziedzictwo kulturowe poszczególnych obszarów Europy. Wytwarzanie produktów regionalnych i tradycyjnych może liczyć na wsparcie w zakresie promocji tego typu produkcji oraz na zainteresowanie lepiej uposażonych grup ludności miejskiej i turystów.

1.1. Obowiązujące unijne przepisy dla produktów regionalnych i tradycyjnych

W krajach UE obowiązuje kompleksowa strategia dotycząca nie tylko bezpieczeństwa żywności, ale również zdrowia i dobrostanu zwierząt oraz roślin. Ma ona na celu zagwarantowanie możliwości ustalenia pochodzenia żywności na każdym etapie i na całym terytorium UE, od momentu produkcji, aż do chwili gdy pojawi się ona na stole konsumenta. Strategia ta ma również przyczynić się do zniesienia ograniczeń w handlu oraz do zapewnienia szerokiego wyboru i dostępu do zróżnicowanej żywności dla wszystkich konsumentów. Wysokie standardy mają zastosowanie zarówno do żywności wyprodukowanej w UE, jak i do żywności importowanej. W ramach tej strategii stosuje się ochronę niektórych produktów żywnościowych, które posiadają szczególne i niepowtarzalne wartości, wynikające z tradycji i dziedzictwa

przyrodniczego oraz kulturowego danego kraju lub regionu. Każdy kraj posiada własne specyficzne produkty rolne i artykuły spożywcze, które charakteryzują dany region i stanowią część tradycji i kultury kulinarnej mieszkającej tam ludności.

Produkt tradycyjny to produkt spożywczy chroniony prawem polskim lub prawem UE, wytwarzany z tradycyjnych surowców, posiadający tradycyjny skład lub sposób produkcji. W Polsce produkty te znajdują się na Liście Produktów Tradycyjnych tworzonej przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Unia Europejska obejmuje takie produkty ochroną jako produkt o Chronionej Nazwie Pochodzenia, Chronionym Oznaczeniu Geograficznym lub jako Gwarantowana Tradycyjna Specjalność.

Produkt regionalny inaczej określany jako produkt „znanego pochodzenia”, jest to wyrób, którego jakość jest zdecydowanie wyższa od przeciętnej. Proces wytwarzania, przetwarzania i prezentacji odbywa się w regionie powiązany z danym produktem [2,3].

Prawo Unii Europejskiej określa zagadnienia związane z ochroną produktów regionalnych i wytwarzanych tradycyjnymi metodami w:

1. Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1151/2012 z dnia 21 listopada 2012 r. w sprawie systemów jakości produktów rolnych i środków spożywczych,
2. Rozporządzeniu delegowanym Komisji (UE) nr 664/2014 z dnia 18 grudnia 2013 r. uzupełniającym rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1151/2012,
3. Rozporządzeniu wykonawczym Komisji (UE) nr 668/2014 z dnia 13 czerwca 2014 r. ustanawiającym zasady stosowania rozporządzenia

Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1151/2012 w sprawie systemów jakości produktów rolnych i środków spożywczych [2].

1.2. Wymagania dla miodu według prawa unijnego oraz jego rodzaje

Produkcja miodu, podobnie jak szeroko pojęta produkcja żywności została po wejściu Polski do Unii Europejskiej obwarowana wieloma unijnymi dyrektywami i rozporządzeniami. Producent miodu musi więc teraz prowadzić produkcję tak, by spełniała ona wymogi nie tylko prawa krajowego, ale też prawa unijnego. Po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej polscy pszczelarze, przede wszystkim ci, którzy produkują miód na sprzedaż, zostali niejako zmuszeni do dostosowania swojej produkcji do wymogów prawa unijnego. Warto jednak w tym miejscu zauważyć, że polskie ustawodawstwo w dziedzinie pszczelarstwa nawet przed akcesem do Unii Europejskiej było bardzo zbliżone i równie restrykcyjne. Co więcej, przed wstąpieniem do Unii Europejskiej polscy pszczelarze mieli więcej do zrobienia niż pszczelarze z krajów UE. Wymagania polskiej normy były bowiem ostrzejsze niż wymagania unijne. Polska należy do tych państw na świecie, które charakteryzują się wielowiekową tradycją bartnictwa oraz gospodarką pszczelarską. Atutem dla produkowanych w kraju miodów są sprzyjające warunki środowiskowe do ekologicznego prowadzenia pasiek, zwłaszcza w obszarze „Natura 2000”. W porównaniu do innych krajów UE na obszarach tych notuje się niższe parametry zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi, pestycydami oraz pyłami przemysłowymi. Dzięki temu miody o charakterze regionalnym mogą cechować się lepszymi parametrami jakościowymi [4].

Według obowiązującej Dyrektywy Rady 2001/110/WE miód można podzielić ze względu na:

- zgodność z pochodzeniem – do tej grupy przynależy miód kwiatowy lub wielokwiatowy uzyskiwany z nektaru roślinnego oraz miód spadziowy uzyskiwany przede wszystkim z wydzielin owadów wysysających żywe części roślin lub z wydzielin żywych części roślin;
- zgodność ze sposobem produkcji i/lub konfekcjonowania - do tej grupy należy plaster miodu, czyli miód zgromadzony przez pszczoły w komórkach świeżo zbudowanego plastra bez złożonych jaj lub cienkiego arkusza podstawy plastra zrobionego wyłącznie z wosku pszczelego i sprzedawany w całych szczelnych plastrach lub częściach takich plastrów. W tej grupie znajduje się też miód w bryłkach lub krojone plastry w miodzie (miód zawiera jedną lub więcej części plastra miodu) oraz miód odsączany (uzyskany przez odsączenie odkrytych plastrów bez złożonych jaj). Również w ramach tej grupy pojawia się miód odciągnięty (otrzymywany przez odwirowanie odkrytych plastrów bez złożonych jaj) oraz miód wyciskany (uzyskany przez wyciskanie plastrów bez złożonych jaj, nawet z zastosowaniem umiarkowanego podgrzewania nie przekraczającego 45 stopni Celsjusza). Ostatni w tej grupie jest miód filtrowany, uzyskiwany przez usunięcie obcych substancji organicznych lub nieorganicznych w taki sposób, aby usunąć znaczną ilość pyłku.

Rozróżnia się również miód piekarski, który jest: odpowiedni do użytku przemysłowego lub jako składnik innych środków spożywczych następnie przetworzonych. Może on posiadać obcy smak lub zapach, lub zaczynać fermentować lub być sfermentowany, lub być przegrzany.

Załącznik II dyrektywy unijnej określa kryteria składu miodu. Miód składa się z cukrów, głównie fruktozy i glukozy jak również innych substancji, takich jak kwasy organiczne, enzymy oraz stałe cząstki pochodzące ze zbioru miodu. Kolor miodu może być od prawie bezbarwnego do ciemnego brązu, a nawet w przypadku miodów spadziowych prawie czarny. Konsystencja płynna, lepka lub częściowo aż po całkowicie skryształizowaną. Smak i zapach różnią się od siebie, wynika to jednak z pochodzenia miodu, a więc rodzaju pożytku pszczelego. Miód nie zawiera dodatków jakichkolwiek składników spożywczych, włącznie z dodatkami do żywności, ani jakichkolwiek innych dodatków innych niż miód, jeśli jest wprowadzany do obrotu jako miód lub zostaje użyty w jakimkolwiek produkcie przeznaczonym do spożycia przez ludzi. Nie może on zawierać organicznych lub nieorganicznych substancji obcych jego składowi. Z wyjątkiem miodu piekarniczego, nie może odznaczać się jakichkolwiek obcym smakiem i zapachem, nie może zaczynać fermentować, nie może mieć sztucznie zmienionej kwasowości lub być ogrzewany w taki sposób, że naturalne enzymy zostały zniszczone albo w sposób znaczący dezaktywowane. Aby miód został wprowadzony do obrotu lub był użyty w jakimkolwiek produkcie przeznaczonym do spożycia przez ludzi, miód musi spełniać następujące kryteria składu [1, 5]:

Tabela 1. Kryteria składu miodu wg Dyrektywy Rady 2001/110/WE oraz Rozporządzenia MRiRW z dnia 03.10.2003

Parametr	Kryterium
Zawartość wody	nie więcej niż 20 %, nie więcej niż 23 % w miodzie wrzosowym i w miodzie piekarnicznym;

Zawartość (suma) glukozy i fruktozy	nie mniej niż: 60 g/100 g w miodzie nektarowym, 45 g/100 g w miodzie spadziowym i spadziowo-nektarowym;
Zawartość sacharozy	nie więcej niż 5 g/100 g, nie więcej niż: 10 g/100 g w miodzie pochodzącym z grochodrzewu, lucerny, suchodrzewu, kauczukowca czerwonego, rzemienicy; 15 g/100 g w miodzie pochodzącym z lawendy, ogórecznika;
Zawartość substancji nierozpuszczalnych	nie więcej niż: 0,1 g/100 g, 0,5 g/100 g w miodzie wytłoczonym;
Przewodność właściwa	nie więcej niż 0,8 mS/cm, nie mniej niż 0,8 mS/cm w miodzie spadziowym, miodzie kasztanowym i ich mieszankach; nie określa się przewodności właściwej dla miodu pochodzącego z drzewa truskawkowego, eukaliptusa, lipy, wrzosu pospolitego, leptospermum, drzewa herbacianego;
Wolne kwasy	nie więcej niż 50 mval/kg, nie więcej niż 80 mval/kg w miodzie piekarniczym;
Liczba diastazowa (wg skali Schade)	nie mniej niż 8, z wyjątkiem miodu piekarniczego, nie mniej niż 3 w miodzie z naturalnie niską aktywnością enzymów oraz zawartością HMF nie większą niż 15 mg/kg;
Zawartość 5-hydroksymetylofurfuralu (HMF)	nie więcej niż 40 mg/kg, z wyjątkiem miodu piekarniczego, nie więcej niż 80 mg/kg w miodzie pochodzącym z miodów o klimacie tropikalnym oraz w mieszankach

	takich miodów;
--	----------------

Zródło: opracowanie własne [5,6]

2. Miód Drahimski

Pod nazwą „miód drahimski” może być sprzedawanych pięć różnych miodów: miód gryczany, miód rzepakowy, miód wrzosowy, miód lipowy oraz miód wielokwiatowy [7]. Komisja Europejska dokonała rejestracji miodu drahimskiego uwzględniając Traktat o funkcjonowaniu Unii Europejskiej, uwzględniając rozporządzenie Rady (WE) nr 510/2006 z dnia 20 marca 2006 r. w sprawie ochrony oznaczeń geograficznych i nazw pochodzenia produktów rolnych i środków spożywczych. Wniosek Polski o rejestrację nazwy „Miód drahimski” został opublikowany w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej. Do Komisji nie wpłynęło żadne oświadczenie sprzeczne zgodnie z art. 7 rozporządzenia (WE) nr 510/2006, nazwa „Miód drahimski” została zarejestrowana poprzez Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) NR 568/2011 z dnia 14 czerwca 2011 r. rejestrujące w rejestrze chronionych nazw pochodzenia i chronionych oznaczeń geograficznych nazwę [Miód drahimski (ChOG)] zgodnie z załącznikiem 1. Rozporządzenie to wiąże w całości i jest bezpośrednio stosowane we wszystkich państwach członkowskich. Produkty rolne przeznaczone do spożycia przez ludzi wymienione w załączniku 1 do Traktatu: Klasa 1.4. Inne produkty pochodzenia zwierzęcego (jaja, miód, różne przetwory mleczne z wyjątkiem masła itp.) dla Polskiego Miodu drahimskiego (ChOG) [8].

W specyfikacji załączonej do wniosku zostały określone szczegółowe wymagania, które powinien spełniać opisywany miód. Pod nazwą „Miód drahimski” może być sprzedawanych pięć różnych

miodów: miód gryczany, miód rzepakowy, miód wrzosowy, miód lipowy oraz miód wielokwiatowy.

1. Mianem gryczanego „miodu drahimskiego” określa się miód otrzymany na bazie gryki (*Fagopyrum*). Jego barwa jest ciemnobrunatna, prawie czarna, skrzystalizowany przybiera barwę brązową. Krystalizuje powoli, przyjmując postać gruboziarnistą, niejednorodną. Dopuszcza się na jego powierzchni warstwę płynną. Posiada bardzo intensywny i przyjemny zapach kwiatów gryki, a jego smak jest ostry, słodki i lekko piekący.
2. Mianem wrzosowego „miodu drahimskiego” określa się miód otrzymany na bazie wrzosu (*Calluna vulgaris*). Ma barwę bursztynowo-herbacianą, w jaśniejszych i ciemniejszych odcieniach. Przed skrzystalizowaniem jest koloru bursztynowego lub czerwono-bursztynowego, po krystalizacji ma barwę od żółtopomarańczowej do brunatnej. Miód wrzosowy ma konsystencję gęstej i galaretowatej cieczy w formie żelu. Krystalizuje średnioziarniście, jego silny zapach podobny jest do zapachu wrzosu. W smaku jest mdłosłodki, ostry i gorzkawy.
3. Mianem rzepakowego „miodu drahimskiego” określa się miód otrzymany na bazie rzepaku (*Brassica napus* var. *arvensis*). Jest on prawie bezbarwny, lekko słomkowy, z odcieniem zielonkawym w zależności od roślin, z których zebrany został nektar. Po skrzystalizowaniu przyjmuje barwę białą lub szaro-kremową. Szybko krystalizuje, dając drobne kryształki i mazistą konsystencję. Posiada łagodny, mdławny i lekko gorzkawy smak.
4. Mianem lipowego „miodu drahimskiego” określa się miód wyprodukowany na bazie lipy (*Tilia*). W stanie płynnym ma barwę od

zielonkawożółtej do jasno-bursztynowej. Krystalizując zmienia zabarwienie na biało-żółte do złocistożółtego. Jest wtedy drobnoziarnisty i krupowaty. W smaku jest on dość ostry, często lekko gorzkawy.

5. Mianem wielokwiatowego „miodu drahimskiego” określa się miód wyprodukowany na bazie wielu roślin. W zależności od terminu zbioru może mieć różną barwę, od jasnokremowej do herbacianej. Po skryształizowaniu zmienia zabarwienie na jasnoszare lub jasnobrazowe. Ma konsystencję płynną, lepka, częściowo lub całkowicie skryształizowaną w zależności od terminu zbioru. Jego zapach jest silny, przypominający zapach wosku, natomiast smak jest zróżnicowany, zależnie od składu nektaru, na ogół jednak jest łagodny, słodki. Niekiedy dominuje smak określonego nektaru [9].

W momencie sprzedaży „miód drahimski” może mieć postać płynną (patoka), kremowaną lub skryształizowaną (krupiec). „Miód drahimski” jest miodem pszczelim nektarowym. W miodzie mogą wystąpić niewielkie ilości spadzi. Jej obecność nie może jednak doprowadzić do zmiany smaku, zapachu lub cech charakterystycznych miodu. Dopuszcza się również sprzedaż „miodu drahimskiego” w postaci sekcijnej tj. plastrów z miodem[9]. Drahimskie pochodzenie miodów jest z jednej strony potwierdzane za pomocą analizy organoleptycznej jak i laboratoryjnej, a z drugiej strony za pomocą systemu identyfikowalności obejmującego 17 etapów wyrobienia miodów od momentu rozpoczęcia okresu produkcji w ulach do momentu sprzedaży [10].

Tabela 2. Cechy charakterystyczne „miodu drahimskiego”. (Legenda: Znak „<” oznacza mniej niż, znak „>” oznacza więcej niż.)

Parametr/miód	Gryczany	Wrzosowy	Rzepakowy	Lipowy	wielokwiatowy
Dopuszczalna zawartość wody	<18%	<21%	<18%	<18%	<18%
Zawartość cukrów redukujących – glukozy i fruktozy	> 67%	> 67%	> 67%	> 67%	> 67%
Zawartość HMF	< 25 mg/kg	< 25 mg/kg	< 25 mg/kg	< 25 mg/kg	< 25 mg/kg
Wolne kwasy	< 40 mval/kg	< 40 mval/kg	< 40 mval/kg	< 40 mval/kg	< 40 mval/kg
Zawartość sacharozy	< 4%	< 4%	< 4%	< 4%	< 4%
Zawartość proliny	> 25 mg/100g	> 25 mg/100g	> 25 mg/100g	> 25 mg/100g	> 25 mg/100g
Udział pyłku przewodniego	> 45% pyłko w gryki - <i>Fagopyrum</i>	> 45% pyłko w wrzосу - <i>Calluna Vulgaris</i>	> 45% pyłko w rzepaku - <i>Brassica napus</i> var. <i>arvensis</i>	> 20% pyłko w lipy - <i>Tilia</i>	<35 %udziału pyłku którejkolwiek z roślin

Źródło: [9]

„Miód drahimski” to miód o wysokiej jakości charakteryzujący się niskim poziomem HMF-ui wysoką zawartością cukrów redukujących. Wyjątkową cechą „miodu drahimskiego” jest wysoka zawartość pyłku przewodniego, cechą wyróżniającą „miód drahimski”, poza wysoką zawartością pyłku przewodniego, jest udział pyłków unikatowych roślin. W miodzie wielokwiatowym szczególnie cechą jest bogate zróżnicowanie składu pyłków, ponieważ udział żadnego z nich nie przekracza 35%, dzięki czemu cechuje się on bogatym bukietem smakowym. „Miód drahimski” zbierany jest na terenie gmin Czaplinek, Wierzchowo, Barwice, Borne Sulinowo oraz Nadleśnictwa Borne Sulinowo położonych na Pojezierzu Drawskim. Nazwa „miód drahimski” pochodzi od nazwy „Drahim” pierwotnej nazwy miejscowości Stare Drawsko, od której nazywany jest region, w którym znajduje się obszar wytwarzania „miodu drahimskiego”. Po II wojnie światowej zaprzestano w oficjalnym nazewnictwie i w podziale administracyjnym wykorzystywania nazwy Drahim i wprowadzono nazwę Stare Drawsko. Tradycyjna nazwa „Drahim” funkcjonuje nadal, pomimo zmiany nazw administracyjnych. Na wyznaczonym obszarze muszą odbywać się wszystkie etapy produkcji – począwszy od stacjonowania pasiek, aż po ostateczne pakowanie miodu. Cały proces odbierania miodu pszczołom został opisany we wniosku rejestracyjnym, a pszczelarz, który etykietuje swój miód jako „miód drahimski” jest zobowiązany do przestrzegania wszystkich obowiązujących metod. Pod koniec okresu zbioru odbiera się ramki z dojrzałym miodem, który odwirowuje się w pracowniach pszczelarskich na zimno w miodarce z wykorzystaniem siły odśrodkowej. Dopuszcza się wyciskanie miodu z odsklepin na zimno za pomocą pras mechanicznych. Odwirowany miód jest cedzony, a następnie wlewany do odstożników.

Niedopuszczalne jest odfiltrowywanie pyłków i pasteryzowanie „miodu drahimskiego”. Na żadnym z etapów produkcji zwraca się uwagę, aby nie dopuścić do wzrostu temperatury miodu powyżej 42°C. W okresie zbierania miodu zabronione jest stosowanie leków dla pszczoł. Do produkcji „miodu drahimskiego” wykorzystuje się wyłącznie podgatunki pszczoły miodnej *Apis mellifera carnica* (pszczoła zachodnio- /środkowoeuropejska) oraz *Apis mellifera mellifera* (pszczoła kraińska/krainka) oraz krzyżówki pomiędzy nimi. Cały proces produkcyjny podlega specjalnemu systemowi kontroli, ponieważ nazwa „miód drahimski” może być stosowana tylko do tych produktów, które całkowicie spełniają każdy z określonych warunków. Prowadzenie rejestrów pozwala na określenie pochodzenia miodów, a także ilości wyrobu otrzymanego i wprowadzonego do obrotu. Wprowadzenie obowiązku sprzedaży „miodu drahimskiego” pod jedną wspólną etykietą, ma na celu zagwarantowanie właściwego poziomu kontroli, panowanie nad produktem oraz nadzorowaniem jego jakości i wprowadzanej do obrotu ilości. Wprowadzony obowiązek wykorzystywania jednej etykiety ma być gwarancją, że pod chronioną nazwą jest sprzedawany oryginalny produkt. Wprowadzenie obowiązku sprzedaży miodu pod jedną etykietą ma również na celu ograniczenie możliwości podrabiania i fałszowania miodu. Długa historia pszczelarstwa na tym obszarze przyczyniła się do wykształcenia umiejętności lokalnych pszczelarzy i zasad postępowania przy podbieraniu miodu i hodowli pszczoł, które są bezpośrednio odzwierciedlone w składzie chemicznym miodu [9].

Obszar geograficzny, który został określony jako teren zbioru miodu zaliczany jest pod względem klimatycznym do dziedziny bałtyckiej odznaczającej się silniejszymi wpływami oceanicznymi

w porównaniu z klimatem innych rejonów Polski. Sąsiedztwo Bałtyku wpływa na ocieplenie zim i ochłodzenie okresu letniego. Ważną cechą klimatu są stosunki termiczne ściśle związane z ukształtowaniem terenu. Relatywnie duża wysokość względna obszaru wpływa na obniżenie wartości temperatur w tym rejonie. Średnia temperatura roczna waha się w granicach 7,0-7,3°C. w tym rejonie przeważają gleby bielcowe wytworzone z piasków luźnych i słabo gliniastych, a także z glin zwałowych oraz piasków na glinowych i na iłowych. Obszar pozyskiwania „miodu drahimskiego” położony jest w znacznej części na terenie Drawskiego Parku Krajobrazowego. Na naturalny charakter tego obszaru ma wpływ brak przemysłu niszczącego środowisko. W parku utworzono siedem rezerwatów, charakteryzujących się różnorodną fauną i florą, a rozbudowana sieć wodna przyczynia się do zwiększania poziomu różnorodności występującej tu roślinności. Występują tu jeziora lobeliowe, charakteryzujące się niezwykle czystością wód oraz obecnością roślin reliktowych m. in. gwiazdnica grubolistna (*Stellaria crassifolia*), bażyna czarna (*Empetrum nigrum ssp. nigrum*), trzcinnik prosty (*Calamagrostis stricta*). Znaczącą część roślinności stanowią tu rośliny podlegające ochronie m.in. orlik pospolity (*Aquilegia vulgaris*), wawrzynek wilczełyko (*Daphne mezereum*), kruszczyk błotny (*Epipactis palustris*). Słabej jakości gleby bielcowe i uregulowane stosunki wodne oraz warunki klimatyczne panujące w tym regionie sprzyjają uprawie gryki. Zwłaszcza duże znaczenie ma wysoka wilgotność powietrza (sięgająca do 81%). Grykę uprawia na tym obszarze około 400 gospodarstw ekologicznych, a pod uprawę gryki przeznaczonych jest ok. 1120 ha. Na wyznaczonym obszarze występuje wiele okazów pomnikowych lipy, ok. 90% dróg przebiegających przez

wsie na obszarze produkcji „miodu drahimskiego”, bocznych dróg i ścieżek obsadzone jest starymi lipami, zwane alejami lipowymi. Powszechne występowanie lipy związane jest z odpowiednimi warunkami glebowymi oraz czystością tego obszaru. Bardzo istotnym elementem środowiskowym jest brak zanieczyszczeń przemysłowych powietrza, na które lipa jest szczególnie wrażliwa. Cechą charakterystyczną uprawy rzepaku na wyznaczonym obszarze jest to, iż są one podzielone na kilkuhektarowe pola, porozdzielane licznymi lasami. Zapewnia to pszczołom doskonale warunki do rozwoju i zbierania nektaru, ze względu na brak porywistych wiatrów. Na opisywanym obszarze pod uprawę rzepaku przeznaczonych jest prawie 1400 ha. Na terenie Nadleśnictwa Borne Sulinowo znajduje się jedno z największych wrzosowisk w Europie. Łącznie połacie wrzosu zajmują w nim około 6 tys ha. Występują tu zespoły wrzosu zwyczajnego (*Polio-Callunetum*) oraz wrzosowiska z jałowcem barwierskim (*Scabiosocanescens*) – (*Genistetum tinctoriade*). Obecność tak dużych wrzosowisk na tym terenie związana jest dobrymi warunkami glebowymi oraz odpowiednim nasłonecznieniem wynikającym z występowania na tym obszarze dużych terenów niezalesionych [9].

3. Ekologiczne prowadzenie pasieki

Wytyczne dla pszczelarstwa ekologicznego w krajach Unii Europejskiej są bardzo zróżnicowane. Nie dopracowano się jednolitych zaleceń w tym zakresie, przez co produkty pszczelarskie pochodzące z pasiek uważanych za ekologiczne w poszczególnych krajach znacznie różnią się jakością. Bardzo ważna jest lokalizacja pasieki, jeśli miejscem rozstawienia rodzin jest pole uprawne, musi ono być zagospodarowane

ekologicznie. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, aby w promieniu 3 km od uli nie było żadnych znaczących rolniczych lub nierolniczych źródeł zanieczyszczenia, ujemnie wpływających na produkty pszczele. W przypadku podejrzenia zanieczyszczeń ze strony otoczenia, produkty należy przebadać. W ekologicznych gospodarstwach pasiecznych dopuszcza się wykorzystanie pożytków z roślin uprawnych, jednakże tereny te powinny być zagospodarowane w sposób ekologiczny. Miejsce stacjonowania pasieki pszczelarz powinien możliwie rzadko zmieniać. Celowe przewożenie rodzin do sadów owocowych w celu ich wykorzystania jako źródła nektaru lub zapylania jest niedozwolone. Pszczelarz prowadzący ekologiczną pasiekę powinien miejsca ustawienia pasiek umieścić w rocznym planie wędrówek, zawierającym dokładne dane na temat okresu i miejsca przebywania oraz rodzaju pożytku i liczby rodzin. Jeśli rodziny pszczele pozostają na terenach, które urzędy kontrolne uznały za nienadające się dla pszczelarstwa ekologicznego, ich produkty nie powinny być znakowane jako pochodzące z ekologicznej produkcji. Kolejnym punktem jest zdrowotność pszczół, a do ich leczenia dopuszczone jest stosowanie jedynie metod biotechnicznych i biofizycznych. Wyjątkiem jest zwalczanie roztocza *Varroa destructor* – w tym wypadku dodatkowo można zastosować kwasy organiczne (mlekowy, mrówkowy, szczawiowy, cytrynowy) w dawkach zgodnych z przepisami UE dotyczącymi ekologicznego utrzymania zwierząt. Stosowanie tych środków w trakcie pożytku jest niedozwolone, a wszystkie zabiegi lecznicze powinny być zanotowane w książce zabiegów leczniczych. Ule ekologiczne powinny być budowane z drewna, słomy lub gliny, za wyjątkiem okuć, pokryć dachowych, osiatkowanych dennic i podkarmiaczek. Naturalne farby z oleju lnianego

lub na bazie żywicy drzewnej powinny być zastosowane do ich budowy. Zabronione jest używanie farb syntetycznych lub zawierających biocydy. Do zabezpieczania uli od wewnątrz wolno tyłkowosk, propolisu i olei roślinnych. Czyszczenie i dezynfekcję można przeprowadzać tylko a za pomocą wysokiej temperatury poprzez zastosowanie płomienia i ukropu lub mechanicznie. Przy ostrych zakażeniach dozwolone jest stosowanie roztworu sody kaustycznej, pod warunkiem jej późniejszej neutralizacji za pomocą kwasów organicznych. Stosowanie innych środków chemicznych jest niedopuszczalne. Węza powinna być wykonana tylko z wosku pszczelego, plastikowa węza jest zakazana. W okresie czerwienia należy zapewnić rodzinom pszczelim możliwość naturalnej budowy na wielu plastrach. Wosk nie powinien mieć styczności z rozpuszczalnikami, wybielaczami ani innymi szkodliwymi substancjami. Sprzęty i pojemniki do przerobu wosku powinny być wykonane tylko z materiałów nieutleniających się. W wosku pszczelim nie powinny znajdować się wykrywalne pozostałości po chemioterapeutykach, które wskazują na stosowanie niedozwolonych metod zwalczania warrozy lub motylidy. Do dezynfekcji plastrów można wykorzystywać tylko metody termiczne, kwas octowy lub biopreparaty na bazie bakterii *Bacillus thuringiensis*. Pozyskiwany miód dojrzewający w rodzinie pszczelej oraz wszystkie inne zabiegi wykonane podczas odbioru miodu należy odnotować w pasiecznej książce inwentarzowej wraz z możliwie dokładnymi danymi dotyczącymi wydajności. Kolejnym etapem jest obróbka miodu, a podgrzewanie miodu powinno być możliwie delikatne, maksymalnie do 40°C. W celu oddzielenia zanieczyszczeń powinien zostać przecedzony przez sito (średnica oczek nie mniejsza niż 0,2 mm). Filtracja miodu pod ciśnieniem jest

niedopuszczalna. Sprzęt i naczynia używane do obróbki miodu muszą być wykonane z materiałów przeznaczonych do kontaktu z żywnością, a opakowania metalowe wykonane ze stali kwasoodpornej. Miód do opakowań jednostkowych rozlewa się przed pierwszą krystalizacją. W celu ochrony naturalnych składników miód musi być przechowywany w chłodnym i ciemnym miejscu. Wszystkie produkty znajdujące się w magazynie i przeznaczone do sprzedaży powinny być oznakowane ustawowo określonymi oznaczeniami. Miód powinien spełniać jakościowe kryteria zgodne z Rozporządzeniem MRiRW z dnia 03.10.2003 w sprawie szczegółowych wymagań jakości handlowej miodów. Miód, który nie spełnia wymagań pod względem zawartości HMF, enzymów i wody, nie może być sprzedawany z wykorzystaniem znaku towarowego zrzeszenia ekologicznego jedynie jako miód przemysłowy. W miodzie nie mogą znajdować żadne wykrywalne pozostałości chemioterapeutyków. W prowadzeniu ekologicznej pasieki dokarmianie pszczoł jest dopuszczalne tylko wówczas, gdy jest to niezbędne do zdrowego rozwoju rodzin pszczelich. W miarę możliwości należy do niego wykorzystywać miód z własnej pasieki. Skarmianie cukru jest zazwyczaj dopuszczalne tylko podczas zimowania i karmienia odkładów jedynie ekologicznie pozyskiwanych. Zafałszowania miodu syropem cukrowym pochodzącym z zapasów zimowych można uniknąć, zabierając plastry z pozostałym zapasem przed rozpoczęciem pierwszego pożytku. W przerwach między pożytkowych można stosować podkarmianie jedynie z użyciem miodu pochodzącego z pasiek ekologicznych. Zakup rojów lub matek pszczelich dopuszczalny jest jedynie z pasiek, które gospodarują zgodnie z Dyrektywą 2092/91 UE. W razie niemożności zakupu rodzin pszczelich z wymienionych

pasiek ekologicznych dozwolony jest zakup „konwencjonalnych” rodzin, jeśli będą one natychmiast poddane zabiegowi sztucznej rójki. Podkreślić należy, że ekologiczna gospodarka pasieczna nie powinna się opierać na ciągłych zakupach pszczoł z intensywnie prowadzonych pasiek. Wszystkie rodziny pszczele powinny oznakowane i wpisane do książki inwentarzowej [11,12].

Krajowe programy wsparcia pszczelarstwa (KPWP) realizowane w Polsce od 2004 r. pozwoliły na wsparcie finansowe pomocy technicznej dla pszczelarzy i organizacji branżowych. Wykorzystano fundusze KPWP na działania wspierające odbudowę pogłowia rodzin pszczelich i zasiedlenia uli we Wspólnocie ze względu na duży pomór pszczoł. Ponadto uznano za celowe desygnowanie środków pomocowych na współpracę z wyspecjalizowanymi jednostkami wdrażającymi programy naukowo-badawcze w dziedzinie pszczelarstwa i produktów pszczelich. Każde działania mające poprawić sytuację branży pszczelarskiej są bardzo wskazane, zwłaszcza z uwagi na jej specyfikę, rozdrobnienie i rozproszenie. Wspierane są jednak gospodarstwa pasieczne posiadające weterynaryjny numer identyfikacyjny lub wpisane do rejestru prowadzonego przez powiatowego lekarza weterynarii. Warto, aby środki finansowe były efektywnie wykorzystywane, jednak nie wszyscy pszczelarze mogą z nich skorzystać, wskazuje się tu osoby np. fizyczne prowadzące hobbystycznie gospodarkę pasieczną, a także nieewidencjonowane pasieki w rejestrach. Pośrednio środki te przyczyniają się do pewnej stopniowej, powolnej modernizacji i unowocześnienia branży, nadal nie widać wyników procesu integracji i konsolidacji środowiska pszczelarzy np. w grupy producentów miodu. Mimo że jest to środowisko z ogromnymi tradycjami, to nadal dominuje

przeświadczenie o indywidualnym działaniu w przypadku produkcji czy sprzedaży produktów gospodarki pasiecznej, zwłaszcza na rynku lokalnym. Specyfiką polskiego pszczelarstwa jest to, że najważniejszym produktem generującym największy dochód w gospodarstwie. Pozyskiwanie wosku, propolisu, mleczka pszczelego, jadu pierzgi oraz pyłku pozostawia na marginesie te produkty tak ważne dla przemysłu farmaceutycznego, chemicznego i kosmetycznego. Specjaliści podkreślają, że nadal istnieją liczne bariery rozwoju pszczelarstwa w kraju. Ich powody to m.in.: duże rozdrobnienie, zbyt mała liczba pni w pasiekach, potrzeba wędrowki z rodzinami pszczelimi po terenie, na którym występuje niedobór pożytków, a także uwarunkowania ukierunkowane na cechy społeczno-ekonomiczne pszczelarzy do których należą: wiek, kwalifikacje, zawodowość czy potencjał. Jednak pewne pozytywne zmiany można zauważyć w wyróżnianiu i budowaniu produktów markowych w pszczelarstwie, których przejawem są wysokojakościowe miody regionalne, w tym posiadające unijne oznaczenia ChNP i ChOG (miód wielokwiat z Sejneńszczyzny, miód drahimski, miód wrzosowy z Borów Dolnośląskich, Podkarpacki miód spadziowy, miód kurpiowski), a także miody wpisane na listę produktów tradycyjnych (jest ich 45) oraz miody pozyskiwane ekologicznie. Stopniowy wzrost gospodarstw towarowych jest ważnym, kolejnym krokiem w przemianach zachodzących w pszczelarstwie pasiecznym, a także udział pszczelarzy zawodowych, który w Unii Europejskiej wynosi średnio 3,2%. Bardzo dużą rolę pełnią krajowe programy wsparcia pszczelarstwa w Polsce. W 2012 r. w Polsce według rejestrów powiatowych lekarzy weterynarii prowadzeniem pasiek zajmowało się ok. 51,7 tys. osób, 97,6% z nich posiadało pasieki nieprzekraczające

80 rodzin pszczelich. W strukturze pszczelarzy prowadzących gospodarkę pasieczną ponad 6,6 tys. (12,7%) miało do 5 rodzin pszczelich, 13,1 tys. (25,3%) od 6 do 10 uli, a po 13,5 tys. pszczelarzy 11-20 uli oraz 21-50 rodzin pszczelich. W kraju jest zaledwie 0,6% pszczelarzy zawodowych. Tylko 245 podmiotów posiada pasieki liczące od 151-300 uli oraz pasieki towarowe (62 podmioty) liczące powyżej 301 uli. Pasieki w kraju cechują się dużym rozdrobnieniem: najczęściej występuje ich we wschodnich województwach, takich jak: lubelskim, warmińsko-mazurskim, podkarpackim, natomiast najmniej w opolskim i śląskim oraz zróżnicowaniem regionalnym rozmieszczenia. Cechują się one niską opłacalnością produkcji, dochodowością. Analizując pszczelarstwo należy zwrócić uwagę na kilka ważnych zagadnień. Jedno z nich ma znaczenie ekonomiczne, zdrowotne pszczół, jak i ludzi, dotyczy zatrucia wynikające z niewłaściwego wyboru czasu oprysków lub niewłaściwego korzystania z pestycydów, które prowadzą do narażenia pszczół miodnych. Należy wymienić również aspekt społeczny, gospodarczy, polityczny – w zakresie formułowania polityki ochrony środowiska, badawczy, naukowy czy międzynarodowy. Ponadto: nierównomierne napszczelenie, dostępność do pożytków roślinnych, problemy wynikające z intensyfikacji produkcji rolnej i wiedzy rolników w zakresie preparatów–pestycydów ochrony roślin, skala strat w pszczołach miodnych, ich monitoring i in. Warto zainteresować się problemami finansowymi nurtujące ten sektor gospodarki w kontekście pomocy finansowej, jaka pojawiła się wraz z przygotowaniem krajowych programów wsparcia pszczelarstwa w Polsce. Podjęto działania w ramach Wspólnej Polityki Rolnej Unii Europejskiej, które wspierają finansowo pszczelarzy prowadząc do rozwoju pszczelarstwa i rynku produktów

pszczelich, poprawy jakości miodu dostępnego w sprzedaży. W dłuższej perspektywie mechanizm ten ma się przyczynić do poprawy konkurencyjności sektora pszczelarzkiego na poziomie krajowym i międzynarodowym. W ramach refundacji Agencja Rynku Rolnego refunduje koszty ponoszone na poprawę warunków produkcji, jakości i zbytu produktów pszczelich w ramach kierunków wsparcia określonych przez Komisję Europejską. Pomoc skierowana jest do branży pszczelarzkiej i ma ona służyć m.in. rozwojowi pszczelarstwa w kraju oraz ochronie liczebności rodzin pszczelich prowadząc do łagodzenia problemów związanych ze zwalczaniem warrozy. Kolejnym etapem jest wspieranie działań, które przyczyniałyby się do niwelowania dużego rozdrobnienia produkcji i zbytu produktów pszczelich w kraju, a także do uzyskania równowagi między podażą a popytem na rynku miodu w krajach UE. Od roku 2010 w ramach pomocy technicznej skierowanej do pszczelarzy i grup pszczelarzy w programie pszczelarstwie przewidziano częściową refundację kosztów zakupu nowego sprzętu pszczelarzkiego, dlatego też pojawienie się nowej możliwości finansowego wsparcia zachęciło pszczelarzy do skorzystania z tego typu działania [13].

4. Wnioski

1. Wytwarzanie, ochrona i promocja żywności wysokiej jakości odgrywają w państwach Unii Europejskiej coraz bardziej znaczącą rolę. Jednym z podstawowych sposobów realizacji polityki jakości we Wspólnocie Europejskiej jest wyróżnianie znakami potwierdzającymi wysoką jakość wyrobów rolno-spożywczych pochodzących z konkretnych regionów, jak też charakteryzujących się tradycyjną

metodą ich produkcji. System ochrony i promocji wyrobów regionalnych i tradycyjnych jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na zrównoważony rozwój obszarów wiejskich przyczyniając się do zróżnicowania zatrudnienia na tych obszarach. Dzięki systemowi ochrony i promocji produktów regionalnych i tradycyjnych chroni się również dziedzictwo kulturowe wsi, co w dużym stopniu przyczynia się do zwiększenia atrakcyjności terenów wiejskich oraz rozwoju agroturystyki i turystyki wiejskiej.

2. „Miód drahimski” jest ściśle związanym z obszarem, z którego pochodzi. Pod nazwą „miód drahimski” są sprzedawane te rodzaje miodu, które powstają z roślin charakterystycznych dla tego regionu. Występowanie różnorodnych ekosystemów, wynikające z czystości i naturalności środowiska, wpływa także na bardzo zróżnicowany skład pyłkowy, któremu „miód drahimski” wielokwiatowy zawdzięcza swą specyfikę. O bogactwie tutejszej roślinności świadczy fakt, że udział żadnego z pyłków w „miodzie drahimskim” wielokwiatowym nie przekracza 35%.
3. Dzięki stosowanej metodzie zbioru (pozyskiwaniu miodu z ramek co najmniej w $\frac{3}{4}$ zasklepiionych), uzyskuje się miód dojrzwały, o wysokiej zawartości cukrów redukujących – glukozy i fruktozy, jednocześnie otrzymany produkt jest bardzo świeży i jest naturalnego pochodzenia, o czym świadczy niski poziom HMF. Zakaz podgrzewania miodu do temperatury powyżej 42°C sprawia, iż nie ulegają utraceniu liczne enzymy wynikające z naturalnego pochodzenia miodu. Charakterystyczne walory smakowe każdej odmiany „miodu drahimskiego” są wynikiem połączenia nieskażonego środowiska

naturalnego, bogactwa roślinności oraz tradycyjnych umiejętności lokalnych producentów.

Literatura:

1. Dyrektywa Rady 2001/110/WE z dnia 20 grudnia 2001 odnosząca się do miodu.
2. <http://www.minrol.gov.pl/Jakosc-zywnosci/Produkty-regionalne-i-tradycyjne/Lista-produktow-tradycyjnych/%28pid%29/336>, [dostęp: 02.02.2016].
3. Halagarda M., Kędzior W., Pyrzyńska E.: *Ochrona i zasady rejestracji produktów regionalnych i tradycyjnych* [w:] Zeszyty Naukowe Towaroznawstwo, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, 2013, 918, str. 15-31.
4. Borowska A.: *The state and perspective of the development of beekeeping in Poland with particular regard to regionally specific honey* [w:] Zeszyty wiejskie, XX Zeszyt dwudziesty, Łódź 2014, str. 37-47.
5. Rozporządzenie MRiRW z dnia 03.10.2003 w sprawie szczegółowych wymagań jakości handlowej miodów (Dz.U. 181, poz. 1772 i 1773).
6. Habryka C.: *Jakość handlowa miodu*. Szymański E.M. (red.) [w:] Współczesne uwarunkowania działalności gospodarstw pasiecznych. Wydawnictwo Górnoluzyczne Stowarzyszenie Pszczelarzy w Zgorzelcu, Zgorzelec, 2014, str. 111-124.
7. Noskowicz-Bieroniowa H.: *Co może miód*. Agencja Usługowo-Wydawnicza „Emilia”, Kraków, 2010, str. 39-40.
8. ROZPORZADZENIE WYKONAWCZE KOMISJI (UE) NR 568/2011 z dnia 14 czerwca 2011 r. rejestrujące w rejestrze

chronionych nazw pochodzenia i chronionych oznaczeń geograficznych nazwę [Miód drahimski (ChOG)].

9. Publikacja wniosku zgodnie z art. 6 ust. 2 rozporządzenia Rady (WE) nr 510/2006 w sprawie ochrony oznaczeń geograficznych i nazw pochodzenia produktów rolnych i środków spożywczych(2010/C 248/07).
10. Konopielko Ł. i inni: *Wybrane aspekty polityki Unii Europejskiej*, Wydawnictwo naukowe SOPHIA, 2015, str. 34-55.
11. Niedźwiedzki A.:Pszczelarstwo ekologiczne w krajach UE (na przykładzie Niemiec).Pasieka 1/2003, s. 55-57;
12. Skubida P., Semkiw P.:*Organic bee keeping in Europe and in The World* [w:] „Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering” 2011, Vol. 56(4), p.102-106.
13. Borowska A.: *Wykorzystanie środków w ramach krajowych programów wsparcia pszczelarstwa w Polsce*. (red.) Sokołowski J., Węgrzyn G. [w:] *Polityka Ekonomiczna, PRACE NAUKOWE Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 2013, 307, str. 77-91.

mgr Katarzyna Janicka¹⁾, dr hab. Aneta D. Petelska
Uniwersytet w Białymstoku, Zakład Elektrochemii
Ciołkowskiego 1K, 15-245 Białystok
¹⁾katarzynajanicka91@onet.pl

Membranowe techniki rozdzielania

Membrane separation techniques

Słowa kluczowe: *membrany, ochrona środowiska, oczyszczanie ścieków, technologie membranowe*

Keywords: *membranes, environmental protection, wastewater treatment, membrane technologies*

Streszczenie: Pomimo znacznego postępu technologicznego obserwuje się narastające problemy z zanieczyszczeniem środowiska naturalnego oraz stały spadek poziomu surowców naturalnych. Poszukuje się nowych technologii pozyskiwania energii będących jednocześnie metodami ekologicznymi, jak i najbardziej korzystnymi ekonomicznie. Do takich korzystnych rozwiązań można zaliczyć techniki membranowe. W ostatnich latach procesy membranowe cieszą się coraz większą popularnością głównie z uwagi na to, że mają zastosowanie zarówno w fazie ciekłej, jak i gazowej. Wzrost zainteresowania technologiami membranowymi jest spowodowany również ich ciągłym rozwojem oraz tym, że bardzo dobrze potrafią sprostać coraz bardziej rygorystycznym przepisom prawnym dotyczącym ochrony środowiska. Technologie membranowe są obecnie stosowane w przemyśle chemicznym, farmaceutycznym oraz spożywczym. Ponadto membrany znajdują zastosowanie w przemyśle petrochemicznym i polimerowym [1].

Procesy separacji membranowej mają bardzo duże zastosowanie w oczyszczaniu wody. Stosowane techniki membranowe integrowane są również z metodami konwencjonalnymi. Obecnie coraz częściej membrany nieorganiczne i polimerowe są stosowane do odsalania wód morskich, oczyszczania ścieków i odzyskiwania cennych, zawartych w nich składników czy do rozdzielania mieszanin związków organicznych [2].

Istnieją trzy sposoby wykorzystania procesów membranowych: oczyszczanie czyli usuwanie zanieczyszczeń z rozpuszczalnika, zateżanie (usunięcie rozpuszczalnika z roztworu) i frakcjonowanie roztworu na składniki [3]. Spośród metod membranowych stosowanych w ochronie środowiska dużą grupę stanowią membrany ciekłe zarówno jako metody zateżania, jak i metody rozdziału [4]. W niniejszej pracy przedstawiono krótką charakterystykę membran i technologii membranowych.

1. Wstęp

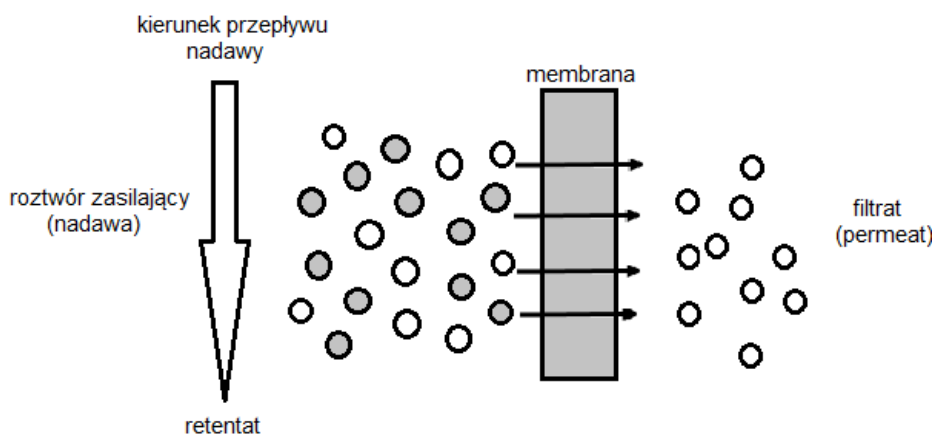
W dobie ciągłego postępu technologicznego poszukuje się co raz to nowszych i skuteczniejszych metod ochrony środowiska. Mimo, iż przełom XX i XXI wieku uważa się za początek ery ekologicznej, to stan środowiska nadal potrzebuje znacznej poprawy.

Oprócz ochrony zdrowia ludzkiego, zapewnienia wyżywienia, zaspokojenia potrzeb energetycznych i racjonalnego gospodarowania surowcami naturalnymi, dużą uwagę przykładą się też do tego, aby działania te były jak najmniej szkodliwe dla przyrody. Taka strategia, mająca na celu zaspokojenie potrzeb społeczno-ekonomicznych przy jednoczesnym sprostaniu wymogom ochrony środowiska, nosi nazwę strategii zrównoważonego rozwoju (sustainable development). Idea zrównoważonego rozwoju przyczyniła się do powstania i rozwoju innych idei mających na celu wdrożenie technologii produkcji całkowicie bezpiecznych dla środowiska m.in., zrównoważonych technologii (sustainable technologies), czystych technologii (clean technologies) czy zielonych technologii (green technologies) [1]. Jednymi z najbardziej ekonomicznych, a zarazem ekologicznych rozwiązań okazują się być procesy membranowe. Procesy membranowe są stosowane często w przemyśle chemicznym, głównie petrochemicznym, farmaceutycznym oraz spożywczym [2]. Techniki membranowe zyskały popularność dzięki

możliwości zastosowania ich do rozdzielania mieszanin, zarówno ciekłych, jak i gazowych [3]. Dlatego znalazły też szerokie zastosowanie w oczyszczaniu wód ściekowych oraz wód ze zbiorników powierzchniowych i wód gruntowych, które następnie wykorzystywane są w przemyśle. Zastosowanie membran w stosunku do tradycyjnych filtrów jest tym lepsze, iż mają one zdolność działania na poziomie molekularnym. W życiu codziennym stanowią więc lepszą alternatywę w stosunku do tradycyjnych technik rozdziału m.in. destylacji, krystalizacji czy absorpcji [4].

2. Membrany - definicja i podział

Poprzez membranę rozumiemy pewną granicę, która oddziela od siebie dwie fazy i pozwala na kontrolowany, selektywny transport różnych składników chemicznych z mieszanin ciał stałych, ciekłych i gazowych (Rys.1). Według nomenklatury Europejskiego Towarzystwa Membranowego (European Society of Membrane Science and Technology, ESMST), membraną nazywa się fazę rozdzielającą dwie inne fazy, najczęściej ciekłe lub gazowe, działająca jak pasywna lub aktywna bariera dla transportu masy między nimi [5]. To właśnie selektywność membran jest wspólną cechą wszystkich technik membranowych.



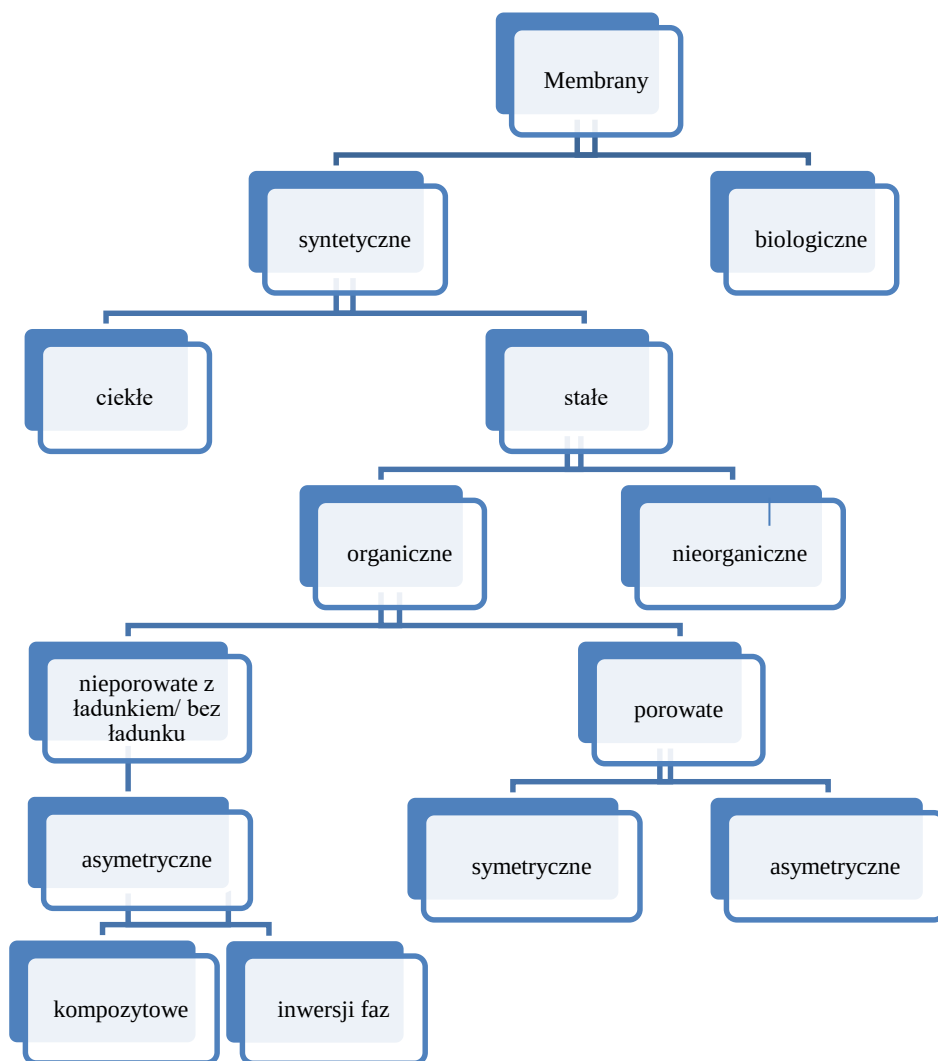
Rysunek 1. Schemat rozdziału mieszaniny za pomocą membrany

Źródło: Opracowanie własne

Transport masy przez membrany odbywa się przy udziale odpowiedniej siły napędowej. Siłę tę warunkuje różnica potencjałów chemicznych ($\Delta\mu$), występująca po obu stronach membrany. Z kolei różnica potencjałów może być spowodowana różnicą ciśnień (ciśnienie transmembranowe- ΔP), stężeń (ΔC), temperatur (ΔT) lub różnicą potencjału elektrycznego (ΔE) po jednej i po drugiej stronie fazy rozdzielającej. W trakcie separacji składników na membranę trafia strumień mieszaniny rozdzielanej zwany nadawą. Po przejściu przez fazę rozdzielającą strumień ten zostaje rozdzielony na retentat (strumień koncentratu) i permeat czyli strumień filtratu [4,5]. Końcowy skład permeatu i retentatu uzależniony jest od właściwie dobranej membrany separującej w zależności od jej zastosowania.

Istnieją trzy podstawowe kryteria klasyfikacji membran:

- 1) pochodzenie;
- 2) morfologia;
- 3) struktura.



Rysunek 2. Ogólny podział membran

Źródło: Ceynowa, 2003.

Podziału membran można dokonać na wiele sposobów, ale dość istotnym kryterium jest to opierające się na strukturze membran oraz sile

napędowej procesu, która odpowiada za transport cząsteczek. W Tabeli 1. przedstawiono klasyfikację procesów membranowych według kryterium-siły napędowej procesu.

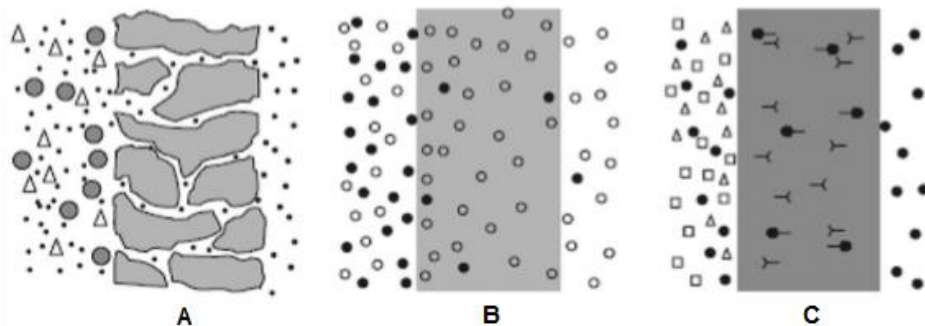
Tabela 1. Klasyfikacja procesów membranowych z uwagi na siłę napędową powodującą transport masy przez membranę

Różnica ciśnień	Różnica stężeń	Różnica potencjału elektrycznego	Różnica temperatur
Mikrofiltracja MF Ultrafiltracja UF Nanofiltracja NF Odwrócona osmoza RO Piezodializa	Perwaporacja PV Permeacja gazów PG Dializa D Techniki z wykorzystaniem membran ciekłych LM	Elektrodializa ED Elektrodializa z wykorzystaniem membran bipolarnych BPED Elektroosmoza	Termoosmoza Destylacja membranowa

Zródło: www.chem.uw.edu.pl/people/AMyslinski/Megiel/14wst.pdf, Hofman i inni., 2012

Jedną z klasyfikacji membran jest ich podział na membrany organiczne i nieorganiczne. Membrany organiczne stanowią grupę membran, do których w większości zaliczają się membrany polimerowe z takich materiałów, jak octan celulozy, polisulfon czy poliamid. Membrany tego rodzaju są szeroko stosowane w różnych gałęziach przemysłu, jednak ich poważną wadą jest wrażliwość na roztwory o niskich lub wysokich wartościach pH czy rozpuszczalniki organiczne, które wpływają na utratę stabilności chemicznej [4]. Membrany nieorganiczne: ceramiczne, stalowe, szklane czy węglowe odznaczają się większą trwałością niż membrany organiczne.

Membrany można również podzielić, ze względu na strukturę, na trzy główne typy: porowate, zwarte i ciekłe (Rys.3). Membrany porowate najczęściej stosowane są w mikro- i ultrafiltracji oraz dializie, gdzie podstawą procesu rozdzielania jest efekt sitowy zależny od rozmiaru porów.



Rysunek 3. Typy membran: A-porowata, B-zwarta, C-ciekła

Źródło: Hofman i inni, 2012

Membrany zwarte stosowane są do rozdzielania par i gazów oraz perwaporacji. Zasada działania tego typu membran nieco różni się od tej funkcjonującej w membranach porowatych, ponieważ rozdzielane substancje najpierw ulegają rozpuszczeniu w membranie, a następnie za sprawą odpowiedniej siły napędowej, przechodzą przez nią. Rozdział mieszanin następuje więc dzięki różnicy rozpuszczalności lub szybkości dyfuzji określonych składników nadawy. Membrany ciekłe to organiczne fazy ciekłe, które posiadają w swoim składzie odpowiednie związki chemiczne tzw. nośniki. Nośnik tworzy kompleks z jednym ze składników rozdzielanej mieszaniny, a następnie dyfunduje przez warstwę cieczy. Po przejściu przez membranę składnik jest uwalniany do roztworu permeatu [4].

3. Charakterystyka wybranych technik membranowych

3.1. Metody filtracji membranowej

Do metod filtracji membranowej zalicza się mikrofiltrację (MF), ultrafiltrację (UF), nanofiltrację (NF) oraz odwróconą osmozę (Tabela 2.). Techniki te należą do ciśnieniowych metod membranowych, a ciśnienie transmembranowe (różnica ciśnień hydrostatycznych po obu stronach membrany) zawiera się w granicach 0,05-0,5 MPa w mikrofiltracji, od 1 do 10 MPa w odwróconej osmozie. Metody te stosowane są przede wszystkim do zatężania i oczyszczania roztworów wodnych właściwych i koloidalnych oraz zawiesin. Mechanizm rozdziału oparty jest na tzw. dystrybucji wielkości porów czyli stosunku wielkości cząsteczek w rozdzielanej mieszaninie do wielkości porów membrany. Metody filtracji membranowej charakteryzują się zdolnością rozdzielania na poziomie molekularnym w porównaniu do zwykłych filtrów co sprawia, że stanowią świetną alternatywę, zarówno ekologiczną, jak i ekonomiczną, dla tradycyjnych technik rozdziału [6,7]. Mikrofiltracja jest metodą separacji, w której od rozpuszczalnika oddzielane są cząsteczki o średnicy większej niż 0,1µm. W mikrofiltracji używa się zazwyczaj membran syntetycznych o porach rzędu 0,1-5µm. Za pomocą MF usuwa się z roztworu nieduże zawiesiny, komórki bakteryjne, niektóre wirusy, drobiny surowców roślinnych czy cząstki tłuszczu w emulsjach (np. mleku). Efektem oczyszczania jest najczęściej zmiana barwy filtratu, obniżenie poziomu mętności oraz spadek intensywności rozpraszania światła. Membrany mikrofiltracyjne wykonywane są z polimerów organicznych, zarówno hydrofobowych, jak i hydrofilowych

oraz materiałów nieorganicznych tj. ceramiki (tlenek glinu, dwutlenek cyrkonu), szkła, metali (pallad, wolfram).

Tabela 2. Podział metod filtracji membranowej ze względu na wielkość separowanych przez membranę cząstek

Rozmiar cząstki nm μm		Masa cząsteczkowa	Proces	Różnica ciśnień MPa
0,1	10^{-4}	$\cdot H_2O$	osmoza odwrócona	1-10
1	10^{-3}	$\cdot Cl^-$ $\cdot Na^+$ $\cdot$ glikoza	ultrafiltracja	0,2-1
10	10^{-2}	$\cdot$ witamina B_{12} $\cdot$ hemoglobina wirusy		
10^2	0,1	substancje pyrogenne	mikrofiltracja	0,05-0,5
10^3	1	bakterie		
10^4	10	drożdże grzyby		
10^5	100	biała ciałka krwi		

Źródło: <http://www.chem.uw.edu.pl/people/AMyslinski/Megiel/14wst.pdf>

Ultrafiltracja jest procesem niskociśnieniowym (0,2-1 MPa), który wykorzystuje porowate membrany symetryczne, bądź asymetryczne. Średnica porów w membranach ultrafiltracyjnych zawiera się w przedziale od 0,005μm do 0,1μm. Permeat po UF jest wolny od białek, polisacharydów, wirusów, niektórych barwników, enzymów i witamin, natomiast membrana przepuszcza cukry, wodę oraz sole. Po separacji ultrafiltracyjnej permeat jest klarowny i nie obserwuje się już zjawiska

rozpraszania światła. W odróżnieniu od metod mikrofiltracji w metodach UF stosuje się membrany asymetryczne. Ponadto na membrany ultrafiltracyjne nanosi się membrany kompozytowe przez co stanowią tzw. support (podstawę) dla innych technik membranowych [8].

W nanofiltracji stosowane są membrany pozwalające na oddzielenie białek, cukrów i innych cząsteczek o wymiarach w granicach 0,001-0,005 μm . Membrany nanofiltracyjne są zaś przepuszczalne dla niektórych jonów, szczególnie jednowartościowego sodu i potasu. Nanofiltracja jest procesem gdzie stosuje się ciśnienia transmembranowe od 1 do 3 MPa, a sposób separacji jest tam typowy dla MF i UF, ale połączony z mechanizmem rozpuszczająco-dyfuzyjnym w odwróconej osmozie. Metoda ta stosowana jest w procesach uzdatniania wód podziemnych i powierzchniowych oraz w procesach zmiękczenia wód [7,8].

Kolejną metodą filtracji membranowej jest wspomniana wcześniej odwrócona osmoza (ang. Reverse Osmosis, RO). Proces ten przeprowadzany jest z udziałem membran o średnicy porów 0,0001-0,001 μm , które przepuszczalne są tylko i wyłącznie dla rozpuszczalnika (woda). Nazwa metody - odwrócona osmoza jest związana ze sposobem przepływu rozpuszczalnika przez membranę. Przepływ ten przebiega bowiem odwrotnie niż w osmozie naturalnej, czyli z roztworu bardziej stężonego do roztworu mniej stężonego. Aby mógł zajść proces RO przeciwnie do ciśnienia osmotycznego, należy wytworzyć dużą różnicę ciśnień po obu stronach membrany o wartości od 1 do 10 MPa. Przepływ permeatu jest możliwy wówczas wtedy, gdy ciśnienie zewnętrzne przewyższa ciśnienie osmotyczne. Odwrócona osmoza została zastosowana po raz pierwszy do odsalania wody morskiej w 1953 roku.

Natomiast na skalę przemysłową zaczęto jej używać w latach 60-tych XX wieku po zaproponowaniu selektywnych membran asymetrycznych przez Loeb'a i Sourirajana. Wykorzystywane tam membrany posiadały warstwę selektywną o submikronowej grubości najczęściej z octanu celulozy i z poliamidów, które umieszczone były na drugiej, grubszej warstwie o większej porowatości. Metodę RO stosuje się najczęściej do uzdatniania wód pitnych z wody morskiej i wód zasolonych oraz do uzdatniania wody w przemyśle elektronicznym i farmaceutycznym [7,8].

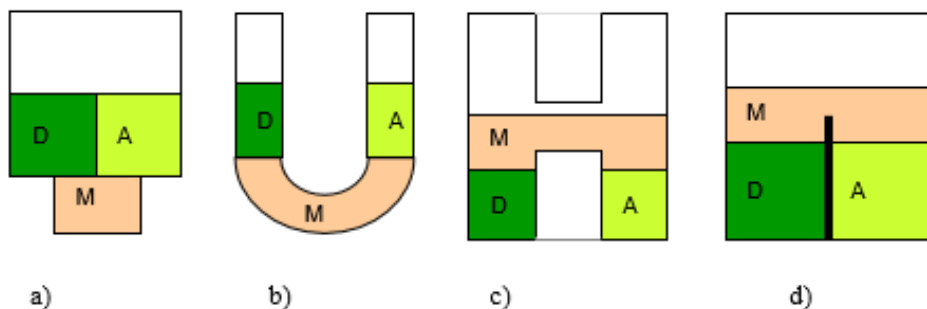
3.2. Membrany ciekłe

Dużą grupę membran stanowią membrany ciekłe (liquid membrane, LM). Membrany ciekłe odznaczają się dużą selektywnością, zwłaszcza kiedy posiadają określone, selektywne przenośniki. Membrany te dzieli się na kilka grup:

- membrany ciekłe grubowarstwowe (bulk liquid membrane, BLM);
- emulsyjne membrany ciekłe (emulsion liquid membrane, ELM);
- immobilizowane membrany ciekłe, unieruchomione membranmy ciekłe (supported liquid membranę, SLM);
- membrany polimerowe inkluzyjne (polimer inclusion membrane, PIM).

Grubowarstwowe membrany ciekłe (BLM) stanowią najprostszy rodzaj membran ciekłych. Fazą membranową jest ciecz organiczna, która oddziela od siebie dwa roztwory wodne - fazę donorową (nadawę) i fazę akceptorową (permeat). Pierwsze membrany z grupy membran ciekłych tworzone były w naczynkach Schulmana (Rys. 4a). W naczyniu tym płaska przegroda oddzielała fazę donorową od akceptorowej. Obecnie

najpopularniejsze są te podobne do pierwotnych naczynek Schulmana w kształcie U-rurki (Rys.4b)



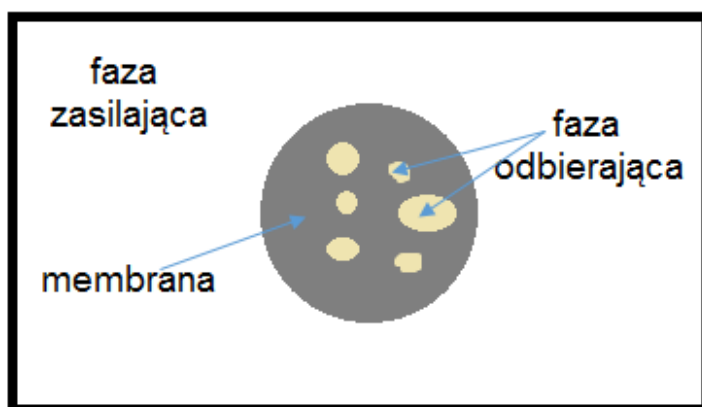
Rysunek 4. Schematy ciekłych membran grubowarstwowych: a) w naczynku Schulmana; b) naczynie U-rurki; c) naczynie w kształcie litery H; d) naczynie z cylindrycznymi przegrodami

Źródło: Wieczorek P., 2001

W naczynku konstrukcji U-rurki na dnie znajduje się ciepla membrana organiczna, natomiast w ramionach znajdują się fazy wodne nadawcza i odbiorcza. Taka budowa naczynia wymaga, aby ciecz organiczna posiadała większą gęstość od fazy wodnej. Istnieją jednak możliwości, gdzie faza organiczna posiada mniejszą gęstość od fazy wodnej, wówczas wykorzystuje się naczynia w kształcie litery H (Rys. 4c) lub z przegrodami cylindrycznymi (Rys. 4d). W membranach grubowarstwowych bardzo ważne jest intensywne mieszanie w celu zapewnienia jak najlepszego transportu pomiędzy dwoma fazami wodnymi. Membrany grubowarstwowe stosowane są do badań transportu oraz wpływu przenośnika na wydajność i selektywność transportu. Ich wadą jest grubość i mała wydajność spowodowana ograniczoną powierzchnią międzyfazową, co umożliwia ich wykorzystanie na większą skalę jedynie w procesach laboratoryjnych. Zastosowanie BLM w przemyśle jest jednak możliwe i stosowane nierzadko do rozdzielania

złożonych mieszanin. Przykładem może być przemysłowe wydzielanie metali ze ścieków kopalnianych [5,7-8].

W 1968 roku Li jako pierwszy zaproponował membrany, które znacznie zwiększały powierzchnię styku membrana - roztwór donorowy i akceptorowy, przy jednocześnie zmniejszonej drodze dyfuzji. Ciekłe membrany emulsyjne (Rys.5), wprowadzone przez Li, tworzone są w procesie podwójnej emulgacji. Początkowo tworzona emulsja ulega zdyspergowaniu w roztworze zasilającym. Następnie poprzez transport membranowy separowanej substancji emulsja jest oddzielana, a następnie rozwarstwiana na fazę organiczną oraz roztwór odbierający, zawierający zatężoną substancję. Ostatecznie otrzymuje się układ „woda-olej-woda” lub układ „olej/woda/olej” (membrana powierzchniowo czynna - SALM - surfactant active liquid membranes) [9]. Proces tworzenia ELM jest najczęściej stabilizowany poprzez dodatek środka powierzchniowo czynnego- surfaktantu- do fazy organicznej, co obniża napięcie międzyfazowe i pozwala na formowanie się stabilnych kropeł emulsji [10].



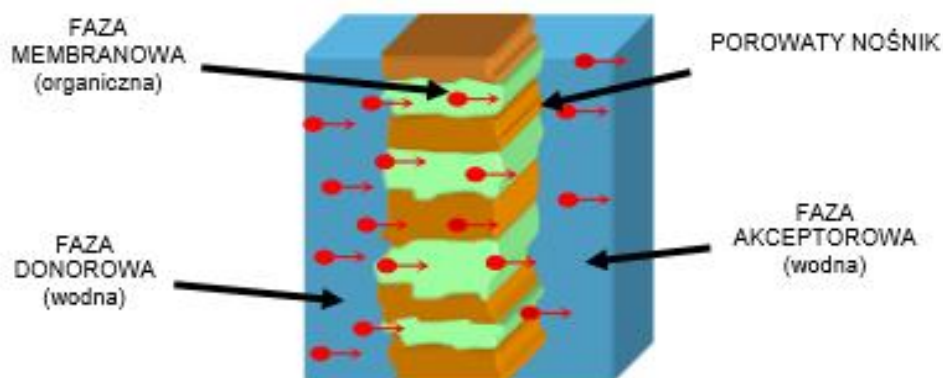
Rysunek 5. Schemat ciekłej membrany emulsyjnej

Źródło: Opracowanie własne

Metody z zastosowaniem membran emulsyjnych są najlepszą metodą separacji jonów metali w układach z ciekłymi membranami. Ich główną zaletą jest duża powierzchnia granicy faz, szybki transport masy oraz możliwość jednoczesnego przeprowadzenia zateżania i rozdziału transportowanych substancji. Membrany emulsyjne stosowane są w wielu dziedzinach odzyskiwania i rozdzielania metali oraz związków organicznych. Ponadto stosowane są również do rozdzielania enancjomerów z mieszanin racemicznych, w przemyśle farmaceutycznym czy oczyszczania wody. Membrany typu ELM niestety posiadają również wady m.in., pęcznienie i pękanie kropeł emulsji, a także problem z wydzieleniem otrzymanych produktów z roztworu wewnętrznego po zakończeniu procesu [10,11].

Trzecią grupę membran ciekłych stanowią membrany unieruchomione, tzw. membrany immobilizowane (SLM). Membrany SLM (Rys. 6.) składają się z dwóch faz wodnych - donorowej i akceptorowej rozdzielonych fazą organiczną, która jest unieruchomiona siłami kapilarnymi w porowatej folii polimerowej (nośnik polimerowy). Grubość nieruchomej membrany ciekłej wynosi od 100 do 200 μm i jest identyczna jak grubość polimerowej folii. Taka budowa membran SLM powoduje, że mają one zwiększoną wytrzymałość mechaniczną oraz możliwość łatwego powiększania powierzchni międzyfazowej. Ponadto w odróżnieniu od BLM membrany te mają małą objętość membrany ciekłej w stosunku do powierzchni, co pozwala na stosowanie drogich, selektywnych odczynników jako przenośniki. Idealne nośniki charakteryzują się wysoką i niezmienną porowatością, małą grubością, niewielką średnicą porów oraz dużą odpornością na działanie silnych elektrolitów. Matryce polimerowe wykonywane są najczęściej

z porowatych folii hydrofobowych polimerów, takich jak: polietylen (PE), polipropylen (PP), poli- sulfon (PS), poliamidy (PA) i teflon (PTFE), natomiast jako fazy organiczne najczęściej używa się wyższych alkoholi alifatycznych, węglowodorów czy eterów diheksylowego i o-nitro- trofenylooktylowego [10,11].



Rysunek 6. Schemat ciekłej membrany immobilizowanej

Źródło: Wieczorek P.P., 2001

Membrany SLM produkowane są w trzech typach:

- arkusze tworzywa sztuczne (tzw. flat sheet SLM) - membrana stanowi płaską przegrodę oddzielającą fazy wodne;
- arkusze zwijane (ang.: Supported Liquid Membranes- Spiral Type) – arkusze z tworzyw sztucznych są zwijane, a pomiędzy nie umieszczana jest polimerowa siatka umożliwiającą przepływ faz;
- membrany w postaci włókien kapilarnych (ang.: Hollow Fiber Supported Liquid Membranes) – najczęściej wytwarzana jako gotowe moduły składające się z wiązki rurek, które następnie nasycy się fazą organiczną. Wewnętrzna średnica rurek wynosi do 200 μm , a grubość ścianek od 100 do 200 μm [10].

Najnowszym typem ciekłych membran są polimerowe membrany inkluzyjne (ang.: Polymer Inclusion Membrane- PIM). Membrany te tworzone są poprzez wylewanie roztworu polimeru, najczęściej octanu celulozy, który zawiera przenośnik oraz plastifikator (faza organiczna). W przeciwieństwie do immobilizowanych membran ciekłych, w których faza organiczna znajduje się tylko w porach mikroporowatej folii polimerowej, w PIM faza organiczna wypełnia całą objętość folii polimerowej i tym samym odznaczają się większą odpornością na wmywanie przenośników i rozpuszczalników organicznych. Zastosowanie plastifikatora powoduje zwiększenie elastyczności membrany polimerowej, obniża kruchość związków organicznych tj. cukrów prostych czy kwasu mlekowego [11].

4. Mechanizm filtracji membranowej

Praca membrany określana jest przez dwa główne parametry: wydajność i efektywność. Mechanizm transportu opisywany jest na przykładzie kilku modeli:

1) Model dyfuzyjny przyjmuje, iż membrana jest quasi-homogeniczna, co umożliwia podporządkowanie jej teorii roztworów. Siłą napędową transportu jest gradient potencjału chemicznego wynikający z różnicy stężeń składników mieszaniny jak i ciśnień hydrostatycznych po obu stronach membrany. Dwa różne składniki mieszaniny, przenikające przez przegrodę, mają inne wartości rozpuszczalności w membranie (prawo Nernsta), jak i różną szybkość dyfuzji (prawo Ficka).

Korzystając z prawa Nernsta i prawa Ficka można wyprowadzić zależność opisującą model dyfuzyjny:

$$J_n = k D (c_2 - c_1) / l \quad (1)$$

gdzie:

J_n [mol s⁻¹ m²]- molowy strumień związku dyfundującego;

l- grubość membrany;

D- współczynnik dyfuzji związku penetranta w membranie;

c₁- stężenie składnika w nadawie;

c₂- stężenie składnika w permeacie;

k- współczynnik podziału składnika między membraną, a roztworem zewnętrznym.

2) Model kapilarny opisuje membranę jako przegrodę o określonym rozkładzie i średnicy porów d_k , a działanie membrany warunkowane jest działaniem efektów sitowych. Wydajność strumienia permeatu czyli szybkość filtracji w modelu kapilarnym wyrażana jest w m³/s na m² powierzchni membrany J_v [m³ s⁻¹ m²] i opisana prawem Poiseuille'a:

$$J_v = \frac{P_v}{\delta_m} \Delta P \quad (2)$$

gdzie:

δ_m-grubość membrany;

ΔP- ciśnienie transmembranowe;

P_v – współczynnik permeacji.

Model kapilarny dobrze opisuje procesy zachodzące w mikrofiltracji.

3) Modele termodynamiczne opierają się na teorii termodynamiki procesów nieodwracalnych. Zależność takiego modelu można opisać za pomocą wzoru Kedema i Katchalsky'ego:

$$J_v = L_p(\Delta P - \sigma\Delta\pi) \quad (3)$$

gdzie:

L_p-współczynnik filtracji;

σ– współczynnik sprzężenia strumieni składników mieszaniny;

Δπ– różnica ciśnień osmotycznych po obu stronach membrany.

Modele termodynamiczne często używa się do opisu odwróconej osmozy.

Efektywność separacji składników przepływających przez membranę jest wynikiem różnicy w szybkości ich transportu oraz różnej rozpuszczalności w membranie. Selektywność separacji α_{AB} dwóch składników A i B transportowanych przez membranę określa tzw. współczynnik separacji:

$$\alpha_{AB} = (C_{PA}/C_{PB})/(C_{RA}/C_{RB}) \quad (4)$$

gdzie:

C_{PA}, C_{PB}- stężenia składnika A i B w permeacie, mol/m³;

C_{RA}, C_{RB}- stężenia składnika A i B w retentacie, mol/dm³.

Efektywność separacji może być określana również przez współczynnik retencji R (ang.: salt- rejection-stopień zatrzymania):

$$R = (C_N - C_p) / C_N \quad (5)$$

gdzie:

C_N- stężenie składnika w nadawie, mol/m³;

C_p- stężenie składnika w permeacie, mol/m³.

Do oceny efektywności procesów permeacyjnych stosuje się również tzw. stopień konwersji (odzysku) Y:

$$Y = (Q_p/Q_z)*100 \quad (6)$$

gdzie:

Q_p- natężenie przepływu permeatu, m³/s;

Q_z- natężenie przepływu roztworu zasilającego, m³/s [6,12].

5. Zastosowanie technik membranowych w ochronie środowiska

Techniki membranowe znalazły liczne zastosowania jako metody separacji w oczyszczaniu odpadów produkcyjnych, odzysku surowców czy w tworzeniu nowych bezodpadowych technologii rozdzielania. Obserwowany stale systematyczny wzrost liczby technologii membranowych oraz rozwój rynku membran i modułów membranowych związany jest z licznymi korzyściami płynącymi z ich zastosowania. Niskie zużycie energii, niewielka skala odpadowa, łatwe powiększanie skali technologicznej (system modułowy) oraz łatwość stosowania metod membranowych z innymi metodami to tylko kilka z istniejących zalet. Istnieje wiele zastosowań technik membranowych, m.in.:

1. Odsalanie wód (RO);
2. Demineralizacja i otrzymywanie ultraczystej wody (RO, UF, ED);
3. Zmiękczenie wody (NF);
4. Denitryfikacja wody pitnej (membrany katalityczne, RO, NF);
5. Oczyszczanie ścieków emulsyjnych (UF, MF);
6. Odzyskiwanie metali ze ścieków (D, RO);
7. Oczyszczanie ścieków ze składowisk odpadów stałych (RO, UF);
8. Oczyszczanie ścieków komunalnych i przemysłowych (wszystkie rodzaje filtracji);
9. Oczyszczanie powietrza (usuwanie SO₂ z gazów spalinowych, odzyskiwanie par substancji organicznych z powietrza na stacjach benzynowych) [7,12].

Tak jak wszystkie metody, również metody membranowe posiadają swoje wady. Związane są one najczęściej z ograniczoną żywotnością i nierzadko niską selektywnością membran. Membrany polimerowe w wielu przypadkach charakteryzują się ograniczoną odpornością chemiczną i termiczną. Mimo tego wprowadzenie membran i technik membranowych znacznie przyczynia się do poprawy stanu środowiska.

6. Podsumowanie

Zastosowanie membran i technik membranowych niesie za sobą wiele zalet, nie tylko w przemyśle chemicznym, farmaceutycznym i spożywczym, ale także w ochronie środowiska. Dzięki technologiom membranowym możliwe jest oczyszczanie różnego rodzaju wód odpadowych oraz rozdzielanie i oczyszczanie mieszanin gazów powietrza, co jest szczególnie ważne dla ochrony środowiska, ale i zdrowia i życia ludzkiego. Membrany mają zastosowanie również w odzysku cenny składników np. metali, co jest bardzo korzystne z punktu ekonomicznego. Procesy membranowe nie powodują przekształcania się zanieczyszczeń w groźniejsze odpady oraz nie wymagają dozowania chemikaliów, co przyczynia się do oszczędności surowców, energii oraz czasu pracy. Wszystkie korzyści płynące z stosowania technik membranowych przyczyniają się do stałego ich rozwoju.

Literatura:

1. Ryczkowski J., : *Wstęp [w:] Adsorbenty i katalizatory. Wybrane technologie a środowisko.* Rzeszów, 2012.

2. Shin S.J., Kim J.P., Kim H.J., Jeon J.H., Min B.R., *Desalination*, 186 (2005) 1.
3. Ceynowa J., *Membrany selektywne i procesy membranowe*, [w:] *Membrany Teoria i Praktyka. Wykłady monograficzne i specjalistyczne*, Zeszyt I, Fundacja Rozwoju Wydziału Chemii UMK Toruń 2003, str. 7-29.
4. Hofman M., Pietrzak R., *Membrany i technologie membranowe stosowane w ochronie środowiska*. [w:] *Adsorbenty i katalizatory. Wybrane technologie a środowisko*. Rzeszów, 2012.
5. Wieczorek P., *Membrany ciekłe. Podział budowa i zastosowanie*. [w:] *Wykłady monograficzne i specjalistyczne. Membrany teoria i praktyka*. Zeszyt IV, Toruń 2001, str. 132-148.
6. Megiel E., Wstęp teoretyczny [w:] *Zastosowanie metod membranowych do oczyszczania ścieków*. <http://www.chem.uw.edu.pl/people/AMyslinski/Megiel/14wst.pdf> Aut or (dostęp: 08-02-2016).
7. Bodzek M., Bohdziewicz J., Konieczny K., *Techniki membranowe w ochronie środowiska.*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997.
8. Króliczak P., Jankowski T., *Procesy membranowe w przemyśle spożywczym*, Poznań 2008.
9. <http://www.pg.gda.pl/chem/Katedry/Inzynieria/images/data/mk/dydaktyka/tr2/cw2a.pdf>, (dostęp: 20.02.2016).
10. W. Walkowiak, C. Kozłowski, W. Pellowski, *Zastosowanie polimerowych membran inkluzyjnych do wydzielania i separacji jonów metali* [w:] *Membrany Teoria i Praktyka Wykłady monograficzne i specjalistyczne*, Zeszyt I, Fundacja Rozwoju Wydziału Chemii UMK Toruń 2003, str. 47-78.

11. Wieczorek P.P., *Membrany ciekłe w wydzielaniu i zatężaniu aminokwasów i ich pochodnych.*, Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego, Opole 2001.
12. Praca zbiorowa pod redakcją A. Narębskiej, *Membrany i membranowe techniki rozdziału*, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń 1997.

Agnieszka Łagocka¹⁾
Uniwersytet Przyrodniczy
we Wrocławiu, Wydział Przyrodniczo-
Technologiczny, Katedra
Kształtowania Agroekosystemów
i Terenów Zieleni. Wybrzeże
Wyspiańskiego 27
ul. C. K. Norwida 25, 50-375 Wrocław

¹⁾agnieszka.lagocka@up.wroc.pl

Michał Kamiński²⁾
Uniwersytet Przyrodniczy
we Wrocławiu, Wydział Przyrodniczo-
Technologiczny, Instytut
Inżynierii Rolniczej, Zakład
Niskoemisyjnych Źródeł Energii
i Gospodarki Odpadami,
ul. C. K. Norwida 25, 50-375 Wrocław

²⁾michal.kaminski@up.wroc.pl

Fitoremediacyjne metody poprawy jakości powietrza i gleby

Methods of phytoremediation in improvement air and soil quality

Słowa kluczowe: *fitoremediacja, metody ochrony środowiska, rośliny fitoremediacyjne*

Keywords: *phytoremediation, methods of environmental protection, phytoremediation plants*

Streszczenie: W związku z polepszeniem się statusu materialnego człowieka, w ostatnich latach obserwuje się nagły wzrost wskaźnika ilości pojazdów spalinowych na osobę. W ostatnich latach obserwuje się szereg działań prawnych, technicznych oraz środowiskowych związanych z ograniczeniem poziomu zanieczyszczenia środowiska, bardzo dobrym środkiem zaradczym na degradację środowiska może być fitoremediacja. Fitoremediacja jest procesem wykorzystującym rośliny wyższe do usuwania zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych, metali ciężkich oraz ksenobiotyków ze środowiska. Rośliny fitoremediacyjne mają zdolność do pobierania substancji szkodliwych zarówno z wody, gleby jak i powietrza, a następnie akumulacji ich w liściach i częściach zdrewniałych. W artykule przedstawiono definicję fitoremediacji, omówiono źródła zanieczyszczeń środowiska, aktualnie wykorzystywane techniki oraz przebieg procesów oczyszczania atmosfery ze spalin. Ponadto zaprezentowano przykładowe gatunki roślin pełniące rolę „filtrów powietrza”. Podsumowując, opisano wady i zalety każdej z wymienionych metod fitoremediacji.

Poprawę jakości środowiska z wykorzystaniem przedstawionych metod można z powodzeniem wykorzystywać przy ciągach komunikacyjnych, terenach byłych fabryk i kopalń odkrywkowych, w rolnictwie, składowiskach odpadów. Dobroczynne działanie fitoremediacji można także wykorzystywać w mieszkaniach, gdzie rośliny pochłaniają szkodliwe związki z powietrza.

1. Wstęp

Wzrost liczby ludności na świecie oraz znaczny rozwój przemysłu spowodowały wiele niekorzystnych zmian w środowisku przyrodniczym. Jednym z nich jest kumulacja substancji chemicznych i biologicznych uwalnianych przez przemysł oraz gospodarstwa domowe. Przekroczenie dopuszczalnego poziomu skażenia środowiska poszczególnymi substancjami może mieć poważne konsekwencje zarówno dla zdrowia ludzi jak i zwierząt. Ponadto zachwiać może równowagę pomiędzy populacjami organizmów, które zasiedlają dane terytorium.

Jednym z sektorów wpływających w sposób najbardziej destrukcyjny na środowisko naturalne Polsce jest sektor motoryzacyjny. W latach 2000-2013, liczba zarejestrowanych samochodów osobowych i ciężarowych w Polsce zwiększyła się ponad dwukrotnie (z 12 do 24,9 milionów pojazdów). Obecnie po polskich drogach porusza się około 25 milionów pojazdów, z których wg. Centralnej Ewidencji Pojazdów średnia wieku poruszających się po naszych drogach pojazdów przekracza 16 lat. Duże natężenie ruchu, a za tym tworzące się korki uliczne, a także (w przypadku starych pojazdów) często brak reaktora katalitycznego prowadzą do dużej emisji do powietrza atmosferycznego toksycznych produktów spalania paliw w silnikach spalinowych. Zgodnie z danymi GUS, polski transport odpowiedzialny jest za 27% całkowitej

emisji tlenków azotu, 24% emisji lotnych związków organicznych, 20% emisji tlenku węgla oraz 12% emisji pyłów.

Zapewnienie równowagi środowiska wymaga obecnie szukania nowych, alternatywnych sposobów jego oczyszczania. W tabeli 1 przedstawiono metody remediacji środowiska z wyszczególnieniem na metody fizyczne, chemiczne i biologiczne, a także technologie na których bazują, tj. *in situ* – stosowane w miejscu występowania zanieczyszczenia / skażenia, oraz *ex situ*, czyli takie, które stosuje się poza miejscem wystąpienia zanieczyszczenia.

Tabela 1. Metody ograniczania wpływu substancji szkodliwych na środowisko

Rodzaj metody	Technologie ex-situ	Technologie in-situ
Metody fizyczne	Spalanie, Desorpcja termiczna, Ekstrakcja parowa z gleby, Zautomatyzowana segregacja gleby radioaktywnej.	Ekstrakcja parowa z gleby/napowietrzanie, Wspomagana termicznie ekstrakcja parowa z gleby, Stosowanie barier, Elektroremediacja.
Metody chemiczne	Odmywanie gleby, Solidyfikacja/stabilizacja/sorpcja/immobilizacja chemiczna, Dehalogenacja, Ekstrakcja rozpuszczalnikowa, Chemiczne i fotochemiczne utlenianie/redukcja.	Przemywanie gleby, Solidyfikacja/stabilizacja/sorpcja/immobilizacja chemiczna.
Metody biologiczne	Kompostowanie, Bioreaktory/filtry mikrobiologiczne.	Bioremediacja, Fitoremediacja.

Źródło: Opracowanie na podstawie [1]

2. Źródła zanieczyszczeń środowiska w terenach zurbanizowanych

Każde skupisko ludności (miasto, wieś) charakteryzuje się różnorodnym układem planistycznym i sposobem aranżacji przestrzeni.

Czynnikami kształtującymi wygląd miast, mogą być m.in.: zwartość zabudowy (miasta zwarte, miasta o luźnym układzie, miasta o charakterze osad oraz aglomeracje i zespoły miejskie), rodzaj zabudowy (wysoka, mieszana i niska), gospodarczy charakter miasta (przemysłowy, turystyczno-usługowy, uniwersytecki lub mieszany), elementy wpływające na mikroklimat, obszar i charakter terenów zielonych (obszary o dużej, średniej i małej powierzchni zazielenionej), a także układ tras komunikacyjnych (węzłowe, przelotowe) oraz dominująca metoda transportu komunikacji miejskiej (ruch samochodowy, wodny, kolejowy).

Bardzo istotny wpływ na poziom zanieczyszczeń ulokowanych na terenach miejskich mają dwa główne czynniki: jakość i skład powietrza atmosferycznego oraz ruchy mas powietrza w terenie miejskim.

O jakości powietrza na danym obszarze decyduje zawartość w nim różnorodnych substancji, których koncentracja jest wyższa od warunków naturalnych. Poziomy stężenie zanieczyszczeń w powietrzu wynikają bezpośrednio z wielkości emisji zanieczyszczeń do atmosfery oraz warunków meteorologicznych. Istotny jest także wpływ zanieczyszczeń napływowych (transgranicznych) z obszarów sąsiednich, jak też atmosferycznych przemian fizykochemicznych. Procesy te mają wpływ zarówno na kształtowanie się tzw. tła zanieczyszczeń, które jest wynikiem ustalania się stanu równowagi dynamicznej w dalszej odległości od źródła emisji, jak również na zasięg występowania podwyższonych stężeń w rejonie bezpośredniego oddziaływania źródeł. Zanieczyszczenia emitowane z wysokich kominów (obszary przemysłowe) przenoszone są na duże odległości i rozpraszane na znacznych obszarach, powodując podwyższenie ogólnego poziomu tła

w skali całego kraju. Źródła te emitują również specyficzne substancje podczas niepełnego spalania paliw w przestarzałych typach kotłów lub w paleniskach indywidualnych, stanowiąc w niektórych miastach poważny problem. W dużych miastach, ze względu na specyficzne uwarunkowania związane ze zwartą zabudową mieszkaniową i tworzące się tak zwane kaniony uliczne, a przede wszystkim w związku z dużym natężeniem ruchu samochodowego, występują zagrożenia przekraczania dopuszczalnych poziomów stężeń zanieczyszczeń w powietrzu [2].

Przemysł wraz z gałęzią usługowo-handlową występują w każdym skupisku ludności wpływając negatywnie na środowisko, oddziałującą w sposób destrukcyjny zarówno na wodę, glebę i powietrze. Wpływ przemysłu na środowisko naturalne uzależniony jest od szeregu czynników, takich jak: wielkość miasta, rodzaju przemysłu, ilości emitorów oraz nałożonych standardów emisyjnych na zlokalizowane na określonym terenie przedsiębiorstwa. W tabeli 2 przedstawiono szereg substancji oddziałujących szkodliwie na środowisko naturalne w określonych gałęziach przemysłu [3,4].

Tabela 2. Zestawienie rodzajów zanieczyszczeń wynikających z poszczególnych gałęzi przemysłu

Rodzaj przemysłu	Powietrze	Gleba	Woda
Elektrownie	CO _x , NO _x , SO _x , węglowodory aromatyczne z węgla, izotopy promieniotwórcze	popioły, opad pyłów - Si, SO _x , NO _x , metale ciężkie, pył węglowy	ciepło i biocydy z wody chłodzącej, rozpuszczalne związki B i As,

Rodzaj przemysłu	Powietrze	Gleba	Woda
			WWA z popiołów
Opuszczone gazownie	Lotne związki organiczne, H ₂ S, NH ₃	smoły, zużyte tlenki Fe, Cd, As, Pb, Cu, siarczany, siarczki	WWA, fenole, Cu, Cd, As, , siarczany
Wydobycie i przetwórstwo rud metali	SO _x , Pb, Cd, As, Hg, Ni, Tl, pyły	<u>hałdy skały płonnej i odpadów</u> – erozja wietrzna, zwietrzałe cząstki rudy, <u>odpady zawieszone w rzekach</u> – osadzone na glebie w wyniku powodzi, wydobyty muł rzeczny, cyjanki i liczne metale pochodzące z przetwórstwa rud, kurz i pył przenoszony z wiatrem,	SO ₄ , , środki spieniające, jony metali, odpady (rud minerałów)
Przemysł metalurgiczny	pyły: As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl, lotne związki organiczne, krople kwasów	metale w odpadach, rozpuszczalniki, pozostałości kwasów, opad aerozoli itp. po procesach	jony metali, odpady kwasowe i rozpuszczalnik i (lotne związki organiczne) po

Rodzaj przemysłu	Powietrze	Gleba	Woda
		odlewniczych	oczyszczaniu metali
Przemysł chemiczny i elektroniczny	lotne związki organiczne, Hg, liczne związki lotne	opad pyłów z dymów kominowych zanieczyszczenia z rejonu załadunku i pakowania, złom i uszkodzone elementy elektroniczne, WWA, metale	zrzut odpadów, cała gama substancji chemicznych w ściekach, rozpuszczalnik i używane w mikroelektronice
Niszczanie odpadów	<u>spalarnie</u> – gryzące dymy, aerozole i pyły (Cd, Hg, Pb, CO _x , NO _x , PCDD, WWA, PCDF), <u>miejsca zakopywania odpadów</u> – CH ₄ , lotne związki organiczne, <u>odpady hodowlane</u> : CH ₄ , NH ₃ , H ₂ S, <u>złomowiska</u> –	muł ze ścieków, PCDD, chlorofenole - NH ₄ , WWA, PCB, metale (Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn itd.), hałdy złomu – CD, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Mn, V, W, WWA, PCB, ogniska, popiół węglowy – Cu, Pb, WWA, B, As, <u>opad ze spalania odpadów</u>	wycieki z zakopanych odpadów, NO ₃ -, NH ₄ , Cl, Cd, PCB, mikroorganizmy: ścieki po obróbce wodnej – materia organiczna, HPO ₄ , NO ₃ , NH ₄ , Cl, SO ₄

Rodzaj przemysłu	Powietrze	Gleba	Woda
	spalanie tworzyw sztucznych (WWA, PCDD, PCDF)	– Cd, PCDF, PCB, WWA, <u>ruchome hałdy odpadów przemysłowych</u> (szeroka gama różnych substancji, wycieki z zakopanych odpadów – Cl , NO ₃ , NH ₄ , Cd, PCB, mikroorganizmy	
Źródła przypadkowe	drewno impregnowane (np.: PCB, kreozot, As, Cr, Cu itd.), zużyte ogniwa (Hg, Cd, Ni, Zn), rybołówstwo i strzelectwo (Pb, Sb) dachy i ogrodzenia ocynkowane, Cd; – wszystkie ośrodki; sprzęt wojskowy (np.:	drewno impregnowane (np.: PCB, kreozot, As, Cr, Cu itd.), zużyte ogniwa (Hg, Cd, Ni, Zn), rybołówstwo i strzelectwo (Pb, Sb) dachy i ogrodzenia ocynkowane, Cd; – wszystkie ośrodki; sprzęt wojskowy (np.: paliwa, materiały	wycieki z podziemnych zbiorników, np. rozpuszczalników, produktów naftowych

Rodzaj przemysłu	Powietrze	Gleba	Woda
	paliwa, materiały wybuchowe, amunicja, elementy elektryczne, bojowe środki toksyczne, produkty spalania – WWA), korozja przedmiotów metalowych – Cu, Zn, Cd, Pb	wybuchowe, amunicja, elementy elektryczne, bojowe środki toksyczne, produkty spalania – WWA), korozja przedmiotów metalowych – Cu, Zn, Cd, Pb	
Transport	gazy spalinowe, aerozole i pyły (np.: CO _x , NO _x , SO ₄ , dym, WWA, PAN (azotan acetoksyłu), O ₃ , PbBrCl, V, Mo)	cząstki (PbBrCl, WWA), osadzanie się kwasów, substancje odladzające, szeroka gama rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych związków na stacjach przeładunkowych i rozrządowych, osadzanie się produktów spalania paliw, dym, WWA,	wycieki paliwa, wycieki transportowanych ładunków (np.: węglowodory, pestycydy, substancje chemiczne, odpady) odladzanie dróg i lotnisk (np. glikol etylenowy,

Rodzaj przemysłu	Powietrze	Gleba	Woda
		NO _x , SO _x , cząstki z gumy opon (zawierające Zn i Cd)	różne sole), osadzanie się produktów spalania, dym, WWA, NO _x , SO _x , PbBrCl
Główne źródła z obszarów zurbanizowanych i przemysłowych	lotne związki organiczne, cząstki, aerozole, (np. Pb, V, Cu, Zn, WWA, PCB, dioksyny, dym), <u>produkty spalania paliw</u> – CO _x , NO _x , SO _x , As, Pb, U, V, Zn, WWA, <u>ogniska</u> – WWA, PCDD, PCDF, Pb, CD itd., <u>produkcja cementu</u> – cząstki, Ca, SO ₄ , Si	Pb, Zn, V, Cu, PCB, WWA, dioksyny, porzucone samochody, chloropochodne, azbest.	szeroka gama ścieków, WWA z sadzy, Pb, Zn, itd., zużyte oleje, chloropochodne, detergenty

Źródło: Opracowanie na podstawie [6,7]

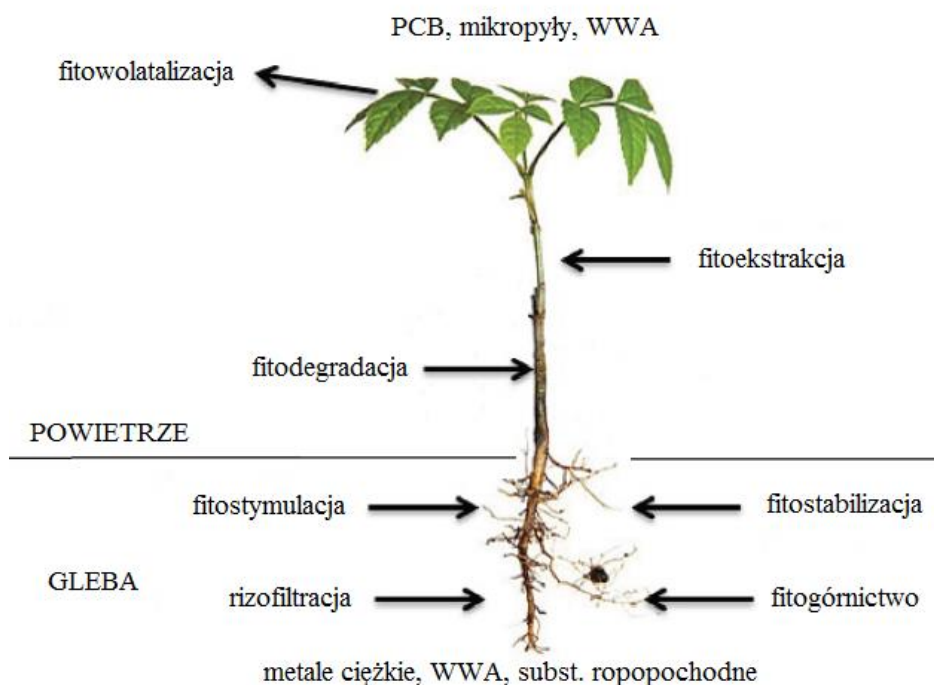
Rodzaje zanieczyszczeń, wymienionych w tabeli 2 obejmują najpopularniejsze związki i inne substancje powodujące zanieczyszczenie środowiska naturalnego, w którego skład wchodzi m.in. środowisko wodne, glebowe oraz atmosfera.

Do usuwania zanieczyszczeń wykorzystuje się szereg dostępnych technik począwszy od tych o wysokim stopniu zaawansowania

technologii, np. instalacje mokrego odsiarczania spalin w zakładach przemysłowych czy też katalizatory stosowane w silnikach samochodowych. Istnieją także metody ograniczania lub usuwania zanieczyszczeń ze środowiska naturalnego nie wymagające stosowania zaawansowanych technologii, do nich należą między innymi techniki fitoremediacyjne opisane w niniejszym artykule.

3. Fitoremediacja jako narzędzie oczyszczania środowiska

Obiecującą i szybko rozwijającą się metodą jest **fitoremediacja**. Pojęcie to wprowadzono do literatury w roku 1991, powstając w wyniku połączenia greckich słów *phyton* (roślina) oraz *remediare* (oczyszczać) [5]. Zdefiniować je można jako, naprawianie, ulepszanie gleby (gruntu). Bioremediacji podlegają źródła zanieczyszczenia lub skażenia, zanieczyszczona gleba, skażone odpady, zanieczyszczone wody podziemne czy też powietrze glebowe [6]. Stanowi to efektywne, biologiczne narzędzie do usuwania zanieczyszczeń środowiska, które poza możliwościami zastosowania *in situ* i *ex situ* charakteryzują się małymi nakładami inwestycyjnymi i kosztami eksploatacyjnymi przy jednoczesnej skuteczności oraz nieinwazyjności wobec środowiska naturalnego [7].



Rysunek 1. Techniki fitoremediacji

Źródło: Opracowanie na podstawie [7]

Podstawowe techniki fitoremediacji przedstawia rysunek 1 to:

- fitoekstrakcja – pobór zanieczyszczeń z gleby, wody oraz powietrza i odkładanie ich w tkankach roślinnych. Do metod fitoekstrakcji zalicza się:
 - rizofiltracja, pobieranie zanieczyszczeń z wód powierzchniowych i gruntowych przez system korzeniowy roślin;
 - fitogórnictwo, wydobywanie metali szlachetnych przy udziale roślin;
- fitodegradacja – rozkład zanieczyszczeń we wnętrzu komórek roślinnych dzięki enzymom wytwarzanym przez rośliny;

- fitowolatalizacja – pobieranie przez rośliny zanieczyszczeń z gleby i ich emisja w formie lotnej do atmosfery;
- ryzofiltracja – polega na wykorzystaniu strefy korzeniowej roślin do usuwania zanieczyszczeń z wody i ścieków, głównie metali.
- fitostymulacja – wzrost dynamiki biologicznych procesów w glebie, dzięki aktywności mikroorganizmów i metabolizowanie przez nie zanieczyszczeń w sferze korzeniowej;
- fitostabilizacja – zapobieganie przedostawaniu się zanieczyszczeń do głębszych warstw gleby, wody lub atmosfery przez zmniejszenie ich biodostępności [7].

Techniki te znalazły zastosowanie w praktyce ze względu na ich konkurencyjność w stosunku do tradycyjnych metod oczyszczania środowiska, co wykazano w tabeli 3.

Tabela 3. Porównanie fitoremediacji i tradycyjnych technik oczyszczania gleby

Fitoremediacja	Oczyszczanie tradycyjne
Proces w miejscu skażenia (<i>in situ</i>)	Prowadzenie wstępnych zabiegów technicznych
Wykorzystuje procesy biologiczne	Polega na trwałym usunięciu gleby
Przywraca produktywność gleby	Wykorzystuje procesy chemiczne lub termiczne
Charakteryzuje się niskimi kosztami inwestycyjnymi i eksploatacyjnymi	Prowadzi do zastąpienia gleby skażonej glebą „świeżą”
Jest procesem długotrwałym	Wiąże się z poniesieniem wysokich kosztów
Cechuje się aprobatą społeczeństwa	Proces krótkotrwały

Źródło: Opracowanie na podstawie [8]

3.1. Fitoekstrakcja

Jest metodą szczególnie polecaną do stosowania w warunkach niskich lub średnich stężeń zanieczyszczeń. W metodzie tej wykorzystywane są rośliny posiadające zdolność do pobierania dużej ilości ksenobiotyków z podłoża, koncentrowanych w tkankach roślinnych [9]. Po zakończeniu okresu wegetacyjnego, rośliny te zbiera się z oczyszczonej powierzchni za pomocą typowych maszyn rolniczych, a następnie poddaje się utylizacji wykorzystując do tego celu procesy termiczne, fizyczne, chemiczne czy też mikrobiologiczne.

Jednym z rodzajów fitoekstrakcji jest fitoekstrakcja wspomagana, nazywana także indukowaną hiperakumulacją. Idea tej metody polega na dodaniu do gleby substancji chelatującej, np. EDTA, której zadaniem jest dodatkowe wymuszenie pobierania zanieczyszczeń do części nadziemnych roślin, a następnie usunięcie metali z gleby wraz z biomasą części nadziemnych roślin [10,11].

Proces indukowanej hiperakumulacji składa się z czterech następujących po sobie etapów:

- przebadanie terenu i określenie, jaka kombinacja związku chelatującego i rośliny powinna być zastosowana,
- przygotowanie miejsca i uprawa wybranych roślin aż do momentu uzyskania odpowiedniej biomasy,
- wprowadzenie do gleby substancji chelatującej metodą oprysku, w fazie maksymalnego wzrostu roślin,
- zbiór roślin po krótkim, trwającym od kilku dni do kilku tygodni, okresie kumulacji metali [12].

Roślinami uprawnymi często stosowanymi w fitoekstrakcji wspomaganej są m.in. kukurydza zwyczajna, słonecznik oraz gorczyca

sarepska [11,13]. Cechuje je znaczna ilość przyrostu biomasy i duża tolerancja wobec metali ciężkich w glebie. W chwili gdy tkanki roślinne zawierają zbyt dużą zawartość metali ciężkich, rośliny mają skłonność do nagłego obumierania [14]. W rodzinie traw najbardziej przydatna w procesie fitoekstrakcji jest powszechnie uprawiana *Zea mays* (L.).



Rysunek 2. Kukurydza zwyczajna (*Zea mays*)

Źródło: Fotografia pochodząca z witryny: www.aphotoflora.com (stan z dnia 24.02.2016)

Inne gatunki i odmiany z tej rodziny pochodzą z rodzajów: *Festuca*, *Agrostis* oraz *Lolium*. Jednak w porównaniu z *Zea mays*, akumulują znacznie mniejszą biomasę i chociaż koszt ich uprawy jest dużo niższy, wymagają dalszego doskonalenia w drodze selekcji i hodowli, aby mogły być odpowiednio wykorzystane. Godnym zainteresowania wariantem fitoekstrakcji jest wykorzystanie perzu (*Agropyron repens*) (L.), który w częściach podziemnych gromadzi

największe ilości substancji toksycznych zawartych w glebie. Wśród roślin z rodziny motylkowych najwyżej ocenianymi fitoremediantami są: wyka (*Vicia*)(sp.), groch zwyczajny (*Pisum sativum*) (L.) i łubin (*Lupinus*)(sp) [15].

3.2. Fitostabilizacja

Stosunkowo nową metodą oczyszczania środowiska jest fitostabilizacja, wypracowano ją na przestrzeni ostatniej dekady. Metoda ta polega na zastosowaniu doglebowych dodatków immobilizujących metale wraz z odpowiednio dobranymi gatunkami roślin. Unieruchamianie migracji zanieczyszczeń w glebie oparte jest na procesach absorpcji i kumulacji w korzeniach, adsorpcji na powierzchni korzeni lub przekształceniu w obrębie ryzosfery w związki trudno rozpuszczalne [16].

Metoda fitostabilizacji wykorzystuje procesy biologiczne i chemiczne zachodzące w strefie korzeniowej. Dzięki wydzielinom korzeniowym oraz uwalnianiu przez korzenie CO₂ strefa korzeniowa jest obszarem, w którym następuje zatrzymywanie zanieczyszczeń i ich wytrącanie. W wyniku oddziaływania roślin na środowisko glebowe, biodostępne formy metali mogą przechodzić w formy trudniej dostępne [17].

Wykorzystanie technik polegających na fitostabilizacji ksenobiotyków prowadzi się w celu utworzenia pokrywy roślinnej, której głównymi zadaniami będzie zabezpieczenie gleby przed dalszą erozją oraz ukierunkowanie zanieczyszczeń w głąb ziemi [18].

3.3. Ryzofiltracja

Mechanizm ryzofiltracji opiera się na zdolności wybranych gatunków roślin wodnych do adsorpcji lub wytrącania zanieczyszczeń na powierzchni korzeni, pobierania i akumulacji szkodliwych związków w tkankach korzenia. Technika ta najczęściej wykorzystywana jest do usuwania jonów metali ciężkich oraz pierwiastków radioaktywnych, charakteryzujących się niskimi wartościami stężeń, oddziałujących głównie na środowisko wodne. Spośród wszystkich metali ciężkich, za pomocą ryzofiltracji najefektywniej usuwany jest ołów, co znajduje przełożenie na bardzo częste wykorzystywanie tej metody oczyszczania środowiska. Remediacja środowiska z ołowiu przez systemy korzeniowe roślin jest kilkadziesiąt razy bardziej wydajna aniżeli, np. arsenu [11].

Procesy sorpcyjne zachodzące na powierzchni korzeni odgrywają najważniejszą rolę w usuwaniu metali ciężkich za pomocą ryzofiltracji. Sorpcja zanieczyszczeń jest procesem złożonym, wynikającym z oddziaływań fizykochemicznych pomiędzy rośliną i ksenobiotykiem (procesy chelacji, wymiany jonowej). Procesy te nie wymagają aktywnego układu biologicznego i zachodzą również na martwej tkance korzeniowej. Zastosowanie młodych roślin gorczycy (*Brassica juncea*) do ryzofiltracji metali ciężkich daje zwykle lepsze efekty aniżeli stosowanie roślin dojrzałych.



Rysunek 3. Gorczyca (*Brassica juncea*) jako popularne narzędzie w technice ryzofiltracji

Źródło: Fotografia pochodząca z witryny: www.herb-education.eu (na dzień 24.02.2016)

Mimo że środowisko wodne stanowi naturalne siedlisko roślin wykorzystywanych w procesie ryzofiltracji, to coraz większą uwagę zwraca się również na możliwość użycia do tego celu roślin lądowych. Rośliny hodowane w kulturach hydroponicznych i aeroponicznych odznaczają się znacznie większą efektywnością w ryzofiltracji zanieczyszczeń aniżeli rośliny wodne [11].

3.4. Fitodegradacja

Kolejnym ze sposobów oczyszczania środowiska zanieczyszczonego związkami organicznymi za pomocą roślin i mikroorganizmów jest fitodegradacja. Metoda ta bazuje na pobieraniu

i przekształcaniu związków szkodliwych w formy nietoksyczne, a następnie wbudowaniu ich w tkanki, akumulację bądź rozkłada do CO₂ i H₂O [19,20].

Metoda fitodegradacji znalazła zastosowanie w usuwaniu szeregu zanieczyszczeń organicznych z gleby, osadów, a także wód gruntowych i powierzchniowych. Do zanieczyszczeń organicznych łatwo degradowanych tą metodą zalicza się m.in.: węglowodory, alkohole, fenole, aminy, kwasy i estry.

Przykłady roślin uprawnych wykorzystywanych w tej technice to:

- ziemniak(*Solanum tuberosum*)(L.),
- rzodkiew zwyczajna (*Raphanus sativus*)(L.) [21,22].

Zdolność pochłaniania substancji szkodliwych z podłoża jest uzależniona nie tylko od gatunku wykorzystywanych roślin na zanieczyszczonym obszarze, ich wielkości i transpiracji, ale przede wszystkim od fizykochemicznych właściwości samych zanieczyszczeń.

3.5. Fitowolatalizacja

Fitowolatalizacja to pobieranie zanieczyszczenia przez roślinę, a następnie uwalnianie zanieczyszczenia lub modyfikowanej jego formy z rośliny do atmosfery. Technika ta może być stosowana do usuwania z gleb zanieczyszczeń organicznych oraz nieorganicznych, takich jak metale m.in. rtęć. Pierwiastek ten, w łatwy sposób jest w stanie się przekształcić w formę lotną, co sprzyja prawidłowemu przebiegowi procesu fitowolatalizacji [23,24].

Rośliny, które poddawano badaniom mającym na celu dostosowanie ich funkcji do potrzeb fitowolatalizacyjnych, to m.in.:

- rzodkiewnik pospolity (*Arabidopsis thaliana*),

- tytoń szlachetny (*Nicotiana tabacum*),
- tulipanowiec amerykański (*Liliodendron tulipifera*).



Rysunek. 4. Uprawa tytoniu szlachetnego

Źródło: Fotografia pochodząca z witryny: www.biopix.com (stan z dnia 24.02.2016)

W celu oczyszczania gleb zanieczyszczonych rtęcią metodą fitowolatalizacji wykorzystuje się także modyfikowane rośliny, tzw. transgeniczne. Modyfikacja polega na wprowadzeniu genów bakteryjnych do ich genotypu. Dzięki czemu roślina jest w stanie zredukować pobrane z roztworu glebowego toksyczne formy jonowe oraz metylowe do lotnej formy rtęci [23]. Dzięki temu możliwe jest wyprowadzenie przez roślinę rtęci w tej postaci do atmosfery. Jednakże rtęć uwolniona do atmosfery może zostać ponownie zdeponowana do gruntu i ulec metylacji w wyniku działalności mikroorganizmów. Traktowane jest to jako pozorne oczyszczanie gleby i dlatego metoda ta nie jest polecana [24].

4. Pozytywne i negatywne aspekty wykorzystania metod remediacji

Fitoremediacja, pomimo, iż jest stosunkowo nową techniką oczyszczania środowiska znalazła szereg zwolenników przekonanych nad słuszością omawianej metody. Ze względu na zróżnicowany podział zanieczyszczeń, a także ich szerokie spektrum występowania (tabela 2) nie jest wskazanym ograniczanie się tylko do tej metody oczyszczania środowiska z ksenobiotyków, przy jednoczesnym traktowaniu jej jako technikę wiodącą. Wynika to z ograniczeń oraz wad jakie posiadają techniki fitoremediacyjne.

W tabeli 4. zestawiono zalety oraz ograniczenia związane ze stosowaniem opisanych technik fitoremediacyjnych.

Tabela 4. Zalety i wady/ograniczenia wynikające z wykorzystywania technik fitoremediacyjnych

Zalety	Wady / Ograniczenia
Oczyszczanie środowiska z substancji szkodliwych	Długi proces oczyszczania (głównie w przypadku metali ciężkich)
Metoda bezpośrednia	Zbyt toksyczne zanieczyszczenia mogą doprowadzić do obumarcia roślin
Brak konieczności stosowania dodatkowych substancji ekstrahujących	Nieefektywność stosowania metod fitoremediacyjnych wpływają m.in.: sezon wegetacyjny, pH oraz żyzność gleby, ilość opadów
Ograniczenie stopnia erozji gleby	Istnieje możliwość kumulacji zanieczyszczeń bądź ich metabolitów w tkankach roślinnych

Zalety	Wady / Ograniczenia
Dodatkowa produkcja biomasy	Uzyskana biomasa powinna być traktowana z zachowaniem środków ostrożności
Stosunkowo małe koszty metod (w porównaniu z metodami mechanicznymi i fizycznymi)	Znaczna część metod jest nadal w fazie eksperymentalnej
Wzrost atrakcyjności terenów objętych techniką fitoremediacji	Należy ściśle kontrolować nowo wprowadzane gatunki roślin, aby chronić lokalną bioróżnorodność
Uwolnienie do gleby enzymów roślinnych powodujących zwiększenie aktywności i liczebności mikroorganizmów	Istnieje możliwość transferu substancji szkodliwych do wyższego poziomu troficznego

Zródło: Opracowanie na podstawie [7,25]

5. Wnioski

1. Rośliny i ich zdolności do poboru, akumulacji oraz detoksykacji zanieczyszczeń dają szansę na poprawę jakości środowiska oraz wzrost potencjału ekologicznego.
2. Techniki fitoremediacyjne są coraz częściej wykorzystywane w procesach usuwania ksenobiotyków ze środowiska naturalnego, stanowiąc uzupełnienie do metod fizycznych i mechanicznych.
3. Ze względu na pozytywne wyniki wstępnych badań laboratoryjnych, podparte literaturą prowadzone są, kolejne bardziej zaawansowane badania poprawiające skuteczność oczyszczania środowiska.

Literatura:

1. Orban A.: *Compendium of soil clean-up technologies and soil remediation companies*. ECE/CHEM/115, United Nations, New York 1997.

2. Opracowanie Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska, praca zbiorowa: *Raport o stanie środowiska w województwie Zachodniopomorskim w latach 2006-2007*. Szczecin 2008.
3. Alloway, Ayres,: *Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1999.
4. Walczak B.: Praca doktorska: *Pyły drogowe jako potencjalne zagrożenie dla ekosystemów miejskich na przykładzie Zielonej Góry*. Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra, 2008.
5. Buczkowski R., Kondzielski I., Szymański T.: *Metody remediacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi*. Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń 2002.
6. Wood P.A.: *Remediation methods for contaminated sites*. Royal Society of Chemistry, London 1997.
7. Posmyk K., Urbaniak M.: *Fitoremediacja jako biologiczna metoda oczyszczania środowiska*. Aura, 7/2014, 2014.
8. Kiepas-Kokot A., Fudali E., Karasiewicz B.: *Fitoremediacja gleby - nadzieje, możliwości zastosowania i kontrowersje*, Aura 8/2000, 2000.
9. Van Nevel L., Mertens J., Oorts K., Verheyen K.: *Phytoextraction of metals from soils: how far is from practise?*. Environmental Pollution, 2007.
10. Alcorta I., Hernandez-Allica J., Becerril J.M., Amezaga I., Albizu I., Onaindia M., Garbisu C.: *Chelate-enhanced phytoremediation of silos polluted with heavy metals*. Reviews in Environmental Sciences and Biotechnology, 3, 2004.
11. Wu L.H., Luo Y.M., Xing X.R., Christie P.: *EDTA-enhanced phytoremediation of heavy metal contaminated soil with Indian*

- mustard and associated potential leaching risk. Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2004.
12. Nouri J., Khorasani N., Lorestani B., Karami M., Hassani A.H., Yousefi N.: *Accumultion of heavy metals in soil and uptake by plant species with phytoremediation potential. Environmental Earth Sciences*, 2010.
 13. Shams K.M., Tichy G., Fischer A., Sager M., Peer T., Bashar A., Filip K.: *Aspects of phytoremediation of chromium contaminated sites using common plants Urtica dioica, Brassica napus and Zea mays. Plant Soil*, 2010.
 14. Shibata M., Konno T., Akaike R., Xu Y., Shen R., Ma J.F.: *Phytoremediation of Pb contaminated soil with polymer-coated EDTA. Plant Soil*, 2007.
 15. Ali H., Khan E., Sajad M. A.: *Phytoremediation of heavy metals- concepts and applications. Chemosphere*, 2013.
 16. Ruttens A., Mench M., Colpaert J.V., Boisson J., Carleer R., Vangronsveld J.: *Phytostabilization of a metal contaminated sandy soil. I: Influence of compost and/or inorganic metal immobilizing soil amendments on phytotoxicity and plant availability of metals. Environmental Pollution*, 2006.
 17. Sas-Nowosielska A., Kucharski R., Kuperberg J.M., Japenga J., Pogrzeba M., Krzyżak J.: *Phytoremediation technologies used to reduce environmental threat posed by metal-contaminated soils. Theory and Reality. NATO Science Conference*, Wyd. Springer, 2008.
 18. Knox A. S., Seaman J C, Mench M J, Vangronsveld J.: *Remediation of metaland radionuclides- contaminated soils by in situ stabilization*

- technics*. Environmental restoration of metals-contaminated soils, Florida, USA, 2001.
19. Subramanian M., Oliver D. J., Shanks J. V.: *TNT phytotransformation pathway characteristics in Arabidopsis: role of aromatic hydroxylamines*. Biotechnol. Prog., 2006.
 20. Hannink N., Rosser S. J., French C. E., Basran A., Murray J. A., Nicklin S., Bruce N. C.: *Phytodetoxification of TNT by transgenic plants expressing a bacterial nitroreductase*. Nature Biotechnol., 2001.
 21. Wójcik M.: *Fitoremediacja – sposób oczyszczania środowiska*. Kosmos, Szczecin 2000.
 22. Garbisu C., Alkorta I.: *Phytoextraction: a cost-effective plant-based technology for the removal of metals from the environment*. Biores. Tech., 2001.
 23. Wang Y.: *Phytoremediation of mercury by terrestrial plants*. Department of Botany Stockholm University, Sztokholm 2004.
 24. Gworek B., Rateńska J.: *Migracja rtęci w układzie powietrze – gleba – woda*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, Warszawa, 2009
 25. Marecik R., Króliczak P., Cyplik P.: *Fitoremediacja – alternatywa dla tradycyjnych metod oczyszczania środowiska*. Biotechnologia, Poznań 2006.

mgr Sylwia Łazuk¹⁾
Wydział Prawa
Zakład Prawa Ochrony Środowiska i Nauki Administracji Publicznej
Uniwersytet w Białymstoku
ul. Mickiewicza 1, 15-213 Białystok
¹⁾sylwia.lazuk@o2.pl

Znaczenie prawa ochrony środowiska w procesie inwestycyjno - budowlanym

*The importance of environmental law in the process
of investment - construction*

Słowa kluczowe: *prawo ochrony środowiska, proces inwestycyjno-budowlany, obszary Natura 2000, decyzja o uwarunkowaniach środowiskowych, obszary specjalne*

Keywords: *environmental law, the process of investment-construction, the sites of Natura 2000, decision on environmental conditions, special areas*

Streszczenie: Regulacje prawne w zakresie ochrony środowiska w procesie inwestycyjno - budowlanym wymagają analizy szerokiego zakresu tematycznego. Prawo szczegółowo określa, jakie warunki powinien spełnić inwestor, aby skutecznie i zgodnie z prawem mógł przeprowadzić zaplanowaną inwestycję. Istotnym działaniem, które może pomóc w sprawnym przeprowadzeniu inwestycji jest stosowanie się do wymogów, które są stawiane w poszczególnych etapach inwestycji, jak również terminowe spełnianie procedur, których realizacja jest istotą dalszych powodzeń inwestycji. W opracowaniu przedstawiono znaczenie ochrony środowiska w procesie inwestycyjno-budowlanym z punktu prawnego, który jest nieodłącznym punktem realizacji inwestycji i sprawiającym niekiedy problemy interpretacyjne.

1. Wstęp

Korzystanie z zasobów środowiska stanowi przykład sfery życia społecznego, w której, według przedstawicieli doktryny, wymagane jest osiągnięcie kompromisu. Z. Kmiecik twierdzi, że jednym z największych wyzwań stojących przed współczesną administracją jest

efektywne rozwiązywanie konfliktów, które ujawniają się w rozmaitych sferach społecznej aktywności i w ponadto w różnej skali oraz poszukiwanie kompromisu w sprawach dotyczących interesów szerszego kręgu podmiotów [1]. Środowisko jest często również rozumiane jako dobro, które należy chronić dla kolejnych pokoleń. Jest także miejscem, w którym żyją ludzie, a także źródłem energii i surowców [2].

Ochrona środowiska sprawowana przez państwo powinna zapewniać racjonalne zabezpieczenie elementów środowiska, a także zapewniać powolne zużywanie zasobów nieodnawialnych. W prawie ochrony środowiska większe znaczenie przywiązuje się do rozwiązań, które realizują zasadę prewencji, czyli zapobiegają działaniom, które mogą negatywnie oddziaływać na środowisko.

Różnorodne przepisy prawne związane z procesem inwestycyjno - budowlanym wymagają m. in. dostosowania inwestycji do przepisów dotyczących ochrony środowiska. Niejednokrotnie przepisy związane z ochroną środowiska stanowią realne utrudnienie dla potencjalnych inwestorów. Wymagane jest uzyskanie licznych decyzji, uzgodnień, opinii, a także osiągnięcie konsensusu w trakcie konsultacji społecznych. Niestety, partycypacja społeczna, mimo że jest jedną z podstawowych zasad ogólnych prawa ochrony środowiska, to w Polsce jest poważnie zaniedbana. H. Machińska wskazuje, że spowodowane jest to niskim stopniem zaufania do władz publicznych, który pogłębia proces braku aktywizacji obywatelskiej w sprawach związanych ze środowiskiem [3].

Celem niniejszej jest przedstawienie roli, jaką odgrywa prawo ochrony środowiska w trakcie realizacji procesu inwestycyjno - budowlanego. Należy stwierdzić, że konieczność wprowadzenia nowych rozwiązań w zakresie udziału społeczeństwa w procesie inwestycyjno -

budowlanym wynika z zapotrzebowania na szybką realizację wielu inwestycji infrastrukturalnych. Już na początku warto zaznaczyć, iż konieczne jest opracowanie problematyki związanej z ochroną środowiska w procesie inwestycyjno - budowlanym, a także przedstawienie nowych rozwiązań, które pozwolą na osiągnięcie konsensusu dotyczącego planowanych inwestycji już na jak najwcześniejszym etapie procesu inwestycyjno - budowlanego.

2. Planowanie inwestycji budowlanej

Czynności inwestycyjne, z których składa się proces inwestycyjno - budowlany składają się z większych całości, czyli z faz. Fazy grupowane są z kolei w dwóch etapach, tj. etapie przygotowania inwestycji do realizacji oraz etapie realizacji inwestycji.

Etap przygotowania inwestycji obejmuje swym zakresem dwie fazy: fazę planowania inwestycji oraz fazę projektowania inwestycji. Pierwsza z wymienionych faz polega na ustaleniu, czy planowana inwestycja jest zgodna z normami zawartymi w ustawie o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym. To właśnie w tym momencie inwestor powinien uzyskać prawo do dysponowania nieruchomością na cele budowlane. Druga faza obejmuje sporządzenie wszelkiego rodzaju niezbędnych opracowań projektowych, a także uzyskanie decyzji o pozwoleniu na budowę.

Drugi etap to etap realizacji inwestycji, a rozpoczyna go faza budowy właściwej, tj. realizacja inwestycji zgodnie z ostateczną decyzją o pozwoleniu na budowę. Ostatnią fazą jest faza oddania do użytkowania inwestycji, w której to następuje zgłoszenie właściwemu organowi albo uzyskanie pozwolenia na użytkowanie. W dalszej części rozdziału

zostaną omówione poszczególne fazy inwestycji budowlanej.

Celem fazy planowania inwestycji jest przede wszystkim ustalenie postanowień miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego w odniesieniu do planowanej lokalizacji inwestycji lub też uzyskanie decyzji o ustaleniu warunków zabudowy i zagospodarowania terenu, jeżeli nie uchwalono miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego dla danego terenu. Z kolei w fazie projektowania inwestycji należy zwłaszcza przygotować projekt budowlany, a także uzyskać wymagane prawem opinie, pozwolenia, a ponadto uzyskać tytuł prawny do terenu, na który planowane jest przeprowadzenie inwestycji. Powyższe czynnościami są niezbędne do uzyskania pozwolenia na budowę, a co za tym idzie - rozpoczęcia etapu realizacji inwestycji. Cechą fazy planowania danej inwestycji jest lokalizacja inwestycji na terenie o przeznaczeniu odpowiednim dla danego rodzaju inwestycji [4]. Owa faza zakończona jest uzyskaniem decyzji o warunkach zabudowy zagospodarowania terenu, w przypadku, gdy dla danego terenu nie uchwalono miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. Z kolei, gdy uchwalono miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego, inwestor winien sprawdzić, które z parametrów zgodnych z ustaleniami planu zagospodarowania przestrzennego musi spełniać prowadzona przez niego inwestycja.

Przedstawiciele doktryny stoją na stanowisku, że plan miejscowy w dalszym ciągu jest podstawowym instrumentem realizacji zamierzeń inwestycyjnych [5]. Dlatego też, zgodnie z art. 4 ustawy i planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, ustalenie przeznaczenia terenu, rozmieszczenie inwestycji celu publicznego oraz określenie sposobów zagospodarowania i warunków zabudowy terenu następuje

w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego. W związku z tym, zasadą jest, że rada gminy podejmuje samodzielnie decyzję o objęciu danego terenu postępowaniem związanym z przygotowaniem planu. Z kolei w niektórych przypadkach ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym obliguje do uchwalenia planu miejscowego. Z racji tego należy rozróżnić plany miejscowe o charakterze fakultatywnym oraz plany miejscowe o charakterze obligatoryjnym. I tak, fakultatywny plan uchwalany jest w przypadku, gdy gmina, która nie jest obowiązana do tego przepisami ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, podejmuje uchwałę o procedurze sporządzenia takiego planu.

Z kolei obligatoryjne sporządzenie planu miejscowego może zostać przewidziane w przepisach odrębnych, jednak zgodnie z art. 10 ust. 2 pkt 8 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, obowiązek ten dotyczy w szczególności obszarów wymagających przeprowadzenia scaleń i podziału nieruchomości, jak również obszarów rozmieszczenia obiektów handlowych o powierzchni sprzedaży powyżej 400 m² oraz obszarów przestrzeni publicznej, czyli takich obszarów o szczególnym znaczeniu dla zaspokojenia potrzeb mieszkańców, poprawy jakości ich życia, jak również sprzyjające nawiązywaniu kontaktów społecznych ze względu na ich położenie oraz cechy funkcjonalno - przestrzenne.

Ustawodawca przewidział również sporządzenie zastępczego miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego przez wojewodę. Zgodnie z art. 12 ust. 3 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, jeżeli rada gminy nie uchwaliła studium, nie przystąpiła do jego zmiany albo uchwalając studium nie określiła w nim obszarów

rozmieszczenia inwestycji celu publicznego o znaczeniu krajowym i wojewódzkim, ujętych w planie zagospodarowania przestrzennego województwa lub też w programach, o których stanowi art. 48 ust. 1 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, wojewoda, po podjęciu czynności zmierzających do uzgodnienia terminu realizacji tych inwestycji i warunków wprowadzenia tych inwestycji do studium, wzywa on radę gminy do uchwalenia tego studium, bądź też jego zmiany w wyznaczonym terminie. Gdy termin minie bezskutecznie, wojewoda sporządza miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego lub jego zmianę dla obszaru, którego dotyczy beczynność gminy, a także w razie potrzeby wydaje w tej sprawie zarządzenie zastępcze. Koszty sporządzenia takiego planu ponosi gmina, której terenu dotyczyło wydane zarządzenie zastępcze [6].

Jednym z najważniejszych instrumentów polityki przestrzennej gminy jest studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy. Celem takiego studium jest określenie polityki przestrzennej gminy, w tym przede wszystkim zasad zagospodarowania przestrzennego. Studium jest przygotowywane przez wójta, burmistrza lub prezydenta miasta, uwzględniając przy tym zasady określone w koncepcji zagospodarowania przestrzennego kraju, a także ustalenie strategii rozwoju i planu zagospodarowania przestrzennego województwa [7].

Charakter prawny studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy został określony w art. 9 ust. 5 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym. Zostało tam wyraźnie stwierdzone, iż studium nie jest aktem prawa miejscowego, lecz prawem wewnętrznym, które wiąże organy gminy przy sporządzaniu

i uchwalaniu miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego [8].

Studium, jako akt prawa wewnętrznego, przesądza w sposób wiążący o przeznaczeniu terenów na określone cele, dlatego też ustawodawca wprowadził procedurę uchwalania studium z uwzględnieniem społeczeństwa. Zapewnił tym sposobem udział w dyskusji osobom zainteresowanym oraz możliwość złożenia wniosków i uwag do studium (zgodnie z art. 11 ustawy o zagospodarowaniu przestrzennym).

Ustalenie przeznaczenia terenu czy rozmieszczenie inwestycji celu publicznego, a także określenie sposobów zagospodarowania i warunków zabudowy danego terenu następuje w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego, który zgodnie z art. 14 ust. 8 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym jest aktem prawa miejscowego. W związku z tym, w odróżnieniu od studium, miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego stanowi akt prawa powszechnie obowiązującego i może stanowić podstawę do kształtowania uprawnień i obowiązków podmiotów niebędących administracją publiczną. Należy zatem podkreślić, że miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego wiąże gminy oraz instytucje publiczne i obywateli, a także podlega nadzorowi organów administracji rządowej w zakresie ustanowionym w rozdziale 10 ustawy o samorządzie gminnym. Plan składa się z części tekstowej, która zawiera ustalenia planowe oraz z załączonego rysunku planu (zgodnie z art. 15 ust. 1 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym). Ponadto, zgodnie z regulacją art. 20 ust. 1 wspomnianej ustawy, część tekstowa planu stanowi treść uchwały, a część graficzna i wymagane rozstrzygnięcia stanowią załączniki do uchwały.

Ponadto, zgodnie z art. 17 ust. 4 ustawy o planowaniu

i zagospodarowaniu przestrzennym, do projektu planu dołącza się również prognozę skutków wpływu ustaleń planu na środowisko przyrodnicze. Rysunek i prognoza są załącznikami do uchwały rady gminy, czym różnią się pod względem prawnym [9]. Wskazuje się, że rysunek jest integralną częścią miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego i obowiązuje w zakresie określonym uchwałą. Z kolei prognoza skutków planu w stosunku do środowiska zawiera informacje o przewidywanych przyrodniczych skutkach gospodarowania przestrzenią określonych w planie [10]. Warto jeszcze raz podkreślić, że prognoza jest nie tylko dokumentem, ale również jednym z elementów procedury z udziałem społeczeństwa.

W art. 15 ust. 2 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym zostały zawarte obligatoryjne elementy, które powinny zostać zawarte w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego, zaś w art. 15 ust. 3 tejże ustawy - elementy fakultatywne. Zgodnie z art. 50 ust. 1 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, inwestycja celu publicznego jest lokalizowana na podstawie miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, a w przypadku jego braku – w drodze decyzji o ustaleniu lokalizacji celu publicznego. Organem właściwym do wydania takiej decyzji jest wójt, burmistrz albo prezydent miasta, jednak w przypadku inwestycji celu publicznego o szerszym znaczeniu, tj. znaczeniu karkowym lub wojewódzkim, wymagane jest uzgodnienie takiej inwestycji z marszałkiem danego województwa. Warto zaznaczyć, że wojewoda wydaje decyzję o lokalizacji inwestycji celu publicznego jedynie w odniesieniu do terenów zamkniętych. Wojewoda może również wydać decyzję za wójta, burmistrza lub prezydenta, jeżeli ci po wezwaniu wojewody do wydania decyzji nie zrobią tego

w wyznaczonym terminie. Kosztami wydania takiej decyzji obciąża się gminę.

Podkreślenia wymaga decydujące znaczenie fazy planowania inwestycji dla całego procesu inwestycyjnego, które wynika z tej zależności, iż prawidłowe przygotowanie inwestycji na etapie planowania doprowadzi do jej szybszej realizacji [11]. Etap planowania może odegrać istotne znaczenie w sytuacji, gdy na tym etapie będą istniały odpowiednie procedury i rozwiązania prawne. W obowiązującym porządku prawnym nacisk kładziony jest na przyspieszenie procedur inwestycyjnych, a nie na wyważenie interesów i osiągnięcie porozumienia. W związku z tym należałoby postulować, aby to w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego była umieszczana lokalizacja inwestycji celu publicznego, a gdy lokalizacja inwestycji celu publicznego odbywa się na podstawie decyzji, należałoby uregulować w szerszym zakresie partycypację społeczną obywateli w tym zakresie.

3. Projektowanie inwestycji budowlanej

Na tym etapie inwestycji, uzyskanie decyzji o warunkach zabudowy lub stwierdzenie, że zamierzenie inwestycyjne jest zgodne z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego kończy fazę planowania inwestycji. Faza projektowania inwestycji budowlanej podlega regulacjom prawnym zawartym w ustawie Prawo budowlane. Celem owej fazy jest uzyskanie pozwolenia na budowę, a także zatwierdzenie dokumentacji projektowej, która obejmuje projekt budowlany wraz wymaganymi opiniami oraz uzgodnieniami [12]. Jak twierdzi H. Kisilowska, podstawową zasadą na jakiej opiera się obowiązujące prawo budowlane w Polsce jest zasada rozpoczynania robót

budowlanych na podstawie ostatecznej decyzji o pozwoleniu na budowę [13]. Dlatego też ta faza kończy etap przygotowania inwestycji, dla którego to dokumentacja projektów stanowi konkretyzację wszystkich czynności dokonywanych we wcześniejszych fazach. Jak się podkreśla, kolejne czynności znajdujące się na tym etapie realizacji inwestycji będą podlegały wyłącznie na materialnym urzeczywistnieniu zaprojektowanej inwestycji [14].

Generalną zasadą polskiego prawa budowlanego jest zasada wolności budowlanej. Jak stanowi art. 4 ustawy Prawo budowlane, każdy ma prawo do zabudowy nieruchomości gruntowej, jeżeli wykaze prawo do dysponowania daną nieruchomością na cele budowlane, oczywiście pod warunkiem zgodności zamierzenia budowlanego z obowiązującymi przepisami [15]. Jak wskazuje W. Jakimowicz, w doktrynie mówi się o konstrukcji wolnościowego prawa zabudowy wywodzącego się z zasady wolności budowlanej [16]. Z kolei jak wskazuje Z. Leoński, z Konstytucji wynika, że ingerencja władcza, która dotyczy sposobu korzystania z nieruchomości w procesach budowlanych, musi być przewidziana - szczególnie w przepisach ustawy Prawo budowlane. Według Z. Leońskiego, przepisy prawa materialnego powinny w sposób wyraźny przewidywać zarówno zakres, jak i formy ingerencji władz administracji publicznej w procesy budowlane [17].

Mając na uwadze powyższe, wskazuje się, że zasada wolności budowlanej funkcjonuje w sprzeczności z art. 28 ustawy Prawo budowlane, który stanowi, że roboty budowlane można zacząć na podstawie ostatecznej decyzji o pozwoleniu na budowę.

D. R. Kijowski wskazuje natomiast, iż w doktrynie niemieckiej dominuje pogląd, iż procedura udzielania pozwoleń zakłada, że dana

działalność nie jest dozwolona każdemu i że istnieją ustawowe ograniczenia powszechnej wolności zachowań [18]. Istota tych aktów polega na tym, iż czynią one dla osób, dla których są udzielana, dozwolonymi takie zachowania, które dla innych osób są zabronione. Ponadto, w doktrynie niemieckiej rozróżniano zakaz prewencyjny oraz zakaz represyjny. Zakaz prewencyjny służy przede wszystkim temu, aby działalność związana z obowiązkiem uzyskania pozwolenia została poddana skutecznej kontroli władzy administracyjnej. Z kolei zakazy represyjne mają za zadanie wyeliminowanie podejmowania zakazanej działalności. Jak wskazuje D. R. Kijowski, w wyniku udzielenia pozwolenia zwalniającego spod zakazu prewencyjnego, jednostka nie nabywa żadnego nowego prawa, a ustanowienie wymogu uzyskania pozwolenia na określone działania czy zachowanie samo z siebie nie powoduje, że stają się one prawnie zakazane [19].

Należy uznać, że ustawodawca wprowadzając pozwolenie na budowę nie ustanowił tym samym powszechnego zakazu zabudowy. W doktrynie wskazuje się, że na podstawie teorii pozwolenia jako aktu uchylającego powszechny zakaz wyrażono pogląd, iż pozwolenie na budowę nie konkretyzuje w stosunku do inwestora w żadnym przypadku powstałych wcześniej uprawnień, które wynikałyby bezpośrednio z mocy ustawy dla inwestora [20]. Ponadto, pozwolenie na budowę - jak każde pozwolenie - jest aktem konstytutywnym, przez który inwestor nabywa nieposiadane wcześniej uprawnienia do realizowania zaplanowanej przez siebie inwestycji [21].

Inwestor powinien złożyć wniosek o wydanie pozwolenia na budowę i dołączyć do niego m.in.:

- cztery egzemplarze projektu budowlanego wraz z opiniami,

pozwoleniami i innymi dokumentami, które są wymagane przepisami szczególnymi, a także zaświadczenie o posiadanych uprawnieniach budowlanych projektanta oraz o posiadającym wpisie na listę członków właściwej izby samorządu zawodowego,

- oświadczenie o posiadającym prawie do dysponowania nieruchomością na cele budowlane i

- decyzję o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, jeżeli wymagana jest ona zgodnie z przepisami ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [22].

Ponadto, do projektu powinny być dołączone oświadczenia o zapewnieniu dostaw oraz określenie warunków przyłączenia do sieci, chodzi tu o działalność z zakresu dostaw ciepła, energii i gazu oraz warunki przyłączenia do sieci cieplnych, gazowych telekomunikacyjnych i elektroenergetycznych [23]. Z kolei gospodarka wodno - kanalizacyjna i gospodarka odpadami oraz zarząd drogami gminnymi leżą w kompetencji zadań własnych gminy i to organy gminy określają warunki przyłączenia do sieci wodno - kanalizacyjnych, a także warunki korzystania z dróg gminnych.

Zgodnie z art. 35 ust. 1 ustawy Prawo budowlane, przed wydaniem decyzji o pozwoleniu na budowę lub odrębnej decyzji o zatwierdzeniu projektu budowlanego właściwy organ sprawdza zgodność projektu zagospodarowania działki czy też terenu z ustaleniami miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego lub decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu - w przypadku braku miejscowego planu zagospodarowania planu, a także z wymaganiami ochrony środowiska - w szczególności tymi określonymi w decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, o których stanowi ustawa

o udostępnianiu informacji o środowisku.

Decyzja o pozwoleniu na budowę, zgodnie z 36 ust. 1 ustawy Prawo budowlane oraz art. 107 kodeksu postępowania administracyjnego [24] powinna zawierać:

- warunki zabezpieczenia terenu budowy i prowadzenia robót budowlanych,
- czas użytkowania tymczasowych obiektów budowlanych oraz termin ich rozbiórki,
- termin rozbiórki istniejących obiektów budowlanych nieprzewidzianych do dalszego użytkowania,
- szczegółowe wymagania dotyczące nadzoru na budowie,
- obowiązek uzyskania pozwolenia na użytkowanie, jeżeli jest to uzasadnione względami bezpieczeństwa ludzi lub mienia, bądź też ochrony środowiska.

Jak podkreśla się w doktrynie, organ, który wydał decyzję o pozwoleniu na budowę za zgodą strony, dla której decyzja została wydana, powinien przenieść tę decyzję na rzecz innej osoby prawnej lub fizycznej, która wykaże się prawem do dysponowania nieruchomością na cele budowlane i przyjmie zawarte w decyzji warunki. Jest to istotne szczególnie dla osób nabywających rozpoczętą już budowlę. W taki właśnie sposób chroni się własność prywatną oraz interes nabywcy nieruchomości [25].

4. Strategiczna ocena oddziaływania na środowisko

Największą rolę wśród wszystkich regulacji ochrony środowiska odgrywają te związane z przedsięwzięciami mogącymi znacznie oddziaływać na środowisko. W związku z tym, w ostatnim rozdziale

zostaną omówione regulacje związane ze strategiczną oceną oddziaływania na środowisko, a także regulacje związane z obszarami Natura 2000 i postępowaniem w sprawie oceny oddziaływania planowanych przedsięwzięć, jak również decyzje o uwarunkowaniach środowiskowych.

Strategiczna ocena oddziaływania na środowisko jest przeprowadzana w odniesieniu do określonych ustawowo programów i planów. Pierwsze ustawowe zapisy związane z oceną oddziaływania na środowisko znajdowały się w nieobowiązującej już ustawie o zagospodarowaniu przestrzennym z 1994 r. W art. 10 ust. 2 tej ustawy widniał obowiązek sporządzania prognozy skutków wpływu ustaleń miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego na środowisko przyrodnicze. J. Jendrośka stwierdził, że ówczesnie mieliśmy do czynienia z ukrytą pod dość niezgrabną nazwą pionierską próbę wprowadzenia do polskiego systemu prawnego instytucji strategicznych ocen oddziaływania na środowisko, tj. odnoszących się do programów, planów czy polityk [26]. Ocena oddziaływania na środowisko planów i programów została wprowadzona do polskiego porządku prawnego w 2000 r. nieobowiązującą już ustawą o dostępie do informacji o środowisku. Zgodnie art. 20 ust. 1 tejże ustawy, organ administracji publicznej, który opracowuje projekt dokumentu lub wprowadza zmiany do przyjętego dokumentu, o którym stanowi art. 19 ust. 1, sporządza prognozę oddziaływania na środowisko.

Parlament Europejski i Rada uregulowali problematykę strategicznych ocen oddziaływania na środowisko w dyrektywie 2001/42/WE z 27 czerwca 2001 r. w sprawie oceny wpływu niektórych planów i programów na środowisko [27]. Z. Bukowski twierdzi, że

strategiczne oceny oddziaływania na środowisko są instrumentem realizacji zasady integracji, która jest zawarta w art. 6 Traktatu ustanawiającego Wspólnotę Europejską. Owa zasada przewiduje obowiązek zintegrowania wymagań ochrony środowiska z ustaleniami innych polityk i sfer działań [28]. Jak wskazuje się w piśmiennictwie, celem dyrektywy jest zapewnienie wysokiego poziomu ochrony środowiska i przyczynieni się do uwzględnienia aspektów środowiskowych w przygotowaniu i przyjmowaniu planów i programów w celu wspierania równoważonego rozwoju poprzez zapewnienie, że dokonywana ocena oddziaływania na środowisko niektórych planów czy programów może potencjalnie wpływać na środowisko [29]. Dyrektywa wskazuje, że przeprowadzenie strategicznej oceny oddziaływania wymagają plany i programy, które:

- przygotowane są dla rolnictwa, leśnictwa, rybołówstwa, energetyki, przemysłu, transportu, gospodarki odpadami, gospodarki wodnej, telekomunikacji, turystyki, planów zagospodarowania przestrzennego lub użytkowania gruntów, a także planów i programów, które ustalają ramy dla przyszłego zezwolenia na inwestycję dotyczącą projektów wymagających przeprowadzenia takiej oceny,
- ze względu na potencjalny wpływ na tereny zostały uznane za wymagające oceny na podstawie dyrektywy Rady 92/43/EWG z 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk naturalnych oraz dzikiej fauny i flory [30].

Podobne uregulowania znalazły się w ustawie o udostępnianiu informacji o środowisku. Jednakże, ustawa przewiduje możliwość odstępstwa od obowiązku przeprowadzenia strategicznej oceny, ale wyłącznie w przypadku dokumentów, które stanowią niewielkie

modyfikacje w ustaleniach już przyjętych dokumentów lub projektów dokumentów dotyczących obszarów w granicach jednej gminy. Odstąpienie od przeprowadzenia strategicznej oceny jest możliwe wyłącznie po uzyskaniu zgody właściwego organu Państwowej Inspekcji Sanitarnej i regionalnego dyrektora ochrony środowiska, bądź też Generalnego Dyrektora Ochrony Środowiska, o czym stanowi art. 48 w zw. z art. 57 i art. 58 wspomnianej ustawy).

Z kolei prognoza oddziaływana na środowisko jest dokumentem, który z jednej strony charakteryzuje projekt dokumentu oraz istniejący stan środowiska, a z drugiej strony określa przewidywane znaczące oddziaływanie na środowisko oraz jego poszczególne elementy, a także rozwiązania mające na celu zapobieganie, ograniczanie lub kompensację przyrodniczą negatywnych oddziaływań na środowisko, mogących być rezultatem realizacji projektowanego dokumentu, a w szczególności na cele i przedmiot ochrony obszaru Natura 2000 oraz integralność tego obszaru [31]. Taka prognoza ma zawierać rozwiązania alternatywne w porównaniu do rozwiązań zawartych w projektowanym dokumencie wraz z uzasadnieniem ich wyboru, a także opis meto dokonania takiej oceny prowadzącej do tego wyboru lub wyjaśnienie braku rozwiązań alternatywnych, w tym także wskazanie napotkanych trudności wynikających z niedostatecznie rozwiniętej techniki lub luk we współczesnej wiedzy [32]. Ponadto, informacje zawarte w prognozie oddziaływania na środowisko winny być opracowane adekwatnie do stanu współczesnej wiedzy oraz metod ochrony, jak również dostosowane do zawartości i stopnia szczegółowości projektowanego dokumentu i etapu przyjęcia tego dokumentu w procesie opracowania projektów dokumentów powiązanych z tymże dokumentem [33].

Do przyjętego dokumentu dodaje się również wyniki postępowania transgranicznego oddziaływania na środowisko, oczywiście w sytuacji, gdy zostało przeprowadzone. Negatywne oddziaływanie na środowisko inwestycji budowlanych planowanych w opracowywanych dokumentach nie zna tak naprawdę granic administracyjnych, dlatego też polskie organy w przypadku możliwości oddziaływania na środowisko pochodzącego z terytorium Polski, jak również organy innych państw – w przypadku, gdy na ich terenie znajduje się źródło mogące oddziaływać na środowisko - mają obowiązek przeprowadzenia takich konsultacji [34]. Dlatego też, Polska ratyfikowała w dniu 12 czerwca 1997 r. konwencję o ocenach oddziaływania na środowisko w kontekście transgranicznym [35]. Poza tym, dostosowano polskie przepisy do dyrektyw unijnych regulujących tzw. strategiczną ocenę oddziaływania na środowisko oraz dyrektyw o ocenie oddziaływania na środowisko przedsięwzięć, w których znajdują się przepisy regulujące postępowanie dotyczące transgranicznego oddziaływania.

W ustawie o udostępnianiu informacji o środowisku wyróżniono trzy rodzaje procedur transgranicznych:

- postępowanie w sprawie transgranicznego oddziaływania pochodzącego z terytorium Rzeczypospolitej Polskiej w przypadku projektów polityk, strategii, planów i programów,
- postępowanie w sprawie transgranicznego oddziaływania pochodzącego z terytorium Rzeczypospolitej Polskiej w przypadku przedsięwzięć,
- postępowanie w przypadku oddziaływani pochodzącego z zagranicy.

W przypadku wystąpienia transgranicznego oddziaływania na środowisko planowanego przedsięwzięcia oraz przedsięwzięć ujętych w projektach strategii, polityk, planów i programów to organ

właściwy prowadzi konsultacje z państwem, na którego terytorium może wystąpić oddziaływanie. Dokumenty przyjęte po przeprowadzeniu takiej oceny oddziaływania na środowisko są przekazywane w postępowaniu państwu, które w nim uczestniczyło [36].

5. Decyzja o uwarunkowaniach środowiskowych

Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach jest instytucją stosunkowo nową [37]. Określa środowiskowe uwarunkowania realizacji przedsięwzięcia. Uzyskanie takiej decyzji jest wymagane dla planowanych przedsięwzięć, które mogą zawsze lub tylko potencjalnie oddziaływać na środowisko. Celem takich rozwiązań było uporządkowanie postępowania administracyjnego w sprawie realizacji niektórych przedsięwzięć przez wyłączenie oceny oddziaływania na środowisko do odrębnego postępowania. Ponadto, jak wskazuje Z. Niewiadomski, postępowanie w sprawie oceny w prawie ochrony środowiska jest postępowaniem autonomicznym, niezależnym od innych postępowań administracyjnych oraz kończącym się wydaniem decyzji rozstrzygającej sprawę co do istoty [38].

Wydanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach następuje przed uzyskanie decyzji o:

- pozwoleniu na rozbiórkę obiektów jądrowych,
- zmianie lasu na użytek rolny,
- pozwoleniu na budowę obiektu budowlanego, zatwierdzeniu projektu budowlanego oraz pozwoleniu na wznowienie robót budowlanych,
- zezwoleniu na realizację inwestycji drogowej,
- ustaleniu lokalizacji autostrady,
- ustaleniu lokalizacji linii kolejowej,

- zezwoleniu na realizację inwestycji w zakresie lotniska użytku publicznego,
- ustaleniu lokalizacji inwestycji w zakresie terminalu regazyfikacyjnego skroplonego gazu ziemnego, jak również przed uzyskaniem pozwolenia wodnoprawnego na wykonanie urządzeń wodnych [39].

Dla ochrony środowiska decydujące znaczenie ma etap planowania inwestycji oraz celowe przeprowadzenie postępowania właśnie przed wydaniem decyzji o warunkach zabudowy. Dlatego też, dla realizacji przedsięwzięć mogących w sposób znaczący oddziaływać na środowisko, decydujące znaczenie mają ustalenia zawarte w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego, a sytuacji jego braku - decyzja o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu. Należy zgodzić się z twierdzeniem, że decyzja o warunkach zabudowy i zagospodarowania przestrzennego, jak również miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego są kluczowym elementem procesu inwestycyjno - budowlanego - szczególnie w przypadku, gdy inwestycja celu publicznego, oddziałująca na środowisko w sposób negatywny, ma być lokalizowana na podstawie decyzji o warunkach zabudowy zagospodarowania terenu [40]. Ponadto, w procesie inwestycyjno - budowlanym, akty administracyjne mają na celu przede wszystkim poddane wstępnej kontroli planowanej działalności inwestycyjnej przez właściwe organy administracji publicznej. Jak twierdzi E. Iwanek - Chachaj, efekt kontroli mógłby zostać osiągnięty przez wprowadzenie nakazów i zakazów obowiązujących inwestora, a także kontrolowanie ich realizacji, niemniej jednak poddanie zamierzeń inwestora kontroli wstępnej wydaje się być bardziej skuteczne [41].

Do wniosku o wydanie decyzji na zgodę na wykonanie

przedsięwzięcia należy również dołączyć decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach. Taka decyzja jest ważna przez 4 lata od dnia, w którym stała się ostateczna, a niezachowanie tego terminu stanowi przesłankę obligatoryjną do wygaśnięcia decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach [42]. Mimo to, termin może zostać wydłużony o 2 lata, jeżeli realizacja planowanego przedsięwzięcia przebiega etapowo, a także jeśli nie zmieniły się warunki określone w decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych.

Decyzja o uwarunkowaniach środowiskowych jest rodzajem pozwolenia administracyjnego. D. R. Kijowski podaje, że procedura udzielania pozwoleń zakłada, że dana działalność nie jest dozwolona każdemu oraz że istnieją ustawowe ograniczenia powszechnej wolności zachowań [43]. Dlatego też, sytuacja prawna występującego z wnioskiem o pozwolenie jest taka, że zwraca on się do władzy o umożliwienie mu odjęcia działania lub też zachowania się w taki sposób, który może być zabroniony prawem, lecz zgodnie z ogólnie panującymi zasadami wolności działania i swobodnego korzystania z własności - dopuszczalny [44]. Poza tym, uzyskanie pozwolenia przywróci mu jedynie ogólną, naturalną wolność, z której nie mógł przejściowo korzystać, ze względu na prewencyjny zakaz.

W całej procedurze oddziaływania na środowisko istotne jest ustalenie organu odpowiedzialnego za ochronę środowiska w trakcie całego procesu inwestycyjno - budowlanego. Wprowadzenie odrębnej decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych pozwoliło na ustalenie organu odpowiedzialnego za decyzję określającą wymagania ochrony środowiska dla inwestycji [45]. Według projektodawców ustawy o udostępnianiu informacji o środowisku, rozwiązania w zakresie ustroju

organów ochrony środowiska w połączeniu ze zmianami kompetencyjnymi i przepisami regulującymi procedurę oceny oddziaływania na środowisko spowodują koncentrację zadań w rękach jednego organu, co pozwoli na:

- ograniczenie liczby wymaganych uzgodnień, co znacznie skróci procedurę,
- przeniesienie odpowiedzialności za tok postępowania na jeden organ, czyli nastąpi przyspieszenie procedur administracyjnych,
- zapewnienie wysokiej jakości aparatu urzędniczego odpowiedni wyspecjalizowanego i sprofilowanego, co ma zagwarantować wysoki stopień poprawności formalnoprawnej przebiegu procedury administracyjnej i materialnej podejmowanych przez organ rozstrzygnięć [46].

Na podstawie przeprowadzonych rozważań należałoby uznać, że wprowadzenie do procedury oceny oddziaływania na środowisko decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych może pozytywnie wpłynąć, zarówno na ustalenie kompetencji organów odpowiedzialnych za realizację wymagań związanych z ochroną środowiska w procesie inwestycyjno - budowlanym, jak również na sam przebieg całego postępowania.

W przypadku, gdy decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach dotyczy dużych inwestycji, takich jak linie kolejowe czy drogi, to regionalny dyrektor ochrony środowiska jest zarówno organem, który prowadzi ustalenia, jak również organem, który wydaje decyzje [47]. To właśnie z uwagi na tak duże inwestycje istotnym jest, żeby wiadomo było, kto jest organem odpowiedzialnym za ustalenia dotyczące środowiska.

Ważnym punktem, który wymaga podkreślenia jest także obowiązek zasięgnięcia opinii, który jest niewiążącą formą współdziałania. Naczelny Sąd Administracyjny, w wyroku z dnia 14 maja 1996 r. [48], wypowiedział się w tej kwestii stwierdzając, że nie jest dopuszczalne zastępowanie obowiązku uzgodnień, zobowiązaniem strony do uzupełnienia tych wymogów po wydaniu decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania przestrzennego.

Przedmiotem uzgodnień mogą być w szczególności określenia warunków wynikających z przepisów szczególnych, jak również określenia warunków obsługi w zakresie infrastruktury technicznej [49]. Naczelny Sąd Administracyjny podjął dnia 15 lutego 1999 r. uchwałę, w której stwierdził, że odmowa uzgodnienia decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu przez wojewódzkiego konserwatora zabytków w odniesieniu do obszarów objętych ochroną konserwatorską oznacza, że nie można ustalić warunków zabudowy i zagospodarowania terenu dla zamierzonej inwestycji [50]. Dlatego też, jak wynika z przytoczonej uchwały, organ uzasadniający wydaje postanowienie, które zawiera pozytywną ocenę zamierzenia lub postanowienie o odmowie uzgodnienia. Warto również zaznaczyć, że współdziałanie organów przy wydawaniu decyzji nie może być uznane jako współdecyzja. Z. Kmiecik uznał, że współdecyzja to działanie dwóch organów, których oświadczenia woli przy wydawaniu aktu administracyjnego mają ten sam walor prawny i dlatego łącznie kształtują stosunek prawny [51]. Stąd też, organ wydający decyzję po uzgodnieniu ponosi odpowiedzialność za ustalenia przyjęte w wydanej decyzji i jego kompetencja do wydania tej decyzji nie jest uznawana za współkompetencję.

6. Podsumowanie

Regulacje prawne w zakresie ochrony środowiska w procesie inwestycyjno - budowlanym wymagają analizy szerokiego zakresu tematycznego. Prawo szczegółowo określa, jakie warunki powinien spełnić inwestor, aby skutecznie i zgodnie z prawem mógł przeprowadzić zaplanowaną inwestycję.

Pierwszym istotnym działaniem, które może pomóc w sprawnym przeprowadzeniu inwestycji jest stosowanie się do wymogów, które są stawiane w poszczególnych etapach inwestycji, jak również terminowe spełnianie procedur, których realizacja jest istotą dalszych powodzeń inwestycji.

W literaturze wskazuje się, że warunkiem o charakterze priorytetowym jest także odpowiednie pojmowanie interesu publicznego, który ma być realizowany w procesie inwestycyjno - budowlanym, właśnie w odniesieniu do ochrony środowiska. Pozytywnie należy ocenić katalog środków ochrony środowiska, który znajduje się zarówno w ustawie Prawo ochrony środowiska, ustawie o ochronie przyrody, czy w ustawie o udostępnianiu informacji o środowisku. Ustawodawca starał się zabezpieczyć tereny szczególnie cenne ustanawiając m.in. obszary specjalne czy obszary Natura 2000. Rzeczywiście, kryteria, które należy spełnić, aby móc zrealizować inwestycję na tych obszarach albo w ich okolicy są zaostrzone w stosunku do tych, które należy spełnić w innej lokalizacji. Bez wątpienia przeprowadzenie inwestycji na tych obszarach jest bardziej czasochłonne i niekiedy kosztochłonne, niemniej jednak znaczenie tych obszarów jest o tyle istotne, że wzmożona ochrona jest bardzo korzystnym rozwiązaniem. Warto zaznaczyć, że dotychczas ocena oddziaływania

danego zamierzenia budowlanego na środowisko była dokonywana w ramach postępowania o wydanie decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych zgody na realizację przedsięwzięcia. Ten stan rzeczy zmienił się wraz z nowelizacją ustawy o udostępnianiu informacji o środowisku.

Literatura:

1. Z. Kmiecik, *Ogólne zasady prawa i postępowania administracyjnego*, Warszawa 2000, str. 159.
2. Ibidem.
3. H. Machińska, *Mediacja w rozwiązywaniu konfliktów ekologicznych*, [w:] H. Machińska (red.), *Mediacja w sprawach administracyjnych*, Warszawa 2007, str. 85.
4. K. M. Ziemiński, *Indywidualny akt administracyjny jako forma prawna działania administracji*, Poznań 2005, str. 52.
5. P. Kwaśniak, *Plan miejscowy w systemie zagospodarowania przestrzennego*, Warszawa 2008, str. 73.
6. M. Zakrzewska, *Ochrona środowiska w procesie...*, op. cit., str. 34.
7. J. Jendrośka, *Protokół w sprawie strategicznych ocen oddziaływania na środowisko*, "Prawo i środowisko", 2003, nr 3, str. 53.
8. Z. Niewiadomski, *Nowe prawo o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym. Komentarz*, Warszawa 2003, str. 21 - 22.
9. P. Kwaśniak, *Plan miejscowy w systemie ...*, op. cit., str. 184.
10. M. Zakrzewska, *Ochrona środowiska w procesie...*, op. cit., str. 37.
11. G. Zalas, *Warunki zabudowy i zagospodarowania terenu - nowe rozwiązania w zakresie realizacji inwestycji*, "Casus", 2004, nr 31, str. 43.

12. M. Zakrzewska, *Ochrona środowiska w procesie...*, op. cit., str. 46.
13. H. Kisilowska, *Postępowanie...*, op. cit., str. 140.
14. I. Weiss, R. Jurga, *Inwestycje budowlane...*, op. cit., str. 148.
15. Z. Leoński, *Zarys prawa administracyjnego*, Warszawa 2004, str. 473.
16. W. Jakimowicz, *Konstrukcja i istota wolnościowego prawa zabudowy*, "Samorząd Terytorialny", 2005, nr 6, str. 47.
17. Z. Leoński, *Zarys...*, op. cit., str. 473.
18. D. R. Kijowski, *Pozwolenia w administracji publicznej. Studium, z teorii prawa administracyjnego*, Białystok 2000, str. 56.
19. Ibidem. str. 57.
20. I. Skrzydło - Niżnik, P. Dobosz, *Prawne problemy procesy inwestycyjno - budowlanego i konserwatorskiego*, Kraków 2002, str. 76.
21. Ibidem, str. 77.
22. Ibidem, str. 78.
24. M. Zakrzewska, *Ochrona środowiska w procesie...*, op. cit., str. 49.
25. Ustawa z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego, t.j., Dz. U. 2013, poz. 267 z późn. zm., dalej jako: "k.p.a".
26. H. Kisilowska, *Prawo budowlane...*, op. cit., str. 282.
27. J. Jendrośka, *Ocena oddziaływania na środowisko (OOS). Fachowa ekspertyza czy procedura z udziałem społeczeństwa. Sytuacja z Polsce na tle tendencji światowych*, Wrocław 1997, str. 74.
28. Dz. Urz. WE 2001 L 197/30.
29. Z. Bukowski, *Prawo ochrony ...*, op. cit., str. 38.
30. Ibidem, str. 39.
31. Ibidem.

32. M. Zakrzewska, *Ochrona środowiska w procesie...*, op. cit., str. 110.
33. E. Iwanek - Chachaj, *Ocena oddziaływania na środowisko*, [w:] J. Stelmasiak, (red.), *Prawo ochrony środowiska*, Warszawa 2009, str. 100.
34. Ibidem, str. 101.
35. M. Zakrzewska, *Ochrona środowiska w procesie...*, op. cit., str. 111.
36. Dz.U. 1999, Nr 96, poz. 1110.
37. Z. Bukowski, *Prawo ochrony ...*, op. cit., str. 47.
38. K. Gruszecki, *Decyzja o uwarunkowaniach środowiskowych a zasada przezorności*, "Państwo i Prawo", 2007, nr 3, str. 14.
39. Z. Niewiadomski (red.), *Prawo budowlane. Komentarz*, Warszawa 2007, str. 337.
40. M. Zakrzewska, *Ochrona środowiska w procesie...*, op. cit., str. 122.
41. Ibidem, str. 125.
42. E. Iwanek - Chachaj, *Ocena oddziaływania....*, op. cit., str. 108.
43. Ibidem.
44. D. R. Kijowski, *Pozwolenia w administracji publicznej...*, op. cit., str. 56.
45. Ibidem, str. 57.
46. M. Zakrzewska, *Ochrona środowiska w procesie...*, op. cit., str. 130.
47. *Uzasadnienie rządowego projektu ustawy o udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenie oddziaływania na środowisko*, druk sejmowy nr 768, www.sejm.gov.pl/Prace Sejmu VI kadencji.
48. J. Niczyporuk, *Kompetencja administracyjna*, Lublin 1999, str. 135.
49. SA/Wr 3486/96, OSS 1997, nr 1, poz. 2.
50. T. Bąkowski, *Decyzja o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu*, Warszawa 2001, str. 90.

51. Uchwała składu 5 sędziów Naczelnego Sądu Administracyjnego z dnia 15 lutego 1999 r., OPK 14/98, "Prokuratura i Prawo", 1999, nr 4, str. 40.
52. Z. Kmieciak, *Mediacja i koncyliacja w prawie administracyjnym*, Kraków 2004, str. 68.

dr hab. Łaska Grażyna prof. PB, mgr inż. Nazaruk Bożena¹⁾

Politechnika Białostocka

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska

ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

¹⁾bozena.naz@wp.pl

Plantacje roślin energetycznych – źródło energii odnawialnej

Energy plantations - a renewable energy source

Słowa klucze: *uprawy energetyczne, fitoremediacja, odnawialne źródła energii*

Keywords: *energy crops, phytoremediation, renewable energy source*

Streszczenie: Obecnie, w Polsce obserwuje się stały wzrost ilości energii pozyskanej ze źródeł odnawialnych. Według danych GUS jedna trzecia użytków rolnych w Polsce (czyli około 5,5 mln ha) to słabe ziemie V i VI klasy, na których tradycyjne rolnictwo balansuje na granicy opłacalności. W wielu przypadkach bardziej opłacałoby się przeznaczyć je na uprawy roślin energetycznych. Według analiz Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach bez szkody dla produkcji żywności można duże obszary w naszym kraju przeznaczyć na uprawy roślin energetycznych.

Na szczególną uwagę zasługuje rola roślin energetycznych w oczyszczaniu środowiska przyrodniczego, czyli ich naturalna zdolność do akumulacji metali ciężkich. W grupie roślin o potencjale fitoremediacyjnym wymienia się większość roślin uprawianych do celów energetycznych o wysokim poziomie plonowania. Sugerowane jest więc zakładanie upraw energetycznych na terenach zanieczyszczonych metalami ciężkimi, na obszarach zdewastowanych i zdegradowanych.

Celem artykułu jest analiza i identyfikacja odnawialnych źródeł energii w Polsce. Zaznaczona została rola biomasy jako podstawowego źródła energii odnawialnej, a także rola plantacji energetycznych jako sposobu na uzupełnienie niedoborów w jej dostawach.

1. Wstęp

Zgodnie z dyrektywą 2009/28/WE państwa członkowskie są zobowiązane do zapewnienia określonego udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w 2020 roku [1]. W Polsce, 97% wykorzystywanej energii pochodzi ze spalania węgla, zaliczanego do nieodnawialnych źródeł energii[2]. W związku z wyczerpywaniem się zasobów węgla kamiennego należy dążyć do zastąpienia paliw konwencjonalnych odnawialnymi źródłami energii. W naszym kraju dominującym źródłem energii odnawialnej jest biomasa [6]. Korzyści z wykorzystania biomasy na cele energetyczne, w tym również w ochronie środowiska, są korzyściami na poziomie globalnym, głównie poprzez obniżenie kosztów wydatkowanych na przeciwdziałanie zmianom klimatycznym. Doskonałym sposobem uzupełnienia zapotrzebowania na biomasę jest zakładanie plantacji roślin energetycznych. Uprawy te jednocześnie mogą służyć zagospodarowaniu nieużytków rolnych oraz rekultywacji terenów zdegradowanych. Pomimo tego, że od kilku lat obserwowany jest w Polsce wzrost zainteresowania uprawami energetycznymi, a produkcja i pozyskanie biomasy szybko rosnących gatunków jest kreowana jako kierunek produkcji rolniczej, to rozwój tej nowej działalności rolniczej określanej jako „aeroenergetyka” jest w dużym stopniu warunkowany aspektami ekonomicznymi [7].

Wyższe ceny energii, zagrożenia dla bezpieczeństwa dostaw i zmiany klimatu, zmuszają państwa całego świata do działań obronnych. Jedną z form takiej obrony jest wdrażanie zrównoważonego systemu energetycznego. System taki charakteryzuje się następującymi zasadami [8]:

- zaspokojenie potrzeb,
- bezpieczeństwo energetyczne,
- ochrona środowiska,
- konkurencyjność gospodarki.

W praktyce nie ma wątpliwości, że źródła odnawialne stanowią przykład najbardziej zrównoważonych technologii pozyskania energii, jednakże ich stosowanie musi uwzględniać wiele czynników, takich jak zdolności wytwórcze, dostęp do zasobu energetycznego oraz popyt na energię na danym obszarze i wielkość jego rozproszenia. Warto również pamiętać, że pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych powoduje koszty środowiskowe [9].

Jakakolwiek produkcja jest zrównoważona tylko wtedy, gdy bierzemy pod uwagę przy jej planowaniu oddziaływanie na środowisko oraz dobro przyszłych pokoleń. Nie zawsze wykorzystanie odnawialnych źródeł energii ma charakter zrównoważony. Wątpliwości budzi scentralizowana energetyka oparta o źródła biomasowe, prowadząca do zmniejszenia sprawności urządzeń, problemów logistycznych i zakłócenia rynku biomasy [8]. Duże podmioty energetyki, wykupując duże ilości biomasy, zniekształcają i degenerują jej rynek, utrudniając rozwój lokalnej, rozproszonej energetyki, która zgodnie z obecnym stanem wiedzy wydaje się być najefektywniejszym sposobem na wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, stymulującym gospodarczy rozwój regionów oraz wzrost bezpieczeństwa energetycznego. Stąd mówiąc o zrównoważonej energetyce musimy brać pod uwagę efektywność wykorzystania źródeł (substratów) oraz sprawność procesu, bioróżnorodność (np. w produkcji biomasy), wpływ na klimat i środowisko (problem zanieczyszczeń), aspekt społeczny (w tym

bezpieczeństwo żywnościowe, jak i zachowanie dóbr kultury) oraz ekonomiczny (np. wpływ bioenergetyki na rynek pracy czy bezpieczeństwo energetyczne) [8]. Wykorzystanie biomasy jako największego spośród wykorzystywanych biopaliw, jest efektywnym sposobem pozyskania energii i skuteczną metodą na ochronę środowiska naturalnego i zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego regionu. Pod względem ekonomicznym wykorzystanie biomasy pochodzenia roślinnego jest opłacalne, z ekologicznego punktu widzenia bardzo uzasadnione.

2. Odnawialne źródła energii – aspekty prawne

Na początku 2015 roku w Polsce przyjęto dwa kluczowe akty prawne. Po pierwsze, nowelizację ustawy o biokomponentach i biopaliwach z 28 stycznia 2015 r., która pozwala dostosować polskie przepisy do wymogów unijnej dyrektywy o promocji stosowania odnawialnych źródeł energii oraz ustawę o odnawialnych źródłach energii. Celem nowelizacji ustawy o biokomponentach i biopaliwach jest kompleksowe uregulowanie spraw związanych z wdrożeniem przepisów dyrektywy 2009/28/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniającej i w następstwie uchylającej dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE, a także dyrektywy Rady 2013/18/UE z dnia 13 maja 2013 r. dostosowującej dyrektywę 2009/28/WE, w związku z przystąpieniem Republiki Chorwacji do Unii Europejskiej [5]. Nowelizacja zmienia m.in. następujące przepisy w ustawie z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych [5]:

- zmiany dotyczące zaliczania biokomponentów podmiotowi realizującemu Narodowy Cel Wskaźnikowy – biokomponenty mogą być zaliczone podmiotowi realizującemu Narodowy Cel Wskaźnikowy na poczet realizacji obowiązku (obligatoryjny udział biokomponentów i innych paliw odnawialnych w ogólnej ilości paliw ciekłych i biopaliw ciekłych sprzedawanych, zbywanych lub zużywanych);
- w transporcie drogowym i kolejowym wyłącznie wtedy, gdy: (a) spełniają kryteria zrównoważonego rozwoju oraz (b) nie zostały wcześniej zaliczone na poczet realizacji obowiązku określonego w art. 3 ust. 4 dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniającej i w następstwie uchylającej dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE;
- wprowadza definicje: biokomponentów spełniających kryterium ochrony terenów o wysokiej wartości bioróżnorodności, biokomponentów spełniających kryterium ochrony terenów zasobnych w duże ilości pierwiastka węgla, biokomponentów spełniających kryterium zrównoważonej gospodarki rolnej oraz regulują sposób potwierdzenia spełnienia kryteriów zrównoważonego rozwoju, co będzie się odbywać przez system bilansu masy.

Odnawialne źródła energii w rozumieniu ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii oznaczają odnawialne, niekopalne źródła energii obejmujące energię wiatru, promieniowania słonecznego, aerothermalną, geothermalną, hydrothermalną, fal, prądów i pływów morskich, hydroenergię oraz energię otrzymywaną z biomasy, biogazu, biogazu rolniczego i z biopłynów [10]. Ustawa o odnawialnych źródłach energii określa [10]:

- 1) Zasady i warunki wykonywania działalności w zakresie wytwarzania:
 - a) energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii, b) biogazu rolniczego – w instalacjach odnawialnego źródła energii, c) biopłynów;
- 2) Mechanizmy i instrumenty wspierające wytwarzanie: a) energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii, b) biogazu rolniczego, c) ciepła – w instalacjach odnawialnego źródła energii;
- 3) Zasady wydawania gwarancji pochodzenia energii elektrycznej wytwarzanej z odnawialnych źródeł energii w instalacjach odnawialnego źródła energii;
- 4) Zasady realizacji krajowego planu działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych;
- 5) Warunki i tryb certyfikowania instalatorów mikroinstalacji, małych instalacji i instalacji odnawialnego źródła energii o łącznej mocy zainstalowanej cieplnej nie większej niż 600 kW oraz akredytowania organizatorów szkoleń;
- 6) Zasady współpracy międzynarodowej w zakresie odnawialnych źródeł energii oraz wspólnych projektów inwestycyjnych.

Działania w zakresie pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych do 2020 roku zawarto w krajowym planie, który dotyczy współpracy organów administracji rządowej z jednostkami samorządu terytorialnego, współpracy międzynarodowej w ramach pozyskiwania energii paliw ze źródeł odnawialnych oraz projektów energetycznych i krajowej strategii rozwoju zasobów biomasy. Krajowy plan działania określa w szczególności [10]:

- 1) krajowy cel w zakresie udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto;

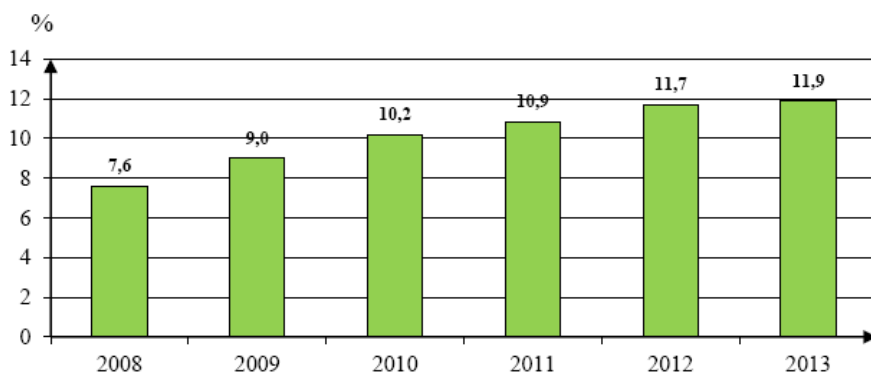
- 2) krajowy cel w zakresie udziału energii ze źródeł odnawialnych w transporcie;
- 3) cele pośrednie, obejmujące dwuletnie okresy, określające sposób dojścia do krajowego celu wymienionego w pkt 1;
- 4) wpływ środków polityki efektywności energetycznej na końcowe zużycie energii brutto oraz działania, jakie należy podjąć w tym zakresie dla osiągnięcia krajowego celu wymienionego w pkt 1;
- 5) końcowe zużycie energii brutto ze źródeł odnawialnych w elektroenergetyce, ciepłownictwie i chłodnictwie oraz w transporcie;
- 6) działania, jakie powinny zostać podjęte dla osiągnięcia celów pośrednich w poszczególnych latach, aż do osiągnięcia krajowego celu wymienionego w pkt 1, w zakresie: a) współpracy organów administracji rządowej z jednostkami samorządu terytorialnego, b) współpracy międzynarodowej dotyczącej pozyskiwania energii i paliw ze źródeł odnawialnych oraz projektów energetycznych, c) krajowej strategii rozwoju zasobów biomasy.

Współpraca międzynarodowa w zakresie odnawialnych źródeł energii polega na przekazaniu w danym roku określonej ilości energii elektrycznej wytworzonej w instalacjach odnawialnego źródła energii między Polską a innymi państwami członkowskimi Unii Europejskiej, Konfederacją Szwajcarską lub państwami członkowskimi Europejskiego Porozumienia o Wolnym Handlu (EFTA) – stronami umowy o Europejskim Obszarze Gospodarczym, zwana dalej „transferem statystycznym” [10]. Transfer statystyczny odbywa się na podstawie umowy międzynarodowej albo na podstawie umowy cywilnoprawnej, w której określa się w szczególności: 1) ilość przekazywanej energii

elektrycznej wytworzonej w instalacjach odnawialnego źródła energii; 2) cenę energii elektrycznej, 3) sposób prowadzenia rozliczeń za energię elektryczną, 4) okres obowiązywania umowy i warunki jej rozwiązania; 5) zobowiązanie obydwu stron umowy do przekazywania Komisji Europejskiej informacji o transferze statystycznym określonej ilości energii elektrycznej, w szczególności o ilości i cenie tej energii [10].

Szczegółowe cele polityki energetycznej Polski koncentrują się na wzroście udziału odnawialnych źródeł energii w finalnym zużyciu energii do poziomu 15,5% w 2020 (19,3% dla energii elektrycznej, 17% dla ciepłownictwa i chłodnictwa, 10,2% dla paliw transportowych). Oznacza to konieczność inwestowania w nowe moce wytwórcze. W chwili obecnej najdynamiczniej rozwija się energetyka wiatrowa oraz wykorzystanie biomasy na cele energetyczne [1].

Obecnie, w Polsce obserwuje się stały wzrost pozyskania energii ze źródeł odnawialnych oraz wzrost pozyskania energii pierwotnej ogółem (rysunek 1) [1]. W latach 2008-2013, udział energii ze źródeł odnawialnych w energii pierwotnej ogółem wzrósł w naszym kraju z 7,6 do około 11,9% (rysunek 1) [11].



Rysunek 1. Udział energii ze źródeł odnawialnych w latach 2008-2013, w pozyskaniu energii pierwotnej ogółem

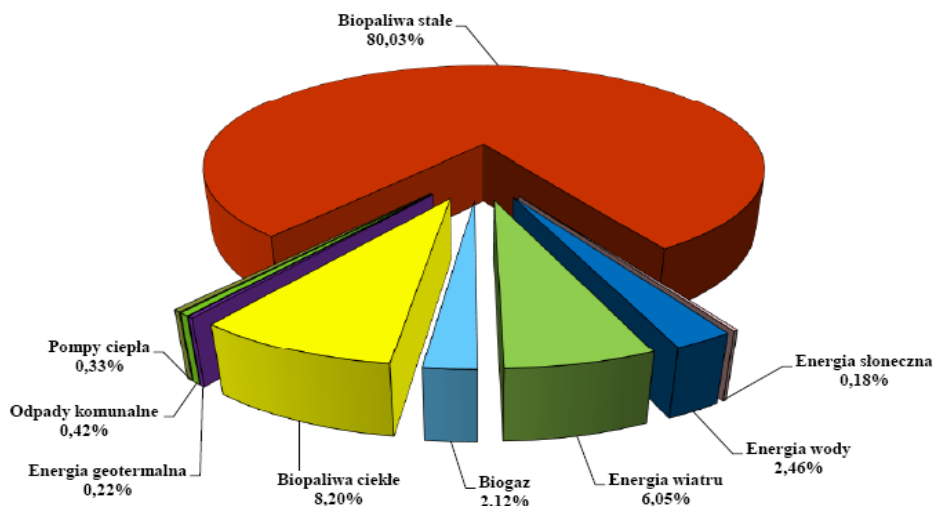
Źródło: Energia ze źródeł odnawialnych w 2013 r., GUS 2014

Tabela 1. Instalacje OZE (energia elektryczna) działające w Polsce

Typ instalacji	Liczba	Moc (MW)
Elektrownie biogazowe	207	136,319
Elektrownie biomasowe	29	876,108
Instalacje fotowoltaiczne	9	1,289
Elektrownie wiatrowe	743	2 644,898
Elektrownie wodne	771	966,236
Elektrownie realizujące technologię współspalania	41	b.d.

Źródło: Urząd Regulacji Energetyki (stan na 31 marca 2013 r.)/paiz.gov.pl

Z dniem 31 marca 2013 roku, największą moc w Polsce (2644,898 MW) generowały 743 elektrownie wiatrowe, a nieco mniejszą (966,236 MW) 771 elektrowni wodnych. 29 elektrowni wykorzystujących spalanie biomasy generowały moc na poziomie 876,108 MW. Najmniejszą moc (1,289 MW) generowało 9 instalacji fotowoltaicznych (tabela 1). W 2013 roku, największy udział (80,03%) w bilansie energii odnawialnej stanowiła energia biopaliw stałych [12]. Udział pozostałych nośników energii odnawialnej jest dużo mniejszy i kształtuje się od 8,20% dla energii biopaliw ciekłych, 6,05% energii wiatru, 2,46% energii wody, 2,12% biogazu do 0,18% dla energii słonecznej [1] (rysunek 2). Dane te wskazują na fakt, że rozwój energetyki opartej na wykorzystaniu biomasy będzie dominującym w Polsce. Spalanie biomasy jest uważane powszechnie za korzystniejsze dla środowiska niż spalanie paliw kopalnych, z uwagi na niską zawartość szkodliwych pierwiastków. Według szacunków technologia ta przynosi redukcję emisji CO₂ rzędu 98%, w porównaniu z węglową [11].



Rysunek 2. Udział nośników energii odnawialnej w łącznym pozyskaniu energii ze źródeł odnawialnych w 2013 roku

Źródło: Energia ze źródeł odnawialnych w 2013 r., GUS 2014

3. Uprawy energetyczne

Rozwój energetyki z wykorzystaniem spalania biomasy wskazuje na rosnącą wartość tego surowca. Wypełnienie przez Polskę zakładanych wskaźników energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych nie będzie możliwe bez systematycznego wzrostu powierzchni wieloletnich plantacji roślin energetycznych. Plon roślin wieloletnich to tylko jedno z kryteriów oceny przydatności danego gatunku do produkcji biomasy na cele energetyczne. Ważniejszą kwestią jest ocena nakładów materiałowo-energetycznych na pozyskanie biomasy danego gatunku, ilości energii zawartej w biomacie i przede wszystkim wartości wskaźnika efektywności energetycznej. Uprawa roślin na cele energetyczne może stanowić alternatywę dla rolnictwa tradycyjnego [13].

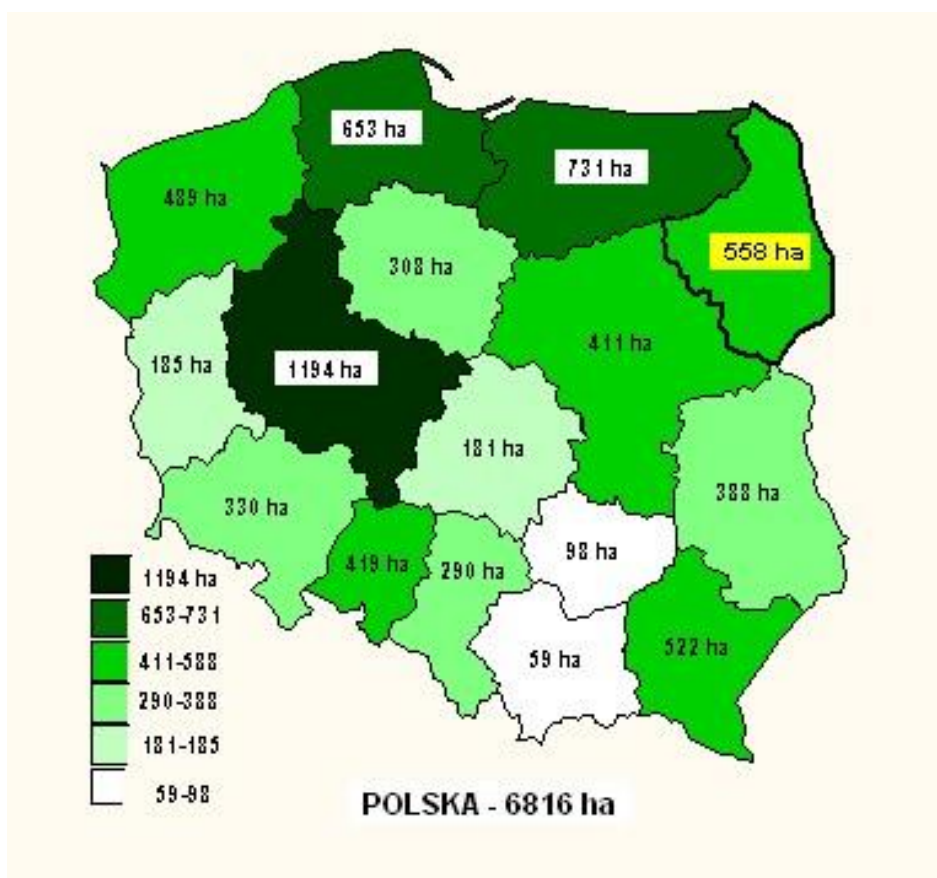
Uprawy energetyczne to uprawy roślin zakładane w celu pozyskania biomasy z przeznaczeniem na cele energetyczne. Rośliny

energetyczne uprawiane są w celu przetworzenia ich na biopaliwa i biokomponenty, energię ciepłą lub energię elektryczną [13]. Do uprawy na cele energetyczne preferowane są rośliny wieloletnie, których okres użytkowania wynosi co najmniej 15-20 lat, gdyż zmniejsza to koszty ich uprawy [14]. Rośliny energetyczne cechują się wysoką wartością opałową, generatywnym sposobem rozmnażania, niskimi wymaganiami wodnymi i dużą produkcją biomasy. Plonowanie roślin wieloletnich jest bardzo zróżnicowane w zależności od czynników meteorologicznych, siedliskowych i agrotechnicznych [14]. W warunkach klimatycznych Polski, są głównie uprawiane [14]:

- krzewy i drzewa łatwo odrastające po ścięciu: wierzba, topola i robinia akacjowa;
- byliny wieloletnie: ślazowiec pensylwański i topinambur;
- wieloletnie trawy: miskant, spartina preriowa, palczatka Gerarda i mozga trzcinowata.

W Polsce, plantacje wieloletnich roślin energetycznych nie powinny obejmować według bonitacyjnej klasyfikacji gleb gruntów ornych gleb bardzo dobrych (klasa II) i gleb dobrych (IIIa). Gleby te stanowią zaledwie 54% ogółu gruntów ornych i powinny być przeznaczone wyłącznie do produkcji żywności i pasz [14]. Plantacje wieloletnie nie powinny być lokalizowane na polach zmeliorowanych, a także na niewykorzystywanych trwałych użytkach zielonych. Ponadto, nie należy ich lokalizować w rejonach o rocznej sumie opadów poniżej 550 mm i na obszarach chronionych. 32,5% ogółu powierzchni kraju czyli 10164,8 tys. ha stanowią 23 parki narodowe. Sieć Natura 2000, utworzona zgodnie z przepisami Unii Europejskiej, według stanu w dniu 31 XII 2014 r. obejmowała 145 obszarów specjalnej ochrony ptaków

o łącznej powierzchni 5601,2 tys. ha oraz 849 specjalnych obszarów ochrony siedlisk o łącznej powierzchni 3911,5 tys. ha. Powierzchnie obu typów obszarów Natura 2000 mogą się częściowo lub w całości pokrywać ze sobą oraz z innymi formami ochrony przyrody. Z liczby zgłoszonych wniosków z tytułu prowadzenia plantacji upraw energetycznych P. Gradziuk opracował mapę istniejących plantacji roślin energetycznych w Polsce (rysunek 3).



Rysunek 3. Mapa plantacji roślin energetycznych w Polsce

Źródło: <http://slideplayer.pl/slide/405262>, [dostęp: 14.12.2015r.]

4. Omówienie danych i dyskusja

Nie ma szczegółowych danych, co do wielkości powierzchni możliwej do przeznaczenia na uprawy energetyczne. W 2002 roku, według Powszechnego Spisu Rolnego aż 2,3 mln ha stanowiły ugorowane i odłogowane grunty rolne. Jednak, po wejściu Polski do UE, i w przypadku gdy na każdy użytkowany rolniczo grunt można było dostać dopłatę unijną, powierzchnia odłogów i ugorów gwałtownie się zmniejszyła. W 2005 roku, notowano ich jeszcze ponad 1 mln ha, w 2006 r. – 984 tys. ha [4]. W 2010 roku stwierdzono 432 tys. ha gruntów ugorowanych, a w 2014 roku już 475 tys. ha (tabela 2).

Tabela 2. Powierzchnia użytków rolnych według rodzajów użytków (w tys. ha)

Wyszczególnienie	2010	2012	2013	2014
Użytki rolne ogółem	14860	14529	14412	14558
Pod zasiewami	10428	10431	10432	10420
Grunty ugorowane	432	440	446	475
Uprawy trwałe	398	398	393	376
Łąki trwałe	2629	2521	2567	2634
Pastwiska trwałe	651	685	594	486
Pozostałe	257	440	199	134

Źródło: Mały rocznik statystyczny, GUS, 2015

Grunty zdewastowane i zdegradowane wymagające rekultywacji i zagospodarowania to grunty, które utraciły całkowicie wartości użytkowe (grunty zdewastowane) oraz grunty, których wartość użytkowa zmalała w wyniku pogorszenia się warunków przyrodniczych lub wskutek zmian środowiska oraz działalności przemysłowej, a także

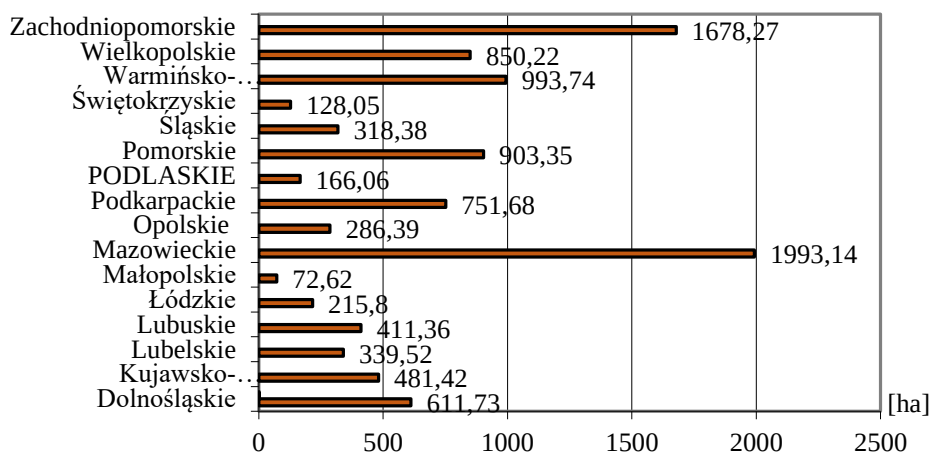
wadliwej działalności rolniczej (grunty zdegradowane) [4]. Powierzchnia gruntów zdewastowanych i zdegradowanych wymagających rekultywacji i zagospodarowania w końcu 2014 r. wyniosła 62,8 tys. ha (0,2% powierzchni ogólnej kraju). Stopień procesów degradacji i dewastacji gleb nie wykazuje dużego zróżnicowania według województw (od poniżej 0,1% ogólnej powierzchni w woj. podkarpackim do 0,4% w woj. dolnośląskim i śląskim), stanowi jednak poważny problem w rejonach o dużym uprzemysłowieniu. W 2014 r. zrekultywowano tylko 2171 ha, a zagospodarowano 700 ha gruntów, głównie na cele leśne i rolnicze [4].

W latach 2005-2014, w trybie obowiązujących przepisów prawnych o ochronie gruntów rolnych i leśnych, wyłączano na cele nierolnicze i nieleśne średniorocznie ok. 4,1 tys. ha gruntów. W 2014 r. wyłączono 2,2 tys. ha gruntów rolnych, w tym 75,0% (1,6 tys. ha) stanowiły użytki rolne, z tego 65,3% stanowiły gleby najwartościowsze I–III klasy bonitacyjnej, 28,7% – gleby klasy IV, 6,0% – gleby klas najniższych oraz 0,8 tys. ha gruntów leśnych. 49,7% wyłączonych gruntów rolnych przeznaczonych było pod budowę osiedli mieszkaniowych [4].

Według danych GUS jedna trzecia użytków rolnych w Polsce (czyli około 5,5 mln ha) to słabe ziemie V i VI klasy, na których tradycyjne rolnictwo balansuje na granicy opłacalności[4]. W wielu przypadkach bardziej opłacałoby się przeznaczyć je na uprawy roślin energetycznych.

Uprawa wieloletnich plantacji roślin energetycznych w Polsce, praktycznie nie rozwija się od 2006 roku, również brak jest danych o wielkości powierzchni upraw istniejących obecnie [15]. Dane z 2009 roku wskazują natomiast, że największą powierzchnię upraw wieloletnich

upraw energetycznych osiągało województwo mazowieckie i zachodniopomorskie (rysunek 4).



Rysunek 4. Zestawienie powierzchni upraw wieloletnich roślin energetycznych w poszczególnych województwach w 2009 roku (ha)

Źródło: opracowanie PIB na podstawie ARiMR

Województwo podlaskie z 166,06 ha upraw wieloletnich plasowało się na trzeciej pozycji od końca (za woj. małopolskim i świętokrzyskim). Największa powierzchnia upraw roślin energetycznych znajduje się w województwie mazowieckim, na drugim miejscu plasuje się województwo zachodniopomorskie, kolejne, trzecie miejsce z największą powierzchnią upraw zajmuje województwo warmińsko-mazurskie [15]. Według analiz Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach bez szkody dla produkcji żywności można w naszym kraju przeznaczyć na uprawy roślin energetycznych aż 2 mln ha ziemi [2].

Szacunkowe dane dotyczące możliwości wykorzystania potencjału ekonomicznego z poszczególnych źródeł energii odnawialnej wskazują, że potencjał upraw energetycznych może zostać wykorzystany w 100%.

Sytuacja ma się podobnie w stosunku do biomasy drzewnej, jak i fotowoltaiki. Szacunkowe dane wskazują na najmniejszą możliwość (23,2%) wykorzystania energii termicznej oraz niewielki udział (27%) został oszacowany dla energetyki wiatrowej do 2020 roku (tabela 3). Według danych Urzędu Regulacji Energetyki na początek października 2015 roku w Polsce znajdowało się 981 instalacji wiatrowych [16].

W 2013 roku Polska znajdowała się na 9 miejscu spośród państw Unii Europejskiej pod względem mocy zainstalowanej w energetyce wiatrowej [17].

Tabela 3. Szacowane wykorzystanie potencjału ekonomicznego (energia końcowa) w 2020 roku - realny potencjał rynkowy

Rodzaj OZE	Realny potencjał ekonomiczny - energia końcowa	Wykorzystanie potencjału ekonomicznego w 2020 roku (realny potencjał rynkowy)	
		[TJ]	[%]
Biomasa:	600 167,80	533 117,50	88,8
odpady stałe suche	165 930,80	149 337,70	90
biogaz (odpady mokre)	123 066,30	72 609,10	59
drewno (lasy)	24 451,80	24 451,80	100
uprawy energetyczne	286 718,90	286 718,90	100
Energetyka wiatrowa	444 647,60	119 913,30	27
Energetyka słoneczna:	83 312,20	19 422,20	23,3

Rodzaj OZE	Realny potencjał ekonomiczny - energia końcowa	Wykorzystanie potencjału ekonomicznego w 2020 roku (realny potencjał rynkowy)	
termiczna	83 152,90	19 262,90	23,2
fotowoltaiczna	159,3	159,3	100
Energetyka wodna	17 974,40	11 144,20	62

Źródło: Możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce do roku 2020, IEO/paiz.gov.pl

Według danych Urzędu Regulacji Energetyki na początek października 2015 roku w Polsce znajdowały się 1003 instalacje wiatrowe (zarówno pojedyncze turbiny, jak i duże farmy) o łącznej mocy 4253,876 MW, 754 elektrownie wodne o łącznej mocy 982,100 MW, 267 elektrownie biogazowe o mocy 197,993 MW oraz 36 elektrowni biomasowych o łącznej mocy 1033,244 MW. Według danych Urzędu Regulacji Energetyki pomimo najmniejszej liczby instalacji elektrowni biomasowych ich łączna moc jest wyższa zarówno od elektrowni biogazowych jak też i elektrowni wodnych świadczy to dużym potencjale energetyki opartej na spalaniu biomasy (tabela 4) [19].

Tabela 4. Zestawienie instalacji wytwarzających energię elektryczną [stan na dzień 30.09.2015]

Typ instalacji	Ilość instalacji	Moc instalacji [MW]
Elektrownie biomasowe	36	1033,244
Elektrownie biogazowe	267	197,993
Elektrownie wiatrowe	1003	4253,876

Elektrownie wodne	754	982,100
-------------------	-----	---------

Źródło: Mapa odnawialnych źródeł energii Urzędu Regulacji Energetyki, 2015

Na szczególną uwagę zasługuje znaczenie roślin energetycznych do oczyszczania środowiska przyrodniczego [18]. W procesie tym jest wykorzystywana fitoremediacja, czyli naturalna zdolność niektórych gatunków roślin do akumulacji metali ciężkich. W ostatnich latach, coraz większą uwagę przywiązuje się do roślin wydających duży plon użytkowej biomasy [15]. Rośliny te akumulują średnie zawartości metali w tkankach, ale całkowita akumulacja metali w ogromnym plonie biomasy jest bardzo duża [3]. W grupie roślin o potencjale fitoremediacyjnym wymienia się większość roślin uprawianych do celów energetycznych, zarówno przetwarzanych na paliwa płynne lub gazowe (rzepak, kukurydza, zboża na ziarno), jak też spalanych dla uzyskania energii cieplnej albo elektrycznej (zboża na słomę, wierzba, topola, ślazier, miskant). Efekt fitoremediacyjny zależy od wyboru odmian (klonów) roślin i właściwości podłoża, w tym od zdolności retencji wody i zasobności w składniki pokarmowe[3]. Dlatego uprawy energetyczne można zakładać na terenach zanieczyszczonych metalami ciężkimi, na obszarach zdewastowanych i zdegradowanych jest to olbrzymi potencjał powierzchni do wykorzystania.

5. Wnioski

1. Podstawowym źródłem energii odnawialnej w Polsce jest biomasa.
2. W sytuacji istniejących regulacji prawnych, które ograniczają wykorzystanie biomasy pochodzącej z lasów do celów energetycznych, uprawa roślin energetycznych staje się najlepszym rozwiązaniem uzupełniającym braki w jej dostawach.

3. Polska posiada potencjał w zakresie upraw wieloletnich roślin energetycznych. Należy dążyć do stworzenia dobrych warunków, aby takie plantacje powstawały i były głównym źródłem zaopatrzenia w biomasę dla wytwórców energii.
4. Pomysłem na produkcję biomasy jest uprawa roślin na cele energetyczne na wciąż rosnącej powierzchni terenów zdewastowanych i zdegradowanych. Jest to naturalna metoda ich rekultywacji. Niezbędne są jednak prace nad wyselekcjonowaniem odmian roślin gwarantujących wysokie i wyrównane plony biomasy, a także odmian o znacznie wyższych zdolnościach fitoekstrakcji metali ciężkich.

Literatura:

1. Energia ze źródeł odnawialnych w 2013 r., GUS, Warszawa, 2014.
2. <http://www.raportrolny.pl/oze/item/2323-ile-ziemi-w-polsce-mo%C5%BCna-przeznaczy%C4%87-na-uprawy-energetyczne>, [dostęp: 12.10.2015r.].
3. Karczewska A.: *Perspektywy zastosowania fitoremediacji w rekultywacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi*, Ochrona Środ. Zas. Nat., 25/26, 2003, str. 27–54.
4. Mały rocznik statystyczny, GUS, Warszawa, 2014.
5. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE.
6. http://www.ieo.pl/dokumenty/ustawaoze/dokument51292_uzasadnienie_do_projektu_ustawy.pdf, [dostęp: 05.12.2015r.].

7. Kościuk B. (red.): *Rośliny energetyczne*, Wyd. AR, Lublin, 2003.
8. <http://docplayer.pl/7645315-Polityka-zrownowazonego-rozwoju-energetycznego-w-gminach-edmund-wach-baltycka-agencja-poszanowania-energii-s-a.html>, [dostęp: 10.09.2015r.].
9. Pawłowski A.: *Uwarunkowania bezpieczeństwa energetycznego Polski a rozwój zrównoważony*, w: *Implementacyjne aspekty wdrażania zrównowążonego rozwoju*, red. D. Kielczewski, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Białymstoku, Białystok 2011, str. 242.
10. Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2015 poz. 478).
11. Energia ze źródeł odnawialnych w 2013 r., GUS, Warszawa, 2014.
12. www.paiz.gov.pl/sektory/odnawialne_zrodla_energii, [dostęp: 31.11.2015r.].
13. Szczukowski S., Tworowski J. (red.): *Wieloletnie rośliny energetyczne*, Wyd. Multico, Warszawa, 2012.
14. http://www.cdr.gov.pl/pol/projekty/AZE/uprawa_roslin_energ.pdf, [dostęp: 20.01.2015r.].
15. <http://www.oze.warmiamazury.net/?m=content&o=108>, [dostęp: 15.06.2015r.].
16. Mapa odnawialnych źródeł energii Urzędu Regulacji Energetyki. [dostęp: 05.10.2015r.].
17. Ochrona Środowiska 2014, GUS, Warszawa, 2015.
18. Uchwała nr 202/2009 Rady Ministrów z 10 listopada 2009 r. w sprawie „Polityki energetycznej Polski do 2030 roku”.
19. Tytko R.: *Odnawialne źródła energii*, Wyd. OWG, Warszawa, 2011.

mgr Ilona Radziwon¹⁾
Wydział Ekonomii i Zarządzania
Uniwersytet w Białymstoku
ul. Marii Skłodowskiej-Curie 14, Białystok
¹⁾radziwonilona@o2.pl

Istota oceny oddziaływania na środowisko w działalności inwestycyjnej

The essence of the environment al impact assessment in investing activities

Słowa klucze: *ocena oddziaływania na środowisko, proces inwestycyjny, postępowanie w sprawie oceny oddziaływania na środowisko, statystyka postępowań w sprawie oceny oddziaływania na środowisko w województwie podlaskim*

Keywords: *environmental impact assessment, investment process, the procedure of environmental impact assessment, statistic data about quantity of proceedings of environmental impact assessment*

Streszczenie: Niewątpliwie ocena oddziaływania na środowisko wpisuje się w problematykę szeroko rozumianej inżynierii środowiska. Celem, dla którego utworzono instrument prewencyjny, którym jest ocena oddziaływania na środowisko było przede wszystkim przewidywanie możliwych zagrożeń, które mogłyby wywierać znaczący wpływ na środowisko jeszcze na etapie planowania inwestycji, a następnie przeciwdziałanie im lub ich ograniczanie. Ocena oddziaływania na środowisko ma charakter postępowania administracyjnego poprzedzającego, co do zasady wydanie decyzji środowiskowej. Celem niniejszego referatu jest zatem przedstawienie aktualnie obowiązujących regulacji prawnych dotyczących instytucji prawa ochrony środowiska jaką jest ocena oddziaływania na środowisko. Dla zrozumienia omawianej materii istotne będzie wyjaśnienie niezbędnych pojęć takich jak: ocena oddziaływania na środowisko, środowisko oraz inwestycje i proces inwestycyjny. W pracy omówiono także istotę i znaczenie oceny oddziaływania na środowisko właśnie w działalności inwestycyjnej.

1. Ocena oddziaływania na środowisko w aspekcie prawa polskiego

Pierwszym aktem prawnym związanym z oceną oddziaływania na środowisko była ustawa z dnia 9 listopada 2000 r. o dostępie do informacji i środowisku i jego ochronie oraz o ocenach oddziaływania na środowisko [1]. Po dziewięciu miesiącach obowiązywania przepisy tej ustawy zostały transponowane do ustawy prawo ochrony środowiska. Prawdopodobnie celem tego było zgromadzenie wszelkich informacji dotyczących tej materii w jednym akcie prawnym. Jednak procedury te były skomplikowane i rozbudowane, istniały luki oraz rozbieżności w interpretacji, stąd zdecydowano się na ich uproszczenie. Już w 2005 r. [2] wprowadzono nowelizację, której celem było uregulowanie kwestii decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach i jednokrotnego postępowania OOS.

Należy podkreślić, że do 28 lipca 2005 r. postępowanie w zakresie OOS było częścią postępowania zmierzającego do wydania decyzji wymienionych w art. 46 ust. 4 p.o.ś. Wówczas OOS była przeprowadzana na kilku etapach realizacji danej inwestycji- m.in. przed wydaniem decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu [3], ale także przed uzyskaniem pozwolenia na budowę. Jak podkreśla doktryna, na gruncie istniejącego ówczesnie porządku prawnego ukształtował się pogląd, iż OOS sporządzana była dwukrotnie, co budziło wątpliwości, której z decyzji przyznać miano zasadniczej, a której miano wykonawcze. Na żądanie Komisji Europejskiej Polska miała ustalić która z tych decyzji jest zasadnicza. Strona polska twierdziła, że decyzją główną jest decyzja o warunkach zabudowy i zagospodarowaniu terenu. Aczkolwiek problem pojawiał się w momencie, gdy dla danego terenu istniał miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego, gdyż w świetle ustawy

o zagospodarowaniu przestrzennym wyłączony był wówczas wymóg uzyskania decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowaniu terenu [4].

Na polskim ustawodawcy ciążył nadal obowiązek ściślejszej transpozycji dyrektyw unijnych z zakresu OOS. Przyczyną tego były trudności z uzyskaniem środków unijnych. Wówczas, aby wniosek o dofinansowanie został pozytywnie rozpatrzony wnioskodawca zobowiązany był do dokładnego udokumentowania procedury OOS. Jak podkreśla M. Pchałek ówcześni beneficjenci składali wnioski o dofinansowanie ze środków unijnych przed uzyskaniem decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowaniu terenu, czyli także przed uzyskaniem pozwolenia na budowę. W konsekwencji nie mogli oni udowodnić przeprowadzenia OOS. Instytucją wprowadzoną nowelizacją prawa budowlanego [5] było zgłoszenie zamiaru wykonywania robót budowlanych, dzięki któremu możliwe miało być pozyskiwanie finansowania z UE. Jednak w późniejszym czasie Komisja Europejska stwierdziła, że istnieje formalna niezgodność zgłoszenia z definicją zezwolenia na inwestycję w rozumieniu Dyrektywy OOS [6]. Stąd nadal problem nie został rozwiązany, a wątpliwości interpretacyjne były większe.

Ustawa z 18 maja 2005 r. w art. 1 pkt 19 wprowadziła OOS jako odrębne postępowanie środowiskowe, które prowadziło do wydania decyzji środowiskowej zezwalającej na realizację przedsięwzięcia. W opinii Ministerstwa Środowiska zmiany te miały na celu spełnienie wymagań w zakresie pojęcia zezwolenia na realizację inwestycji (art. 1 ust. 2 Dyrektywy OOS). Komisja Europejska również zakwestionowała takie podejście. Jednak w praktyce jako zezwolenie na realizację przedsięwzięcia w rozumieniu Dyrektywy OOS oprócz decyzji

środowiskowej traktowano także decyzje wymienione w art. 46 ust. 4 p.o.ś., które wymagały załączenia decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach [7].

Kolejnym etapem w regulacji postępowania w sprawie ocen oddziaływania na środowisko było uchwalenie ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko [8]. Akt ten miał za zadanie wprowadzenie poprawnych procedur OOS wynikających z interpretacji Dyrektywy OOS. Przywrócono dwuetapowość postępowania w sprawie OOS. Obecnie OOS jest podstawową oceną w postępowaniu przed wydaniem decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, a także oceną ponowną jeśli chodzi o wydanie decyzji o pozwoleniu na budowę, decyzji o zatwierdzenie projektu budowlanego, decyzji o pozwoleniu na wznowienie robot budowlanych, decyzji o zezwoleniu na realizację inwestycji drogowej oraz decyzji o zezwoleniu na realizację inwestycji w zakresie lotniska użytku publicznego. Różnicą jest jednak to, że ponowna ocena nie jest obligatoryjna. Zależy bowiem ona od woli inwestora bądź od względów merytorycznych.

Obecnie obowiązująca ustawa przywróciła obowiązek przeprowadzenia OOS przed decyzją o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu oraz przed decyzją w przedmiocie lokalizacji przedsięwzięcia ustalając priorytet decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach przy wyborze wariantu lokalizacyjnego przedsięwzięcia.

W ustawie o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach

oddziaływania na środowisko przywrócono także instytucję *screeningu* jako ocenę potrzeby przeprowadzenia OOS, a nie jak to było dotychczas – sporządzenia tylko raportu OOS. W ustawie pojawiła się także kompleksowa definicja oceny oddziaływania na środowisko.

W ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska [9] ustawodawca zawarł definicję oddziaływania na środowisko. Zgodnie z art. 5 pkt 11 p.o.ś. rozumie się przez to również oddziaływanie na zdrowie ludzi. W analizowanych źródłach doktryna nie wypowiada się co do powołanego przepisu. Może oznaczać to brak kwestii spornych czy niejasnych wynikających z interpretacji tego pojęcia.

Ocena oddziaływania na środowisko jest pojęciem języka prawnego, bowiem funkcjonuje w obowiązującym prawie jej definicja legalna. Jest to także instytucja prawa ochrony środowiska. Szerzej o tym mówi A. Habuda twierdząc, że jest to zespół norm prawnych, które pozostają w związku treściowym oraz funkcjonalnym. Z kolei podstawą tego związku jest tradycja regulacji prawnej zachowań człowieka wobec środowiska oraz obecny kształt tej regulacji [10].

W przypadku polskiego ustawodawstwa ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko definiuje ocenę oddziaływania na środowisko pod trzema postaciami. Mianowicie jako: ocenę oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko, ocenę oddziaływania przedsięwzięcia na obszar Natura 2000 oraz strategiczną ocenę oddziaływania na środowisko.

Zgodnie z art. 3 ust. 1 pkt 8 u.o.o.ś. ocena oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko to postępowanie w sprawie oceny

oddziaływania na środowisko planowanego przedsięwzięcia, obejmujące w szczególności:

- a) weryfikację raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko,
- b) uzyskanie wymaganych ustawą opinii i uzgodnień,
- c) zapewnienie możliwości udziału społeczeństwa w postępowaniu.

Oddziaływanie przedsięwzięcia na obszar Natura 2000 to innymi słowy ocena oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko, lecz ograniczona do badania oddziaływania na obszar Natura 2000 (art. 3 ust. 1 pkt 7 u.o.o.ś.).

Oprócz oceny oddziaływania na środowisko pojawia się także w prawie polskim strategiczna ocena oddziaływania na środowisko. Rozumie się przez to postępowanie w sprawie oceny oddziaływania na środowisko skutków realizacji polityki, strategii, planu lub programu, obejmujące w szczególności:

- a) uzgodnienie stopnia szczegółowości informacji zawartych w prognozie oddziaływania na środowisko,
- b) sporządzenie prognozy oddziaływania na środowisko,
- c) uzyskanie wymaganych ustawą opinii,
- d) zapewnienie możliwości udziału społeczeństwa w postępowaniu (art. 3 ust. 1 pkt 14 u.o.o.ś).

Ocena oddziaływania na środowisko jest procesem, czyli pewnym postępowaniem. Katalog czynności objętych postępowaniem jest otwarty, na co wskazuje zwrot „w szczególności”. Zatem mogą pojawić się tu inne, niż te wymienione, elementy niezbędne dla właściwego przeprowadzenia oceny, co będzie poprawne, o ile działania te nie będą naruszały porządku prawnego.

Jeżeli chodzi o stanowisko doktryny w prawie definiowania pojęcia oceny oddziaływania na środowisko, to najpełniejszą definicję przedstawia J. Jendrośka. Jego zdaniem ocena oddziaływania na środowisko to prawnie regulowany ciąg działań mających na celu zidentyfikowanie, opisanie i oszacowanie (zakres przedmiotowy), przy udziale organów ochrony środowiska, społeczeństwa oraz innych zainteresowanych podmiotów (zakres podmiotowy), potencjalnych wpływów danej działalności na kompleksowo rozumiane środowisko, w celu zapewnienia, iż właściwy organ wyda rozstrzygnięcie w sprawie zezwolenia na podjęcie takiej działalności, biorąc pod uwagę skutki tej działalności dla środowiska [11].

Prawidłowo przeprowadzona ocena powinna charakteryzować się określony ciągiem działań prawnych. Doktryna przedstawia ten ciąg następująco:

- 1) wybór przedsięwzięć, które powinny być poddane ocenie oddziaływania na środowisko,
- 2) określenie zakresu oceny,
- 3) przygotowanie raportu,
- 4) sprawdzenie poprawności raportu,
- 5) podjęcie decyzji merytorycznej zezwalającej lub odmawiającej realizacji przedsięwzięcia,
- 6) monitoring skutków realizacji przedsięwzięcia w świetle wyników oceny, czyli tzw. analiza porealizacyjna [12].

Ponadto doktryna wyróżnia także strukturę organizacyjną oceny oddziaływania na środowisko. W ramach tego systemu wyróżnia się:

- 1) rodzaje aktywności wspomagające wydanie oceny,
- 2) podmioty odpowiedzialne za wykonanie oceny,

- 3) zakres oceny,
- 4) miejsce oceny w procesie decyzyjnym,
- 5) gwarancje poprawności oceny,
- 6) gwarancje wykorzystania oceny w procesie podejmowania decyzji,
- 7) rolę społeczeństwa,
- 8) rolę organów administracji ochrony środowiska [13].

Pogląd na temat koncepcji oceny oddziaływania na środowisko przedstawił także A. Lipiński twierdząc, że OOŚ zmierza do przyjęcia określonych ustawą planów, programów, strategii bądź dokumentów o zbliżonym charakterze (tzw. strategicznych ocen oddziaływania na środowisko), ale także z drugiej strony zmierza do podjęcia rozstrzygnięcia o charakterze jednostkowym (ocena oddziaływania na środowisko), czego efektem jest decyzja administracyjna, co do zasady- dotycząca środowiskowych uwarunkowań [14]. Zgodnie z tym tokiem rozumowania właściwe jest powołanie się na przepisy kodeksu postępowania administracyjnego [15] związane z zasadą prawdy obiektywnej (art. 7 k.p.a.) oraz zbieraniem i oceną dowodów przez organ administracyjny (art. 77 k.p.a.).

Inny pogląd pojęcia ocena oddziaływania na środowisko przedstawił G. Dobrowolski skupiając się na aspekcie procesowym. W myśl tego, organ pozyskuje informacje dotyczące środowiskowych, społecznych i innych ważnych skutków realizacji przedsięwzięcia [16].

Definicję oceny oddziaływania na środowisko podaje także Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska (GDOŚ). Definicja ta nie różni się niczym szczególnym od przytaczanych wyżej, lecz jest innym ujęciem tego samego problemu. Zdaniem GDOŚ ocena oddziaływania na środowisko to pierwsze i potrzebne narzędzie usytuowane w procesie

planowania (ujęcie szerokie), które ma wpływ na skutki, jakie dla środowiska niesie ze sobą działalność człowieka. Duże znaczenie ma także jakość przeprowadzonej OOS, ponieważ od niej zależą dalsze działania, jakie można podjąć w celu ochrony środowiska, również na etapie funkcjonowania inwestycji. W obliczu zagrożenia środowiska spowodowanego realizacją różnorodnych inwestycji OOS jest elementem ochrony w ramach polityki ochrony środowiska i ochrony zagrożonych wartości przyrodniczych prowadzonej przez Unię Europejską. Prawidłowo i rzetelnie przeprowadzona OOS jest nieodłącznym elementem w przypadku, gdy inwestor podczas realizacji inwestycji unijnych ubiega się o dofinansowanie ze środków unijnych. Zdaniem GDOŚ wzrasta w tym zakresie świadomość inwestorów oraz podmiotów przydzielających środki unijne z funduszy [17].

Jak podkreśla doktryna, celem OOS jest przeciwdziałanie znaczącym oddziaływaniom przedsięwzięcia, w tym wysokiemu negatywnemu natężeniu, a także przedsięwzięciom. Które pomimo tego, iż są legalną działalnością powodują naruszenie ochrony środowiska bądź ochronę praw osób trzecich. Nie świadczy to o konieczności wyboru najkorzystniejszego dla środowiska wariantu przedsięwzięcia [18].

Kolejne rozważania należy skupić na wyjaśnieniu różnic pomiędzy oceną oddziaływania na środowisko a decyzją o środowiskowych uwarunkowaniach, zwaną także decyzją środowiskową. Otóż pojęcia te, często mylone, nie są tożsame. Jak już wspomniano ocena oddziaływania na środowisko jest procesem czynności pozwalających na określenie skutków danej inwestycji, jakie wywrze ona na środowisko przed, podczas oraz po jej realizacji. Ocena oddziaływania na środowisko prowadzi do ustalenia stopnia szkodliwości

danego przedsięwzięcia na środowisko Z kolei decyzja środowiskowa jest aktem administracji wydanym na podstawie OOS zezwalającym bądź odmawiającym realizacji danej inwestycji, przy czym uwzględnia się w niej warunki środowiskowe tej inwestycji.

Kolejnym zagadnieniem wartym omówienia są rodzaje ocen oddziaływania na środowisko. Na początku należy wyjaśnić, że na system oddziaływania ocen na środowisko składają się trzy rodzaje ocen. Rozróżnia się je według kryterium przedmiotu oddziaływania na środowisko. Pierwszą z nich stanowi strategiczna ocena oddziaływania na środowisko, która jest oceną skutków wykonania postanowień zawartych we wskazanych dokumentach polityk, planów, strategii oraz programów na środowisko i ich poszczególnych elementów (wpisuje się tu także strategiczna ocena oddziaływania na Obszar Natura 2000). Drugą z nich jest ocena przedsięwzięcia polegająca na zdefiniowaniu rodzajów i skali wpływów realizacji oraz funkcjonowania przedsięwzięcia o charakterze indywidualnym na środowisko i jego poszczególne elementy. Podobnie jak przy strategicznej OOS, ocena przedsięwzięcia dotyczy także wpływu danego przedsięwzięcia na obszar Natura 2000 i wymaga sporządzenia oceny. M. Górski wyróżnia tu także ocenę podstawową, uzupełniającą i naturową oddziaływania przedsięwzięcia [19]. Trzecią z ocen jest ocena transgraniczna. Może ona istnieć samodzielnie bądź być elementem oceny strategicznej albo oceny przedsięwzięcia. Istotą tej oceny jest źródło potencjalnego oddziaływania, które znajduje się na terytorium Polski, lecz skutki mogą ujawnić się poza jego obszarem albo w sytuacji, gdy źródło oddziaływania znajduje się poza granicami RP, zaś skutki mogą być odczuwane na jego terytorium.

Celem przeprowadzenia oceny jest określenie informacji na temat potencjalnych następstw przedsięwzięcia mogącego znacząco oddziaływać na środowisko lub wykonania postanowień zawartych we wskazanych dokumentach polityk, planów, strategii czy programów. Zebrany materiał służy organowi do wydania dokumentu o takiej treści, aby zminimalizować negatywne skutki oddziaływania na środowisko [20].

Ocena oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko ma wiele zadań. Po pierwsze jest instrumentem służącym do określenia pewnych okoliczności, warunków przedsięwzięcia i jego wpływu na środowisko. Po drugie, OOS służy analizie tych okoliczności, natomiast po trzecie ma za zadanie ocenić:

- 1) bezpośredni i pośredni wpływ danego przedsięwzięcia na:
 - a) środowisko oraz zdrowie i warunki życia ludzi,
 - b) dobra materialne,
 - c) zabytki,
 - d) wzajemne oddziaływanie między elementami, o których mowa w lit. a–c,
 - e) dostępność do złóż kopalin;
- 2) możliwości oraz sposoby zapobiegania i zmniejszania negatywnego oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko;
- 3) wymagany zakres monitoringu (art. 62 u.o.o.ś.).

Na gruncie omawianego przepisu w literaturze pojawia się kilka poglądów w tej kwestii. Po pierwsze ocena oddziaływania inwestycji na środowisko nie może ograniczać się jedynie do prostej oceny wpływu przedsięwzięcia na środowisko, lecz musi również uwzględniać uwarunkowania społeczne, związane z szeroko pojmowanym wpływem

przedsięwzięcia na sferę warunków życia osób, na które może ono oddziaływać [14]. Po drugie, zdaniem P. Daniela w ramach postępowania w przedmiocie oceny oddziaływania inwestycji na środowisko niezbędne jest określenie skutków, jakie realizacja przedsięwzięcia może spowodować dla dóbr materialnych, w zakresie możliwości korzystania z nich przez osoby trzecie- właścicieli nieruchomości znajdujących się w zakresie oddziaływania przedsięwzięcia. Konieczność zapewnienia ich ochrony powinna być przy tym uwzględniona zarówno w projekcie przedsięwzięcia, jak i w przedstawionych przez wykonawcę alternatywnych wariantach jej realizacji. Jednym z kryteriów wyboru wariantu przedsięwzięcia powinno być zapewnienie, aby przedsięwzięcie w jak najmniejszym stopniu naruszało omawiane dobra. Ochrona dóbr materialnych osób trzecich mieści się w zakresie analizy wariantowej przedsięwzięcia dotycząc zagadnienia lokalizacji przedsięwzięcia. Rolą organu administracji publicznej jest dokonanie oceny, czy dopuszczenie przedsięwzięcia w formie wnioskowanej przez inwestora nie spowoduje zbyt daleko idącej ingerencji w dobra materialne i czy ewentualny wybór zaproponowanej przez niego wersji alternatywnej nie przyczyni się do lepszej ich ochrony [21].

Należy jednak podkreślić, że znaczny wpływ przedsięwzięcia na mienie osób trzecich nie może być przyczyną wydania decyzji środowiskowej odmownej zgody na realizację przedsięwzięcia. Dopiero w sytuacji, gdy kompleksowa ocena inwestycji wskaże, że koszt jej realizacji obejmujący również wpływ na dobra materialne, przekroczy korzyści, jaki mogą z niej zostać osiągnięta, organ jest uprawniony do wydania decyzji odmownej [22].

Postępowanie w sprawie środowiskowych uwarunkowań przedsięwzięcia nie jest postępowaniem w przedmiocie udzielania decyzji o warunkach zabudowy czy pozwolenia na budowę. Stanowi ono etap poprzedzający postępowanie w powyższym zakresie [23].

2. Pojęcie środowiska w aspekcie oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko

Skoro przedmiotem rozważań podjętych w niniejszej pracy jest ocena oddziaływania danego przedsięwzięcia na środowisko, to należy wyjaśnić co kryje się pod pojęciem środowisko. Definicję legalną tego pojęcia ustawodawca zamieścił w ustawie Prawo ochrony środowiska w art. 3 pkt 39. Zgodnie z tym przepisem środowisko obejmuje ogół elementów przyrodniczych, w tym także przekształconych w wyniku działalności człowieka, a w szczególności powierzchnię ziemi, kopaliny, wody, powietrze, krajobraz, klimat oraz pozostałe elementy różnorodności biologicznej, a także wzajemne oddziaływania pomiędzy tymi elementami. Jak można zauważyć ustawodawca przedstawił środowisko jako zbiór pewnych przykładowych elementów, o czym świadczy zwrot „w szczególności”. B. Wierzbowski i B. Rakoczy twierdzą, że definicja ta zawiera elementy przyrodnicze powstałe w sposób pierwotny, na skutek działania natury, jak też elementy przyrodnicze przekształcone w wyniku działalności człowieka [24]. Podzielam również zdanie cytowanych autorów.

Określenie środowiska jako zbioru elementów przyrodniczych i określonych stanów faktycznych, polegających na oddziaływaniu tych elementów przyrodniczych między sobą podtrzymuje także B. Rakoczy. Jego zdaniem założenie, że środowisko jest pewnym zbiorem widoczne

jest szczególnie przy analizie zasady kompleksowości, która zakłada funkcjonowanie środowiska jako określonego zbioru, czy przy pozwoleniach zintegrowanych, przy których jest wykorzystywane to samo założenie [25].

Pojęcie środowiska jest jednym z podstawowych terminów prawa ochrony środowiska. Definicja zawarta w ustawie p.o.ś. nie jest jedyną definicją tego pojęcia przyjętą we wszystkich dyscyplinach naukowych [26]. Wymienione w definicji elementy przyrodnicze nie są obojętne także z punktu widzenia prawa cywilnego. Do tych elementów znajdują zastosowanie konstrukcje jurystyczne prawa cywilnego, np. prawo własności przedsiębiorcy, roszczenie odszkodowawcze czy ochrona dóbr osobistych [27].

Omawiając pojęcie środowiska w odniesieniu do oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko ważne jest zwrócenie szczególnej uwagi, iż OOS jest instrumentem prewencyjnym. Można tu się posłużyć wspomnianą zasadą kompleksowości. Oznacza ona całościowe podejście do ochrony środowiska i przyjęcie założenia, że przy ochronie jednego lub więcej elementów środowiska czy zasobów naturalnych należy brać pod uwagę ochronę wszystkich innych jego elementów. Zdaniem D. Pyć kompleksowe podejście stanowi potwierdzenie tezy, że wszystkie elementy środowiska i zasoby naturalne pozostają we wzajemnym powiązaniu, tworząc jedną całość. Z tego względu ochrona jednego lub kilku elementów przyrodniczych powinna być realizowana z uwzględnieniem ochrony pozostałych. Obowiązek ten odnosi się do wszystkich rodzajów korzystania ze środowiska, o których mówi ustawa - prawo ochrony środowiska. W przypadku wydania przez właściwy organ pozwolenia na pogorszenie jednego

z elementów środowiska nie może to oznaczać pogorszenia innych jego elementów. Zasada kompleksowości dotyczy środowiska i zasobów naturalnych oraz określonych zjawisk z nimi powiązanych, w szczególności: hałasu, promieniowania, poważnej awarii czy też bioróżnorodności [28].

Pojęcie środowiska w odniesieniu do omawianej tematyki oceny oddziaływania na środowisko w działalności inwestycyjnej można także powiązać z procesem uprzemysłowienia i urbanizacji, który niewątpliwie doprowadził do zmian myślenia społeczeństwa, że niemożliwa jest jednoczesna ochrona środowiska i rozwój społeczno- gospodarczy. Do szczególnie ważnych zasobów środowiska należą dziś nieruchomości gruntowe. Właściwe gospodarowanie tymi nieruchomościami jest niezbędne zwłaszcza na terenach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, gdzie odczuwa się brak nowych terenów pod inwestycje. Ważne jest, aby te gospodarowanie było oparte o zasadę zrównoważonego rozwoju [29]. Według J. Ciechanowicz-McLean zastosowanie zasady zrównoważonego rozwoju w praktyce polega na sukcesywnym eliminowaniu działań gospodarczych szkodliwych dla środowiska i zdrowia, promowaniu sposobów gospodarowania „przyjaznych” środowisku, zmianie modelu produkcji i modelu konsumpcji oraz na przywracaniu środowiska do właściwego stanu wszędzie tam, gdzie nastąpiło naruszenie równowagi przyrodniczej [30]. Znajomość, zwłaszcza przez inwestora, części składowych pojęcia środowiska ma znaczny wpływ na formułowanie dokumentów dla danej inwestycji. Można nawet pokusić się o stwierdzenie, że realizacja każdego przedsięwzięcia zawsze ingeruje w otaczające środowisko z większym lub mniejszym skutkiem.

3. Pojęcie procesu inwestycyjnego w postępowaniu w sprawie oceny oddziaływania na środowisko

W obowiązujących aktach prawnych brak jest definicji legalnej procesu inwestycyjnego. Dlatego też można posłużyć się tu wykładnią językową. Pojęcie te należy utożsamiać z prawem budowlanym i występującym na gruncie niego pojęciem procesu inwestycyjno-budowlanego. Zdaniem Z. Kostki [31] w języku prawniczym występuje pojęcie procesu inwestycyjno- budowlanego, co jest synonimem procesu inwestycyjnego. Zakresem tego pojęcia są wszystkie czynności związane z realizacją inwestycji, począwszy od aspektów ekonomicznych (m.in. ocena opłacalności, potrzeby realizacji), po lokalizację inwestycji (kwestie przeznaczenia terenu), aż do procesu budowlanego i późniejsze czynności w tym m.in. zakończenie użytkowania obiektu budowlanego [32]. Proces inwestycyjno- budowlany jest pojęciem szerokim, zaś na jego strukturę składają się, oprócz przepisów prawa budowlanego, przepisy dotyczące planowania i zagospodarowania przestrzennego, prawa administracyjnego, jak również prawa ochrony środowiska. Problematyka procesu inwestycyjno- budowlanego jest rozległa, dlatego też większość spraw dotyczących budownictwa regulowana jest w odrębnych aktach prawnych [33]. Powiązania ochrony środowiska i procesu budowlanego są widoczne na każdym z etapów realizacji danej inwestycji. Już w momencie przygotowywania terenu pod inwestycję należy zapewnić oszczędne korzystanie z terenu tak, aby nie spowodować nadmiernych negatywnych skutków dla środowiska. Przykładowo z pozwolenia na budowę wynika szczegółowy zakres obowiązków uczestników procesu inwestycyjnego w sferze ochrony środowiska.

Zgodnie z art. 35 ust. 1 pkt 1 ustawy Prawo budowlane przed

wydaniem decyzji o pozwoleniu na budowę lub odrębnej decyzji o zatwierdzeniu projektu budowlanego właściwy organ sprawdza zgodność projektu budowlanego z ustaleniami miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego albo decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu w przypadku braku miejscowego planu, a także z wymaganiami ochrony środowiska, w szczególności określonymi w decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. Można stąd wywnioskować, że pierwszeństwo przed wydaniem decyzji o pozwoleniu na budowę ma właśnie decyzja środowiskowa poprzedzona OOS. Wówczas, gdy nie będzie przeciwwskazań środowiskowych, a pozwolenie na budowę będzie ostateczne możliwe jest rozpoczęcie robót. Jak podkreśla orzecznictwo, nie każde zamierzenie inwestycyjne, które wymaga ustalenia warunków zabudowy i zagospodarowania terenu, stanowi przedsięwzięcie wymagające uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. Natomiast nie każda inwestycja stanowi przedsięwzięcie mogące zawsze albo potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko. Zarówno decyzję z art. 80 u.o.o.ś., jak i decyzję o odmowie ustalenia środowiskowych uwarunkowań dla planowanego przedsięwzięcia, w tym decyzję odmowną przewidzianą w art. 81 u.o.o.ś., a także decyzję z art. 84 u.o.o.ś., w której organ stwierdza brak potrzeby przeprowadzenia oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko, można wydać tylko wówczas, gdy organ wcześniej ustali, że planowana inwestycja zalicza się do przedsięwzięć, o jakich mowa w art. 59 u.o.o.ś. Dopiero wówczas możliwe jest wydanie w tym przedmiocie decyzji merytorycznie rozstrzygającej sprawę: pozytywnej, a więc określającej środowiskowe uwarunkowania, bądź negatywnej, to jest odmawiającej zgody na realizację przedsięwzięcia

z przyczyn określonych w ustawie [34].

Co do zasady, pojęcie procesu inwestycyjnego utożsamiane jest z prawem budowlanym. Proces inwestycyjny z budowlanego punktu widzenia oznacza powiązane ze sobą czynności mające na celu realizację inwestycji budowlanej. Proces ten można podzielić na etap wstępny, czyli etap przed wydaniem pozwolenia na budowę, na który składa się m. in. opracowanie projektu budowlanego, uzyskanie wymaganych przepisami szczególnymi pozwoleń, uzgodnień lub opinii, uzyskanie oświadczeń właściwych jednostek organizacyjnych o zapewnieniu dostaw energii, gazu, wody itp.). Kolejny etap można nazwać etapem realizacyjnym (bezpośredniego wykonawstwa robót tj. m.in. wytyczenia geodezyjnego obiektów, zagospodarowania terenu budowy, wykonanie przyłączy infrastruktury technicznej dla potrzeb budowy i robót budowlano-montażowych). Ostatni etap stanowi odbiór inwestycji, rozliczenia inwestycji i przekazania jej do eksploatacji (m.in. złożenie zawiadomienia o zakończeniu budowy lub wniosku o udzielenie pozwolenia na użytkowanie) [35]. Wśród uczestników procesu inwestycyjno-budowlanego, których wymienia ustawa Prawo budowlane podstawową rolę spełnia inwestor. Mimo, iż ustawodawca nie precyzuje, kto jest inwestorem to z przepisów art. 28 ust. 2 u.p.b. i art. 32 ust. 6 u.p.b. wynika, że jest to podmiot, któremu udzielono pozwolenia na budowę. Pozwolenie na budowę może być wydane jedynie temu, kto posiada prawo do dysponowania nieruchomością na cele budowlane (art. 4 oraz art. 32 ust. 4 pkt 2 u.b.). Z tego wynika, że właśnie ten szczególny stosunek do nieruchomości jest cechą wyróżniającą inwestora. Inwestorem może więc być podmiot, który na podstawie umowy z właścicielem nieruchomości zobowiązał się wybudować na tej

nieruchomości obiekt budowlany dla jej właściciela. Umowa ta musi jednakże zawierać takie postanowienia, które świadczą o tym, że właściciel przekazuje uprawnienie do dysponowania nieruchomością na cele budowlane [36]. Jest on podmiotem, który występuje w każdym procesie budowy, bez względu na jej charakter, rozmiary czy sposób realizacji. Inwestor jest również inicjatorem procesu budowlanego [37].

Zdaniem M. Połńskiego proces inwestycyjny to ciąg skoordynowanych czynności w szczególności o charakterze technicznym, prawnym, technologicznym, organizacyjnym, finansowym, prowadzących do realizacji i eksploatacji planowanej inwestycji budowlanej w określonym czasie oraz przy ograniczonych zasobach finansowych [38].

Definicją ekonomiczną procesu inwestycyjnego posługuje się Portal deweloperski, którego zdaniem proces inwestycyjny to zespół działań od rozpoczęcia programowania zamierzenia rozwojowego (...) do osiągnięcia projektowanej zdolności produkcyjnej. Czas trwania tego procesu tworzy cykl inwestycyjny, który składa się z pewnych elementów: etapów i zadań. Etap inwestycyjny to zespół zadań (lub jedno zadanie) inwestycyjnych, którego efekt można przekazać do eksploatacji w terminie wcześniejszym niż całe przedsięwzięcie i który stanowi „krok milowy” w procesie prawidłowej i terminowej realizacji inwestycji [39].

W języku prawniczym występuje także pojęcie procesu inwestycyjno-budowlanego lub, w znaczeniu synonimicznym, procesu inwestycyjnego. Na zakres tego pojęcia składają się wszystkie czynności związane z realizacją inwestycji, poczynając od aspektów ekonomicznych (ocena opłacalności, potrzeby realizacji), poprzez lokalizację inwestycji, a więc kwestie związane z przeznaczeniem terenów, do procesu

budowlanego, i późniejszymi jeszcze czynnościami, w tym zakończeniem użytkowania obiektu budowlanego [40].

4. Postępowanie w sprawie oceny oddziaływania na środowisko w województwie podlaskim. Ujęcie statystyczne

Ciekawym uzupełnieniem omawianej tematyki jest analiza danych uzyskanych od Regionalnej Dyrekcji Środowiska w Białymstoku, z których wynika, iż w ramach postępowania w sprawie przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko wydano decyzje o środowiskowych uwarunkowaniach, uzgodnienia warunków realizacji przedsięwzięcia lub postanowienia dotyczące potrzeby przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko. W celu lepszej czytelności danych, umieszczono je w tabeli.

Tabela 1. Ilości postępowań w sprawie oceny oddziaływania na środowisko w województwie podlaskim w latach 2009-2015 (I kwartał)

W ramach postępowań w sprawie przeprowadzenia OOŚ wydano:	Decyzje o środowiskowych uwarunkowaniach	Uzgodnienia warunków realizacji przedsięwzięcia	Postanowienia dot. potrzeby przeprowadzenia OOŚ
2009	24	20	89
2010	23	82	735
2011	34	79	496
2012	11	50	491
2013	21	72	559
2014	6	64	443
2015 (I kwartał)	1	12	105

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska w Białymstoku 2009-2015

Jeśli chodzi o wydawanie decyzji środowiskowych w ramach postępowania w sprawie OOŚ, to występuje tendencja spadkowa. Ponadto, w badanym okresie, w roku 2010 wydano najwięcej uzgodnień warunków realizacji przedsięwzięcia oraz postanowień dotyczących przeprowadzenia OOŚ. Świadczy to o dużej liczbie inwestycji właśnie na obszarze województwa podlaskiego.

Należy nadmienić, że Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska w Białymstoku funkcjonuje od 18 listopada 2008 r. dlatego też analizowane dane są od 2009 roku. Przed powołaniem RDOŚ kompetencję przeprowadzenia postępowania w ramach oceny oddziaływania na środowisko miał Podlaski Urząd Wojewódzki w Białymstoku, który posiada statystykę do omawianej problematyki z okresów późniejszych.

Oprócz tego, z danych uzyskanych od RDOŚ w Białymstoku wynika, że długość trwania postępowania w sprawie przeprowadzenia OOŚ jest uzależniona od tego czy jest to postępowanie przeprowadzone z oceną oddziaływania czy bez oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko. W przypadku postępowań prowadzonych bez OOŚ i gdy złożona do organu dokumentacja jest wystarczająca postępowanie może zostać zakończone w ciągu miesiąca. Z kolei, gdy konieczne jest przeprowadzenie OOŚ w ramach wspomnianego postępowania, wówczas może trwać ono od 6 miesięcy do ponad roku.

Co do rodzajów przedsięwzięć dominujących w ramach postępowania w sprawie OOŚ można stwierdzić, że w województwie podlaskim dominują drogi, inwestycje rolnicze typu kurniki, chlewnie, obory, jak również instalacje fotowoltaiczne.

Z praktycznego punktu widzenia problemami pojawiającymi się podczas postępowania w sprawie oceny oddziaływania na środowisko jest głównie brak prawidłowo sporządzonej dokumentacji i wynikająca z tego konieczność wezwania inwestora do jej uzupełnienia.

5. Zakończenie

Ocena oddziaływania na środowisko jest postępowaniem towarzyszącym, nie ma charakteru odrębnego, lecz ma charakter postępowania administracyjnego. Implementacja unijnych dyrektyw dotyczących oceny oddziaływania na środowisko spowodowała wiele trudności w stworzeniu kompleksowego aktu prawnego poświęconego problematyce oceny oddziaływania na środowisko. Regulacja tematyki ocen oddziaływania na środowisko w polskim systemie prawnym jest obszerna. Zarówno organy administracji publicznej, jak i inwestorzy, ale także inni uczestnicy postępowania OOŚ uważają, że procedura oceny oddziaływania na środowisko jest skomplikowana ze względu na ilość przepisów prawnych w tej materii rozproszonych w wielu aktach.

Celem, dla którego utworzono ocenę oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko będącą instrumentem prewencyjnym, było przede wszystkim przewidywanie możliwych zagrożeń jeszcze na etapie planowania inwestycji, które mogłyby wywierać znaczący wpływ na środowisko, a następnie przeciwdziałanie im lub ich ograniczanie. Należy zgodzić się z tym, że idea ta ma wymiar ponadczasowy i jest nadal aktualna.

Ocena oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko przeprowadzona jest co do zasady w ramach postępowania w sprawie wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach. Z ustawy

o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko wynika struktura oceny oddziaływania na środowisko, którą można podzielić zasadniczo na trzy części- etap wstępny, właściwy oraz kontrolny. Etap wstępny, czyli *screening* prowadzi do ustalenia czy dla danego przedsięwzięcia OOS jest potrzebna. Kolejne czynności noszą miano *scoopingu*, czyli ustalenia zakresu oceny oddziaływania na środowisko. Właśnie w tym miejscu dużą uwagę skupia się na charakterystyce przedsięwzięcia, zarówno od strony merytorycznej, jak i praktycznej. Uzyskanie przez inwestora zgody na realizację przedsięwzięcia jest wyznacznikiem, dla którego prowadzone jest postępowanie w sprawie oceny oddziaływania na środowisko. Ustawodawca rozróżnił także katalog przedsięwzięć, dla których obligatoryjna jest procedura *scoopingu*. W procedurze *scoopingu* inwestor podaje oprócz wariantu planowanego przedsięwzięcia, także wariant alternatywny. Zgoda organu dotycząca akceptacji raportu OOS powoduje rozpoczęcie realizacji przedsięwzięcia, a tym samym stanowi zakończenie etapu właściwego postępowania. W tym momencie inwestycja wkracza w fazę monitoringu i analizy porealizacyjnej.

Z praktycznego punktu widzenia, zdaniem Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska w Białymstoku, długość postępowania w sprawie oceny oddziaływania na środowisko zależy w dużej mierze od przedstawionej przez inwestora dokumentacji przedsięwzięcia. Dominującymi w województwie podlaskim przedsięwzięciami są nadal inwestycje infrastrukturalne oraz inwestycje rolnicze. Ilość wydanych przez organ, w ramach postępowania w sprawie OOS, rozstrzygnięć świadczy o dynamicznym rozwoju województwa, ale także o tym,

że inwestycje te miały istotny wpływ na środowisko. Pozytywnie należy ocenić ustawę o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko gwarantującą możliwość uzyskania przez społeczeństwo dostępu do informacji o środowisku, choć czas oczekiwania na pozyskanie tych informacji w mojej ocenie jest długi.

Nie ma wątpliwości, że ocena oddziaływania na środowisko zasługuje na pozytywną opinię, gdyż zmierza do ochrony nieodnawialnego zasobu elementów przyrodniczych.

Literatura:

1. Ustawa z dnia 9 listopada 2000 r. o dostępie do informacji i środowisku i jego ochronie oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. z 2000 r., Nr 109, poz. 1157).
2. Ustawa z dnia 18 maja 2005 r. o zmianie ustawy - Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. 2005, Nr 113, poz. 954).
3. Pchałek M., Behnke M., *Postępowanie w sprawie oceny oddziaływania na środowisko w prawie polskim i UE*, C. H. BECK, Warszawa 2009, str. 57.
4. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. Nr 80, poz. 717 z późn. zm).
5. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o zmianie ustawy- Prawo budowlane oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz. U. Nr 80, poz. 718).
6. Pchałek M., Behnke M., *Postępowanie w sprawie... op. cit.*, str. 59.

7. Ustawa z 18 maja 2005 r. o zmianie ustawy - Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. z 2005 r., Nr 113, poz. 954).
8. Pchalek M., *Postępowanie w sprawie... op. cit.*, str. 60.
9. Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. z 2014 r., poz. 1133, dalej jako: „u.o.o.ś”).
10. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2014 r., poz. 1322, dalej jako: „p.o.ś”).
11. Haduba A., *Pojęcie instytucji w prawie ochrony środowiska*, [w:] *Instytucje prawa ochrony środowiska*: pod red. nauk. Radecki W., Diffin, Warszawa 2010, str. 28.
12. Jendrośka J., *Oceny oddziaływania na środowisko jako instytucja prawna*, [w:] *Proces i polityka w ochronie środowiska. Studia z okazji 40-lecia pracy naukowej Jerzego Sommera*, Wydawnictwo Prawa Ochrony Środowiska, Wrocław 2006, str. 81.
13. Habuda A., *Obszary Natura 2000 w prawie polskim*, Diffin, Warszawa 2013, str. 123 oraz J. Jendrośka, *Oceny oddziaływania na środowisko jako instytucja prawna*, [w:] *Proces i polityka w ochronie środowiska. Studia z okazji 40-lecia pracy naukowej Jerzego Sommera*, red. Lisicka H., Wydawnictwo Prawa Ochrony Środowiska, Wrocław 2006, str. 81.
14. Jendrośka J., *Oceny oddziaływania na środowisko... op. cit.*, str. 80.
15. Lipiński A., *Prawne podstawy ochrony środowiska*, Warszawa 2010, str. 59.

16. Ustawa z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego (Dz. U. z 2014 r., poz. 1195).
17. Dobrowolski G., *Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach*, Toruń 2011, str. 306.
18. Oficjalna strona internetowa Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska, <http://www.gdos.gov.pl/rola-oos>, [dostęp: 7.01.2015 r.].
19. Pchalek M., Behnke M., *Postępowanie w sprawie... op. cit.*, str. 22-23.
20. Górski M., *Aktualne regulacje prawne w zakresie ochrony środowiska według stanu prawnego na koniec stycznia 2009*, wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Poznań 2009, s. 52-53.
21. Sobieraj K., *System ocen oddziaływania na środowisk*, [w:] *Organizacja ochrony środowiska*: pod red. M. Rudnicki, wyd. KUL, Lublin 2011, str. 205.
22. Daniel P., *Ochrona dóbr materialnych w postępowaniu w przedmiocie wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia*, Teza nr 1, Kw.Pr.Pub.2013/2/47, dostęp: LEX 194098/1.
23. Daniel P., *Ochrona dóbr materialnych w postępowaniu w przedmiocie wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia*, Teza 2 i 3, Kw. Pr. Pub. 2013/2/47-60, dostęp: LEX 194098/2 oraz 194098/3.
24. P. Daniel, *Ochrona dóbr materialnych w postępowaniu w przedmiocie wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia*, Teza 5, Kw. Pr. Pub. 2013/2/47-60, dostęp: LEX 194098/5.

25. Wyrok WSA w Gliwicach z dnia 6 października 2011 r., II SA/GI 271/11, LEX nr 984737.
26. Wierzbowski B., Rakoczy B., *Podstawy prawa ochrony środowiska*, LexisNexis, Warszawa 2005, str. 15- 16.
27. Rakoczy B., *Definicje i zasady ogólne (Dział II)*, [w:] *Prawo ochrony środowiska. Komentarz*: pod. red. Bukowski Z., Czech K. E., Karpus K., Rakoczy B., LexisNexis, Warszawa 2013, str. 50.
28. Rakoczy B., Wierzbowski B., *Prawo ochrony środowiska. Zagadnienia podstawowe*, Wolters Kluwer SA, Warszawa 2012, str. 15-18.
29. Rakoczy B., *Cywilnoprawne aspekty pojęcia środowiska*, PS 2004, nr 5, str. 86-99.
30. Pyć D., *Zasada kompleksowej ochrony* [w:] *Ochrona środowiska*: pod red. Brodecki Z, dostęp: LEX.
31. Zakrzewska M. B., *Ochrona środowiska w procesie inwestycyjno-budowlanym*, dostęp: LEX.
32. Ciechanowicz-McLean J., *Ochrona środowiska w działalności gospodarczej*, LexisNexis, Warszawa 2011, str. 49.
33. Kostka Z., Gliniecki A. (red.), *Prawo budowlane komentarz*, LexisNexis, Warszawa 2012, str. 131.
34. Sypniewski D., *Nadzór nad procesem budowlanym*, LexisNexis, Warszawa 2011, str. 53-55.
35. Niewiadomski Z. (red.), *Prawo budowlane Komentarz*, C.H. BECK, Warszawa 2013, str. 15.
36. Wyrok WSA w Gdańsku z dnia 16 marca 2012 r., II SA/Gd 689/11, LEX nr 1145747.

37. Oficjalna strona internetowa miasta Jelenia Góra,
http://biz.jeleniagora.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=38%3Arealizacja-budowlanego-procesu-inwestycyjnego&catid=9%3Aporadnik-dla-inwestora&Itemid=29&lang=pl, [dostęp: 9.06.2015 r.].
38. Kostka Z., *Komentarz do art. 17 ustawy Prawo budowlane*, [w:] *Prawo budowlane. Komentarz*: pod red. Gliniecki A., LexisNexis 2014, dostęp: LEX
39. Plucińska-Filipowicz A. (red.), Filipowicz T., Buliński K., *Komentarz do art. 17 ustawy Prawo budowlane* [w:] *Ustawa prawo budowlane. Komentarz LEX*: red. Plucińska-Filipowicz A., Wierzbowski M., Warszawa 2014, dostęp: LEX.
40. Połowski M. (red.), *Proces inwestycyjny i eksploatacja obiektów budowlanych*, Warszawa 2008, str. 9.
41. Portal deweloperski, <http://www.1de.pl/pojecie-inwestycji-i-procesu-inwestycyjnego/>, [dostęp: 9.06.2015 r.].
42. Kostka Z., *Komentarz do art. 17 ustawy prawo budowlane*, [w:] *Prawo budowlane. Komentarz*: red. Gliniecki A., LexisNexis 2014, dostęp: LEX oraz Sypniewski D., *Nadzór nad procesem budowlanym*, LexisNexis, Warszawa 2011, str. 53-55.

inż. Magdalena Horysz¹⁾, inż. Łukasz Malinowski, mgr inż. Ewa Szatyłowicz,
inż. Szymon Skarżyński, inż. Iwona Barszczewska, inż. Natalia Woroniecka,
Katarzyna Dąbrowska, Łukasz Trybułowski,
dr nauk tech. Janina Piekutin²⁾

Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska

ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

¹⁾magdalena.horysz@gmail.com

²⁾sknispb@gmail.com

Analiza i uwarunkowania rozwoju biogazowni rolniczych w województwie podlaskim

*Analysis and conditions of the development of agricultural biogas plants
in Podlaskie Province*

Słowa klucze: *biogaz, podlaskie, analiza*

Keywords: *biogas, Podlaskie, analysis*

Streszczenie: Intensywniejsze wykorzystanie odnawialnych źródeł energii ma na celu ograniczenie redukcji emisji gazów cieplarnianych. Polska wraz z przystąpieniem do Unii Europejskiej zobowiązała się do obniżenia ilości emitowanych gazów do atmosfery oraz zwiększenia ilości źródeł energii odnawialnych. Zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. przez ostatnie lata w polskiej gospodarce coraz większe znaczenie zaczynają odgrywać odnawialne źródła energii, w tym wytwarzanie i wykorzystanie biogazu rolniczego. Realizacja instalacji do pozyskiwania biogazu z podłoży bogatych w substancje biogenne nabiera na znaczeniu z punktu widzenia polityki proekologicznej i energetycznej oraz staje się coraz bardziej opłacalna i uzasadniona. Celem niniejszego artykułu było dokonanie analizy możliwości rozwoju biogazowni rolniczych w województwie podlaskim. Przeprowadzono w tym celu ankietę wśród mieszkańców wsi województwa podlaskiego, w której zbadano opinię społeczności lokalnej dotyczącą potencjalnego rozwoju biogazowni rolniczych. W ankiecie wzięło udział 40 osób w wieku 20-58 lat, z czego większość stanowiły osoby w wieku 23-40 lat. Ponad 70% ankietowanych wyraziłoby

zgodę na budowę biogazowni. W pracy zestawiono również ilość produkowanej energii z biogazu na terenie województwa podlaskiego w odniesieniu do Polski.

1. Wstęp

W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie i wykorzystanie odnawialnych zasobów energii [1]. Biorąc pod uwagę ograniczone zasoby paliw kopalnych można stwierdzić, że po roku 2020 będą one stopniowo zastępowane przez odnawialne źródła energii, wśród których biogaz otrzymany z substratów rolniczych będzie odgrywał znaczącą rolę [2-4]. Energetyka rozproszona oparta na odnawialnych źródłach energii mogłaby zapewnić taką ilość energii, która sprostałaby potrzebom całej Polski na odpowiednim poziomie w ciągły i naturalny sposób. W Polsce, ze względu na dużą powierzchnię użytków rolnych (około 14,6 mln ha) i dobrze rozwiniętą hodowlę bydła i trzody chlewnej, możliwości dla rozwoju rynku energii odnawialnej, a w szczególności biogazowni rolniczych, są znaczne. W 2013 roku w Polsce gęstość pogłowia bydła na 100 ha użytków rolnych była na poziomie 40,3 szt., natomiast gęstość trzody chlewnej na 100 ha użytków rolnych była na poziomie 105,7 szt. [5]. Na ogół w procesie wytwarzania biogazu może być wykorzystywana biomasa roślin różnego typu i w różnej postaci. Wykorzystanie potencjału biogazu skutkowałoby zaspokojeniem popytu na energię o 7,5%. W porównaniu do sektora energetycznego węgla kamiennego w Polsce, sektor energetyczny biogazu generuje znacznie mniejsze koszty zewnętrzne i cieszy się również większym wsparciem ze strony społeczności lokalnych, natomiast substraty do fermentacji metanowej są dostępne w każdym regionie kraju [6]. Wykorzystanie odpadów generowanych przy produkcji rolnej oraz potencjalny rozwój nieużytków

i ugorów do celów energetycznych przyczyni się do rozwoju działalności rolniczej na terenach o wysokim poziomie bezrobocia [7]. Rozwój rynku biogazowni rolniczych jest także bardzo ważny z punktu widzenia możliwości rozwoju obszarów wiejskich w Polsce, które mogą być analizowane w aspektach społecznych, gospodarczych i środowiskowych [8]. Przejawia się to między innymi aktywizacją społeczności lokalnej oraz utworzeniem wyspecjalizowanej produkcji, handlu i usług podmiotów zajmujących się budową i utrzymaniem infrastruktury technicznej biogazowni rolniczych, jak również związanych z pobieraniem lub dostawą biomasy do biogazowni [9].

Jednym z regionów kraju, w którym istnieje znaczny potencjał do produkcji energii w biogazowniach rolniczych jest województwo podlaskie. W regionie tym energię można produkować z różnego typu biomasy między innymi: roślin oleistych i olejów odpadowych, odpadów pochodzących z cukrowni, roślin skrobiowych (ziemniaki, kukurydza), materiałów lignocelulozowych (drzewa, krzewy, rośliny energetyczne, słomki, odpady komunalne, odpady z przemysłu rolno-spożywczego). Rozwój energetyki w oparciu o odnawialne źródła energii w województwie podlaskim, gdzie 40% regionu to obszary Natura 2000, może przyczynić się do rozwoju gospodarczego tego województwa [10]. W pracy dokonano analizy uwarunkowań i możliwości rozwoju biogazowni rolniczych w województwie podlaskim. Porównano aktualną ilość energii produkowanej z biogazu na terenie woj. podlaskiego z jej ilością w innych województwach oraz w stosunku do całego kraju. Ponadto przeprowadzono ankietę wśród mieszkańców wsi zajmujących się rolnictwem, w której zbadano stan wiedzy społeczności lokalnej

dotyczącą możliwości potencjalnego rozwoju sektora produkcji biogazu rolniczego.

2. Rozwój biogazowni rolniczych w Polsce

Dobrze prosperujące biogazownie na terenie Polski pokazują jak ważny jest dobór lokalizacji, który warunkuje jej opłacalność i powodzenie. Biogazownia powinna znajdować się w okolicy zbiornika z surowcem, a jednocześnie winna być oddalona w określonej odległości od budynków mieszkalnych i obszarów chronionego krajobrazu. Odpowiednie położenie zapobiegnie przedostawaniu się nieprzyjemnych zapachów do domostw. Ze względu na hałas, odory i spaliny pojazdów transportujących substraty, odległość od terenów zabudowanych musi wynosić minimum 300 m [13]. W celu odpowiedniej pracy instalacji należy zadbać o odpowiedni zasób surowców, dlatego rozważmy przypadek biogazowni rolniczej. Powinna ona zostać wybudowana w okolicy dużych gospodarstw, zakładów produkujących żywność czy ferm, gdzie pod dostatkiem jest odpadów z produkcji rolnej i przemysłu rolno-spożywczego. Ze względu na wysokie koszty transportu biogazownia powinna znajdować się jak najbliżej obszarów z surowcem. Pamiętać należy również o stanie dróg dojazdowych, ponieważ drogi nieutwardzone mogą nie podołać pojazdom ciężarowym o dużej ładowności. Dane, umożliwiające zaplanowanie położenia biogazowni można uzyskać w Regionalnym Oddziale Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa, Wojewódzkim Inspektoracie Weterynarii czy Wojewódzkim Ośrodku Doradztwa Rolniczego. Ważnym elementem podczas planowania położenia biogazowni jest wywiad środowiskowy. Należy zapoznać się z przyszłymi dostawcami surowca, dowiedzieć się,

jaką ilość substratów rocznie będą mogli dostarczyć, jaka będzie jego cena oraz czy będzie zachowana ciągłość dostaw. Istotnym kryterium jest również lokalizacja najbliższego gazociągu i możliwość wybudowania przyłącza. Dobrze dobrana lokalizacja zapewni inwestorom korzyści z wybudowania biogazowni [14]. Źródłem pozyskiwania substratów do produkcji biogazu, zdecydowanie najistotniejszym z punktu widzenia korzyści dla gospodarki lokalnej, są grunty orne możliwe do wykorzystywania na uprawy celowe roślin energetycznych. W pełni przydatnymi do uprawy roślin energetycznych są grunty orne o kompleksach rolniczej przydatności gleb 1-5 i 8. O właściwym potencjale decyduje maksymalny udział w strukturze zasiewów celowych upraw roślin energetycznych. W skali kraju maksymalny udział gruntów ornych, jaki może być przeznaczony na potrzeby rolnictwa energetycznego ustalany jest na poziomie 25% [15]. Podsumowując, położenie biogazowni zależne jest od wielu czynników. Aby jej budowa była opłacalna należy przeanalizować przede wszystkim uwarunkowania środowiskowe i dostępność surowców do przetworzenia.

Według rejestru ARR na dzień 15.01.2014 r. w Polsce było zarejestrowanych 37 biogazowni rolniczych, z czego 8 należało do jednego podmiotu. Najwięcej biogazowni rolniczych zlokalizowanych było na terenie województwa pomorskiego (9 instalacji) i zachodnio-pomorskiego (6 instalacji) oraz w lubelskim (5 instalacji). Już dwa lata później według Rejestru wytwórców biogazu rolniczego z dnia 25 lutego 2016 roku wydawanego przez Agencję Rynku Rolnego w Polsce jest zarejestrowanych 83 biogazowni rolniczych. Ich łączna zainstalowana moc elektryczna wynosi 88,441 MW, natomiast roczna wydajność

instalacji do wytwarzania biogazu rolniczego szacowana jest na 340 446 451 m³/rok.



Rysunek 1. Biogazownia rolnicza w Dziąbowie

Źródło: [21]

Tabela numer 1 przedstawia liczbę biogazowni, roczną wydajność instalacji do wytwarzania biogazu rolniczego oraz zainstalowaną elektryczną moc układu w rozbiu na poszczególne województwa.

Tabela 1. Zestawienie ilości biogazowni, rocznej produkcji biogazu i mocy elektrycznej układu z podziałem na województwa na rok 2016

Lp.	Województwo	Liczba biogazowni	Roczna wydajność instalacji do wytwarzania biogazu rolniczego (m ³ / rok)	Zainstalowana elektryczna moc układu (MW _e)
1	dolnośląskie	9	33 523 899	9,237

Lp.	Województwo	Liczba biogazowni	Roczna wydajność instalacji do wytwarzania biogazu rolniczego (m ³ / rok)	Zainstalowana elektryczna moc układu (MW _e)
2	kujawsko-pomorskie	5	27 921 090	7,401
3	lubelskie	5	24 750 000	6,862
4	lubuskie	3	8 971 270	2,392
5	łódzkie	4	17 666 691	4,097
6	małopolskie	1	533 462	0,150
7	mazowieckie	3	13 942 960	3,259
8	opolskie	1	8 000 000	2,000
9	podkarpackie	3	10 084 120	2,498
10	podlaskie	8	28 807 143	7,261
11	pomorskie	8	38 072 083	10,174
12	śląskie	2	4 464 000	1,212
13	świętokrzyskie	1	2 464 000	0,800
14	warmińsko-mazurskie	10	38 258 196	9,484
15	wielkopolskie	8	33 055 041	9,961
16	zachodniopomorskie	12	49 932 496	11,653
Suma		83	340 446 451	88,441

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Rejestru wytwórców biogazu rolniczego [17]

Analizując tabelę można zauważyć, że województwo zachodniopomorskie przoduje w produkcji biogazu. Posiada ono 12 biogazowni, które produkują łącznie prawie 50 milionów m³ biogazu rocznie, co stanowi ponad 14,5% ogólnopolskiej rocznej produkcji. Zainstalowana elektryczna moc układów biogazowni w województwie zachodniopomorskim wynosi ponad 11,5 MW energii co stanowi ponad

13% jej ogólnej produkcji z biogazu rolniczego. Na kolejnych pozycjach znalazły się województwa warmińsko-mazurskie, pomorskie, wielkopolskie, dolnośląskie i podlaskie. Najmniejszy udział w produkcji biogazu rolniczego posiada województwo małopolskie, posiadające jedną biogazownię, produkującą rocznie ponad 0,5 mln m³ biogazu (niecałe 0,16% krajowej produkcji) oraz wytwarzającą 0,15 MW energii, co daje 0,17% krajowej produkcji energii z biogazu rolniczego.

3. Biogazownie w województwie podlaskim w porównaniu do całego kraju

Na koniec lutego 2016 roku województwo podlaskie posiada na swoim terytorium 8 biogazowni rolniczych. Ich łączna roczna produkcja biogazu wynosi prawie 29 milionów m³ biogazu rolniczego, co stanowi prawie 8,5% biogazu produkowanego na terenie całego kraju. Dodatkowo województwo produkuje prawie 7,3 MW energii elektrycznej, co stanowi 8,2% energii elektrycznej produkowanej z tego źródła. Tabela numer 2 przedstawia zestawienie biogazowni rolniczych na terenie województwa podlaskiego.

Tabela 2. Zestawienie biogazowni rolniczych funkcjonujących na terenie województwa podlaskiego

Lp	Nazwa przedsiębiorcy	Data wpisu do rejestru	Miejsce działalności	Zakres i rodzaj wykonywanej działalności	Roczna wydajność instalacji do wytwarzania biogazu rolniczego (m ³ / rok)	Zainstalowana elektryczna moc układu (MW _e)
1	ADLER BIOGAZ Sp. z o.o.	20.01.2014	Ryboły 1/1 16-060 Zabłudów	Wytwarzanie energii elektrycznej z biogazu rolniczego w układzie kogeneracyjnym	4 380 000	1,000
2	CHP ENERGIA Sp. z o.o.	27.02.2015	Wojny Wawrzyńce 1 18-210 Szepietowo		4 555 000	1,200
3	EKO Farmenergia Sp. z o.o.	05.08.2015	ul. Lotników Lewoniewskich 11A 16-100 Sokółka		3 338 700	0,999
4	Gospodarstwo Rolne Marek Dyczewski	24.09.2015	Czerwonka 11 16-411 Szypliszki		420 000	0,100
5	Zielona Energia Michałowo Sp. z o.o.	09.10.2015	Białostocka 78 16-050 Michałowo		3 666 000	0,950
6	PGB Energetyka 13 Sp. z o.o.	16.12.2015	Stary Kornin 2A 17-204 Dubicze Cerkiewne		4 009 120	0,999

Lp	Nazwa przedsiębiorcy	Data wpisu do rejestru	Miejsce działalności	Zakres i rodzaj wykonywanej działalności	Roczna wydajność instalacji do wytwarzania biogazu rolniczego (m ³ / rok)	Zainstalowana elektryczna moc układu (MW _e)
7	PGB Energetyka 3 Sp. z o.o.	30.12.2015	Krzywa 48A 17-100 Bielsk Podlaski		4 009 120	0,999
8	PGB Energetyka 4 Sp. z o.o.	07.01.2016	Dzierżki 27 18-112 Poświętne		4 009 120	0,999

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Rejestru wytwórców biogazu rolniczego [17]

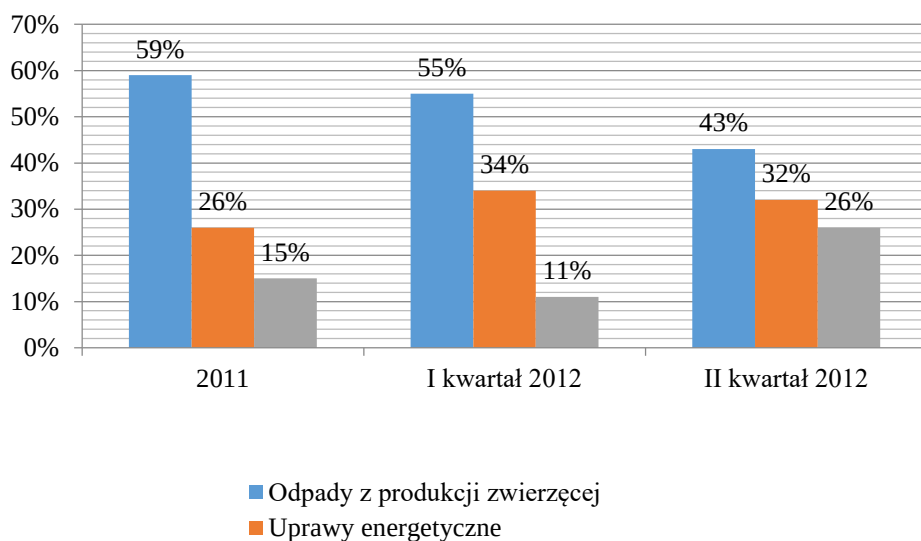
W powyższym zestawieniu widać, że wszystkie biogazownie rolnicze w województwie podlaskim powstały w ostatnich trzech latach. Pierwsza biogazownia w Rybołach uruchomiona przez spółkę ADLER BIOGAZ funkcjonuje od początku 2014 roku, natomiast najnowsza biogazownia spółki PGB ENERGETYKA powstała na początku 2016 roku. Dodatkowo spółka PGB ENERGETYKA posiada na terenie województwa trzy biogazownie, co wyróżnia ją spośród innych podmiotów produkujących biogaz rolniczy. Największa biogazownia będąca w posiadaniu firmy CHP ENERGIA produkuje rocznie ponad 4,5 miliona m³ biogazu rolniczego, co przekłada się na 1,2 MW energii elektrycznej. Na uwagę zasługuje najmniejsza biogazownia w województwie. Zlokalizowana jest ona we wsi Czerwonka znajdującej się w gminie Szypliszki w powiecie suwalskim. Jest to najmniejsza instalacja tego typu w Polsce. Produkuje ona zaledwie 420 tysięcy m³ biogazu rocznie.



Rysunek 2. Biogazownia rolnicza Adler w Rybołach

Źródło: [20]

Substraty do produkcji biogazu rolniczego według raportu Agencji Rynku Rolnego z II kwartału 2012 roku podzielono na trzy grupy. Pierwszą grupą są odpady z produkcji zwierzęcej takie jak gnojowica i obornik. Do drugiej grupy zaliczamy kiszonkę z kukurydzy, sianokiszonkę oraz zboże, stanowiące uprawy energetyczne. Ostatnią grupą substratów do biogazowni rolniczych są odpady z przemysłu rolno-spożywczego, do których zaliczyć możemy wywary gorzelniane, serwatkę oraz wysłodki.



Rysunek 3. Udział grup substratów w produkcji biogazu rolniczego w Polsce w 2011 roku i dwóch kwartałach 2012 roku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [18]

O ile w 2011 roku odpady z produkcji zwierzęcej stanowiły aż 59 % całej masy używanych substratów, to w roku 2012 udział ten się zmniejszył – wynosił 55% w I kwartale i 43% w drugim kwartale. Zwiększa się udział upraw energetycznych (głównie kiszonki z kukurydzy), a także odpadów z przemysłu rolno-spożywczego. Można zauważyć, że udział upraw energetycznych w substratach do produkcji biogazu jest stosunkowo niski. Jest to wsad droższy niż np. odpady z przemysłu spożywczego, które często można pozyskać za niewielką cenę lub tylko za koszty transportu.

4. Badanie ankietowe opinii publicznej

Przeprowadzono badanie opinii mieszkańców terenów wiejskich prowadzących działalność rolniczą na temat ich stosunku do biogazowni

oraz lokalizacji tej inwestycji w ich sąsiedztwie. Zadano następujące pytania:

- Czy wie Pan/Pani, czym jest biogazownia?
- Czy korzystaliby Pan/Pani z biogazowni:
 - oddawanie produktów nadających się na wsad,
 - do jakiej odległości dowoziłaby/dowodziłby Pani/Pan wsad,
 - skupowanie gęstwy w celach nawozowych,
 - skupowanie odcieku z produkcji biogazu w celach nawadniających?
- Czy byłby Pan/Pani zainteresowany/a korzystaniem z prądu, ciepła i gazu wytwarzanych przez biogazownię?
- Czy chciałby Pan/Pani mieć biogazownię w swoim regionie, dlaczego?
- Jakie są Pana/Pani obawy względem biogazowni?

W badaniu wzięło udział 50 osób z 20 miejscowości położonych na terenie województwa podlaskiego. Wszystkie ankietowane osoby zamieszkują obszary wiejskie oraz zajmują się działalnością rolniczą. Badaniu poddano opinie osób w różnym wieku oraz o różnym poziomie wykształcenia. Prawie 3/4 ankietowanych (70%) stanowiły osoby w wieku 21-40 lat. Wyniki przeprowadzonych ankiet zostały zestawione, przeprowadzona została ich analiza oraz wyciągnięto właściwe wnioski.

5. Zestawienie i analiza wyników badań

W celu zdefiniowania świadomości osób, które wzięły udział w badaniu ankietowym zadano kilka pytań, m.in.: czy wiedzą, czym jest biogazownia, czy korzystaliby z biogazowni w oddawaniu produktów

nadających się na wsad itd. Odpowiedzi na poszczególne pytania przedstawiono w tabeli numer 3 jako wartości procentowe.

Tabela 3. Zestawienie wyników ankiet

PYTANIE		TAK	NIE	NIE WIEM
Czy wie Pan/Pani czym jest biogazownia?		95,0%	3,0%	2,0%
Czy korzystalby/łaby Pan/Pani z biogazowi w oddawaniu produktów nadających się na wsad:		72,5%	27,5%	-
Czy korzystalby/łaby Pan/Pani z biogazowi w skupowaniu gęstwy w celach nawozowych:		50,0%	50,0%	-
Czy korzystalby/łaby Pan/Pani z biogazowi w skupowaniu odcieku w celach nawadniających:		30,0%	70,0%	-
Czy byłby/łaby Pan/Pani zainteresowany/a korzystaniem z prądu, ciepła i gazu wytwarzanych przez biogazownię?		82,5%	17,5%	-
Czy chciałby/łaby Pan/Pani mieć biogazownię w swoim regionie? Jeżeli nie, to dlaczego?		70,0%	28,0%	2,0%
Do jakiej odległości byłby/łaby Pan/Pani	do 1km	12,5%	5,5%	2,0%
	do 5km	25,0%		
	do 10km	42,5%		

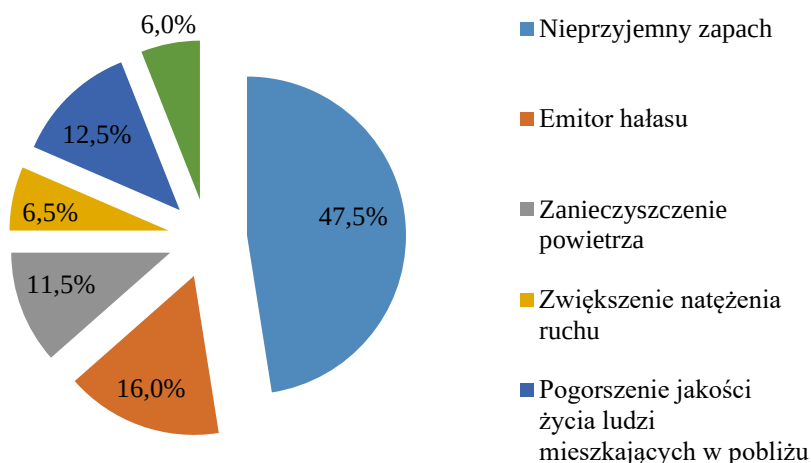
PYTANIE		TAK	NIE	NIE WIEM
skłonny/a dowozić wsad?	20km i powyżej	12,5%		
Czy ma Pana/Pani obawy względem biogazowni?		50,0%	47,5%	2,5%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników ankiet

Pośród wszystkich ankietowanych 95% osób wie, czym jest biogazownia rolnicza. Ankietowani wykazują, iż biogaz wykorzystywany jest do produkcji energii, z czego większość uważa, że jest to odnawialne źródło energii. Po przeanalizowaniu ankiet okazuje się, że prawie $\frac{3}{4}$ badanych widzi korzyści dla swojego gospodarstwa, jakie mogłyby wyniknąć z funkcjonowania biogazowni. Pozostałe osoby nie korzystałyby z biogazowni rolniczych ze względu na brak w obrębie ich gospodarstwa surowców nadających się na wsad. Warto podkreślić, iż 50% ankietowanych korzystałaby z biogazowni w skupowaniu gęstwy w celach nawozowych. Niespełna 30% badanych wyraziłaby chęci do skupowania odcieku w celach nawadniających. Prawie 82,5% badanych byłoby zainteresowanych korzystaniem z prądu, ciepła i gazu wytwarzanych przez biogazownię. Uważają oni, iż mogłoby to stanowić alternatywę dla obecnych źródeł.

Należy podkreślić, że ponad 70% badanych chciałoby mieć biogazownię rolniczą w swoim regionie. Pozostała część nie wie czy biogazownia może przynieść korzyści dla ich gospodarstwa i ma obawy dotyczących funkcjonowania instalacji. Być może wynika to z braku świadomości i szkoleń w miejscu zamieszkania ankietowanych. Brak zainteresowania rozwojem biogazowni lokalnej wyraziła 1 osoba,

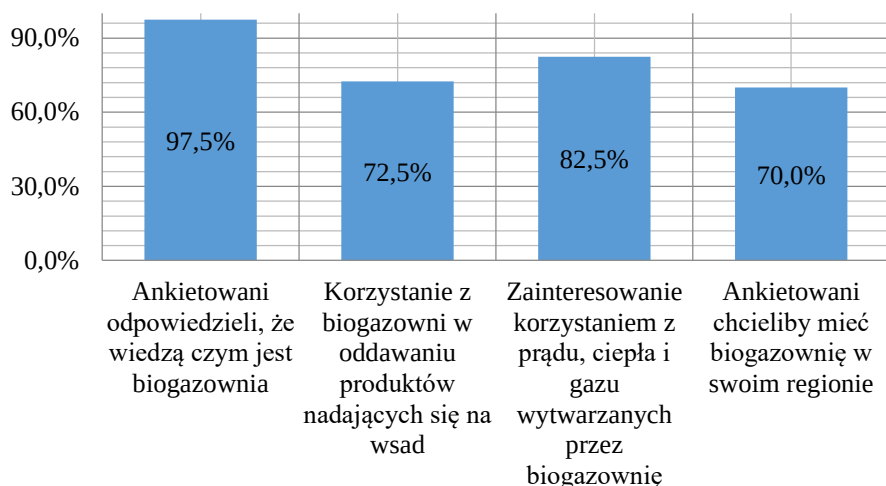
ze względu na niewystarczającą wiedzę dotyczącą tematu. Połowa badanych nie dostrzega zagrożeń dla swojego gospodarstwa z racji funkcjonowania w pobliżu biogazowni. Pozostali wskazują, iż mogą wystąpić jakieś zagrożenia. Główne z nich, które wymieniają, zostały przedstawione na rysunku 3.



Rysunek 3. Zestawienie głównych obaw ankietowanych dotyczących budowy biogazowni rolniczej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników

Wśród ankietowanych największy odsetek wyraził obawy związane z nieprzyjemnym zapachem towarzyszącym podczas pracy instalacji. Rozwój biogazowni rolniczej wiąże się ze zwiększeniem natężenia ruchu spowodowanym dowozem wsadu, a także emisją hałasu. Według ankietowanych wszystkie czynniki mogą powodować pogorszenie warunków życia oraz zanieczyszczenie powietrza. Wśród badanych pojawiły się również obawy związane ze skutkami awarii instalacji.



Rysunek 4. Zestawienie wybranych wyników ankiety

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników

Pytając badanych o lokalizację biogazowni prawie połowa, bo niespełna 47,5% wyraziłaby zgodę na jej budowę w odległości 10 km od miejsca zamieszkania, 12,5% w odległości 20 km, pozostali ankietowani w odległości do 5 km.

Bardzo ważnymi aspektami w świadomości o odnawialnych źródłach energii są: dostęp do informacji oraz prowadzenie akcji informacyjno-edukacyjnych. Ponad 80% badanych odpowiedziało, iż w ich miejscu zamieszkania działania takie nie są prowadzone. Pozostałe 20% ankietowanych potwierdziło, iż prowadzone są takie szkolenia, z czego ponad 60% nigdy w nich nie uczestniczyło.

6. Dyskusja i wnioski

Województwo podlaskie posiada ogromny potencjał w produkcji biogazu rolniczego. Liczne tereny rolnicze, rozwinięty chów zwierząt i zakłady przetwórstwa spożywczego są doskonałym źródłem substratów

do produkcji biogazu. Mimo łatwego dostępu do surowców pierwsza biogazownia rolnicza w regionie powstała w 2014 roku. Wpływ na to mogły mieć obawy inwestorów przed całą procedurą administracyjną, możliwością zwrotu poniesionych nakładów inwestycyjnych oraz głosy sprzeciwu mieszkańców terenów położonych w pobliżu potencjalnych biogazowni. Pozytywne doświadczenia w budowie biogazowni rolniczych w innych regionach kraju oraz liczne kampanie promujące zieloną energię spowodowały zwiększenie świadomości ludności oraz rozwianie licznych nieuzasadnionych obaw. Budowa pierwszej w województwie podlaskim biogazowni w Rybołach przetarła szlaki kolejnym inwestorom. W ciągu zaledwie dwóch lat powstało kolejnych siedem biogazowni rolniczych. Pod względem liczby instalacji województwo podlaskie wraz z wielkopolskim i pomorskim z liczbą 8 biogazowni plasują się na czwartej pozycji w skali kraju. Pod względem rocznej wydajności instalacji do wytwarzania biogazu rolniczego region wypada nieco gorzej, gdyż zajmuje 6 miejsce wśród wszystkich województw. Związane jest to z niską wydajnością poszczególnych instalacji. Jednakże liczne rozproszone instalacje, nawet o stosunkowo niskich wydajnościach, zlokalizowane w pobliżu źródła surowców mogą w znaczącym stopniu pomóc zaspokoić potrzeby energetyczne danego obszaru. Jak wynika z przeprowadzonych badań większość mieszkańców terenów rolniczych byłaby zainteresowana korzystaniem z prądu, ciepła i gazu wytwarzanych w biogazowni, gdyż uważają, że jest to dobra alternatywa dla tradycyjnych źródeł energii. Ponad 70% badanych popiera budowę biogazowni rolniczej w swoim regionie oraz widzi korzyści dla siebie i swojego gospodarstwa z funkcjonowania takiej instalacji. Pozytywne nastawienie mieszkańców terenów rolniczych oraz

szerokie zaplecze substratów do produkcji biogazu powodują, że biogazownie rolnicze mają ogromny potencjał rozwoju w województwie podlaskim.

7. Wnioski:

1. Województwo podlaskie posiada dobre zaplecze surowców do produkcji biogazu rolniczego.
2. Na koniec lutego 2016 r. w województwie pracowało 8 biogazowni rolniczych.
3. Roczna wydajność instalacji do produkcji biogazu rolniczego wynosi 28 807 143 m³/rok, co stanowi 8,46 % krajowej produkcji.
4. Badanie opinii publicznej mieszkańców terenów wiejskich pokazało, że ponad 70 % badanych chciałoby mieć biogazownię rolniczą w swoim regionie, a ponad 80 % korzystałoby z energii, ciepła i gazu produkowanych w takiej instalacji.
5. Ankietowani identyfikują biogazownie rolnicze pozytywnie, oczekując korzyści dla swojego gospodarstwa.
6. Biogazownie rolnicze mają duży potencjał rozwoju w województwie podlaskim.
7. W celu rozwoju biogazowni rolniczych w województwie podlaskim należy zadbać przede wszystkim o edukację mieszkańców wsi, poprzez przeprowadzenie odpowiednich szkoleń.

Literatura:

1. Igliński B., Kujawski W., Buczkowski R., Cichosz M.: *Renewable energy in Kujawsko-Pomorskie Voivodeship (Poland)*, Renewable Sustainable Energy Reviews, nr 14, 2010, str. 1336–41.

2. Cenian A, Noch T.: *Ekoenergetyka—zagadnienia technologii, ochrony środowiska i ekonomiki*. Wydawnictwo Gdańskiej Wyższej Szkoły Administracji, Gdańsk, 2010.
3. Oniszk-Popławska A., Matyka M., Dagny-Ryńska E.: *Evaluation of a long-term potential for the development of agricultural biogas plants: a case study for the Lubelskie Province, Poland*, Renewable Sustainable Energy Reviews, nr 36, 2014, str. 329–349.
4. Mao Ch, Feng Y, Wang X, Ren G.: *Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion*, Renewable & Sustainable Energy Reviews, nr 45, 2015, str. 540–555.
5. GUS, *Charakterystyka gospodarstw rolnych w 2013 r.*, Warszawa 2014, str. 106.
6. Fugol M., Szlachta J.: *Zasadność używania kiszonki z kukurydzy i gnojowicy świńskiej do produkcji biogazu*. Inżynieria Rolnicza, nr 1, 2010, str. 169–174.
7. Igliński B., Buczkowski R., Cichosz B.: *Biogas production in Poland—Current state, potential and perspectives*, Renewable and Sustainable Energy Reviews nr 40, 2015, str. 686–695.
8. Piwowar A., Dzikuć M.: *Charakterystyka podmiotów zajmujących się wytwarzaniem biogazu rolniczego w Polsce*, Journal of Agribusiness and Rural Development, nr 1, 2013, str. 207–217.
9. Song Z, Zhang C, Yang, Feng Y, Ren G, Han X.: *Comparison of biogas development from households and medium and large-scale biogas plants in rural China*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, nr 33, 2014, str. 204–213.

10. Pieńkowski C.: *The possibilities of using renewable sources of energy in podlaskie province*, Polish Journal of Environmental Studies, nr 19, 2010, str. 537-544.
11. <http://www.oze.pl/biogaz/wybor-lokalizacji-inwestycji-biogazowej,104.html>, [dostęp 27. 02.2016r.].
12. Romaniuk W., Biskupska K., *Biogazownia rolnicza krok po kroku*, Warszawa, [dostęp 27. 02.2016r.].
13. Al Seadi T., Rutz D., Prassl H., Köttner M., Finsterwalder T., Volk S., Janssen R., *Biogas Handbook*, Denmark, 2008.
14. Myczko A. i inni, *Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych, Poradnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych*, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Poznań, 2013.
15. Mazowiecka Agencja Energetyczna Sp.z o.o., *Biogaz rolniczy-produkcja i wykorzystanie*, Warszawa 2009, [dostęp 27.02.2016r.].
16. Piwowar A., *Biogazownie rolnicze w Polsce, lokalizacja i parametry techniczne instalacji*, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu.
17. Agencja Rynku Rolnego *Rejestru wytwórców biogazu rolniczego* http://www.arr.gov.pl/data/02004/rejestr_wytworcow_biogazu_rolniczego_26022016.pdf [dostęp: 08.03.2016].
18. Biogaz 2012 Rynek biogazowni rolniczych w Polsce http://ilabepro.polsl.pl/bzep/static/uploads/BIOALIANS_-_BIOGAZ_2012_RYNEK_BIOGAZOWNI_ROLNICZYCH_W_POLSCE.pdf [dostęp: 09.03.2016].
19. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł

odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE.

20. <http://www.biogazwrolnictwie.pl/>, [dostęp: 08.03.2016].
21. <http://www.agrikomp.de/pl/zadowoleni-klienci/referencje-w-polsce/14-polskiekategorie/939-biogazownia-999-kw-w-dzialyniu.html>, [dostęp: 08.03.2016].

mgr Natalia Sławińska¹⁾
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Nauk Ekonomicznych
Katedra Ekonomiki Przestrzennej i Środowiskowej
ul. M. Oczapowskiego 4, 10-719 Olsztyn
¹⁾natalia.slawinska@uwm.edu.pl

Zrównoważony rozwój miast wojewódzkich Polski

Sustainable development of Polish provincial cities

Słowa kluczowe: *zrównoważony rozwój, województwo, miasto wojewódzkie, wskaźniki zrównoważonego rozwoju*

Keywords: *sustainable development, province, provincial capital, sustainable development indicators*

Streszczenie: Celem artykułu jest określenie poziomu rozwoju miast wojewódzkich Polski. W Polsce znajduje się 18 miast wojewódzkich, a ich istnienie określa Art. 3. Ustawy z dnia 24 lipca 1998 r. o wprowadzeniu zasadniczego trójstopniowego podziału terytorialnego państwa. Analizowane miasta różnią się od siebie poziomem osiąganego rozwoju. Poziom rozwoju analizowanych miast zbadano za pomocą 22 wskaźników sklasyfikowanych w 5 grupach: sytuacja demograficzna, warunki mieszkaniowe, infrastruktura, aktywność gospodarcza, stan i ochrona środowiska. Zastosowanie metody rozwoju Z. Hellwiga pozwoliło na obliczenie syntetycznych miar rozwoju w każdej z analizowanych grup. Przeprowadzona analiza pozwoliła na sformułowanie wielu wniosków m.in., iż najbardziej rozwiniętym miastem wojewódzkim Polski jest Poznań, a najmniej Łódź.

1. Wstęp

Rozwój jednostek samorządu terytorialnego (JST) każdego szczebla odbywać się musi zgodnie z zasadami rozwoju zrównoważonego. Poziom rozwoju JST szczebla regionalnego określić

można dzięki obliczeniu osiągniętej wartości wytworzonego w danym roku Produktu Krajowego Brutto (PKB) lub wskaźnika rozwoju społecznego (HDI). Obliczenie tych miar dla poziomu lokalnego jest zadaniem skomplikowanym, dlatego do określenia poziomu rozwoju gmin lub powiatów stosuje się wskaźniki cząstkowe [1].

W Polsce, zgodnie z Art. 3. Ustawy z dnia 24 lipca 1998 r. o wprowadzeniu zasadniczego trójstopniowego podziału terytorialnego państwa zlokalizowanych jest 18 miast wojewódzkich. Miastem wojewódzkim jest miasto, które od 1.01.1999 r. jest siedzibą wojewody i (lub) sejmiku wojewódzkiego. W Polsce widoczna jest rozbieżność zachodząca pomiędzy liczbą województw, a liczbą miast wojewódzkich. Wynika ona z faktu, iż w dwóch województwach: kujawsko-pomorskim i lubuskim siedziby wojewody i sejmiku województwa mieszczą się w innych miastach (w województwie kujawsko-pomorskim siedziba wojewody ustanowiona została w Bydgoszczy, zaś siedziba sejmiku wojewódzkiego w Toruniu, natomiast w województwie lubuskim siedzibą wojewody jest Gorzów Wielkopolski, a sejmiku wojewódzkiego Zielona Góra) [2].

2. Definicja rozwoju zrównoważonego

Rozwój to „proces przechodzenia obiektu od stanów mniej pożądanых (mniej pozytywnych, uznawanych za gorsze, mniej rozwiniętych, od form mniej doskonałych) do stanów bardziej pożądanых (bardziej pozytywnych, uznawanych za lepsze, bardziej rozwiniętych, do form bardziej doskonałych) z punktu widzenia określonego kryterium (lub zbioru kryteriów)” [3]. Błędem jest utożsamianie rozwoju również ze zmianami negatywnymi. Takie

zjawisko nosi miano regresu. Część badaczy utożsamia rozwój ze wzrostem. Jest to jednak podejście błędne, gdyż wzrost gospodarczy polega na zwiększaniu czynników produkcji, zaś rozwój wynika z wewnętrznej transformacji społeczeństwa sprzyjającej poprawie bytu materialnego oraz społeczno-kulturalnego [4].

Ustawa zasadnicza w Art. 5 podkreśla priorytetowe znaczenie zasad rozwoju zrównoważonego w polityce realizowanej przez nasz kraj: „Rzeczpospolita Polska strzeże niepodległości i nienaruszalności swojego terytorium, zapewnia wolności i prawa człowieka i obywatela oraz bezpieczeństwo obywateli, strzeże dziedzictwa narodowego oraz zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju” [5]. Precyzyjną definicję rozwoju zrównoważonego podaje Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska, według której rozwój zrównoważony to „rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń” [6].

3. Teren i metody badań

Celem badań była analiza wskaźników zrównoważonego rozwoju miast wojewódzkich Polski. Dokonana analiza pozwoliła na dokonanie oceny poziomu rozwoju miast wojewódzkich Polski. Zakres badań obejmował 18 miast: Białystok, Bydgoszcz, Gdańsk, Gorzów Wielkopolski, Katowice, Kielce, Kraków, Lublin, Łódź, Olsztyn, Opole,

Poznań, Rzeszów, Szczecin, Toruń, Warszawa, Wrocław i Zielona Góra. Charakterystykę badanych miast przedstawia tabela 1. Największą powierzchnię spośród analizowanych miast zajmuje Warszawa, kolejno Kraków i Szczecin, najmniejsze zaś są Zielona Góra i Gorzów Wielkopolski. Najwięcej ludności zamieszkuje Warszawę, Kraków i Łódź, zaś najmniej Zieloną Górę i Opole. Porównując powierzchnię miasta z liczbą zamieszkującej je ludności, widoczne jest, iż największa gęstość zaludnienia występuje kolejno w miastach: Warszawa, Białystok i Łódź, zaś najmniejsza w Opolu i Szczecinie. Średnia powierzchnia miast wojewódzkich Polski wynosi 19530,39 ha, liczba ludności 426246,11 osoby, zaś gęstość zaludnienia 2021,61 osoby na km² [7].

Tabela 1. Charakterystyka miast wojewódzkich Polski

Wyszczególnienie	Powierzchnia	Ludność	Gęstość zaludnienia
	ha	osoba	osoby na km ²
Łódź	29325	706004	2408
Warszawa	51724	1735442	3355
Kraków	32685	761873	2331
Katowice	16464	301834	1833
Lublin	14747	341722	2317
Rzeszów	11636	185123	1591
Białystok	10213	295459	2893
Kielce	10965	198857	1814
Gorzów Wielkopolski	8572	124145	1448
Zielona Góra	5834	118920	2038
Poznań	26191	545680	2083
Szczecin	30055	407180	1355
Wrocław	29282	634487	2167
Opole	9655	119574	1238
Bydgoszcz	17598	357652	2032

Toruń	11572	203158	1756
Gdańsk	26196	461489	1762
Olsztyn	8833	173831	1968

Zródło: Opracowanie własne na podstawie Bank Danych Lokalnych

Wskaźniki rozwoju zrównoważonego wybrane zostały na podstawie przeglądu literatury. W celu dokonania analizy posłużono się danymi dostępnymi w Banku Danych Lokalnych GUS na poziomie gmin (NTS 5) dla roku 2014.

W celu określenia osiąganego poziomu rozwoju miast wojewódzkich Polski dokonano klasyfikacji wskaźników zrównoważonego rozwoju w pięciu grupach: sytuacja demograficzna, warunki mieszkaniowe, infrastruktura, aktywność gospodarcza oraz stan i ochrona środowiska. W skład każdej grupy wskaźników wchodzi wyodrębnione zmienne, które sklasyfikowano zgodnie z ich przynależnością w dwóch grupach: stymulanty i destymulanty. Za stymulanty należy rozumieć cechy, których wyższe wartości są pożądane, gdyż świadczą o wyższym poziomie rozwoju, za destymulanty natomiast cechy, których niższe wartości są bardziej pożądane [8]. Łącznie wyodrębniono 22 wskaźniki. Ich podział przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Wskaźniki zrównoważonego rozwoju i ich klasyfikacja na stymulanty i destymulanty

Wskaźnik	Oznaczenie	S/D
Sytuacja demograficzna		
Przyrost naturalny	X_{A1}	S
Gęstość zaludnienia	X_{A2}	S
Gęstość zaludnienia ludność w wieku nieprodukcyjnym na 100 osób w wieku produkcyjnym	X_{A3}	D
Ludność w wieku poprodukcyjnym na 100 osób w wieku przedprodukcyjnym	X_{A4}	D

Wskaźnik	Oznaczenie	S/D
Ludność w wieku poprodukcyjnym na 100 osób w wieku produkcyjnym	X _{A5}	D
Warunki mieszkaniowe		
Przeciętna powierzchnia użytkowa 1 mieszkania	X _{B1}	S
Przeciętna powierzchnia użytkowa mieszkania na 1 osobę	X _{B2}	S
Liczba mieszkań na 1000 mieszkańców	X _{B3}	S
Odsetek mieszkań wyposażonych w łazienkę	X _{B4}	S
Odsetek mieszkań wyposażonych w centralne ogrzewanie	X _{B5}	S
Infrastruktura		
Odsetek ludności korzystającej z sieci wodociągowej	X _{C1}	S
Odsetek ludności korzystającej z sieci kanalizacyjnej	X _{C2}	S
Odsetek ludności korzystającej z sieci gazowej	X _{C3}	S
Gęstość rozdzielczej sieci wodociągowej na 100 km ²	X _{C4}	S
Gęstość rozdzielczej sieci kanalizacyjnej na 100 km ²	X _{C5}	S
Gęstość rozdzielczej sieci gazowej na 100 km ²	X _{C6}	S
Aktywność gospodarcza		
Liczba podmiotów gospodarczych na 1000 mieszkańców w wieku produkcyjnym	X _{D1}	S
Liczba osób fizycznych prowadzących działalność gospodarczą na 100 osób w wieku produkcyjnym	X _{D2}	S
Udział bezrobotnych zarejestrowanych w liczbie ludności w wieku produkcyjnym	X _{D3}	D
Stan i ochrona środowiska		
Udział obszarów prawnie chronionych w powierzchni ogółem	X _{E1}	S
Udział gruntów leśnych oraz zadrzewionych i zakrzewionych w powierzchni ogółem	X _{E2}	S
Udział użytków rolnych w powierzchni ogółem	X _{E3}	S

Źródło: Opracowanie własne na podstawie literatury

W celu określenie poziomu rozwoju poszczególnych miast wojewódzkich Polski zastosowano metodę wzorca rozwoju Hellwiga. Metoda ta pozwala na obliczenie syntetycznej miary rozwoju d_i dla każdej z analizowanych grup wskaźników. Metoda ta wymaga dokonania ich standaryzacji [9]. Dokonuje się jej według poniższe wzoru:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j}{s_j} \quad (1)$$

z_{ij} - wyjściowe wartości j -tej cechy w i -tym obiekcie

x_{ij} - standaryzowane wartości j -tej cechy w i -tym obiekcie

x_j - średnia arytmetyczna j -tej cechy

S_j - odchylenie standardowe j -tej cechy

Kolejnym krokiem jest określenie wartości maksymalnej i minimalnej wskaźnika z_{ij} koniecznych do obliczenia odległości euklidesowych wyróżnionych obiektów (D_{i0}).

$$D_{i0} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_{oj})^2} \quad (2)$$

$j= 1, 2, m$

m - liczba zmiennych

$z_{oj} = \max z_{ij}$ dla zmiennych będących stymulantami

$z_{oj} = \min z_{ij}$ dla zmiennych będących destymulantami

Na podstawie otrzymanego ciągu wartości odległości euklidesowych obliczyć należy średnią arytmetyczną oraz odchylenie standardowe konieczne do obliczenia wartości D_0 stanowiącej podstawę do oszacowania wartości miary rozwoju d_i .

$$D_0 = D_0 + 2S_0 \quad (3)$$

D_0 - średnia arytmetyczna

S_0 - odchylenie standardowe

$$d_i = 1 - \frac{D_{i0}}{D_0} \quad (4)$$

Uporządkowanie ciągu wartości d_i pozwala określić, który obiekt charakteryzuje się najwyższym, a który najniższym poziomem rozwoju.

4. Wyniki badań własnych

W celu określenia poziomu rozwoju miast wojewódzkich Polski w zakresie sytuacji demograficznej wyodrębniono pięć wskaźników, spośród których dwa to stymulanty, a trzy to destymulanty:

X_{A1} - Przyrost naturalny,

X_{A2} - Gęstość zaludnienia,

X_{A3} - Ludność w wieku nieprodukcyjnym na 100 osób w wieku produkcyjnym,

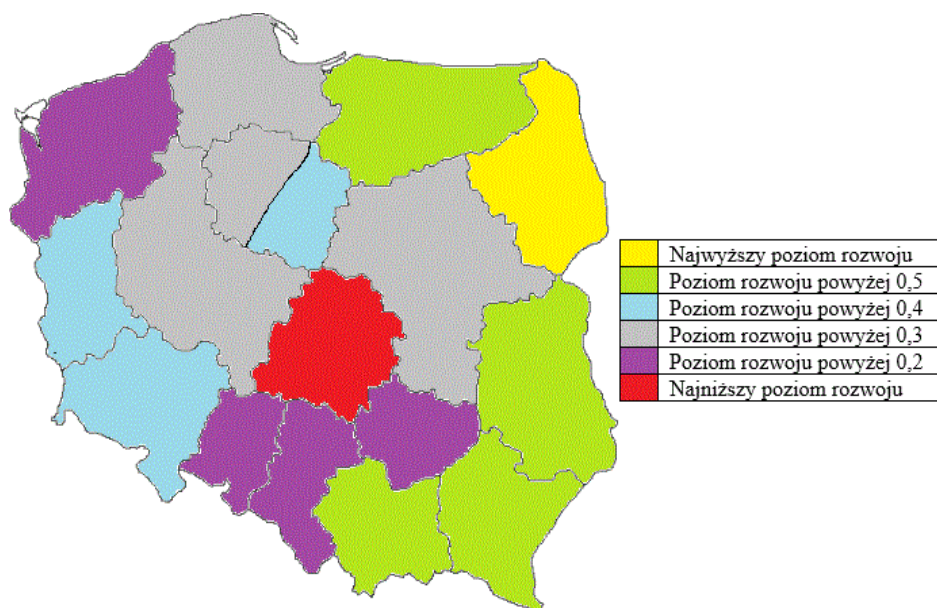
X_{A4} - Ludność w wieku poprodukcyjnym na 100 osób w wieku przedprodukcyjnym,

X_{A5} - Ludność w wieku poprodukcyjnym na 100 osób w wieku produkcyjnym.

Tabela 3. Wskaźniki rozwoju miast wojewódzkich Polski dla sytuacji demograficznej

Sytuacja demograficzna			
miasto	d_i	miasto	D_i
Łódź	-0,144	Gorzów Wielkopolski	0,414
Katowice	0,215	Wrocław	0,418
Opole	0,273	Zielona Góra	0,436
Szczecin	0,277	Toruń	0,492
Kielce	0,295	Lublin	0,500
Bydgoszcz	0,326	Kraków	0,505
Gdańsk	0,335	Rzeszów	0,540
Warszawa	0,341	Olsztyn	0,595
Poznań	0,394	Białystok	0,819

Zródło: Opracowanie własne na podstawie Bank Danych Lokalnych



Rysunek 1. Wskaźniki rozwoju miast wojewódzkich Polski dla sytuacji demograficznej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Bank Danych Lokalnych

Najbardziej rozwiniętymi miastami wojewódzkimi Polski pod względem sytuacji demograficznej są Białystok, Olsztyn i Rzeszów, najmniej Łódź, Katowice i Opole (tabela 3). Średni przyrost naturalny w miastach wojewódzkich w Polsce jest ujemny i wynosi -122,28. Niepokojącym zjawiskiem jest ujemna wartość przyrostu naturalnego występująca aż w 7 miastach: Łodzi, Katowicach, Kielcach, Szczecinie, Opolu, Bydgoszczy i Toruniu, przy czym przyrost ten wynosi aż -3878 w Łodzi. Największy przyrost naturalny widoczny jest w Warszawie (1552). Na 100 osób w wieku produkcyjnym w analizowanych miastach przypada średnio 59,85 osób w wieku nieprodukcyjnym. Największy udział występuje w Łodzi (64,6%) i Warszawie (64,4%), najmniejszy w Rzeszowie (56%) i Olsztynie (56,2%). Na 100 osób wieku przedprodukcyjnym przypada średnio 136 osób w wieku

poprodukcyjnym - najwięcej w Łodzi (176,4) i Katowicach (162,5), najmniej w Rzeszowie (104,8) i Białymstoku (110,4). Na 100 osób w wieku produkcyjnym przypada średnio 34,39 osób w wieku poprodukcyjnym, największy udział występuje Łodzi (41,2%), najmniejszy w Rzeszowie (28,6%).

Na rysunku 1 widoczne jest, iż najwyższy poziom rozwoju pod względem sytuacji demograficznej prezentują miasta zlokalizowane we wschodniej Polsce.

W celu określenia poziomu rozwoju miast wojewódzkich Polski w zakresie warunków mieszkaniowych wyodrębniono pięć wskaźników, które są stymulantami:

X_{B1} - Przeciętna powierzchnia użytkowa 1 mieszkania,

X_{B2} - Przeciętna powierzchnia użytkowa mieszkania na 1 osobę,

X_{B3} - Liczba mieszkań na 1000 mieszkańców,

X_{B4} - Odsetek mieszkań wyposażonych w łazienkę,

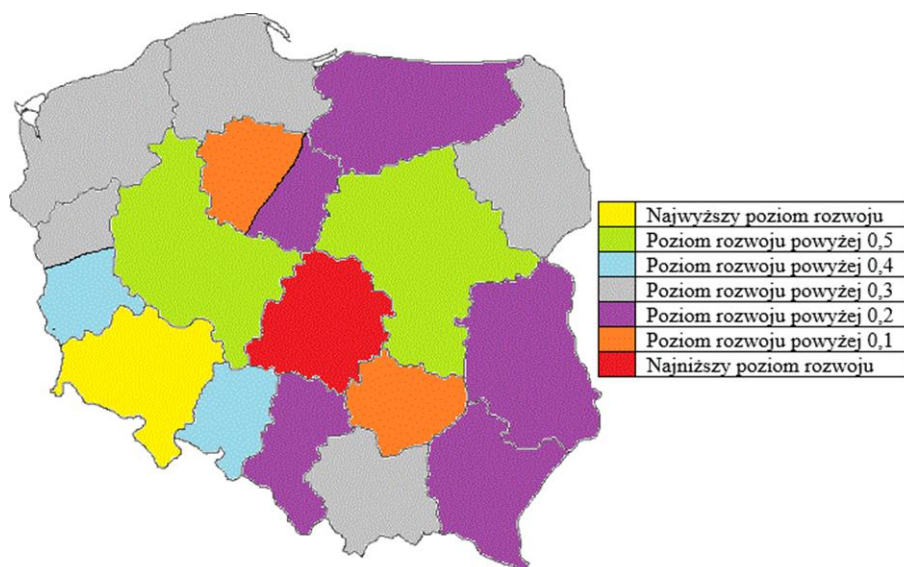
X_{B5} - Odsetek mieszkań wyposażonych w centralne ogrzewanie.

Tabela 4. Wskaźniki rozwoju miast wojewódzkich Polski dla warunków mieszkaniowych

Warunki mieszkaniowe			
miasto	di	miasto	di
Łódź	-0,023	Gorzów Wielkopolski	0,313
Bydgoszcz	0,100	Szczecin	0,344
Kielce	0,174	Kraków	0,352
Toruń	0,209	Gdańsk	0,369
Katowice	0,263	Zielona Góra	0,418
Lublin	0,264	Opole	0,454
Olsztyn	0,271	Poznań	0,521
Rzeszów	0,276	Warszawa	0,576
Białystok	0,302	Wrocław	0,626

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Bank Danych Lokalnych

Najbardziej rozwiniętymi miastami wojewódzkimi w Polsce pod względem warunków mieszkaniowych są Wrocław, Warszawa i Poznań, najmniej Łódź, Bydgoszcz i Kielce (tabela 4). Średnia przeciętna powierzchnia użytkowa mieszkania wynosi $61,34 \text{ m}^2$ i jest najwyższa we Wrocławiu ($70,5 \text{ m}^2$) i Rzeszowie (67 m^2), najniższa w Łodzi ($53,8 \text{ m}^2$) i Olsztynie (58 m^2). Na jedną osobę przypada średnio $26,92 \text{ m}^2$ powierzchni użytkowej mieszkania, najwięcej we Wrocławiu ($32,9 \text{ m}^2$), najmniej w Bydgoszczy ($23,8 \text{ m}^2$). Na 1000 mieszkańców przypada średnio 439,45 mieszkań, najwięcej w Warszawie (518,57), najmniej w Rzeszowie (385,69). Blisko 97% mieszkań wyposażonych jest w łazienkę, a 90% w centralne ogrzewanie. Miasto Olsztyn wypada najkorzystniej spośród wszystkich miast wojewódzkich pod kątem wyposażenia mieszkań w te urządzenia- 99% w łazienkę, 96% w centralne ogrzewanie. Jedynie 89% mieszkań w Łodzi wyposażonych jest w łazienkę, a jedynie 80% w centralne ogrzewanie w Katowicach.



Rysunek 2. Wskaźniki rozwoju miast wojewódzkich Polski dla warunków mieszkaniowych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Bank Danych Lokalnych

Poziom rozwoju miast wojewódzkich Polski pod względem warunków mieszkaniowych jest najbardziej zróżnicowany spośród wszystkich analizowanych działów. Brak jest jednak widocznego związku pomiędzy poziomem osiąganego rozwoju, a lokalizacją miast (rysunek 2).

W celu określenia poziomu rozwoju miast wojewódzkich Polski w zakresie infrastruktury wyodrębniono sześć wskaźników, które są stymulantami:

X_{C1} - Odsetek ludności korzystającej z sieci wodociągowej,

X_{C2} - Odsetek ludności korzystającej z sieci kanalizacyjnej,

X_{C3} - Odsetek ludności korzystającej z sieci gazowej,

X_{C4} - Gęstość rozdzielczej sieci wodociągowej na 100 km²,

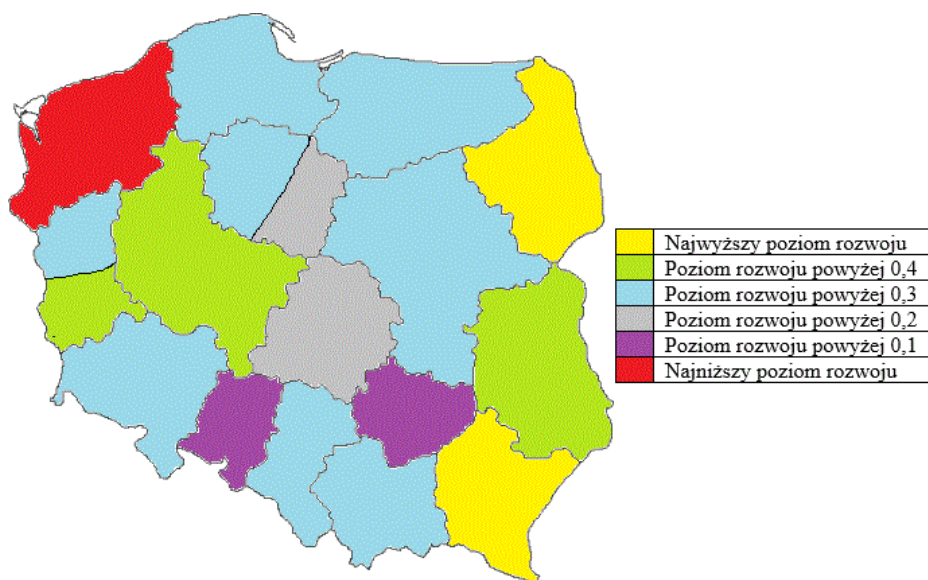
X_{C5} - Gęstość rozdzielczej sieci kanalizacyjnej na 100 km²,

X_{C6} - Gęstość rozdzielczej sieci gazowej na 100 km².

Tabela 5. Wskaźniki rozwoju miast wojewódzkich Polski dla infrastruktury

Infrastruktura			
miasto	di	miasto	di
Szczecin	0,008	Wrocław	0,349
Opole	0,114	Gdańsk	0,378
Kielce	0,156	Kraków	0,380
Toruń	0,246	Warszawa	0,383
Łódź	0,247	Lublin	0,401
Katowice	0,316	Poznań	0,444
Olsztyn	0,317	Zielona Góra	0,472
Gorzów Wielkopolski	0,318	Białystok	0,679
Bydgoszcz	0,346	Rzeszów	0,733

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Bank Danych Lokalnych



Rysunek 3. Wskaźniki rozwoju miast wojewódzkich Polski dla infrastruktury

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Bank Danych Lokalnych GUS

Najbardziej rozwiniętymi miastami wojewódzkimi Polski pod względem infrastruktury są Rzeszów, Białystok i Zielona Góra, zaś najmniej Szczecin, Opole i Kielce (tabela 5). Z instalacji wodociągowej, kanalizacyjnej i sieciowej korzysta kolejno średnio 97%, 93% i 83% ludności. W Gdańsku i Gorzowie Wielkopolskim z instalacji wodociągowej korzysta 100% ludności. Najmniejszy odsetek ludności korzystających z sieci wodociągowej występuje w Łodzi (95%). Blisko 100% ludności korzysta z sieci kanalizacyjnej w Olsztynie i Gorzowie Wielkopolskim, najmniejszy odsetek występuje natomiast w Łodzi (87%). Największy odsetek ludności korzystającej z sieci gazowej występuje w Rzeszowie (92%), zaś najmniejszy w Krakowie (74,5%). Średnia gęstość rozdzielczych sieci wodociągowej, kanalizacyjnej i gazowej na 100 km² w miastach wojewódzkich Polski wynosi kolejno: 391,78 km/km², 372,47 km/km² i 401,35 km/km². Najwyższa gęstość

rozdzielczej sieci wodociągowej występuje w Białymstoku ($516,4 \text{ km/km}^2$), najniższa w Szczecinie ($259,1 \text{ km/km}^2$). Najwyższa gęstość rozdzielczej sieci kanalizacyjnej występuje w Rzeszowie ($559,9 \text{ km/km}^2$), najniższa w Szczecinie ($200,6 \text{ km/km}^2$). Najwyższa gęstość rozdzielczej sieci gazowej występuje w Warszawie ($550,2 \text{ km/km}^2$), najniższa w Opolu ($288,5 \text{ km/km}^2$).

Widoczne jest, iż najwyższy poziom rozwoju infrastruktury reprezentują miasta zlokalizowane w województwach wschodnich (rysunek 3).

W celu określenia poziomu rozwoju miast wojewódzkich Polski w zakresie aktywności gospodarczej wyodrębniono trzy wskaźniki, spośród których dwa to stymulanty, a jeden to destymulanta:

X_{D1} - Liczba podmiotów gospodarczych na 1000 mieszkańców w wieku produkcyjnym,

X_{D2} - Liczba osób fizycznych prowadzących działalność gospodarczą na 100 osób w wieku produkcyjnym,

X_{D3} - Udział bezrobotnych zarejestrowanych w liczbie ludności w wieku produkcyjnym.

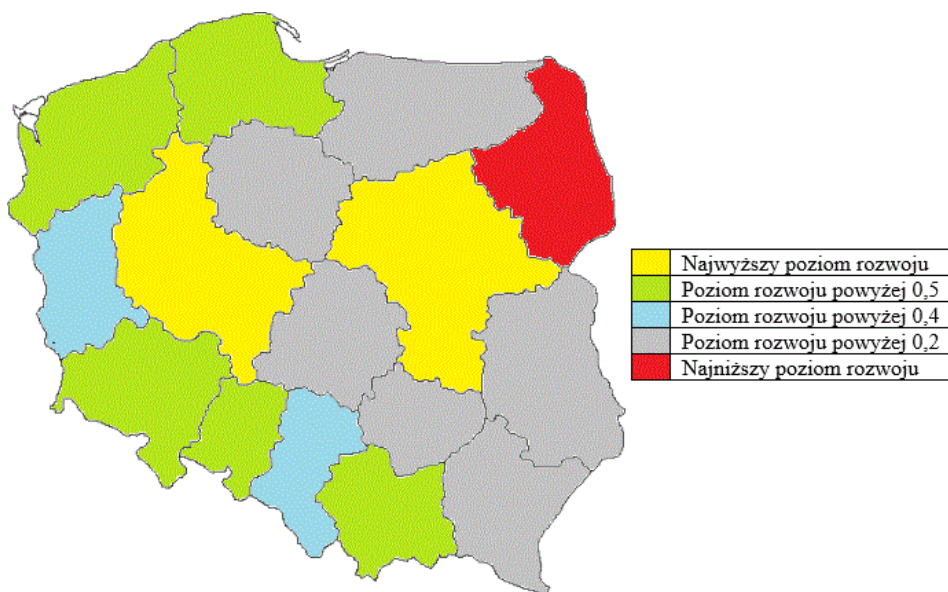
Tabela 6. Wskaźniki rozwoju miast wojewódzkich Polski dla aktywności gospodarczej

Aktywność gospodarcza			
miasto	di	miasto	di
Białystok	0,121	Zielona Góra	0,446
Rzeszów	0,213	Gorzów Wielkopolski	0,458
Łódź	0,214	Gdańsk	0,518
Bydgoszcz	0,243	Szczecin	0,533
Lublin	0,251	Opole	0,572
Toruń	0,267	Kraków	0,579
Kielce	0,286	Wrocław	0,658

Aktywność gospodarcza			
miasto	di	miasto	di
Olsztyn	0,288	Poznań	0,843
Katowice	0,406	Warszawa	0,854

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Bank Danych Lokalnych

Najbardziej rozwiniętymi miastami wojewódzkimi Polski pod względem aktywności gospodarczej są Warszawa, Poznań i Wrocław, najmniej Białystok, Rzeszów i Łódź (tabela 6). W miastach wojewódzkich Polski na 1000 mieszkańców w wieku produkcyjnym przypada średnio 241,83 podmiotów gospodarczych- najwięcej w Warszawie (363,30), najmniej w Białymstoku (177,35). Na 100 osób wieku produkcyjnym przypada średnio 16 osób fizycznych prowadzących działalność gospodarczą, najwięcej w Warszawie (20,84) i Poznaniu (20,23), najmniej w Białymstoku (13,31) i Bydgoszczy (13,37). Udział bezrobotnych zarejestrowanych w liczbie ludności w wieku produkcyjnym w miastach wojewódzkich Polski wynosi średnio 5,72%, największy jest w Kielcach (8,54) i Łodzi (8,51), najmniejszy w Poznaniu (3,05) i Wrocławiu (3,58).



Rysunek 4. Wskaźniki rozwoju miast wojewódzkich Polski dla aktywności gospodarczej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Bank Danych Lokalnych

Widoczne jest, iż wyższy poziom rozwoju pod względem aktywności gospodarczej reprezentują miasta zlokalizowane w województwach zachodnich. Miasta zlokalizowane w województwach Polski wschodniej i środkowej (poza stolicą) reprezentują zdecydowanie niższy poziom rozwoju w tej dziedzinie (rysunek 4).

W celu określenia poziomu rozwoju miast wojewódzkich Polski w zakresie stanu i ochrony środowiska wyodrębniono trzy wskaźniki, które są stymulantami:

X_{E1} - Udział obszarów prawnie chronionych w powierzchni ogółem

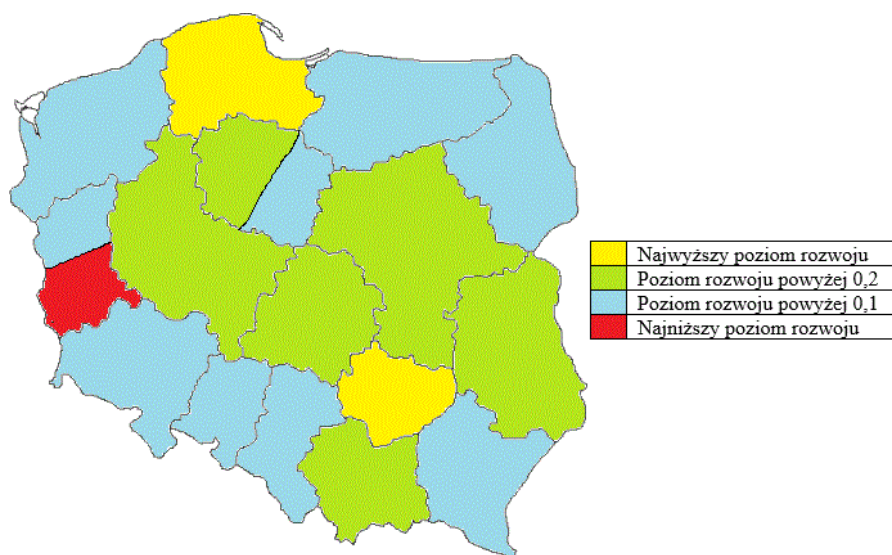
X_{E2} - Udział gruntów leśnych oraz zadrzewionych i zakrzewionych w powierzchni ogółem

X_{E3} - Udział użytków rolnych w powierzchni ogółem

Tabela 7. Wskaźniki rozwoju miast wojewódzkich Polski dla stanu i ochrony środowiska

Stan i ochrona środowiska			
miasto	di	miasto	di
Zielona Góra	0,103	Gorzów Wielkopolski	0,178
Rzeszów	0,111	Poznań	0,245
Katowice	0,120	Bydgoszcz	0,255
Wrocław	0,128	Lublin	0,262
Szczecin	0,142	Warszawa	0,290
Olsztyn	0,147	Łódź	0,294
Opole	0,156	Kraków	0,325
Toruń	0,158	Gdańsk	0,442
Białystok	0,164	Kielce	0,480

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Bank Danych Lokalnych



Rysunek 5. Wskaźniki rozwoju miast wojewódzkich Polski dla stanu i ochrony środowiska

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Bank Danych Lokalnych

Najbardziej rozwiniętymi miastami wojewódzkimi Polski pod względem stanu i ochrony środowiska są Kielce i Gdańsk, zaś najmniej Zielona Góra i Rzeszów (tabela 7). Średni udział obszarów prawnie

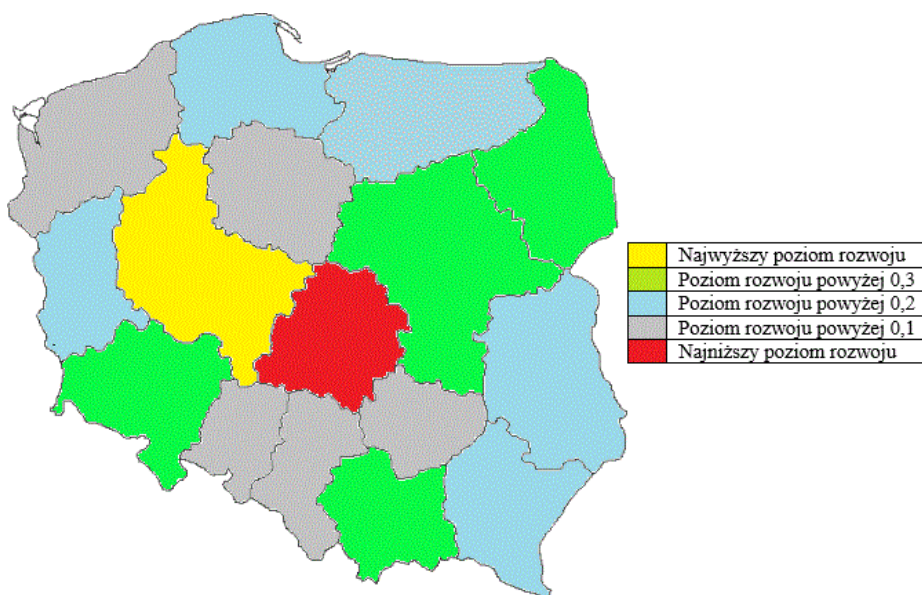
chronionych w powierzchni analizowanych miast wojewódzkich wynosi 17,5%, najwyższy występuje w Gdańsku (64%) i Krakowie (57%), najniższy w Rzeszowie (0,03%) i Zielonej Górze (0,14%). Średni udział gruntów leśnych oraz zadrzewionych i zakrzewionych w powierzchni ogółem wynosi blisko 19%, z czego najwyższy występuje w Zielonej Górze (46,11%) i Katowicach (42,82%), najniższy natomiast w Rzeszowie (4,61%) i Krakowie (5,32%). Średni udział użytków rolnych w powierzchni analizowanych miast wynosi 32%, najwyższy występuje w Rzeszowie (59,58%) i Gorzowie Wielkopolskim (51,80%), zaś najniższy w Zielonej Górze (9,26%) i Katowicach (10,05%).

Widoczne jest, iż miasta zlokalizowane w województwach sąsiadujących z granicą kraju osiągają niższy poziom rozwoju pod względem stanu i ochrony środowiska, niż miasta zlokalizowane w województwach centralnych (rysunek 5).

Tabela 8. Wskaźniki rozwoju miast wojewódzkich Polski dla wszystkich wskaźników łącznie

miasto	di	miasto	di
Łódź	-0,069	Gorzów Wielkopolski	0,239
Szczecin	0,111	Rzeszów	0,280
Kielce	0,124	Gdańsk	0,298
Bydgoszcz	0,133	Zielona Góra	0,298
Katowice	0,153	Białystok	0,302
Toruń	0,164	Kraków	0,334
Opole	0,178	Wrocław	0,340
Olsztyn	0,224	Warszawa	0,367
Lublin	0,237	Poznań	0,384

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Bank Danych Lokalnych



Rysunek 6. Wskaźniki rozwoju miast wojewódzkich Polski

Źródło: opracowanie własne na podstawie Bank Danych Lokalnych

Najwyższy poziom rozwoju spośród wszystkich miast wojewódzkich Polski reprezentują Poznań, Warszawa i Wrocław,

najniższy Łódź, Szczecin i Kielce (tabela 8). Średni poziom rozwoju dla wszystkich analizowanych miast wynosi 0,227. Wskaźnik rozwoju powyżej średniej uzyskuje 10 miast. Łódź jako jedyne miasto uzyskuje ujemny wskaźnik rozwoju.

Widoczny jest brak zależności pomiędzy osiąganym poziomem rozwoju miast wojewódzkich a ich odległością od stolicy kraju bądź granicy (rysunek 6). Spodziewać by się można było, iż najbardziej rozwiniętym miastem wojewódzkim będzie Warszawa, wyprzedza je jednak Poznań. Najmniej rozwiniętym miastem jest położona w centralnej Polsce Łódź, nie jak można się było spodziewać miasta zlokalizowane w województwach wschodnich.

5. Wnioski

Analiza wskaźników zrównoważonego rozwoju pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

1. Najbardziej rozwiniętym miastem wojewódzkim Polski jest Poznań, a najmniej Łódź,
2. Najbardziej rozwiniętym miastem wojewódzkim Polski pod względem sytuacji demograficznej jest Białystok, zaś najmniej Łódź,
3. Najbardziej rozwiniętym miastem wojewódzkim Polski pod względem warunków mieszkaniowych jest Wrocław, zaś najmniej Łódź,
4. Najbardziej rozwiniętym miastem wojewódzkim Polski pod względem infrastruktury jest Rzeszów, zaś najmniej Szczecin,
5. Najbardziej rozwiniętym miastem wojewódzkim Polski pod względem aktywności gospodarczej jest Warszawa, zaś najmniej Białystok,

6. Najbardziej rozwiniętym miastem wojewódzkim Polski pod względem stanu i ochrony środowiska są Kielce, zaś najmniej Zielona Góra,
7. Największe zróżnicowanie w poziomie osiąganego rozwoju przez miasta wojewódzkie Polski widoczne jest w przypadku warunków mieszkaniowych, zaś najmniejsze w przypadku stanu i ochrony środowiska,
8. Największy dystans rozwojowy zachodzi w przypadku sytuacji demograficznej i dotyczy Białegostoku i Łodzi,
9. Brak jest widocznej zależności między poziomem osiąganego rozwoju miast wojewódzkich Polski, a ich odległością od stolicy, bądź granicy kraju.

Literatura:

1. Miszczuk A., Miszczuk M., Żuk K.: *Gospodarka samorządu terytorialnego*. PWN, Warszawa 2007.
2. Ustawa z dnia 24 lipca 1998 r. o wprowadzeniu zasadniczego trójstopniowego podziału terytorialnego państwa (Dz.U. 1998 nr 96 poz. 603).
3. Borys T. (red): *Wskaźniki zrównoważonego rozwoju*. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Warszawa- Białystok 2005.
4. Nawrot K.A.: *Kraje rozwijające się we współczesnej gospodarce światowej. Przyczynek do ekonomii rozwoju*. SCHOLAR, Warszawa 2014.
5. Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. uchwalona przez Zgromadzenie Narodowe w dniu 2 kwietnia 1997 r. (Dz.U. 1997 nr 78 poz. 483).

6. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627).
7. Bank Danych Lokalnych GUS.
8. Szewczuk A., Kogut- Jaworska M., Zioło M.: *Rozwój lokalny i regionalny: Teoria i praktyka*. Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa. 2011.
9. Stec M.: *Uwarunkowania rozwojowe województw w Polsce- analiza statystyczno-ekonometryczna*, *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, nr 20, 2011, str. 232-251.

inż. Tomasz Słomiński¹⁾, inż. Marlena Rejkowicz,
dr inż. Andrzej Gajewski
Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Katedra Ciepłownictwa, Ogrzewnictwa i Wentylacji
ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok
¹⁾t.slominski92@gmail.com

Czy pompy ciepła mogą przyczynić się do ograniczenia emisji CO₂ po modernizacji siłowni ciepłych w Polsce?

Can the heat pump units contribute to the restrictions of CO₂ emissions after the modernization of the thermal power stations in Poland?

Słowa kluczowe: *emisja dwutlenku węgla, pompa ciepła, siłownia ciepła*

Keywords: *carbon dioxide emissions, heat pump, thermal power station*

Streszczenie: Zgodnie z wymogami Unii Europejskiej należy zredukować emisję gazów cieplarnianych przynajmniej o 20%, w odniesieniu do poziomu z roku 1990, przed rokiem 2020. Pompa ciepła wydaje się być tym źródłem ciepła dla budynku, którego eksploatacja może wspomóc realizację tego celu, gdyż pozyskuje ciepło z odnawialnych źródeł, nie wytwarzając bezpośrednio dwutlenku węgla ani innych gazów cieplarnianych. Jednak zgodnie z drugą zasadą termodynamiki, aby dokonać transportu ciepła ze źródła dolnego do górnego należy wykonać pracę, która najczęściej pochodzi z pracy prądu elektrycznego. Energia elektryczna w Polsce produkowana jest przeważnie w siłowniach ciepłych realizujących obieg Clausiusa-Rankine'a opalanych paliwami kopalnymi (niemalże wyłącznie węglem brunatnym i kamiennym), co powoduje znaczną emisję dwutlenku węgla. Dla przykładowego budynku obliczone są roczne zapotrzebowanie energii na potrzeby grzewcze i c.w.u. Wyznaczona jest emisja CO₂ dla pompy ciepła uwzględniająca pośrednią emisję w siłowniach ciepłych oraz dla gazowego kotła kondensacyjnego uwzględniająca emisję bezpośrednią podczas spalania paliwa oraz pośrednią w wyniku poboru energii elektrycznej przez kocioł. Obliczenia te wykonano przy założeniu modernizacji siłowni ciepłych poprzez podwyższenie parametrów termodynamicznych siłowni ciepłych w Polsce od obecnej średniej sprawności 36% do 40%. Ze względu na przeważający udział węgla kamiennego i brunatnego pompa

ciepła wyemitowałyby mniej CO₂ gdyby średnia sprawność produkcji energii elektrycznej wyniosła 40%.

1. Wstęp

Wzrost średniej rocznej temperatury powietrza objawiający się np. topnieniem lodowców jest przypisywany wysokiej emisji gazów śladowych (metanu, dwutlenku węgla, pary wodnej, ozonu, tlenków azotu, halogenków alkilowych, itd.) do atmosfery. Źródłami ich emisji są w głównej mierze erupcje wulkanów, hodowla zwierząt oraz spalanie paliw kopalnych. O ile na aktywność wulkaniczną człowiek wpływu nie ma, zaś ograniczenie hodowli zwierząt gospodarskich, ze względu na rosnące wraz ze wzrostem ludzkiej populacji potrzeby żywieniowe, nie jest możliwe, to jedynym sposobem na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych jest wykorzystanie źródeł odnawialnych. Pozyskiwanie energii z promieniowania słonecznego, oddziaływania grawitacyjnego Księżyca, czy też energii zgromadzonej w jądrze Ziemi daje możliwość ograniczenia stosowania spalania paliw kopalnych. Unia Europejska wymaga od krajów członkowskich redukcji emisji gazów śladowych. Wraz z postępem cywilizacyjnym oraz uznaniem za niekorzystne wpływy tych gazów na środowisko dąży się do modernizacji procesów technologicznych w ten sposób, aby zminimalizować emisję tych gazów oraz do wzrostu pozyskania energii ze źródeł odnawialnych.

Uwaga w pracy jest skupiona na zbadaniu sposobów ograniczenia emisji CO₂ do atmosfery. Wśród czynników antropogenicznych powodujących wzrost udziału CO₂ w troposferze, gdzie ma miejsce tzw. efekt szklarniowy, można wymienić spalanie paliw kopalnych. Wzrost zużycia energii spowodowany jest wzrostem liczby ogrzewanych

mieszkań i domów, poprawą jakości życia i co się z tymi dwoma aspektami wiąże wzrastającej eksploatacji urządzeń elektrycznych, których zastosowanie rozszerza się wraz z dokonującym się postępem technologicznym.

W dzisiejszych czasach, nie tylko w Polsce, coraz to większą popularnością cieszą się pompy ciepła, które wykorzystywane są do dostarczenia ciepła na potrzeby: centralnego ogrzewania, wentylacji pomieszczeń lub przygotowania ciepłej wody użytkowej. Pompy ciepła uważane są za urządzenia korzystne dla środowiska, bo w trakcie swojej pracy w sposób bezpośredni nie emitują dwutlenku węgla ani innych gazów cieplarnianych, a ciepło pobierają z otoczenia. Jednak zgodnie z drugą zasadą termodynamiki aby przetransportować ciepło ze źródła dolnego do górnego, czyli do dokonania lewobieżnego obiegu termodynamicznego, należy dostarczyć pracę w sposób bezpośredni albo poprzez realizację obiegu równoważnego pod względem wykonania pracy. Najczęściej praca jest dostarczana poprzez silniki zasilane energią elektryczną, którą w Polsce produkuje się przeważnie w siłowniach cieplnych, realizujących obieg Clausiusa-Rankine'a, opalanych paliwami kopalnymi (niemal wyłącznie węglem brunatnym i kamiennym). Powoduje to znaczną emisję dwutlenku węgla. Obecnie średnia sprawność konwersji energii w elektrowniach w Polsce, uwzględniając wszystkie źródła energii elektrycznej, jest równa 36%, a efektywność transportu sieci energetycznych wynosi 79,2% (dla systemu zasilania niskim napięciem). Stąd najmniej dwutlenku węgla podczas ogrzewania budynków emitują gazowe kotły kondensacyjne, o czym pisali Gajewski i in. [2]. W referacie porównana zostanie emisja CO₂ dla pompy ciepła i gazowego kotła kondensacyjnego przy obecnych

sprawnościach elektrowni w Polsce oraz przy założeniu wyższych sprawności w przypadku ich modernizacji.

1.1. Pompa ciepła jako źródło ciepła

Pompa ciepła realizując tzw. obieg wstecz zwany też lewobieźnym, w którym przemiany termodynamiczne przebiegają w przeciwnym kierunku do przemian w silniku cieplnym (obieg prawobieźny), oddaje ciepło do instalacji c.o. W tej sytuacji praca do obiegu dostarczana jest jako: energia elektryczna (pompy termoelektryczne), praca mechaniczna (pompy sprężarkowe, przy czym w silniku elektrycznym zachodzi konwersja pracy prądu elektrycznego na pracę mechaniczną) ciepło (pompy absorpcyjne, realizowany jest obieg prawobieźny, w którym dokonywana jest zamiana ciepła na pracę mechaniczną).

Najczęściej stosowaną pompą ciepła jest pompa sprężarkowa, której zasadę działania opisuje Pisarev[1]. W skład tej pompy wchodzi dwa wymienniki ciepła: parownik i skraplacz, oraz sprężarka i zawór rozprężny. Systemy grzewcze, które wykorzystują sprężarkową pompę ciepła posiadają trzy obiegi: obieg dolnego źródła ciepła, obieg górnego źródła ciepła oraz obieg termodynamiczny.

Obieg dolnego źródła ciepła pobiera ciepło z niskotemperaturowego źródła i przekazuje je do parownika, który jest przeponowym wymiennikiem ciepła. Po drugiej stronie przepony krąży czynnik chłodniczy w obiegu termodynamicznym. W obiegu tym następuje przekazywanie ciepła z niższego poziomu temperatury na wyższy. Odbywa się to w zamkniętym procesie, przez cykliczną zmianę fizycznego stanu czynnika termodynamicznego – sprężanie,

skraplanie, rozprężanie, parowanie. W skraplaczu, który też jest wymiennikiem przeponowym, następuje przekazanie ciepła z obiegu termodynamicznego do obiegu górnego źródła, w którym następuje rozprawdzenie ciepła do odbiorników [1].

Najistotniejszym parametrem termodynamicznym pompy ciepła jest współczynnik konwersji energii (COP). Jako że jest on określany przez iloraz strumienia ciepła wymienianego w skraplaczu i mocy elektrycznej pobieranej przez pompę, to nazywa się też współczynnikiem wydajności grzewczej. Dzięki temu współczynnikowi można określić efektywność energetyczną pompy ciepła. Efektywność ta jest tym wyższa im mniejsza jest różnica temperatury między górnym źródłem ciepła a dolnym.

Najczęstszym źródłem pracy dla pompy ciepła jest przepływ prądu elektrycznego, zatem można postawić tezę, że zwiększenie sprawności wytwarzania energii elektrycznej mogłoby na tyle zmniejszyć emisję dwutlenku węgla w siłowniach ciepłych, że pompa ciepła stałaby się najbardziej ekologicznym źródłem ciepła w Polsce.

1.2. Skojarzona produkcja ciepła i energii elektrycznej

Zarówno ciepło na potrzeby komunalne (ogrzewania budynków lub podgrzewu wody wodociągowej) jak i energia elektryczna pochodzą w Polsce niemal wyłącznie ze spalania paliw kopalnych w kotłach. Przy czym w przypadku wytwarzania ciepła mogą to być kotły wodne jak i parowe, zaś w przypadku wytwarzania prądu elektrycznego parowe lub gazowe. Potem procesy te przebiegają w różny sposób. Ciepło na potrzeby grzewcze jest transportowane poprzez sieć ciepłowniczą do odbiorców, zaś para lub gaz kierowane są na turbinę, gdzie ulegają

rozprężeniu w przemianie adiabatycznej wykonując pracę polegającą na obrocie turbiny. Turbina jest tym urządzeniem w którym dochodzi do konwersji pracy mechanicznej na pracę prądu elektrycznego. Wytworzona w ten sposób energia elektryczna jest rozprowadzana przez sieci energetyczne do odbiorców. Procesy te można realizować oddzielnie– ciepło produkować w ciepłowni, a energię elektryczną w elektrowni kondensacyjnej. Jednakże ze względów ekologicznych, które w tym przypadku są tożsame z korzyściami ekonomicznymi realizuje się te procesy w technologii skojarzonej. Wówczas ciepło, które może być przeznaczone na cele municypalne, potrzeby technologiczne, odsalanie wody morskiej, itd., jest produktem głównym, zaś energia elektryczna wytworem ubocznym [10].

W obiegu Clausiusa-Rankine’a, który jest realizowany w elektrociepłowniach pompa tłoczy wodę do kotła parowego zwiększając jego ciśnienie w przemianie adiabatycznej 1-2 (rys. 2). Następnie w kotle następuje podgrzewanie w przemianie izobarycznej 2-3. Przy czym w obszarze pary wilgotnej następuje izotermiczna przemiana fazowa (parowanie), na rys. 2 jest to odcinek poziomy między punktami 2 i 3, który przebiega pomiędzy krzywymi wrzenia i nasycenia. Para przegrzana kierowana jest z kotła na turbinę, gdzie wykonuje pracę 3-4. Podczas wykonywania pracy spada ciśnienie pary (para rozpręża się) i jednocześnie ochładza. W rezultacie część pary ulega skropleniu i z turbiny odpływa para mokra, która stanowi układ dwufazowy pary suchej nasyconej i cieczy wrzącej (stąd nazwa elektrowni kondensacyjnej). Aby zamknąć obieg termodynamiczny para mokra musi ulec całkowitemu skropleniu, czyli oddać ciepło w przemianie 4-1 [4]. W gospodarce rozdzielczej ciepło uwalniane jest do atmosfery np.

w chłodniach kominowych (rys. 1). W gospodarce skojarzonej para mokra wymienia ciepło w wymiennikach przeponowych [10]. Czynnikiem odbierającym ciepło w tych wymiennikach jest woda w fazie ciekłej krążąca w miejskiej sieci ciepłowniczej.



Rysunek 1. Elektrownia Jaworzno: z lewej trzy chłodnie kominowe, z prawej komin

Źródło: <http://energetyka.wnp.pl/img/elektrownie/image/jaworzno.jpg> [12.03. 2016]

1.3. Sposoby zwiększania sprawności energetycznej siłowni parowej

Największe znaczenie w krajowym bilansie zasobów energii pierwotnej mają węgiel kamienny i brunatny, których spalanie jest źródłem ponad 95% energii elektrycznej. Dominujący ich udział będzie utrzymywał się także w nadchodzących latach. Warunkiem dalszego rozwoju, siłowni ciepłych opartych na tych paliwach, będzie

przetwarzanie węgla na energię elektryczną ze zwiększoną sprawnością, przy jednoczesnym spełnianiu coraz ostrzejszych wymagań w zakresie dopuszczalnych wartości emisji szkodliwych substancji (m.in. CO₂) do otoczenia. Obecnie elektrownie kondensacyjne pracują wyłącznie w układach blokowych. Sprawność wytwarzania energii elektrycznej można zatem odnosić zarówno do całej elektrowni jak i poszczególnych zespołów urządzeń[4,5].

Obliczając iloczyny minimalnych, a następnie maksymalnych, wartości sprawności poszczególnych modułów elektrowni (tab. 1), otrzymuje się sprawność wynikową, która mogłaby zawierać się w przedziale $0,19 \div 0,49$. Jednak większość współczesnych elektrowni nie osiąga tak skrajnych parametrów. Obecnie ogólna średnia sprawność elektrowni w Polsce wynosi 0,3622, zaś najwyższe są na poziomie $0,39 \div 0,41$, na świecie najbardziej zaawansowane bloki osiągają 0,47 [4].

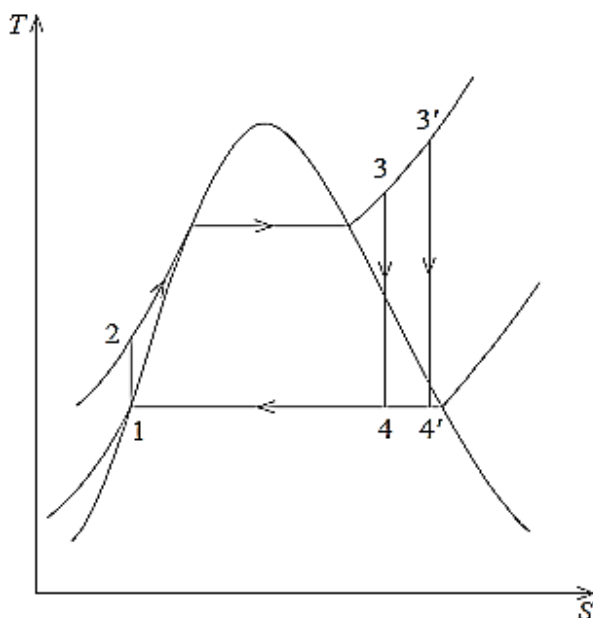
Tabela 1. Sprawność poszczególnych komponentów elektrowni

Element elektrowni	Sprawność
Kocioł	$0,86 \div 0,96$
Rurociągi i armatura	$0,98 \div 0,99$
Obieg Rankine’a	$0,43 \div 0,58$
Wewnętrzne turbiny	$0,60 \div 0,87$
Mechaniczne turbiny	$0,98 \div 0,99$
Generator	$0,97 \div 0,985$
Potrzeby własne	$0,92 \div 0,96$

Źródło: Paska J. Wytwarzanie energii elektrycznej. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005

Aby zwiększyć sprawność energetyczną siłowni parowej można zwiększyć przedział skrajnych wartości temperatury obiegu (podwyższyć

temperaturę górną, obniżyć dolną) lub zbliżyć sprawność obiegu Clausiusa-Rankine’a do efektywności obiegu Carnota poprzez przegrzanie pary, międzystopniowe przegrzanie pary, czy podwyższenie ciśnienia pary dopływającej do turbiny. Oprócz tego w celu poprawienia sprawności energetycznej można zastosować dwa czynniki obiegowe rtęć i wodę[6].



Rysunek 2. Obieg Clausiusa-Rankine’a dla silowni o podwyższonej temperaturze pary przegrzanej

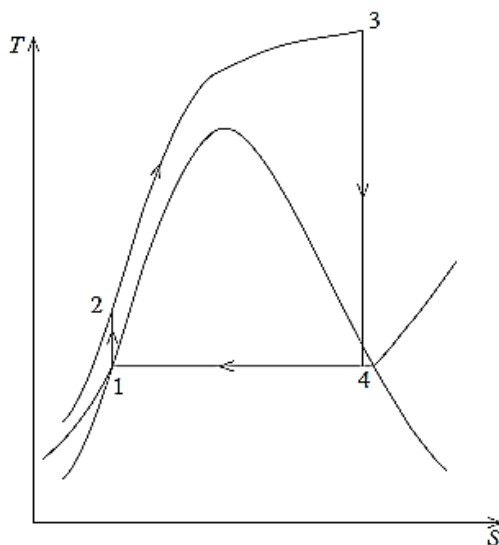
Źródło: Yuns A. Cengel, M. A. Boles, M. Kanoglu, Thermodynamics an engineering approach, Mc Graw Hill

Podniesienie temperatury przegrzania pary poszerza rozbieżność między obiegiem Carnota a Clausiusa-Rankine’a jednak podwyższenie średniej temperatury czynnika obiegowego przy pobieraniu ciepła poprawia sprawność energetyczną [6].

Na rysunku (rys. 2) przedstawiono wykresy przemian termodynamicznych zachodzących w obiegu Clausiusa-Rankine’a dla dwóch silowni o różnych temperaturach pary przegrzanej i takim samym

ciśnieniu. Wynika z niego, że podczas zwiększania temperatury pary w podgrzewaczu następuje zwiększenie entalpii pary przegrzanej przy tym samym ciśnieniu. Barierą ograniczającą możliwość zwiększania sprawności tym sposobem są parametry wytrzymałościowe materiałów na temperaturę oraz zastosowana technologia. W skutek tego temperatura przegrzewu pary wodnej nie przekracza 600°C [7,8].

Innym sposobem na znaczące zbliżenie sprawności obiegu Clausiusa-Rankine’a do sprawności obiegu Carnota jest podniesienie ciśnienia pary dopływającej do turbiny (rys.2). Sposób ten cechuje się jednak obniżeniem stopnia suchości pary wylotowej co powoduje przyspieszenie erozji łopatek turbiny. Przy jednoczesnym podnoszeniu temperatury lub stosowaniu międzystopniowego przegrzewania pary unika się nadmiernego zawilżenia pary co pozwala wyeliminować wyżej wymieniony skutek[7].

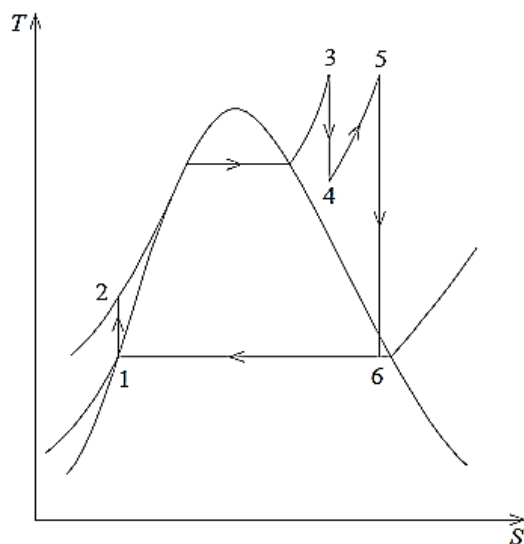


Rysunek 3. Obieg Clausiusa-Rankine’a dla silowni o podwyższonym ciśnieniu

Źródło: Yuns A. Cengel, M. A. Boles, M. Kanoglu, Thermodynamics an engineering approach, Mc Graw Hill

Oprócz tego można zastosować międzystopniowe przegrzewanie pary, które również zbliży cykl do obiegu Carnota (rys. 4). W metodzie tej turbina w siłowni podzielona jest na części: wysokoprężną i niskoprężną. Para wodna, która odpływa z części wysokoprężnej kierowana jest do przegrzewacza międzystopniowego. W przegrzewaczu następuje ponowne podwyższenie temperatury i para odpływa do części niskoprężnej. Dzięki temu uzyskuje się dodatkowy obieg, który zwiększa sprawność obiegu podstawowego oraz jednocześnie można uzyskać zwiększenie stopnia suchości pary wylotowej. Ciśnienie międzystopniowe powinno mieć wartość optymalną. W przypadku zbyt niskiego ciśnienia nastąpić może obniżenie sprawności obiegu dodatkowego względem obiegu podstawowego. Natomiast jeśli ciśnienie międzystopniowe jest zbyt wysokie obieg dodatkowy posiada wysoką sprawność, ale praca wykonana w tym obiegu jest mniejsza niż w obiegu podstawowym[7].

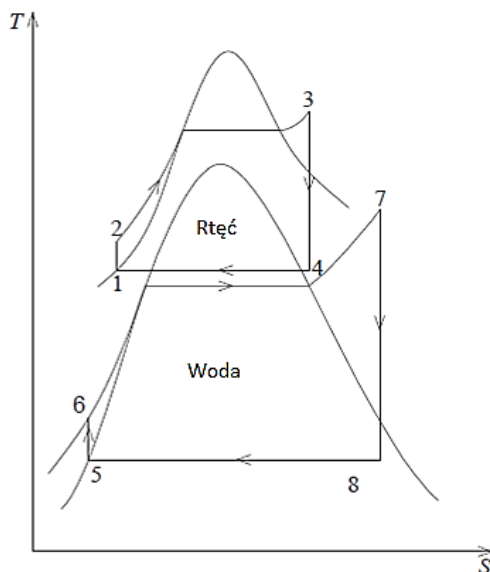
Zastosowanie czynnika obiegowego o wysokiej temperaturze krytycznej pozwoli na zasilanie turbiny parą nasyconą lub słabo przegrzaną i zbliżenie do obiegu Carnota. Jako czynnik zastosowana może być rtęć, której temperatura krytyczna wynosi 1733 K. W celu zwiększenia, w obszarze niskich temperatur, niewielkiego ciśnienia pary nasyconej rtęci stosuje się dwuczynnikowe siłownie rtęciowo-wodne. W takiej siłowni w obszarze wysokiej temperatury czynnikiem obiegowym jest rtęć, której para skrapla się w temp. ok. 470 K, oddając ciepło wrzącej wodzie, która realizuje dolną część obiegu (rys. 5). Pomimo zwiększenia sprawności energetycznej (ponad 40%) siłownie tego typu nie rozpowszechniły się ze względu na duży koszt oraz trujące właściwości rtęci[7].



Rysunek 4. Obieg Clausiusa-Rankine’a dla silowni z międzystopniowym podgrzewem pary

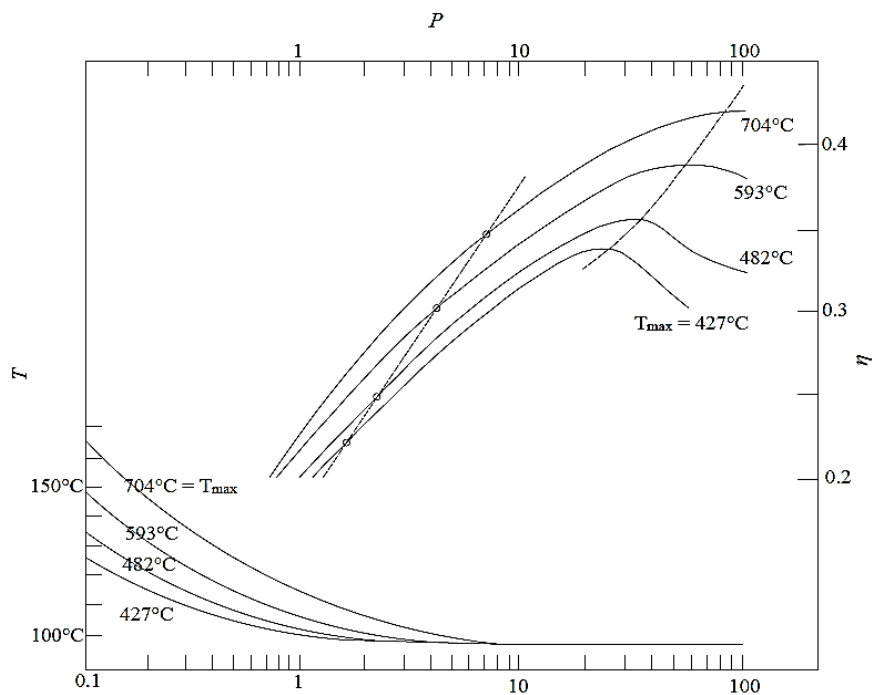
Źródło: Yuns A. Cengel, M. A. Boles, M. Kanoglu, Thermodynamics an engineering approach, Mc Graw Hill

Najbardziej obiecującą drogą do poprawy sprawności współczesnych bloków opalanych węglem jest podnoszenie wartości parametrów termodynamicznych obiegu parowo-wodnego. Nowoczesne elektrownie, budowane dla uzyskania wysokiej sprawności, stosują nadkrytyczne parametry pary. Związek pomiędzy ciśnieniem i temperaturą a sprawnością pokazuje rysunek (rys.5). Podniesienie temperatury i ciśnienia pary powoduje wzrost sprawności energetycznej [7, 9].



Rysunek 5. Obieg Clausiusa-Rankine’a dla siłowni z dwuczynnikiem

Źródło: Yuns A. Cengel, M. A. Boles, M. Kanoglu, Thermodynamics an engineering approach, Mc Graw Hill



Rysunek 6. Zależność sprawności turbiny parowej od temperatury i ciśnienia

Źródło: Adrian Bejan Advanced Engineering Thermodynamics., John Wiley & Sons Inc.

1.4. Turbiny gazowe w elektrociepłowniach

Innym sposobem zwiększenia sprawności wytwarzania energii elektrycznej są turbiny gazowe. Chmielniak [10] podaje, że rozwój turbin gazowych wynika z ich bardzo wysokiej niezawodności działania, dużej elastyczności cieplnej, trwałości, mniejszymi wymiarami i masą w porównaniu do siłowni parowych, małym zapotrzebowaniem na wodę do celów technologicznych. Ponadto siłownie gazowe są ekonomiczne i ekologiczne, łatwo poddają się automatyzacji, a ich obsługa nie jest skomplikowana.

Najpowszechniej stosowane są turbiny gazowe w układach gazowo-parowych, na co wpływ ma wysoka sprawność konwersji energii wiązań chemicznych w paliwie przy jednoczesnym spełnieniu aktualnych wymogów dotyczących ochrony środowiska. Przykładowo połączenie najnowocześniejszych układów turbin gazowych z trójprężnym kotłem odzyskowym sprawia, że produkcja energii elektrycznej może odbywać się ze sprawnością przekraczającą 55%. Spaliny z komory spalania kierowane są na turbinę, która wytwarza energię elektryczną, zużywaną częściowo przez sprężarkę tłoczącą gaz (najczęściej powietrze) do komory spalania. Po wykonaniu pracy spaliny wylotowe przepływają do wymiennika przeponowego, gdzie oddają ciepło wodzie albo do kotła wytwarzającego parę dla celów technologicznych [10].

1.5. Siłownie wiatrowe

Czysta produkcja energii elektrycznej odbywa się w siłowniach wiatrowych, w których napędzana energią kinetyczną wiatru turbina obraca generator energii elektrycznej dokonując konwersji na pracę prądu elektrycznego [10].

Pierwotnym źródłem energii kinetycznej wiatru jest energia elektromagnetyczna wypromieniowywana ze Słońca, która docierając do kulistej (w przybliżeniu) Ziemi generuje różnicę potencjału energetycznego między równikiem a biegunami. W rezultacie powstają dwie główne, o zasięgu globalnym, cyrkulacje Hadleya i Rossby’ego. Pierwsza z nich obejmuje strefę równikową (między zwrotnikami Raka i Koziorożca). W tej strefie rozgrzane mocno powietrze płynie do górnych warstw troposfery (najbliższej powierzchni Ziemi podwarstwy atmosfery). Następnie część tego powietrza przesuwana się ku powierzchni Ziemi i płynie dalej w kierunku północno-wschodnim na półkuli północnej lub w kierunku południowo-wschodnim na półkuli południowej. Ruchy te wywołują jednolite i stabilne wiatry. Pozostała partia w postaci wiatrów zachodnich na obu półkulach przepływa w kierunku biegunów i jednocześnie ochładzając się opada ku powierzchni naszej planety wytwarzając obszar podwyższonego ciśnienia. Między wymienionymi wcześniej strefami wyżów równikowych i biegunowych istnieje obszar obniżonego ciśnienia o dużych gradientach temperatury. W tej strefie występują prądy strumieniowe zwane cyrkulacją Rossby’ego [10].

Z kolei cyrkulacje kontynentalne, wywołane różnicą wartości temperatury między Azją a powierzchnią wód Oceanu Indyjskiego albo między Afryką a arealem Atlantyku, są siłą sprawczą monsunów. Tajfuny w obszarze Karaibów albo huragany w południowo-wschodniej Azji są rezultatem przemieszczania się gorącego i wilgotnego powietrza w pobliżu równika [10].

Ponad warstwą przyścienną Ziemi, w obszarze swobodnym pozbawionym oddziaływań sił lepkości z gruntem albo powierzchnią

wody, stan równowagi mas powietrza określają siły wywołane gradientem ciśnienia, ruchem wirowym Ziemi (siła Coriolisa) oraz siły odśrodkowe. Te trzy siły razem wywołują wiatr gradientowy, którego linie prądu przebiegają poziomo i równoległe do izobar ciśnienia statycznego, a jego ruch jest ustalony. Szczególnym przypadkiem wiatru gradientowego jest wiatr geostacjonarny, którego przepływ, wywołany siłą naporu pochodzącą od gradientu ciśnienia i siłą Coriolisa, odbywa się wzdłuż prostoliniowych izobar.

Oprócz cyrkulacji globalnych i kontynentalnych dla gospodarki energetycznej znaczenie ma też krążenie regionalne. W tym przypadku istotną rolę odgrywają właściwości termodynamiczne obszarów lądowych i wodnych (zwłaszcza morskich). Powierzchnie lądów szybciej się nagrzewają i szybciej oddają ciepło niż wody morskie. Rezultatem tego są wiatry o prędkościach 10 m/s i większych wiejące od morza w kierunku lądu w dzień i przeciwnie w nocy. W terenach górskich z kolei zbocza gór znacznie szybciej zmieniają swoją temperaturę niż tereny położone w dolinach, co również skutkuje powstaniem lokalnej cyrkulacji powietrza.

1.6. Energetyka słoneczna

Promieniowanie elektromagnetyczne może być wykorzystane w dwojaki sposób: do zwiększenia energii wewnętrznej przepływającego przez kolektory czynnika pośredniczącego albo do wytworzenia energii elektrycznej. W pierwszym przypadku konwersja energii dokonuje się w kolektorach, a w drugim w ogniwach fotowoltaicznych. Kolektory słoneczne mogą również być źródłem górnym w obiegu Clausiusa-Rankine'a czyli bezpośrednio wytwarzać parę przegrzaną w przemianie

2-3 na rys. 2. Innym wariantem jest ogrzewanie w kolektorach nośnika ciepła w postaci olei syntetycznych lub soli metali alkalicznych. W obu ostatnich przypadkach przemysłowe zwierciadła ustawione na pustyni kierują promienie słoneczne na kolektory podążając za pozornym ruchem słońca [10].

1.7. Konkluzje ogólne

Biorąc pod uwagę aspekty ekologiczne potrzeby energetyczne należałoby rozwiązywać w skali globalnej produkując energię elektryczną w obszarze przyrównikowym wykorzystując w tym celu promieniowanie słoneczne bez– albo pośrednio i następnie transportując ją do obszarów uprzemysłowionych, np. do krajów Unii Europejskiej. Wymagałoby to jednak współpracy politycznej w skali globalnej. Jest to bardzo wątpliwe, gdyż nawet w obszarze mocno zunifikowanym jak UE, której korzenie tkwią w powołanej w 1951 roku Europejskiej Wspólnocie Węgla i Stali, dopiero w ostatnim czasie powstają podwaliny wspólnej polityki energetycznej. Obecne realia polityczne są takie, że chociażby ze względów bezpieczeństwa państwowego, każde państwo dąży do zrównoważenia popytu i podaży energii we własnym zakresie. Preferowane przy tym są, również w celu uniknięcia konfliktów wewnętrznych na dużą skalę, własne zasoby energii albo surowców energetycznych. Tak dzieje się również w Polsce. Z tego względu analizie został poddany wariant związany z technologiczną modernizacją siłowni ciepłych opalanych węglem kamiennym lub brunatnym.

2. Opis badanego obiektu i metodyka badań

Celem niniejszej pracy jest porównanie emisji dwutlenku węgla przez dwa źródła ciepła, które powszechnie uchodzą za ekologiczne. Aby wyniki były jak najbardziej miarodajne do obliczeń przyjęto te same warunki. Budynek dla którego wykonano badania to dom jednorodzinny zlokalizowany w Białymstoku, toteż przyjęto zewnętrzną temperaturę dla IV strefy klimatycznej (-22°C) wg PN-EN 12831:2006. Wyznaczone obciążenie cieplne budynku wynosi 11 kW, natomiast zapotrzebowanie na strumień ciepła na cele ciepłej wody użytkowej 6,2 kW.

Aby uzyskać porównywalne wyniki, wybrano urządzenia jednego producenta (firma Viessman) o zbliżonych parametrach (tab. 2). Do komparacji wybrano sprężarkową, gruntową pompę ciepła, gdyż w badanej strefie klimatycznej występują temperatury poniżej 0°C oraz gazowy kocioł kondensacyjny o wysokiej sprawności (98%). Do podgrzewu ciepłej wody użytkowej wykorzystano pojemnościowy podgrzewacz wody (tab. 3) Vitocell 100-V, typ CVW (produkcji Viessman), który może współpracować zarówno z pompami ciepła jak i kotłami grzewczymi.

Tabela 2. Podstawowe parametry pracy zastosowanych urządzeń

	Jednostka	Pompa ciepła	Kocioł gazowy
Typ urządzenia	-	Vitocal 300-G B17	Vitodens 200-W B2HA
Znamionowa moc cieplna	kW	17,2	5,2 – 35,0 (przyjęto 17,2)
Temperatura CWU	$^{\circ}\text{C}$	65	65
Temperatura na zasilaniu CO	$^{\circ}\text{C}$	45	50
Przepływ w obiegu górnym	l/h	1500	1500

Źródło: Viessmann – wytyczne projektowe dla pomp ciepła Vitocal oraz gazowych kotłów kondensacyjnych Vitodens

Tabela 3. Podstawowe parametry pojemnościowego podgrzewacza wody Vitocell 100-V typ CVW

Pojemność całkowita	390 l
Pojemność robocza	280 l
Objętość wody grzewczej	27 l
Czas podgrzewu z 10°C do 55 °C	77 min
Maks. możliwa do przyłączenia moc pompy ciepła	16 kW

Źródło: Viessmann – dane techniczne dla pionowego podgrzewacza pojemnościowego Vitocell 100-V

Określenie ilości energii niezbędnej do ogrzania wody (E_{hCWU}), należy rozpocząć od ustalenia średniego dobowego zużycia wody (tab. 4), które pozwoli na dobranie odpowiedniego podgrzewacza oraz różnicy wartości temperatury między wodą wodociągową a wodą podgrzaną.

Tabela 4. Parametry ciepłej wody użytkowej

Średnie dobowe zużycie wody	Temp. wody wodociągowej	Temp. ciepłej wody użytkowej	Dobowa ilość energii potrzebnej do ogrzania wody
<i>[l/d]</i>	<i>[°C]</i>	<i>[°C]</i>	<i>[J/d]</i>
270	10	55	52 792 740

Źródło: Opracowanie własne

Pompa ciepła, która jest źródłem niskotemperaturowym, aby zapewnić odpowiednią temperaturę wody oraz komfort użytkowania zazwyczaj współpracuje z grzałką elektryczną. Jednak w celu wykonania porównania, mając na uwadze, że różnica wartości temperatury między źródłem ciepła a odbiornikiem znacząco wpływa na współczynnik konwersji energii COP, w obliczeniach przyjęto najniższą dopuszczaną przez polskie prawo temperaturę ciepłej wody użytkowej (55°C). Znając ciepło właściwe wody, wartości temperatury i dzienne zużycie można

określić dzienną średnią oraz roczną ilość energii niezbędną do podgrzana wody na cele użytkowe.

$$\Delta Q_{CWU} = c_w \cdot m \cdot \Delta T \text{ [J]} \quad (1)$$

$$E_{hCWU} = \Delta Q_{CWU} \cdot 365,25 \cdot 0,000000001 \text{ [GJ/a]} \quad (2)$$

gdzie:

ΔQ_{CWU} – dzienna średnia ilość energii do podgrzewu wody [J],

E_{hCWU} – roczna ilość energii do podgrzewu wody [GJ/a],

c_w – ciepło właściwe wody [J/kg·K],

m – masa wody [kg],

ΔT – różnica temperatury między wodą wodociągową a wodą na cele c.w.u. [K],

Pompa ciepła pracować będzie z priorytetem podgrzewu ciepłej wody użytkowej, należy zatem określić ile czasu dziennie będzie ona potrzebować, aby podgrzać wodę do odpowiedniej temperatury.

$$\tau_{CWU} = \frac{\Delta Q_{CWU}}{\eta_p \cdot P \cdot 3600} \text{ [h/d]} \quad (3)$$

gdzie:

ΔQ_{CWU} – dzienna średnia ilość energii do podgrzewu wody [J],

τ_{CWU} – czas niezbędny do podgrzania ciepłej wody użytkowej w ciągu doby [h/d],

P – moc grzewcza pompy ciepła [W],

η_p – sprawność magazynowania ciepła w podgrzewaczu [-],

W celu określenie ilości energii (E_{hCO}), którą należy dostarczyć, aby ogrzać budynek należy określić czas pracy źródła ciepła w sezonie grzewczym oraz obciążenie cieplne budynku. Znając średnie temperatury

zewewnętrzne oraz długość okresu grzewczego można ustalić liczbę stopniodni grzania (tab. 5).

W ciągu doby pompa będzie pracować oddzielnie na cele podgrzewu wody, jak i ogrzewania. Priorytet ciepłej wody skraca maksymalny dobowy czas pracy na ogrzewanie.

$$\tau_{co} = 24 - \tau_{cwu} \text{ [h/d]} \quad (4)$$

gdzie:

τ_{co} – maksymalny czas pracy pompy ciepła na centralne ogrzewanie w ciągu doby [h/d],

τ_{cwu} – czas niezbędny do podgrzania ciepłej wody użytkowej w ciągu doby [h/d],

Tabela 5. Zestawienie temperatur i ilości dni w okresie grzewczym

Miesiąc	Ilość dni w miesiącu	Temp. zewewnętrzna	Temp wewnętrzna	Liczba stopniodni	Względny czas pracy
[-]	[-]	[°C]	[°C]	[°C · d]	[-]
wrzesień	10	12,2	20	78,0	0,0192
październik	31	7,4	20	399,6	0,0961
listopad	30	2,0	20	540,0	0,1329
grudzień	31	-1,8	20	675,8	0,1663
styczeń	31	-3,1	20	716,1	0,1763
luty	28,25	-2,5	20	635,625	0,1564
marzec	31	1,3	20	579,7	0,1427
kwiecień	30	7,4	20	378,0	0,0930
maj	10	13,1	20	69,0	0,0170
	232,25			4100,9	1,000

Źródło: <http://www.pogodynka.pl/polska/daneklimatyczne/> [10]

Czas pracy w sezonie grzewczym (h_h) ustalono na podstawie różnicy temperatury wewnętrznej i zewnętrznej, stopniodni oraz dziennego czasu pracy pompy na centralne ogrzewanie.

$$h_h = \frac{SD}{T_i - T_o} \cdot \tau_{co} \text{ [h/a]} \quad (5)$$

gdzie:

h_h – czas pracy w sezonie grzewczym [h/rok],

SD – liczba stopniodni grzania [$^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$],

T_i – temperatura wewnętrzna [$^{\circ}\text{C}$],

T_o – temperatura zewnętrzna [$^{\circ}\text{C}$],

τ_{co} – maksymalny czas pracy pompy ciepła na centralne ogrzewanie w ciągu doby [h/d],

Względny czas pracy został określony, jako stosunek liczby stopniodni z danego miesiąca do ogólnej liczby stopniodni w okresie grzewczym.

$$\alpha_i = \frac{SD_i}{\Sigma SD} [-] \quad (6)$$

gdzie:

SD_i – liczba stopniodni w danym miesiącu [$^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$],

ΣSD – suma stopniodni w okresie grzewczym [$^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$],

α_i – względny czas pracy [-],

Znając obciążenie cieplne budynku oraz czas pracy źródła ciepła w sezonie grzewczym można określić ilość energii zużytej na ogrzanie budynku w ciągu roku.

$$E_{hco} = \Sigma(\alpha_i \cdot Q_{co}) \cdot h_h \cdot 3,6 \cdot 0,000001 \text{ [GJ/rok]} \quad (7)$$

gdzie:

E_{hCO} – roczna ilość energii do ogrzewania [J/rok],

α_i – względny czas pracy [-],

Q_{CO} – moc cieplna [W],

h_h – czas pracy w sezonie grzewczym [h/rok],

W Polsce prawie cała energia elektryczna pochodzi ze spalania węgla kamiennego i brunatnego. Sprawność przemiany energii w elektrowniach wynosi obecnie 36%, a efektywność przesyłu dla niskich napięć 79,6%. Jeśli przemnożyć te wartości przez współczynnik przemiany energii COP wynoszący średnio 3,5otrzyma się około 1,zatem można stwierdzić, że w takim przypadku stosowanie pomp ciepła jest równoznaczne z pozyskiwaniem energii bezpośrednio ze spalania węgla ze 100% sprawnością. Z drugiej strony spalanie gazu ziemnego powoduje emisję dwutlenku węgla o 45% mniejszą, niż spalanie węgla (tab. 6) [2].

Tabela 6. Zestawienie struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce

	Jednost- ka	Węgiel kamienny i brunatny	Ropa naf- towa	Gaz ziemny	Hydroelek- trownie	Odnawialne źródła energii
Udział (P)	%	91,4	1,05	3,0	1,0	2,6
Sprawność (η_p)	%	36,0	36,0	36,0	100,0	100,0
Współczynnik generacji CO₂ (β)	kgCO ₂ / GJ	92,54	78,69	55,27	0,00	0,00
Pośredni współczynnik generacji CO₂ (β_{ie})	kgCO ₂ / GJ	15,3	12,5	5,0	0,00	0,00
Sprawność przesyłu (η_t)	%	91,62				

Źródło: A. Gajewski, J. Siergiejuk, K. Szulborski Carbon dioxide emission while heating in selected European countries. Energy and Buildings 65 (2013) 197-204

Zatem, aby określić które źródło jest bardziej ekologiczne należy rozpocząć od wyznaczenia średniego współczynnika generacji CO₂ przez elektrownie w Polsce (β_a). W obliczeniach węgiel kamienny i brunatny nie są rozróżniane, a przyjmowane współczynniki zostały uśrednione w oparciu o udziały tych paliw [2].

Średni współczynnik generacji CO₂ przez wszystkie elektrownie w Polsce (β_a) można określić znając sprawność poszczególnych typów elektrowni, ich udział w ogólnokrajowym rynku energii oraz emisję dwutlenku węgla przy procesie spalania paliwa.

$$\beta_a = \frac{\sum((\beta_i \cdot P_i)/\eta_{pi})}{\eta_t} \quad [kg \text{ CO}_2/GJ] \quad (8)$$

gdzie:

β_i – współczynnik generacji CO₂ [kg CO₂/GJ],

P_i – udział w ogólnej produkcji energii [%],

η_{pi} – sprawność elektrowni [%],

η_h – sprawność przesyłu [%].

Tabela 7. Zestawienie średnich współczynników generacji CO₂ dla różnych sprawności elektrowni

Sprawność	β_a
<i>[-]</i>	<i>[kg CO₂/GJ]</i>
0,36	265,051
0,37	258,120
0,38	251,554
0,39	245,324
0,4	239,406

Źródło: Opracowanie własne

Na poziom emisji dwutlenku węgla przez elektrownie mają wpływ jeszcze dodatkowe czynniki, takie jak np. transport czy wydobycie

surowców. W obliczeniach zostało to uwzględnione jako uśredniony pośredni współczynnik generacji CO₂ dla elektrowni w Polsce (β_{ie}) i określone w podobny sposób jak poprzednio.

$$\beta_{ie} = \sum((\beta_{ie} \cdot P_i)/\eta_{pi}) \text{ [kg CO}_2\text{/GJ]} \quad (9)$$

gdzie:

β_{ie} – pośredni współczynnik generacji CO₂ [kg CO₂/GJ],

P_i – udział w ogólnej produkcji energii [%],

η_{pi} – sprawność elektrowni [%].

Wielkość poboru pracy prądu przez pompę ciepła jest związana w głównej mierze z pracą sprężarki. Pobór ten zwiększa się w miarę wzrostu różnicy temperatury między wodą aczynnikiem pośrednim krążącym w obiegu źródła dolnego (tzw. solanką). Dodatkowe urządzenia, które są niezbędne do należytej pracy pompy ciepła, tj. pompa wymuszająca obieg w źródle dolnym, pompa obiegu źródła górnego, czy regulator, również czerpią energię elektryczną w zależności od aktualnych warunków pracy (tab. 8).

Tabela 8. Zestawienie mocy elektrycznej pobieranej przez poszczególne urządzenia podczas pracy

Pobór mocy elektrycznej fabrycznie zamontowanych pomp obiegowych	
Pompa źródła dolnego	8,0÷130 W
Pompa źródła górnego	5,7÷87 W
Pompa obiegowa podgrzewacza	3,8÷70 W
Parametry elektryczne regulatora	
Maks. pobór mocy elektrycznej	1000 W
Pobór mocy elektrycznej w czasie pracy	5 W
Pobór mocy elektrycznej przez sprężarkę	

Temp wody 45°C , temp. solanki 0°C	4490 W
Temp wody 65°C , temp. solanki 0°C	6940 W

Źródło: Viessmann – wytyczne projektowe dla pomp ciepła Vitocal

Znając ilość ciepła przekazanego do obiegu źródła górnego przez pompę ciepła oraz zużycie energii elektrycznej podczas pracy pompy ciepła można określić sezonową wartość współczynnika przemiany energii COP. Producenci pomp ciepła do określenia współczynnika wydajności cieplnej przyjmują jedynie pobór pracy prądu przez sprężarkę, w niniejszych obliczeniach uwzględniono również zużycie energii elektrycznej przez pompy obiegowe i regulator, zatem otrzymane wartości współczynnika konwersji energii „brutto” są niższe niż podane przez producenta.

$$COP = \frac{P_s}{P_e} [-] \quad (10)$$

gdzie:

COP– współczynnik konwersji energii pompy ciepła [-],

P_s– strumień ciepła wymieniony w skraplaczu[W],

P_e– pobór mocy elektrycznej przez pompę ciepła w czasie pracy [W],

Określenie zapotrzebowania na energię elektryczną dla pompy (E_e) nastąpiło w oparciu o współczynnik przemiany energii pompy ciepła i roczne zapotrzebowanie na energię.

$$E_e = \frac{E_{hCO}}{COP_{CO}} + \frac{E_{hCWU}}{COP_{CWU}} [GJ/a] \quad (11)$$

gdzie:

E_e– roczne zużycie energii elektrycznej [GJ/a],

COP_{CO,CWU}–roczny współczynnik konwersji energii pompy ciepła [-],

E_{hCO}– roczna ilość energii do ogrzewania [GJ/a],

E_{hCWU} – roczna ilość energii do podgrzewu wody [GJ/a],

W celu wyznaczenia zapotrzebowania na energię elektryczną dla kotła gazowego (E_e) przyjęto ciągłą pracę urządzeń elektrycznych wchodzących w jego skład (min. pompę) przez cały rok. Producent podał moc elektryczną pobieraną w czasie pracy kotła (tab. 9). Do obliczeń przyjęto wartość średnią z poboru maksymalnego i poboru w stanie fabrycznym.

$$E_e = 365,25 \cdot 24 \cdot P_k \cdot 3,6 \cdot 0,000001 \text{ [GJ/a]} \quad (12)$$

gdzie:

E_e – roczne zużycie energii elektrycznej [GJ/a],

P_k – pobór mocy elektrycznej kotła gazowego [-],

Tabela 9. Zestawienie mocy elektrycznej pobieranej przez gazowy kocioł kondensacyjny

Pobór mocy elektrycznej	
W stanie fabrycznym	89 W
Maksymalny	119 W

Źródło: Viessmann – wytyczne projektowe dla gazowych kotłów kondensacyjnych Vitodens

Aby określić wysokość emisji dwutlenku węgla podczas spalania gazu w kotle należy zsumować całkowite zapotrzebowanie na energię (cele c.w.u. i c.o.) i przemnożyć przez pośredni i bezpośredni współczynnik generacji CO₂ przy uwzględnieniu sprawności kotła.

$$E_{CO_2 \text{ spalanie}} = \frac{(\beta + \beta_{ie}) \cdot E_h}{\eta_a} \text{ [kg CO}_2\text{/a]} \quad (13)$$

gdzie:

$E_{CO_2 \text{ spalanie}}$ – roczna emisja dwutlenku węgla przez kocioł gazowy ze spalania [-],

β_{ie} – pośredni współczynnik generacji CO₂ [kg CO₂/GJ],

β – współczynnik generacji CO₂ [kg CO₂/GJ],

E_h – roczna ilość energii zużywana na cele c.w.u. i c.o. [GJ/a],

η_a – sprawność kotła gazowego [%].

Określenie emisji CO₂ ze zużycia energii elektrycznej ($E_{CO_2\ el}$) następuje przy użyciu wyznaczonych wcześniej średnich współczynników generacji CO₂ oraz zużycia energii elektrycznej.

$$E_{CO_2\ el.} = E_e \cdot (\beta_a + \beta_{ie}) \text{ [kg CO}_2\text{/GJ]} \quad (14)$$

gdzie:

$E_{CO_2\ el.}$ – roczna emisja dwutlenku węgla przez elektrownię [-],

β_{ie} – pośredni współczynnik generacji CO₂ [kg CO₂/GJ],

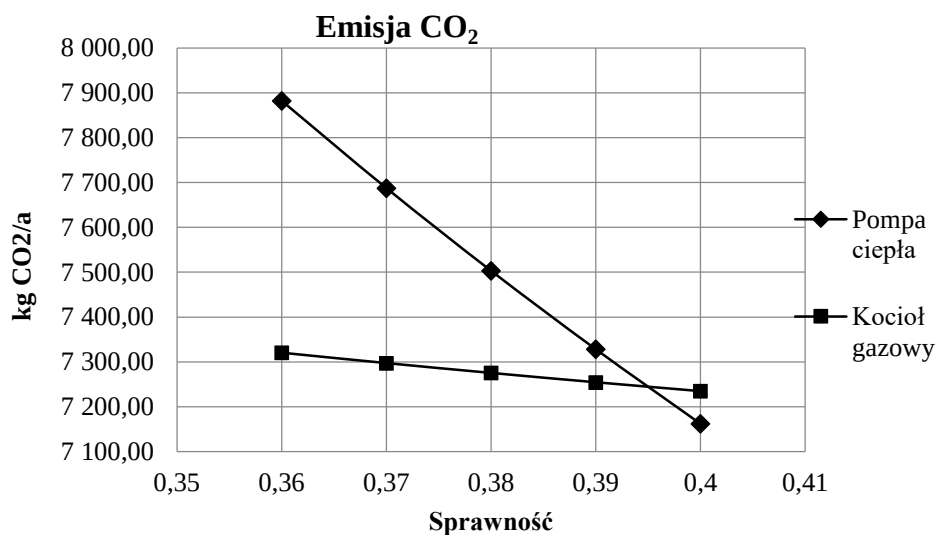
β_a – współczynnik generacji CO₂ [kg CO₂/GJ],

E_e – roczna ilość energii zużywana przez kocioł gazowy lub pompę ciepła [GJ/a].

3. Wyniki badań i dyskusja

Obecna strategia energetyczna kraju zakłada dalsze opieranie gospodarki energetycznej na węglu, dlatego w obliczeniach kierowano się zmianą parametrów sprawności elektrowni ciepłych, a nie zmianą sposobu wytwarzania energii elektrycznej. Przeprowadzone obliczenia pozwoliły na stwierdzenie, że obecnie w Polsce to kocioł gazowy jest bardziej ekologicznym źródłem ciepła niż pompa ciepła. W krajach, gdzie struktura pozyskiwania energii elektrycznej w większym stopniu opiera się na energii atomowej i odnawialnych źródłach, bardziej ekologiczne są pompy ciepła[2]. Przedstawione teoretyczne rozważania nad możliwymi do osiągnięcia sprawnościami siłowni ciepłych oraz praktyka z krajów zachodnich pozwalają stwierdzić, że można osiągnąć dużo lepszą

efektywność konwersji energii. Zatem w miarę poprawy parametrów sprawności obniży się emisja CO₂ przez pompy ciepła. W ocenianym przypadku, punktem granicznym powyżej którego emisja CO₂ przez pompy ciepła jest niższa, to sprawność wynosząca 40,0% (rys. 7).



Rysunek 7. Wykres emisji CO₂ przez pompę ciepła i kocioł gazowy dla różnych sprawności produkcji energii elektrycznej

Źródło: Opracowanie własne

4. Wnioski

1. Przy obecnych sprawnościach elektrowni w Polsce, pompa ciepła emituje większą ilość CO₂ do atmosfery niż gazowy kocioł kondensacyjny.
2. Przy podwyższeniu sprawności elektrowni do poziomu 0,40 pompa ciepła emituje mniej dwutlenku węgla od kotła.
3. Wzrost sprawności elektrowni w Polsce można uzyskać poprzez zmiany parametrów termodynamicznych obiegów parowych.

4. Pompa ciepła jest ekologicznym źródłem ciepła, jeśli w strukturze produkcji energii elektrycznej dominują odnawialne źródła energii lub elektrownie jądrowe.

Podziękowanie

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr S/WBiŚ/4/2014 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW.

Literatura:

1. Pisarev V.: *Projektowanie instalacji grzewczych z pompami ciepła*. Oficyna wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2013.
2. Gajewski A., Siergiejuk J., Szulborski K.: *Carbon dioxide emission while heating in selected European countries*, *Energy and Buildings* 65, 2013, str. 197-204.
3. Foit H. *Zastosowanie odnawialnych źródeł ciepła w ogrzewnictwie i wentylacji*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.
4. Paska J. *Wytwarzanie energii elektrycznej*. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
5. Pawlik M., Strzelczyk F. *Elektrownie*. Wydawnictwo WNT, Warszawa 2012.
6. Szargut J. *Termodynamika techniczna*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2013.
7. Pastucha L., Mielczarek E. *Podstawy termodynamiki technicznej*. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1998.
8. Chmielniak T. *Obiegi termodynamiczne turbin cieplnych*. Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Warszawa 1988.

9. Adrian Bejan *Advanced Engineering Thermodynamics.*, John Wiley & Sons Inc.
10. Chmielniak T., *Technologie energetyczne*, Wydawnictwo WNT, Warszawa 2008.

mgr inż. Małgorzata Sobczyk¹⁾
Politechnika Częstochowska, Wydział Infrastruktury i Środowiska
Instytut Inżynierii Środowiska
ul. Brzeźnicka 60a, 42-200 Częstochowa
¹⁾sobczyk.m1@wp.pl

Retencyjność ekstensywnych zielonych dachów w walce z podtopieniami terenów

Retention extensive green roofs in the control flooding areas

Słowa kluczowe: *podtopienia terenu, retencja, zielone dachy, urbanizacja*

Keywords: *flooding area, green roofs, retention, urbanization*

Streszczenie: Procesowi urbanizacji towarzyszą zmiany warunków hydrologicznych spowodowane wzrostem stopnia uszczelnienia. Dla poprawy jakości życia mieszkańców w miastach i terenach zurbanizowanych stosuje się odwodnienie terenu w głównej mierze bezpośrednio do kanalizacji, a stamtąd do wód powierzchniowych. Takie zarządzanie wodami opadowymi powoduje w czasie intensywnych opadów przeciążenie systemu sieci kanalizacji deszczowej, ogólnospławnej, a także podwyższenie stanu wód powierzchniowych (odbiornik- rzeka). Według Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030, dokumentu przyjętego przez Radę Ministrów 13 grudnia 2011 r. polityka rozwoju ośrodków miejskich będzie promować rozwój budownictwa zgodnego z zasadami zrównoważonego rozwoju. Na terenach ośrodków miejskich dążyć się będzie do wdrażania takich rozwiązań, które umożliwią zagospodarowanie wód opadowych w obrębie nieruchomości i ograniczą konieczność odprowadzenia tych wód kanalizacją deszczową. Technologia zielonych dachów wpisuje się w zasady zrównoważonego rozwoju. Do analizy wykorzystano dwa stanowiska doświadczalne. Każde z nich wykonane zostało z innych warstw zielonego dachu w celu porównania ilości zmagazynowanego opadu. Badania prowadzone na ekstensywnych zielonych dachach wykazały, że retencyjność w zależności od intensywności opadu wynosi od 63,71 do 100 %.

1. Wstęp

W ostatnich latach rozwija się coraz bardziej gospodarowanie wodami opadowymi poprzez zastosowanie technologii zielonych dachów. Roślinność znajdująca się na dachu wynagradza brak zieleni w miastach, a także pozwala na zatrzymanie opadu deszczu w taki sposób, aby jego przedostawanie się do kanalizacji zostało opóźnione i znacznie zmniejszone. Dzięki badaniom systemy dachów zielonych są wciąż udoskonalane. Najlepszym przykładem są wytyczne niemieckiego towarzystwa do spraw badań nad rozwojem i strukturą krajobrazu dotyczące dachów zielonych. Na wytyczne te powołuje się wiele firm zajmujących się tym zagadnieniem w Polsce, gdzie takie normy są dostosowywane do polskich warunków klimatycznych. Wytyczne te dotyczą wszystkich aspektów dachów zielonych. W wyniku zastosowania takich przykryć można zaobserwować zmniejszenie odpływu wody opadowej, a także retencję wody deszczowej do spełnienia potrzeb rozwojowych roślinności znajdującej się na dachu jak i opóźnienia jej odpływu do kanalizacji. Wszystkie te aspekty mają znaczenie ekologiczne, techniczne oraz gospodarcze dla społeczeństwa.

Czynniki wpływające na retencję wody opadowej na dachu zielonym to: maksymalna pojemność wodna, przepuszczalność wody, współczynnik spływu.

1. Maksymalna pojemność wodna to możliwość jej zmagazynowania, która zależy od zastosowanych materiałów, substratów glebowych oraz roślinności. Czynniki ten w odniesieniu do substratów roślinnych w ich stanie zagęszczonym, jako wartość odniesienia dla zdolności magazynowania wody:

- do intensywnego zazieleniania ≥ 45 % objętości,

- do ekstensywnego zazielenienia $\geq 35\%$ objętości,

Do jednej budowy warstwy:

- intensywne zazielenienie $\geq 30\%$ objętości,
- ekstensywne zazielenienie $\geq 20\%$ objętości.

Maksymalna ilość wody nie powinna przekraczać 65% jej objętości.

2. Przepuszczalność wody (k_f) materiałów stosowanych w budowie warstwowej wskazuje przepływ wody na jednostkę długości i czasu w stanie zagęszczonym i nasyconym. Materiały powinny być wysoce przepuszczalne, tak, aby zapewnić każdej nadwyżce niezwłoczny odpływ do wylotów dachowych.

3. Współczynnik spływu (C) może dotyczyć również dachu zielonego. Jego wartości zależą od głębokości warstwowej konstrukcji i kąta nachylenia dachu. Warstwy drenażowe są używane wraz ze wzrostem wydajności drenażowej. Rzeczywiste współczynniki opróżnienia będą się różnić, ich wartości przedstawia tabela poniżej:

Tabela 1. Wartości współczynnika spływu C według wytycznych FLL [4]

Głębokość warstwy	Spadek do 15°	Spadek powyżej 15°
50 cm	$C = 0,1$	-
25 -50 cm	$C = 0,2$	-
15 -25 cm	$C = 0,3$	-
10 – 15 cm	$C = 0,4$	$C = 0,5$
6- 10 cm	$C = 0,5$	$C = 0,6$
4-6 cm	$C = 0,6$	$C = 0,7$
2 -4 cm	$C = 0,7$	$C = 0,8$

Źródło: Opracowano według wytycznych FLL

Niezależnie od wielkości powierzchni dachu, urządzenia odwadniające znajdujące się na terenie roślinności muszą mieć, co

najmniej jeden obiekt służący do spływu wody i co najmniej jeden przelew awaryjny. Ważne jest, aby objętość wody spływającej z małych powierzchni zielonych dachów była wystarczająca do zapewnienia samooczyszczania systemów opróżniających.

2. Opóźnienie spływu wody oraz roczny współczynnik spływu

Retencję wody określa się poprzez obliczenie różnicy pomiędzy wielkością opadów mierzoną i średnią objętością wody opadowej w roku. Prowadzi to do rocznego współczynnika opóźnienia odpływu Ψ , który jest opisywany, jako stosunek rocznej ilości odpływu wody deszczowej i rocznej wielkości deszczu. Roczna retencja wody na dachu zielonym zależy od rodzaju i gęstości jego budowy. Rodzaj gruntu, który jest wykorzystany musi posiadać zdolność zatrzymywania wody oraz jej przepuszczalność.

Tabela 2. Wartości procentowe rocznej retencji wody na zielonym dachu w zależności od głębokości warstw według wytycznych FLL [4]

Rodzaj zazielenienia	Głębokość w cm	Retencja wody- średnia roczna w %	Roczny współczynnik opóźnienia odpływu Ψ / współczynnik uszczelnienia
Ekstensywne zazielenienie	2-4	40	0,60
	4-6	45	0,55
	6-10	50	0,50
	10-15	55	0,45
	15-20	60	0,40
Intensywne zazielenienie	15-25	60	0,40
	25-50	70	0,30
	>50	>90	0,10

Źródło: Opracowano według wytycznych FLL

Rozwój roślinności dachów zielonych ma wpływ na dostawy wody. Objętość dostępna do przechowywania wody jest ograniczona

przez fizyczne i ekonomiczne potrzeby, które są podyktowane przez głębokość warstwy drenażowej zgodną z projektem. To wpływa na ilość wody, która może być przechowywana.

Woda może być przechowywana w różnych warstwach oraz w różny sposobów. W zależności od wyboru sposobu, w jaki poszczególne warstwy są konstruowane i kolejności, w jakiej są podane, magazynowanie wody może być różne:

- magazynowanie wody deszczowej dla roślinności poprzez wykorzystanie substratów, które zachowują wodę dla roślin lub dodatkowo w matach retencyjnych,
- magazynowanie wody deszczowej dla roślinności, a dodatkowo w trakcie odwadniania, poprzez wykorzystanie zarówno otwartych porów materiałów zbiorczych lub prefabrykowanych płyt do przechowywania wody,
- dodatkowe zatrzymanie wody w warstwach ochronnych.

Woda może być przechowywana jednocześnie w podporze roślinności i warstwach drenażowych, niezależnie od rodzaju zazielenienia. Istnieje możliwość intensywnego rozwoju korzeni całej warstwy, która jest dostępna do przechowywania wody.

Rozwój roślinności na zielonych dachach jest uzależniona od opadów atmosferycznych, co jest dostępne bez żadnych kosztów. Zmniejsza to potrzebę dodatkowego podlewania i pomaga wrócić szybko do naturalnego obiegu wody. W razie potrzeby dodatkowe nawadnianie będzie musiało być przeprowadzane regularnie w intensywnych zazielenieniach. Może to być również przypadek w trakcie budowy na rozległych zazieleniania terenów. Strome dachy powinny być

wyposażone w urządzenie do dodatkowego podlewania, aby uniknąć obumarcia roślin oraz możliwości erozji.

Systemy nawadniające zainstalowane nad lub pod ziemią, mogą być obsługiwane ręcznie, przez czasomierz lub mogą być całkowicie zautomatyzowane. Przewody powinny być chronione przed korozją i być mrozoodporne [1].

2.1. Struktura dachu zielonego – warstwy

Konstrukcja dachów zielonych jest złożona z kilku warstw, m.in. hydroizolacji, warstwy drenującej, warstwy wegetacyjnej, warstw filtrującej. W zależności od spadku oraz wykorzystanej roślinności zastosowanie znajdują różne połączenia warstw.

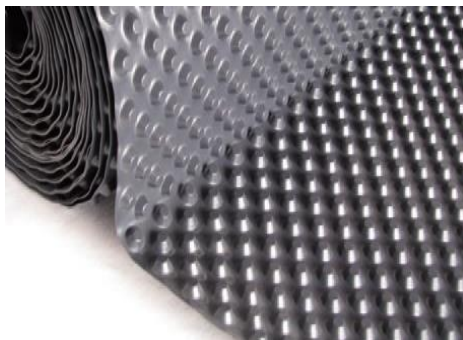
Hydroizolacja jest to system izolacji wodochronnej. Najważniejsze jest zabezpieczenie dachu przed wilgocią oraz przed korzeniami roślin, aby korzenie nie przedostawały się przez tę warstwę w głąb. Najczęściej jest to folia przeciwwkorzenna, która stosowana jest zarówno przy dachach z zielenią ekstensywną, intensywną czy dachach odwróconych. Ważne jest, aby ta warstwa posiadała cechy takie jak:

- odporność na ściskanie,
- wodoodporność,
- odporność na kwasy humusowe oraz związki chemiczne z warstwy wegetacyjnej,
- odporność na środki chemiczne, nawozy,
- odporność na pleśń [2].

Warstwa drenująca ma kluczowe zadanie przy magazynowaniu wody opadowej, gdyż w niej najlepiej można to zjawisko zaobserwować. Zdolność gromadzenia wody pozwala prawidłowo funkcjonować

roślinności, ponieważ poprzez system korzeniowy mogą one pobierać wodę. W tej warstwie stosuje się maty kubelkowe (rys. 1.). Grubość warstwy projektuje się w zależności od rodzaju roślinności:

- roślinność ekstensywna – grubość warstwy od 6 do 9 cm,
- roślinność intensywna – grubość warstwy od 10 do 30 cm [3].



Rysunek 1. Mata drenażowa

Źródło: Zdjęcie własne

Warstwa filtrująca, w której stosuje się włókniny filtracyjne (rys. 2.) zapobiegają przedostawaniu się drobnych cząstek do warstwy drenażowej. Stanowi także filtr, który oczyszcza wodę deszczową przed dostaniem się do warstwy drenażowej.



Rysunek 2. Włóknina filtracyjna

Źródło: Zdjęcie własne

Warstwa wegetacyjna stanowiąca żwir, keramzyt oraz substrat glebowy, posiada właściwości pozwalające funkcjonować roślinności. Do tych cech należą, m.in. zdolność gromadzenia wody opadowej, stabilność struktury, odporność na wiatr, zawartość składników mineralnych oraz pH (5,5 - 9,5). Do każdego rodzaju roślinności stosowany jest inny rodzaj substratu posiadający odpowiednią mieszankę składników. Warstwa wegetacyjna dla dachu z roślinnością ekstensywną ma grubość od 6 do 15 cm, natomiast dla roślinności intensywnej - od 35 cm do 250 cm, w zależności od wymagań odżywczych roślinności (rys. 3.).



- ekstensywny dach zielony



- intensywny dach zielony

Rysunek 3. Rodzaje systemów zielonych dachów

Źródło: Zdjęcie własne

Istotnym elementem struktury dachu zielonego jest system nawadniania oraz odwodnienia.

Oczywistym jest, iż dachy zielone tzn. roślinność nawadniania jest poprzez wodę opadową, co ogromnie wpływa na środowisko. Systemy kanalizacyjne są mniej obciążone, a ogrody dachowe mogą prawidłowo funkcjonować. Czasami mamy doczynienia z okresami bezdeszczowymi. Klimat Polski jest bardzo zmienny, w ostatnich czasach często są obserwowane zjawiska skrajne, jak np. długi okres opadów, przez co system kanalizacyjny jest przeciążony. Do tego stopnia, że powstają powodzie na terenach miejskich czy podtapianie ulic. Następnie utrzymuje się przez dłuższy czas okres bezdeszczowy i słoneczny. Wtedy roślinność jest narażona na przesuszenie. W takich warunkach roślinność intensywna potrzebuje pielęgnacji i wody do funkcjonowania. Trzeba pamiętać, że warstwa drenażowa zatrzymuje wodę opadową, retencjonuje ją właśnie do takich celów. Roślinność przez jakiś czas wchłania wodę przez system korzeniowy, ale niestety każda mata drenażowa posiada zdolność retencyjną i nie potrafi w nieskończoność dostarczać wody w ten sposób. Potrzebne jest wtedy nawadnianie mechaniczne przy pomocy zraszaczy.

System odwodnienia dachu zielonego jest tak samo stosowany jak na dachach konwencjonalnych. Wpusty dachowe (rys. 4.) są rozmieszczone na całej powierzchni dachu przy odpowiednich odległościach i oczywiście w najniższych punktach. Urządzenia te są zabezpieczone specjalną kratą, aby wpust nie został zatkany przez roślinność czy warstwę żwiru. Wpusty deszczowe muszą być czyszczone, aby przepływ wody deszczowej był możliwy. Oczywiście odpływ wody deszczowej prowadzi do systemu kanalizacyjnego bądź przelewu burzowego.



Rysunek 4. Wpust dachowy

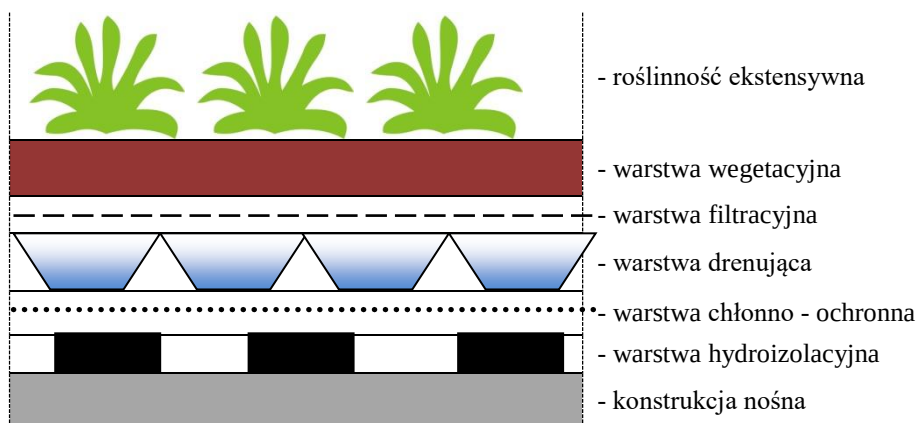
Źródło: Zdjęcie własne

2.2. Systemy dachów zielonych

Dachy zielone, jak wspomniano już wcześniej składają się z kilku warstw, ale tą widoczną na pierwszy rzut oka jest warstwa pokryta roślinnością. Jest ona ważna także pod względem zatrzymania wody opadowej, ponieważ w zależności od zastosowanej roślinności można ją zgromadzić w różnych ilościach.

Wyróżnia się dwa rodzaje zielonych dachów ze względu na roślinność:

1. Dach zielony ekstensywny



W tym systemie dachu ze względu na zatrzymanie wody opadowej najważniejsze są warstwy wegetacyjna oraz drenażowa, ponieważ w nich następuje zatrzymanie i zmagazynowanie wody. W zależności od zaprojektowanej i najodpowiedniejszej dla danych warunków wielkości tych warstw istnieje możliwość wyeliminowania problematycznej deszczówki. W ten sposób można pozwolić na rozwój roślin na dachu.

Ekstensywny dach zielony pełni rolę powierzchni biologicznie czynnej, która potrzebuje małego nakładu pracy przy pielęgnacji. Najważniejszą rolę spełniają rośliny takie, które są przystosowane do górskich warunków, m.in. ubożego podłoża, silnych wiatrów, wahań temperatur, dużego nasłonecznienia, co prowadzi do suszy. Dlatego dach pokryty takimi roślinami nie wymaga częstego podlewania w czasie bezdeszczowym. Do takich roślin można zaliczyć byliny takie jak: rozchodniki (rys. 5.), dąbrówka rozłogowa, floks szydasty, goździk kartuzek, kosaciec niski, len złocisty, rojniki, rogownica kutnerowata, smagliczka skalna, zawciąg nadmorski. Rośliny ekstensywne dachu posiadają płaski system korzeniowy umożliwiający zastosowanie 7 cm warstwy substratu. Można zastosować różne możliwości kompozycji roślinności, także z przejściami czy tarasami.



- widok na
roślinność



- widok części
dachu
ekstensywnego

Rysunek 5. Dach ekstensywny z roślinnością – rozchodniki (2 miesiące od posadzenia)

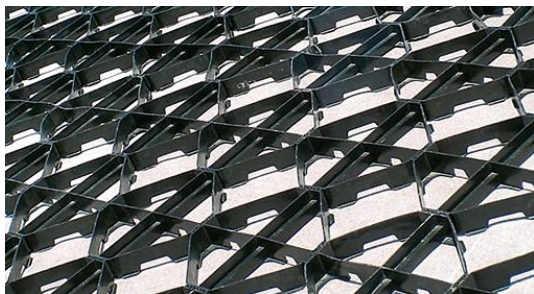
Źródło: Zdjęcie własne

Roślinność taka nadaje się do dachów płaskich, na których mogą powstawać kałuże, jak również na dachach o spadku 8 – 10 °. Nie wymagają one zbyt dużo zabiegów pielęgnacyjnych, zazwyczaj można ograniczyć je do 2 w ciągu roku. Do przykryć płaskich należy zastosować dodatkowe elementy drenażowe, które pozwolą na swobodny spływ wody opadowej z dachu. Zapobiega to gromadzenia się wody deszczowej w zagłębieniach terenu.

Systemy ekstensywne znalazły zastosowanie również przy dachach skośnych o nachyleniu od 10 do 25°. W celu zapobiegania zsuwaniu się substratu wraz z roślinnością należy zastosować dodatkowe elementy oraz dodatkowe profile na krawędziach dachu przy systemie rynnowym.

Zielony dach stromy to powierzchnia o nachyleniu od 20 do 35°. Roślinność na nim wymaga częstej pielęgnacji. Może być także potrzebne dodatkowe nawodnienie powierzchni dachu, ponieważ może nastąpić erozja w niektórych miejscach. Przy nachyleniu powyżej 25° stosuje się elementy Georaster (rys. 6.), które powodują stabilną i płaską powierzchnię. Dzięki tym elementom powierzchnia może zostać

wypełniona substratem. Elementy nie zajmują dużo miejsca i nie zabierają przestrzeni korzeniom roślin znajdujących się na dachu.



- bez substratu



- z warstwą substratu
glebowego



- zazielenienie dachu
stromeego

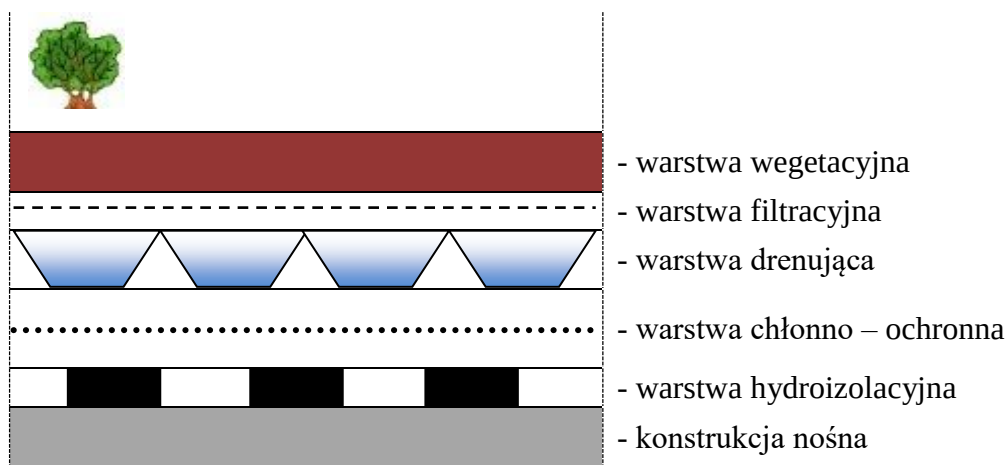
Rysunek 6. Warstwy dachu zielonego pokryte elementami Georaster

Źródło: Zdjęcie własne

2. Dach zielony intensywny



- roślinność intensywna



Dach z zielenią intensywną posiada takie same zalety jak i dach ekstensywny z tym, że większy wybór oraz wymagania roślin pozwalają na zatrzymanie znacznie więcej wody opadowej. Jest to spowodowane tym, że warstwy mają większą grubość. Dlatego w zależności od możliwości konstrukcyjnych budynku należy wybrać rodzaj zazielenienia.

Intensywny dach zielony umożliwia szeroki wybór roślin. Mogą być tu zastosowane zarówno byliny, trawy, krzewy jak i niskie drzewa. Przyjęło się mówić o ogrodach na dachach. Grubość substratów jest większa (od 35 do 250 cm) niż przy ekstensywnej uprawie, ale także ciężar całej konstrukcji jest większy. Należy już w fazie projektowania wziąć pod uwagę wszystkie czynniki wpływające na obciążenie konstrukcji budynku. Zastosowane rośliny wymagają regularnych prac pielęgnacyjnych oraz konserwacyjnych (np. nawadnianie w okresach bezdeszczowych, nawożenie, koszenie oraz cięcie drzew i krzewów).

Intensywny dach zielony poprzez większą warstwę substratu glebowego pozwala na zmagazynowanie większej ilości wody deszczowej. Możliwe są różne kombinacje wykorzystania dachu poprzez

przejścia, tarasy, nawierzchnie jezdne, obszary do zabawy czy stawy. Można wodę ze stawu wykorzystać do nawadniania terenu ogrodu dachowego.

Najlepszym przykładem takiego rozwiązania w Polsce jest dach Biblioteki Uniwersytetu Warszawskiego. Ogród został zaprojektowany przez Irenę Bajerską i jest jednym z pierwszych tak dużym zielonym dachem w kraju. Pod względem estetycznym idealnie komponuje się w krajobraz Warszawy nad Wisłą. Pod względem zagospodarowania wody opadowej w mieście można zaobserwować różne rodzaje retencjonowania oraz wykorzystania wody deszczowej. Ogród składa się z części górnej oraz części dolnej. Woda deszczowa podczas opadów zostaje retencjonowana w stawie (rys. 7.) oraz zbiorniku retencyjnym znajdujących się w dolnej części ogrodu.



- droga spływu wody deszczowej



- staw magazynujący wodę deszczową

Rysunek 7. Widok na dolny ogród

Źródło: Zdjęcie własne

Na terenie zielonego dachu znajduje się zbiornik retencyjny, który gromadzi wodę deszczową w czasie długotrwałych deszczy. Cała woda zgromadzona w zbiorniku oraz stawie zostaje w systemie obiegu zamkniętego. Kiedy trzeba nawodnić roślinność znajdującą się na dachu wykorzystuje się zmagazynowaną wodę podczas opadu deszczu.

2.3. Zalety i wady zastosowania dachów zielonych

Zielony dach posiada wiele zalet, dzięki którym ma coraz więcej zwolenników i są to m.in.:

- retencja wody deszczowej. Zielone dachy mają zdolność chłonną od 50 do 90% opadów atmosferycznych, co przyczynia się do odciążenia systemu kanalizacji,
- izolacja hałasu. Warstwy znajdujące się na dachu pozwalają na zmniejszenie ilości hałasu docierającego do pomieszczeń budynku,
- izolacja termiczna. Dach tworzy dodatkowe zabezpieczenie przed wychłodzeniem budynku,

- przywracanie równowagi w naturze przez roślinność. Jest to odpowiednie miejsce do życia dla roślin i zwierząt,
- parowanie roślinności przyczyniające się do nawilżenia powietrza wokół dachu,
- przedłużenie żywotności dachu,
- ochrona przed promieniami słonecznymi, gradem, zimnem oraz wysoką temperaturą. Warstwy dachu powodują, że nie powstają uszkodzenia struktury dachu,
- większa ognioodporność w porównaniu z tradycyjnymi dachami,
- funkcja rekreacyjna dla społeczeństwa.

Zielone dachy posiadają wady, do których należą:

- dodatkowe obciążenie konstrukcji budynku,
- konieczność pielęgnacji roślinności, np. nawadniania w okresach bezdeszczowych, nawożenie czy pielenie,
- konieczność kontroli urządzeń, np. wpusty dachowe, umożliwiające odpływ wody,
- koszt wykonania.

3. Metodyka badań

Badania zostały wykonane na stanowisku doświadczalnym ekstensywny zielony dach, które posiada wymiary $1,2 \times 1,2 \times 0,1\text{m}$. Stanowisko składa się z następujących warstw: tacy uprawowej, mata drenażowa Floradrain FD 25, włóknina filtracyjna SF, substrat ekstensywny Zinco o grubości 6,5 cm oraz roślinność kostrzewa (rys.8).



Rysunek 8. Stanowisko doświadczalne ekstensywny dach zielony

Źródło: Zdjęcie własne

Badania podzielono na dwie tury, czyli badania wykonane po okresie bezdeszczowym oraz po okresie deszczowym. Należy zaznaczyć, że badania po okresie deszczowym, czyli dzień przed badaniem retencyjności wody opadowej cała powierzchnia stanowiska została nawodniona wodą o objętości $10,91 \text{ dm}^3$. Badania prowadzono za pomocą deszczownicy umieszczonej nad stanowiskiem, dzięki której symulowano opad deszczu o zadanej intensywności i czasie trwania. Czas trwania deszczu w badaniach wynosił 20 minut oraz wysokości opadu 600 mm. Badania wykonano według opadów obliczeniowych i wzoru Błaszczyka przedstawionego poniżej:

$$q = (6,631^3 \sqrt{H^2 C}) / t_d^{0,67} \quad (1)$$

gdzie:

H – wysokość opadu [mm],

C – częstość występowania deszczu [lata],

t_d – czas trwania deszczu [min].

Tabela 3. Wyniki badań po okresie bezdeszczowym dla stanowiska badawczego ekstensywny zielony dach

Parametry	Jednostki	Stanowisko ekstensywny dach zielony		
C	lata	1	2	5
q	dm ³ /s ha	63,15	89,31	141,22
V	dm ³	10,91	15,43	24,40
Q	dm ³ /min	0,5	0,8	1,2
Odpływ	dm ³	-	1,0	3,1
Redukcja	%	100	93,52	87,29

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4. Wyniki badań po opadzie dla stanowiska badawczego ekstensywny zielony dach

Parametry	Jednostki	Stanowisko ekstensywny dach zielony		
C	lata	1	2	5
q	dm ³ /s ha	63,15	89,31	141,22
V	dm ³	10,91	15,43	24,40
Q	dm ³ /min	0,5	0,8	1,2
Odpływ	dm ³	0,05	4,3	5,6
Redukcja	%	99,54	82,38	63,71

Źródło: opracowanie własne

4. Wnioski

Według przeprowadzonych badań retencyjność wód opadowych w okresie bezdeszczowym wyniosła od 87,29% do 100%. W badaniach po opadzie stanowisko zmagazynowało od 63,71% do 99,54% wody opadowej. Można zauważyć, że wraz ze wzrostem objętości nawadniającej stanowisko maleje ilość retencjonowanej wody deszczowej. Uzależnione jest to również od okresu, po jakim następuje opad deszczu, tzn. czy jest to czas bezdeszczowy czy ekstensywny dach zielony zostaje dodatkowo nawodniony.

W badaniach wykazano, że następuje redukcja odprowadzanych wód opadowych z ekstensywnego dachu zielonego oraz:

- grubość substratu już od 6,5 cm pozwala na zmagazynowanie opadu w miejscu powstania,
- badania wykazały, że stanowisko podczas badania przy $C=1$ oraz poprzedzającym okresie bezdeszczowym wykazało największą zdolność retencyjną w danym zakresie badań,
- zdolność retencyjna nie zależy od wielkości maty kubelkowej (im wyższa i większa pojemność kubelków $\neq$ większa retencyjność) ze względu na nierównomierność opadu.

Literatura:

1. Rokiel M., *Jak wykonać taras i dach zielony*. Poradnik, Dom Wydawniczy Medium, Warszawa, 2011.
2. Ślusarek J., *Rozwiązania strukturalno-materiałowe balkonów, tarasów i dachów zielonych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010
3. Walter E., *Zielone dachy, Wodociągi i kanalizacja*, 4/2010, str. 56.

4. Wytyczne *FLL* – *Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.*, Guidelines for Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing, Bonn, 2008.

mgr inż. Jarosław Świdynski¹⁾

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Geodezji, Inżynierii Przestrzennej i Budownictwa
Katedra Planowania i Inżynierii Przestrzennej
Michała Oczapowskiego 2, 10-957 Olsztyn
¹⁾jaroslaw.swidynski@uwm.edu.pl

Wielofunkcyjny rozwój obszarów wiejskich

Multifunctional rural development

Słowa klucze: *krajobraz wiejski, obszary wiejskie, rozwój zrównoważony, zmiany na polskiej wsi*

Keywords: *rural landscape, rural areas, sustainable development, changes in the Polish countryside*

Streszczenie: Przez ostatnie kilkanaście lat obserwujemy zachodzące dynamicznie zmiany na polskiej wsi. Ma to związek z nową pozycją jaką obszary wiejskie zajmują w rozwoju społeczno-gospodarczym. Pozycja ta ma związek z procesami restrukturyzacji polskiej wsi, wzrostem zamożności społeczeństwa, nasilającym się ruchom społecznym dążącym do integracji oraz korzystaniem ze środków finansowych wspierających rozwój obszarów wiejskich.

Polska wieś traci swój pierwotny charakter. Największe zmiany w strukturze i krajobrazie polskiej wsi zachodzą na obszarach znajdujących się w pobliżu dużych ośrodków miejskich. Miasta sprawiają że wieś przechodzi proces suburbanizacji przeobrażając się w przedmieścia i dzielnice willowe, które stają się miejskimi sypialniami.

W niniejszym opracowaniu szczególna uwaga zostanie poświęcona zagadnieniom związanym ze zmianami, jakie zachodzą obecnie na polskiej wsi, ze szczególnym podkreśleniem uwarunkowań przyrodniczych i społeczno-gospodarczych rozwoju wsi oraz wskazaniu nowych ścieżek rozwoju tych obszarów. Celem publikacji jest pokazanie wielofunkcyjnego rozwoju gmin sąsiadujących z Olsztynem oraz dynamikę zmian zachodzących na tym obszarze.

1. Wstęp

Rozwój obszarów wiejskich ma sprawić żeby polska wieś była atrakcyjna jako miejsce zamieszkania. Aby tak się stało zagospodarowanie przestrzeni terenów wiejskich powinno dążyć do poprawy warunków życia ludności [1]. Taki stan zagospodarowania można osiągnąć dzięki odpowiednim gospodarowaniem układem funkcjonalno-przestrzenny obszaru wiejskiego. Zagospodarowanie przestrzeni jest dziedziną interdyscyplinarną zrzeszającą w działaniu: urbanistów, architektów, ekonomistów, ekologów, polityków i innych, a efektem zagospodarowania jest wprowadzenie ładu w przestrzeni. Zapewnienie ładu przestrzennego odbywa się przez zagospodarowanie przedmiotów materialnych, żywych i nieożywionych biorących udział w interakcjach biologicznych, użytkowych i produkcyjnych [1]. Oprócz ładu przestrzennego obszar wiejski aby przyciągać nowych mieszkańców powinien cechować się również: ładem społecznym, ekonomicznym, ekologicznym. Tak wiele uwarunkowań sprawią, że gospodarowanie przestrzenią wymaga bardziej zintegrowanego podejścia [2].

Zmiany zachodzące w przestrzeni wiejskiej mogą być zamierzone – świadomie kształtowane, lub występować jako uboczne skutki zamierzonych działań, wtedy mają one najczęściej negatywny wpływ na otoczenie. Rozwój przestrzeni będący procesem przemian obszaru, w wyniku którego zauważalne jest przejście obszaru z formy prostszej, mniej złożonej do formy bardziej rozbudowanej, złożonej. Przebiega obecnie z preferowanymi zasadami zrównoważonego rozwoju. Rozwój zrównoważony to harmonijne współistnienie funkcji: gospodarczych, społecznych i ekologicznych. W zagospodarowaniu przestrzeni należy te funkcje rozszerzyć o funkcje kulturowe i przestrzenne tworząc podejście

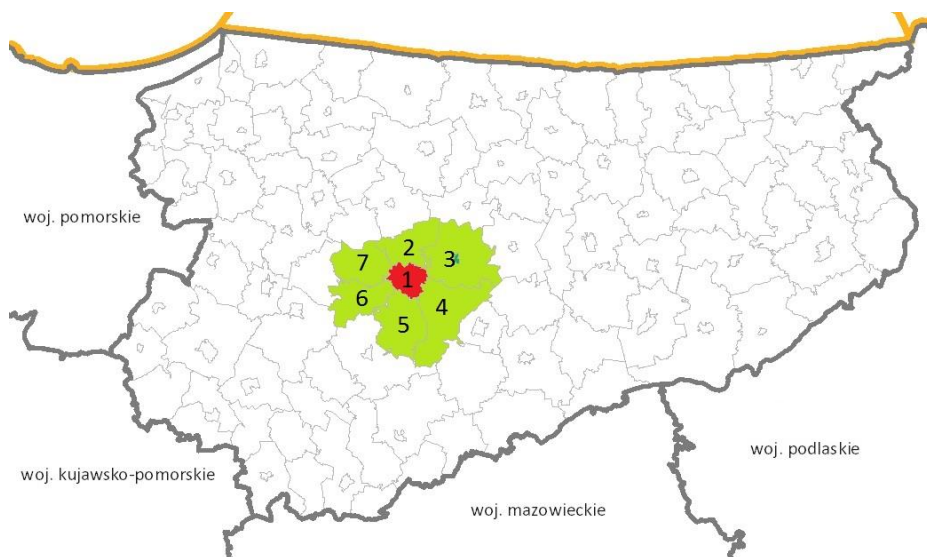
wykorzystujące naukowe i praktyczne aspekty zagospodarowania obszarów wiejskich [3].

Rozwój obszarów wiejskich może przebiegać w sposób jednofunkcyjny lub wielofunkcyjny. Rozwój wielofunkcyjny jest charakterystyczny dla obszarów miejskich ponieważ w ich obrębie jednocześnie rozwija się kilka funkcji polegający na zajmowaniu przez każdą nowych obszarów przy jednoczesnym przechodzeniu na wyższy-bardziej nowoczesny poziom. Natomiast podczas rozwoju jednofunkcyjnego widoczna jest zdecydowana przewaga jednej funkcji np. rozwój turystyki czy rolnictwa. Najbardziej pożądanym rozwojem przestrzeni na obszarach wiejskich jest rozwój wielofunkcyjny będący metodą na podniesienie jakości życia mieszkańców obszarów wiejskich [3]. Będący zgodnym z koncepcją zrównoważonego rozwoju kraju. Wielofunkcyjny rozwój obszarów wiejskich jest również często podnoszonym zagadnieniem w literaturze krajowej, w której rozwój ten jest rozumiany jako odejście od tradycyjnej działalności rolniczej na rzecz działalności pozarolniczej dzięki której zwiększy się zatrudnienie na wsi. Zagraniczni naukowcy zwracają również uwagę że samo rolnictwo, może być wielofunkcyjne. Wówczas nie będzie potrzeby wprowadzania na obszary wiejskie innych pozarolniczych funkcji [4, 5, 6, 7, 8, 9].

2. Teren i metodyka badań

Analizie pod względem rozwoju zostały poddane gminy ościenne miasta Olsztyn. Miasto Olsztyn jest stolicą województwa warmińsko-mazurskiego i największym miastem regionu. Wpływ ośrodka miejskiego ma duże znaczenie na zagospodarowanie przestrzenne terenów przyległych, na obszarze których tworzy się strefa podmiejska. Olsztyn

bezpośrednio graniczy z gminami: Dywity, Barczewo, Purda, Stawiguda, Gietrzwałd i Jonkowo. (rysunek 1). Gminy te wchodzą w skład Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego dla Miasta Olsztyna [10], którego zasięg określa Plan zagospodarowania przestrzennego województwa, oraz w Koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju 2030.



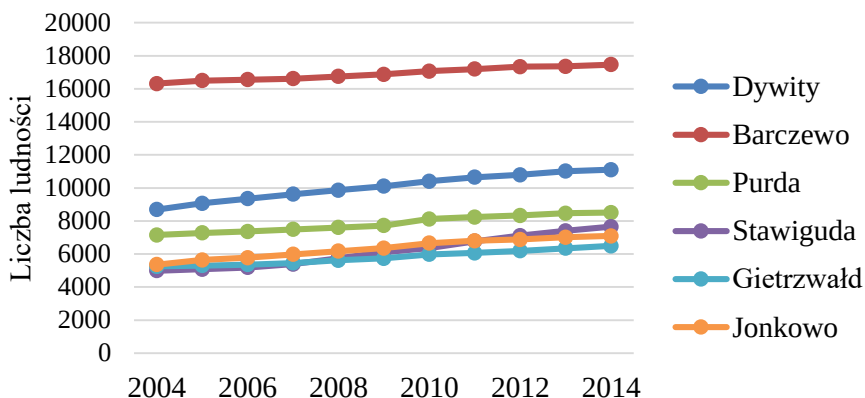
Rysunek 1. Gminy ościenne Olsztyna (1) – Dywity (2), Barczewo (3), Purda (4), Stawiguda (5), Gietrzwałd (6), Jonkowo (7)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: <http://atlas.warmia.mazury.pl/>

Zewnętrzne granice poszczególnych gmin znajdują się ok 18 km od granic Olsztyna. Większości z nich to gminy wiejskie oprócz gminy Barczewo która pod względem administracyjnym jest gminą miejsko-wiejską. Stopień rozwoju poszczególnych gmin określono na podstawie danych gromadzonych przez Główny Urząd Statystyczny [11] oraz informacji przestrzennych dostępnych za pomocą internetowych portali branżowych.

2.1. Struktura demograficzna i społeczna

Sześć gmin, które bezpośrednio otaczają Olszyn zamieszkuje łącznie 58300 osób. W każdej z gmin liczba ludności systematycznie wzrasta. Dynamikę zmian liczby ludności prezentuje rysunek 2.



Rysunek 2. Dynamika zmian liczby ludności

Źródło: Opracowanie własne na podstawie GUS

Największą liczbą mieszkańców charakteryzuje się gmina miejsko-wiejska Barczewo (w 2014 roku - 17465 osób), najmniej osób mieszka w gminie Gietrzwałd (w 2014 roku - 6485 osób). Pozostałe jednostki administracyjne w 2014 roku zamieszkiwało: 11097 osób gmina Dywity, 8507 osób- gmina Purda, 7656 osób- gmina Stawiguda i 7090 osób- gmina Jonkowo. Największym wzrostem liczby ludności charakteryzowała się gmina Stawiguda (z 4990 osób w 2004 roku do 7656 osób w 2014 roku) oraz gmina Dywity (od 8689 osób w 2004 roku do 11097 osób w 2014 roku). Ma to bezpośredni związek z dużą ilością inwestycji deweloperskich w gminach zlokalizowanych przy granicy administracyjnej Olsztyna. W strukturze społecznej większość mieszkańców stanowią osoby w wieku produkcyjnym. Największy

odsetek osób w wieku produkcyjnym jest w gminie Purda - 68,1%, Stawiguda - 67,3%, Dywity - 66,3%, Barczewo - 65,5%, a najmniejszy w gminach Gietrzwałd i Jonkowo - 66%.

W 2014 roku stopa bezrobocia wśród osób w wieku produkcyjnym najmniejsza była w gminach Dywity i Stawiguda - 6%, najwięcej bezrobotnych w tej grupie wiekowej zamieszkiwało gminę miejsko - wiejską Barczewo - 8,9%. W pozostałych gminach stopa bezrobocia prezentowała się następująco: gmina Purda- 8,4%, Gietrzwałd - 8,2%, Jonkowo - 7,7%. Największy spadek bezrobocia w latach 2004 - 2014 nastąpił w gminie Purda - o 9,9%. W pozostałych gminach w tym samym okresie bezrobocie spadło o ok 7%.

W 2014 roku na terenie miejskiego obszaru funkcjonalnego dla Olsztyna znajdowało się 18783 mieszkań. Największym wzrostem liczby mieszkań w okresie 2004-2014 może poszczycić się gmina Stawiguda- 1477 i gmina Dywity- 964. W roku 2014 według danych Głównego Urzędu Statystycznego w gminie Stawiguda było 3064 mieszkań, w Dywitach 3455 mieszkań. Tak duża wartość przyrostu związana jest z licznymi inwestycjami deweloperskimi w tych gminach. Inwestycje mieszkaniowe powstają głównie przy granicy administracyjnej Olsztyna ponieważ ten obszar jest bardzo atrakcyjny ze względu na dostępność komunikacyjną również tą miejską i stosunkowo krótki czas dojazdu do centrum. W pozostałych gminach wielkość zasobu mieszkaniowego w 2014 roku prezentowała się następująco: Barczewo - 5568, Purda - 2581, Gietrzwałd - 2064 i gmina Jonkowo 2051. Średnio w każdym lokalu mieszkalnym zamieszkiwały 3 osoby.

Zmiany zachodzące w strukturze demograficznej, zasobie mieszkaniowym i stopie bezrobocia świadczą o dynamicznym rozwoju gmin sąsiadujących z Olsztynem.

2.2. Struktura użytkowania gruntów i uwarunkowania planistyczne

Łączny obszar miejskiego obszaru funkcjonalnego to ok 1363,18 km². Największą z gmin jest gmina Purda, a najmniejszą gmina Dywity. Powierzchnie poszczególnych gmin wraz ze sposobem ich wykorzystania prezentuje tabela nr 1.

Tabela 1. Struktura użytkowania gruntów

Sposób użytkowania	Dywity	Barczewo	Purda	Stawiguda	Gietrzwałd	Jonkowo
Powierzchnia całkowita w ha	16116	32001	31812	22287	17233	16869
Obszary prawnie chronione	36,94%	40,11%	70,33%	84,32%	75,29%	27,42%
Użytki rolne	59,66%	50,23%	32,72%	23,34%	36,64%	50,45%
Grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione	28,74%	35,93%	54,53%	57,08%	52,00%	39,66%
Grunty pod wodami	2,12%	5,06%	5,86%	14,23%	4,19%	1,11%
Grunty zabudowane i zurbanizowane - razem	4,37%	3,87%	2,73%	3,20%	4,03%	4,03%
Tereny mieszkaniowe	1,28%	0,61%	0,63%	0,80%	0,95%	0,88%
Tereny przemysłowe	0,10%	0,09%	0,03%	0,04%	0,13%	0,24%
Tereny rekreacji i wypoczynku	0,04%	0,07%	0,09%	0,07%	0,10%	0,02%

Komunikacyjne - drogi	2,45%	2,50%	1,58%	1,57%	1,82%	2,19%
Komunikacyjne- kolejowe	0,09%	0,29%	0,18%	0,38%	0,50%	0,47%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie GUS

Miejski obszar funkcjonalny cechuje się niewielkim udziałem terenów zurbanizowanych i zabudowanych wynoszący od 4,37% w gminie Dywity do 2,73% w gminie Purda, przy jednoczesnym dużym udziale terenów leśnych oraz użytków rolnych sprawia że okolice Olsztyna są bardzo atrakcyjne pod względem rolniczym i turystycznym. Grunty rolne stanowią prawie 60% powierzchni gminy Dywity, zajmujące również połowę gmin Jonkowo i Barczewo. Grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione stanowią ponad połowę obszaru gmin: Stawiguda (57,08%), Purda (54,53%) i Gietrzwałd (52,00%). Obszar leśny rozciągający się na obszarze gminy Stawiguda i Purda wchodzi w skład Puszczy Napiwodzko-Ramuckiej. Największą ilością obszarów obejmujących wody stojące i płynące charakteryzuje się gmina Stawiguda (14,23%). Mimo tak dogodnych warunków do rozwoju funkcji turystyczno-rekreacyjnej tereny przeznaczone i wykorzystywane na rekreację i wypoczynek stanowią najniższy odsetek spośród wszystkich prezentowanych w tabeli 1 sposobów użytkowania.

Aby zachęcić inwestorów oraz nowych mieszkańców do osiedlania się na terenie gminy władze powinny stworzyć kompleksowe warunki dla rozwoju. Jednym z komponentów tworzenia tych warunków jest planowanie i odpowiednie zagospodarowanie przestrzeni. Gminy uchwalając miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego mogą tworzyć nowe sposoby wykorzystania obszarów, podczas gdy przy wydawaniu decyzji o warunkach zabudowy mogą

jedynie potwierdzić istniejące walory przestrzeni. Dlatego gminy starają się objąć miejscowymi planami zagospodarowania przestrzennego jak największy obszar. Procedura uchwalenie planu miejscowego jest długotrwała i kosztowna dlatego gminy często tworzą je tylko i wyłącznie na obszarach na których jest to niezbędne. Plan miejscowy jest aktem prawa miejscowego dzięki czemu władze gminy mają całkowitą kontrolę nad wykorzystaniem i przeobrażeniem przestrzeni. Pod koniec 2014 roku najwięcej miejscowych planów obowiązywało w gminie Stawiguda (77) następnie w: gminie Gietrzwałd(58), gminie Dywity (51), Purda (40) i Jonkowo (36), najmniej planów miejscowych obowiązywało w gminie Barczewo (19). Mimo najmniejszej liczby planów w gminie Barczewo ich zapisy regulują zagospodarowanie przestrzeni na 60,27% ogólnej powierzchni gminy, w Dywitach odsetek ten wynosi 18,42% w pozostałych gminach obszary objęte obowiązującym planem miejscowym nie przekraczają 10% udziału. (Gietrzwałd - 9,35%, Stawiguda - 9,07%, Jonkowo - 2,27%, Purda - 2,19%).

2.3. Gospodarka

Większość terenów sąsiednich Olsztyna zajmują obszary leśne i użytki rolne (tabela1). Dlatego leśnictwo i rolnictwo jest jedną z najczęściej występujących form prowadzenia działalności gospodarczej na tym obszarze. Większość lasów znajduje się w zarządzie Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe i duża ich część wchodzi

w skład Puszczy Napiwodzko-Ramuckiej. Generalny Dyrektor LP ustanowił w okolicach Olsztyna a tym samym i na terenie analizowanych gmin Leśny Kompleks Promocyjny „Lasy Olsztyńskie” (rysunek 3). Leśny kompleks promocyjny stanowi obszar tzw. lasu modelowego, na

którego obszarze prezentowana jest zmienność warunków siedliskowych, różnorodność biologiczna oraz pełnione przez las funkcje społeczno-gospodarcze[12].



Rysunek 3. Obszary Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Lasy Olsztyńskie” na tle Miejskiego obszaru funkcjonalnego miasta Olszty oraz Puszczy Napiwodzko-Ramuckiej

Źródło: Plan zagospodarowania przestrzennego województwa warmińsko-mazurskiego

Na tych szczególnych obszarach Lasy Państwowe prowadzą i promują zrównoważoną wielofunkcyjną gospodarkę leśną, wspierają badania naukowe i prowadzi edukację społeczną [12]. Na tym obszarze rolnictwo pozostaje jedną z głównych form zagospodarowania przestrzeni. Przeprowadzony w 2010 roku przez Główny Urząd Statystyczny Spis rolny wykazał że na analizowanym obszarze działało 4368 gospodarstw rolnych. Strukturę gospodarstw prezentuje tabela nr 2.

Tabela 2. Struktura gospodarstw rolnych

Sposób użytkowania		Dywity	Barczewo	Purda	Stawiguda	Gietrzwałd	Jonkowo
Ilość gospodarstw rolnych		1 171	1 145	565	429	320	738
Powierzchnia	do 5ha	696	437	139	283	8	142
	5 ha i więcej	235	343	203	71	143	280
	10 ha i więcej	146	215	137	45	96	185
	15 ha i więcej	94	150	86	30	73	131
średnia powierzchnia gospodarstwa		8,07	12,47	13,39	9,36	24,08	11,26
Gospodarstwa domowe z dochodami z różnych źródeł	z działalności rolniczej	500	630	301	105	204	506
	z rent i emerytur	118	178	110	16	32	115
	z pozarolniczej działalności gospodarczej	145	103	133	34	54	82

Źródło: Opracowanie własne na podstawie GUS

Najwięcej gospodarstw rolnych jest w gminie Dywity i Barczewo odpowiednio 1171 i 1145. Najmniejszą liczbą gospodarstw charakteryzuje się gmina Gietrzwałd - 320 i Stawiguda - 429 ma to bezpośredni związek z mniejszym udziałem użytków rolnych w strukturze użytkowania terenów tych gmin (tabela 1). Dodatkowo w Gminie Gietrzwałd występują gospodarstwa o największej średniej powierzchni 24,08 ha. Większość gospodarstw czerpie swoje dochody z działalności rolniczej, niewielki odsetek uzyskuje korzyści materialne z pozarolniczej działalności gospodarczej. W gminie Stawiguda takich gospodarstw z dochodami z pozarolniczej działalności gospodarczej jest tylko 8%, w gminie Barczewo - 9%, w gminie Jonkowo - 11%, w Dywitach - 12%, Gietrzwałdzie - 17%, w gminie Purda - 24%.

Taki rozkład dochodów na wsi ma związek z wzrastającą liczbą podmiotów gospodarczych. Podmioty te są małe i świadczą usługi na rzecz lokalnych mieszkańców i turystów. Według danych GUS w latach 2004-2014 w gminie zgłoszono do rejestru REGON 2346 prywatnych podmiotów gospodarczych. Dane o podmiotach gospodarczych dla analizowanego obszaru prezentuje poniższa tabela nr 3.

Tabela 3. Struktura gospodarstw rolnych

Gminy	lata	Podmioty publiczne	Podmioty prywatne	Podmioty gospodarcze ogółem (na 1000 mieszkańców)
Dywity	2004	22	800	946
	2014	19	1393	1272
	2004-2014	-3	593	-
Barczewo	2004	40	991	625
	2014	48	1400	829

Gminy	lata	Podmioty publiczne	Podmioty prywatne	Podmioty gospodarcze ogółem (na 1000 mieszkańców)
	2004-2014	8	829	-
Purda	2004	20	473	690
	2014	18	697	840
	2004-2014	-2	224	-
Stawiguda	2004	12	469	964
	2014	13	1054	1394
	2004-2014	1	585	-
Gietrzwałd	2004	17	362	721
	2014	19	588	936
	2004-2014	2	226	-
Jonkowo	2004	11	458	875
	2014	13	767	1100
	2004-2014	2	309	-

Źródło: Opracowanie własne na podstawie GUS

Najwięcej podmiotów gospodarczych w 2014 roku znajdowało się na terytorium gminy Barczewo- 1400 i gminy Dywity - 1393 najmniej ich wystąpiło w gminie Gietrzwałd - 588. W przeliczeniu na 1000 mieszkańców najwięcej podmiotów gospodarczych w 2014 roku znajdowało się w gminie Stawiguda- 1394, a najmniej w gminie Barczewo- 829.

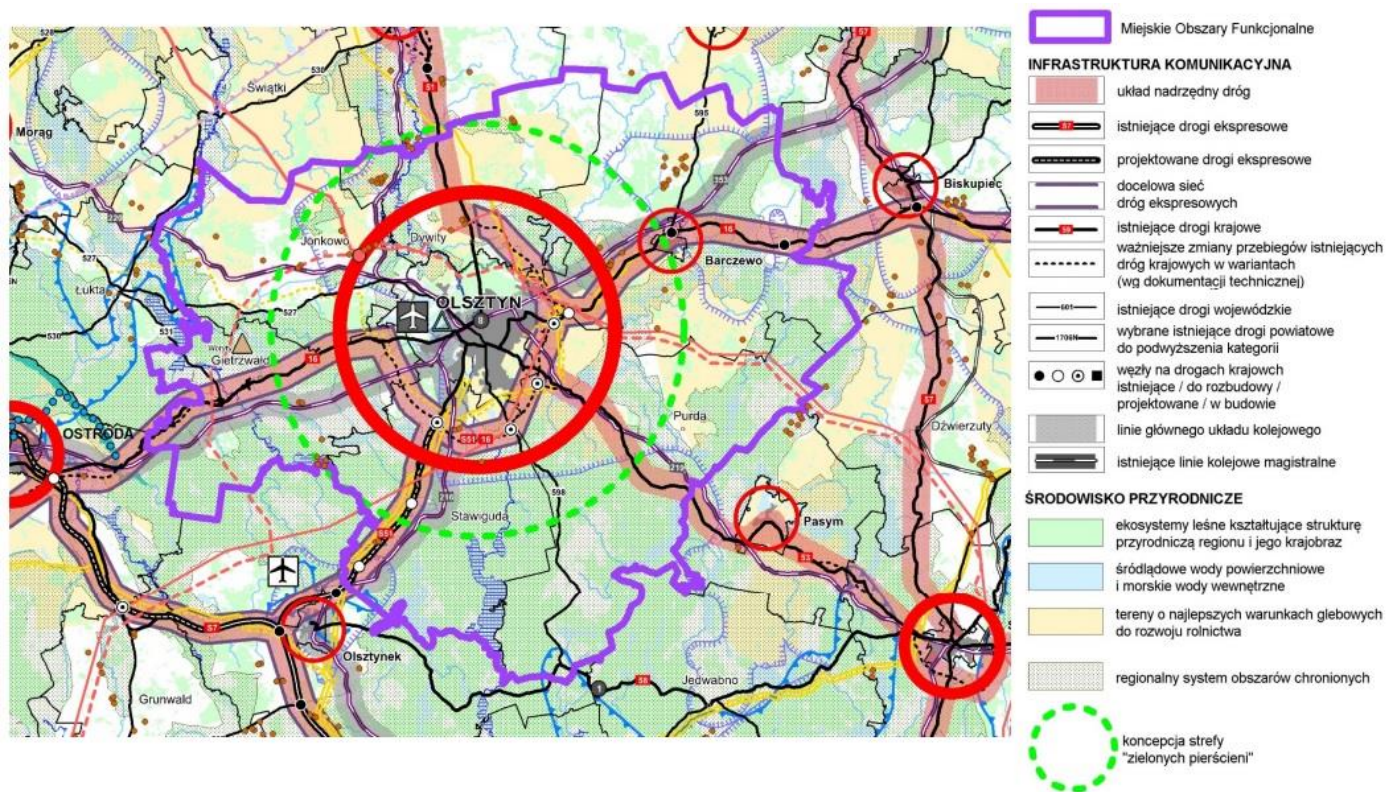
Okolice Olsztyna są bardzo atrakcyjne w walory turystyczne, świadczyć może o tym ilość obszarów prawnie chronionych oraz ilość występujących tutaj wód powierzchniowych (patrz tabela 1 i rysunek 4). Jednak w planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym udział obszarów przeznaczonych pod zabudowę rekreacyjno-wypoczynkową jest niewielki. Mimo to analizowany obszar odwiedza coraz więcej

turystów i powstają nowe ośrodki turystyczno-wypoczynkowe w 2014 roku udzielono noclegu ponad 187 tys. osób z kraju i z zagranicy. Największa ilość udzielonych noclegów w 2014 roku odnotowano w gminie Barczewo- 58994 oraz w gminie Gietrzwałd - 44451. Ma to związek bogatymi walorami przyrodniczymi i kulturowymi obu gmin. W gminie Gietrzwałd znajduje się słynne Sanktuarium Maryjne, w którym doszło do objawień Matki Bożej.

Niewątpliwie na atrakcyjność gmin wpływa również ich dostępność komunikacyjna. Wszystkie gminy zamykając w okręgu miasto Olsztyn na swoim terytorium posiadają główne trasy komunikacyjne prowadzące do stolicy województwa (rysunek 4).

Główne trasy komunikacyjne – drogowe:

- Gmina Dywity
 - droga krajowa nr 51 (w kierunku przejścia granicznego w Bezledach)
- Gmina Barczewo
 - Droga ekspresowa nr 16 (w kierunku Ełku)
- Gmina Purda
 - Droga krajowa nr 53 (w kierunku Ostrołęki)
- Gmina Stawiguda
 - Droga ekspresowa nr 51 (w kierunku Olsztynka)
- Gmina Gietrzwałd
 - droga ekspresowa nr 16 (w kierunku Grudziądza)
- Gmina Jonkowo
 - Droga wojewódzka nr 527 (w kierunku Pasłęka)



Rysunek 4. Infrastruktura transportowa i środowisko przyrodnicze

Źródło: Plan zagospodarowania przestrzennego województwa warmińsko-mazurskiego

Dodatkowo przez obszar gmin: Gietrzwałd, Stawiguda, Purda i Barczewo przebiegać będzie południowa obwodnica Olsztyna, a na obszarze gmin Dywity i Barczewo dodatkowo są prowadzone konsultacje i prace projektowe wschodniej obwodnicy Olsztyna.

Główne trasy komunikacyjne – kolejowe:

- Linia kolejowa nr 216 (Olsztyn-Działdowo)
 - Gmina Stawiguda
- Linia kolejowa nr 219 (Olsztyn-Szczytno-Ełk)
 - Gmina Purda
- Linia kolejowa nr 220 (Olsztyn-Bogaczewo)
 - Gmina Jonkowo
- Linia kolejowa nr 221 (Olsztyn-Braniewo)
 - Gmina Jonkowo
 - Gmina Dywity
- Linia kolejowa nr 353 (Poznań Wschód- Skandawa)
 - Gmina Barczewo
 - Gmina Gietrzwałd

Dzięki rozbudowanej sieci transportowej dostępność komunikacyjna gmin jest dobra. Z roku na rok poprawia się również stan techniczny tras komunikacyjnych dzięki przeprowadzanym remontom.

2.4. Plan zagospodarowania przestrzennego województwa warmińsko- mazurskiego

W uchwalonym 11 sierpnia 2015 roku Planie zagospodarowania przestrzennego województwa warmińsko-mazurskiego. Obszar analizowanych gmin wchodzi w całości w strefę nasilenia niekorzystnych zjawisk związanych z procesami osadnictwa miasta Olsztyna.

Kluczowymi problemami jakie zostały zdefiniowane dla tego obszaru są:

- Wzmoczona presja inwestycyjna – podmioty gospodarcze coraz częściej inwestują na terenach gmin sąsiednich ze względu na coraz mniejszy udział w tkance miejskiej terenów inwestycyjnych oraz niższe koszty związane z prowadzeniem działalności gospodarczej na terenach wiejskich.
- Niekontrolowany i chaotyczny rozwój osadnictwa- budowa nowych osiedli przy granicach administracyjnych powodują trudności z dostarczeniem mieszkańcom odpowiedniej jakości infrastruktury technicznej i społecznej. Nowe osiedla swoim charakterem zabudowy zmieniają krajobraz.
- Niezadawalający udział podmiejskiego transportu zbiorowego - gmina miejska nie zapewnia dostatecznej ilości kursów realizowanego transportem zbiorowym w związku z czym lawinowo wzrosła ilość samochodów na obszarach wiejskich powodujący wzrost intensywności ruchu na wiejskich drogach, które często są wąskie i nie przystosowane do tak dużego ruchu samochodowego.
- Zagrożenie dla środowiska przyrodniczego, krajobrazu kulturowego - rozwój osadnictwa i działalności gospodarczej wpływają niekorzystnie na środowisko przyrodnicze poprzez wzmoczoną emisję

zanieczyszczeń. Zmiany w zabudowie i jej intensywności wpływa niekorzystnie na walory krajobrazowe i estetyczno - kompozycyjne okolicy.

- Zmiana charakteru zabudowy- zabudowa wsi i obszarów wiejskich przestaje być zagrodowa, zmiany prowadzi w kierunku powstawania dużych osiedli wielorodzinnych o dużej intensywności zabudowy. Ilość terenów biologicznie czynnych na takich osiedlach jest znikoma
- Zanik tradycyjnych funkcji- właściciele gospodarstw często sprzedają swoje grunty deweloperom w celu zabudowy, na obszarach wiejskich powstaje coraz więcej punktów usługowych i produkcyjnych a także handlowych i magazynowo - składowych, które wypierają podstawową funkcję obszarów wiejskich jaką jest- rolnictwo. Również wzrost zanieczyszczenia środowiska wpływa niekorzystnie na jakość otrzymywanych produktów rolnych przez co prowadzenie gospodarstw staje się coraz mniej opłacalne.
- Zaburzenie miejscowego ładu przestrzennego - wzmożona ingerencja w krajobraz poprzez chaotyczny i niekontrolowany rozwój budownictwa głównie mieszkaniowego, handlowego i magazynowo - składowego niszczy ład i harmonię przestrzenną obszarów wiejskich [10].

Władze województwa na terenie gmin: Dywity, Barczewo, Purda i Jonkowo wyznaczyły obszar ochrony gleb dla celów produkcji rolniczej, który charakteryzuje się występowaniem najlepszych kompleksów przydatności rolniczej gleb oraz wysokiej (powyżej 75 punktów) wartości wskaźnika rolniczej przestrzeni produkcyjnej (rysunek 5).



Rysunek 5. Obszary ochrony gleb w województwie warmińsko-mazurskim

Źródło: Plan zagospodarowania przestrzennego województwa warmińsko-mazurskiego

Plan zagospodarowania przestrzennego województwa zakłada że profil gospodarczy regionu ściśle powiązany jest z elementami środowiska naturalnego: liczne zbiorniki wodne, duże kompleksy leśne, znaczny udział dobrych gleb, surowce mineralne - kruszywa oraz czyste powietrze. Dlatego założono że w oparciu o najważniejsze elementy gospodarka województwa będzie rozwijana w kierunku: turystyki i rekreacji, produkcji rolnej, gospodarki rybackiej, przemysłem drzewnym, spożywczym oraz wydobywczym [10].

3. Wyniki badań i dyskusja

Przeprowadzona analiza sposobów zagospodarowania gmin: Dywity, Barczewo, Purda, Stawiguda, Gietrzwałd i Jonkowo wchodzących w skład Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego dla miasta Olsztyna obrazuje różnorodny poziom rozwoju społeczno -

gospodarczego [13]. Analizowane gminy w większości stanowią zaplecze mieszkaniowe miasta Olsztyn. Na obszarach w pobliżu granic miasta powstają osiedla mieszkaniowe wielorodzinne i jednorodzinne o dużej intensywności zabudowy. Niestety poziom estetyczny nowoprojektowanych osiedli jest różny i często sąsiedztwo osiedli wybudowanych przez różnych deweloperów pokazuje że standardy jednakowej kolorystyki i gabarytów budynków nie są dotrzymywane. Tak chaotycznie powstające osiedla burzą ład i harmonię z jaką kojarzone są obszary wiejskie. Dodatkowym utrudnieniem dla władz gmin jest dostarczenie dostatecznej ilości urządzeń infrastruktury, ponieważ osiedla mieszkaniowe powstają peryferyjnie z dala od głównych miejscowości gminnych. Gminy Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego ponoszą również koszty związane z lokalizacją przedsiębiorstw i podmiotów gospodarczych, które nie mogły być zlokalizowane w granicach administracyjnych miasta. Dodatkowo trasy komunikacyjne szczególnie te o ruchu przyspieszonym stanowią bariery, które utrudniają swobodną komunikację w różnych częściach gminy.

Duża część obszaru gmin to zbiorniki wodne i duże kompleksy leśne, których sposób zagospodarowania niesie za sobą pewnego rodzaju ograniczenia. Na poziom rozwoju powyżej wymienianych gmin wpływa również ilość obszarów, które podlegają ochronie prawnej. Obostrzenia wynikające z ochrony przyrody skutecznie uniemożliwiają prowadzenie pewnych rodzajów działalności, które mają szczególnie wysoki wpływ na środowisko naturalne [14]. Jednak tak bogate i różnorodne tereny przyrodnicze mogą stanowić bodziec do rozwoju ekologicznych gałęzi gospodarki oraz zwiększonego udziału turystyki i eko- rolnictwa na tym terenie.

Rozwój „wylewanie się” ośrodków miejskich na okoliczne tereny jest naturalnym etapem urbanizacji. Niestety procesy urbanizacyjne przeprowadzane są kosztem gmin sąsiednich, które z biegiem czasu tracą swój pierwotny charakter. Aby zapobiegać negatywnym skutkom chaotycznego rozwoju w wielu gminach w Polsce przyjmuje się do realizacji programu urzędniowo-rolne, których zadaniem jest ochrona unikalnego krajobrazu rolniczego z jednoczesnym stworzeniem nowych warunków do rozwoju gospodarczego tych obszarów [15].

Rozwój społeczno-gospodarczy gmin sąsiadujących z dużymi ośrodkami miejskimi powinien posiadać cechy wielofunkcyjności. Rozwój wielofunkcyjny powinien polegać na tworzeniu nowych miejsc pracy czego konsekwencją jest zwiększony napływ ludności. Na obszarach wiejskich rozwój wielofunkcyjny musi wykorzystać wszystkie dostępne zasoby również te przyrodnicze i kulturowe. Na nowoczesnej polskiej wsi rozwija się wielofunkcyjne gospodarstwo rolne, które oferuje szeroki zakres dobrej jakości usług i produktów. Gospodarstwa rolne coraz częściej zajmują się różnymi profilami produkcji wykorzystując często innowacyjne rozwiązania.

Polityka rozwoju obszarów wiejskich powinna opierać się na koncepcji zrównoważonego rozwoju i wielofunkcyjności ściśle ze sobą powiązanych, ponieważ realizacja tych dwóch nurtów zapewni trwały rozwój obszarów wiejskich, który będzie przebiegał w sposób harmonijny i zgodny z sadami ładu przestrzennego, społecznego, ekonomicznego, gospodarczego i ekologicznego.

4. Wnioski

1. Stopień rozwoju sąsiadujących gmin jest zróżnicowany.
2. Wielofunkcyjny rozwój obszarów wiejskich stanowi dużą szansę dla obszarów wiejskich w konkutowaniu z obszarami miejskimi.
3. Rozwój wielofunkcyjny należy oprzeć na walorach gmin również środowiskowych.
4. Formy prawnej ochrony przyrody nie hamują procesów rozwojowych, one tylko polepszają ich jakość.
5. Władze gmin powinny podejść bardziej rygorystycznie do nowych inwestorów szczególnie deweloperów, którzy poprzez swoją działalność niszczą ład przestrzenny i estetykę krajobrazu polskiej wsi.
6. Prowadzenie prac urządzeniowo- rolnych szczególnie na obszarach gdzie gospodarstwa są małe i porozrzucane w przestrzeni stworzy nowe bodźce rozwojowe dla tych obszarów.
7. Dla obszaru gmin: Dywity, Barczewo, Purda, Stawiguda, Gietrzwałd i Jonkowo dużą szansą rozwojową jest funkcja turystyczna i wysoko wyspecjalizowana gospodarka rolna.
8. Należy podjąć wszelkie kroki aby zachęcić rolników do przekwalifikowania swoich gospodarstw na kierunki ekologiczne i bardziej unikalne, np. pszczelarstwo czy rybactwo dzięki czemu dochody i konkurencyjność rolników wzrosną.
9. Stopień zagospodarowania przestrzennego gmin, który regulują miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego jest niewystarczający.
10. Plan y miejscowe powinny więcej obszarów przeznaczać pod funkcje rolnicze i turystyczne, obecnie zauważalny jest trend przeznaczania

dużych obszarów pod zabudowę mieszkaniową, których już teraz jest znacznie więcej niż potrzeba.

Literatura:

1. Cymerman R. (red.): *Podstawy planowania przestrzennego i projektowania urbanistycznego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2011, str. 9-32.
2. Kamieński Z.J.: *Współczesne planowanie wsi w Polsce- zagadnienia ruralisty*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008, str.15-55.
3. Cymerman R., Kotlewski L.: *Przyszłość obszarów wiejskich Warmii i Mazur*,[w:] *Instrumenty kształtowania przestrzeni obszarów wiejskich*: pod red. Nowak M., Pawlewicza K., Szczepańska A., Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2014, str.143- 152.
4. Czapiewska G.: *Wielofunkcyjny rozwój nadmorskich obszarów wiejskich (na przykładzie gminy Smołdzino)*,[w:] *Instrumenty kształtowania przestrzeni obszarów wiejskich*: pod red. Nowak M., Pawlewicza K., Szczepańska A., Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2014, str.7-21.
5. Kostrowicki J., *Obszary wiejskie jako przestrzeń wielofunkcyjna. Zagadnienia badawcze i planistyczne*. Przegląd Geograficzny, 1976, 48 (4), str. 601-611.
6. Wilkin J., Budzich-Szukała U., Saloni J., *Wizja rozwoju polskiej wsi – elementy wspólne i różnicujące. Próba syntezy*, [w:] J. Wilkin (red.), *Polska wieś 2025. Wizja rozwoju*, FunduszWspółpracy, Warszawa, 2005, 15-26.

7. Renting H., Rossini W.A.H., Groot J.C.J., Van der Ploeg J.D., Laurent C., Perraud D., Stobbelaar D.J., Van Ittersum M.K., *Exploring Multifunctional Agriculture. A Review of Conceptual Approaches and Prospects for an Integrative Transitional Framework*. Journal of Environmental Management, 2009, 90, str.112-123.
8. Rizov M., *Rural Development Perspectives in Enlarging Europe: The Implications of CAP Reforms and Agricultural Transition in Accession Countries*. European Planning Studies, 2006, 14, str. 219-238.
9. Marsden T., Sonnino R., *Rural Development and the Regional State: Denying Multifunctional agriculture in the UK*. Journal of Rural Studies, 2009, 24, str. 422-431.
10. Plan zagospodarowania przestrzennego województwa warmińsko-mazurskiego z dnia 27 maja 2015r. (Dz. Urz. Woj. W-M 2015, poz. 2931).
11. Bank Danych Lokalnych, Główny Urząd Statystyczny <https://bdl.stat.gov.pl/BDL> (dostęp: 20-28.02.2016)
12. Lasy Państwowe <http://www.lasy.gov.pl/nasze-lasy/lesne-kompleksy-promocyjne> (dostęp: 28.02.2016r.)
13. Sławińska N.: *Zrównoważony rozwój gmin wiejskich powiatu olsztyńskiego*, [w:] *Instrumenty kształtowania przestrzeni obszarów wiejskich*: pod red. Nowak M., Pawlewicza K., Szczepańska A., Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2014, str. 119-132.
14. Staniak M.: *Zrównoważony rozwój obszarów wiejskich w aspekcie środowiskowym*, Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 2009, t.9 z.3 (27), str. 187-194.

15. Bielska A.: *Wpływ procesu scalania gruntów na wielofunkcyjny, zrównoważony rozwój obszarów wiejskich*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 1/II/2012, str. 5-14.

mgr inż. Milena Kosiorek¹⁾
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Katedra Chemii Środowiska
ul. Michała Oczapowskiego 2, 10-719 Olsztyn
¹⁾milenakosiorek@onet.pl

Negatywne skutki występowania zachwaszczenia w uprawie roślin

The effects of the presence of weeds in crop production

Słowa klucze: *chwasty, uprawa roślin, jakość produktów roślinnych, choroby, konkurencja*

Keywords: *weeds, crop plants, plants products quality, disease, competition*

Streszczenie: Uprawie roślin bardzo często towarzyszy pojawienie się zachwaszczenia. Ich ujemny wpływ na rozwój, jakość oraz plon danej rośliny jest w największym stopniu uzależniony od biologicznych właściwości danego gatunku chwastu, a w szczególności od warunków glebowych, wodnych oraz klimatycznych miejsca występowania siedliska roślin. Istotnym czynnikiem jaki ma wpływ na szkodliwość chwastów dla roślin uprawnych jest również sposób uprawy oraz rodzaj zabiegów pielęgnacyjnych. Aby chwasty mogły przetrwać muszą one konkurować z roślinami uprawnymi przede wszystkim o wodę oraz niezbędne dla ich prawidłowego rozwoju składniki odżywcze. Poza tym, rośliny uprawne muszą również konkurować o warunki siedliskowe jak też dostępność światła. Dużym zagrożeniem dla upraw roślin ukierunkowanej na produkcję nasienną jest krzyżowanie się chwastów z daną rośliną. Wynikiem występowania chwastów w uprawach roślin jest również pojawienie się zjawiska allelopatii, które w znaczący sposób może wpłynąć na zapoczątkowanie procesu kiełkowania oraz prawidłowego przebiegu procesów wzrostowych. Dużą uwagę powinno się zatem poświęcać udoskonaleniu zabiegów, które mogłyby zmniejszyć bądź całkowicie wyeliminować chwasty z danej uprawy. Zadanie to jest szczególnie istotne, gdyż zachowanie prawidłowej jakości roślin przeznaczonych do produkcji pasz

zwierzęcych, czy też produktów żywnościowych dla człowieka w znacznym stopniu wpływa na stan zdrowia organizmów żywych.

1. Wstęp

W wyniku występującej presji demograficznej, a także poprawą warunków ekonomicznych wzrost produkcji rolnej jest głównie uzależniony od relacji jakie zachodzą pomiędzy charakterystycznymi grupami czynników. Pierwszym z nich jest szybkość przyrostu ludzi na świecie, drugim potencjał produkcyjny rolnictwa, trzecim koszty żywności, zaś czwartym ilość surowców nieodnawialnych jakie są wykorzystane do produkcji żywności [1, 2]. Każdy z wymienionych wyżej czynników ma istotny wpływ na różnicowanie poziomu bezpieczeństwa żywnościowego. Aby go zapewnić dużo uwagi należy poświęcić rozwojowi współczesnego rolnictwa, które zarazem nie może negatywnie wpływać na stan otaczającego środowiska [1, 3].

Wraz ze wzrostem liczby ludności na świecie produkcja żywności uległa istotnemu wzrostowi [1]. Zaczęto zatem poświęcać większą uwagę podniesieniu wydajności gleby. Zadania te były szczególnie związane z doбором odpowiednich dawek i rodzaju zastosowanego nawożenia gleby oraz z zastosowaniem odpowiednich zabiegów uprawowych i pielęgnacyjnych. Zabiegi te w szczególny sposób wpływały na wzrost zawartości makro- jak i mikroelementów w glebie, poprawiały warunki powietrzno-wodne oraz wpływały na poprawę struktury gleby. W efekcie rozwój roślin zachodził w sposób prawidłowy, co zarazem zapewniało ich wysoką wartość odżywczą. Poza podniesieniem wydajności gleby, jaka miała być rozwiązaniem do wzrostu produkcji żywności na świecie, zaczęto również wprowadzać uproszczone systemy w uprawie roli,

a także roślin [4, 5]. Wynikiem stał się wzrost wysokości roślin oraz ich plonu, jednakże przyniósł on również szkodliwe skutki dla środowiska przyrodniczego [6]. Działania te wpłynęły również na zmianę warunków wzrostu danej rośliny uprawnej oraz towarzyszącym ich uprawie chwastów. Stosowanie uproszczeń uprawy w okresie dłuższego czasu przynosi również inne problemy. Głównie związane są one z pogorszeniem warunków glebowych oraz wzrostem udziału zachwaszczenia na powierzchni danej uprawy. Wybrane gatunki chwastów ulegają kompensacji, pogarszają się warunki fitosanitarne, zaś warstwa orna zmienia swoje właściwości fizyko-chemiczne [7].

Występowanie chwastów w uprawie roli jest jego nieodłącznym elementem [8]. Mogą one pełnić zarazem funkcje pożyteczne jak i szkodliwe. Do pożytecznych funkcji możemy zaliczyć: nieodłączny element krajobrazu, miejsce zasiedlenia dla różnego rodzaju ptactwa, źródło pożywienia dla zwierząt, produkcja miodu, dostarczenie pyłku oraz nektaru dla pszczoł, chronią przed erozją wietrzną oraz wodną gleby, zwiększają poziom aktywności biologicznej gleby, wpływają na wzrost zawartości materii organicznej, posiadają funkcję fitosanitarną oraz funkcję fitoremediacyjną [9, 10]. Niektóre gatunki chwastów mogą poprawiać wzrost występujących w ich sąsiedztwie roślin, a także mogą być dobrym wskaźnikiem odzwierciedlającym odczyn roztworu glebowego. Poza wyżej wymienionymi pozytywnymi aspektami występowania chwastów, przynoszą one również negatywne skutki. W szczególności dotyczą one wpływu na prawidłowy rozwój danej rośliny uprawnej [9]. Chwasty w znacznym stopniu wpływają na zmniejszenie pobierania składników odżywczych przez roślinę uprawną [11]. Występowanie chwastów w uprawie roślin może stać się przyczyną

powstania jeszcze większych strat plonu, niż może to być wynikiem pojawienia się szkodnika czy też choroby. Niektóre rodzaje chwastów wykazują właściwości trujące, stwarzając zagrożenie dla zwierząt jak i człowieka [9]. Zbyt późne wprowadzenie działań mających na celu likwidację chwastów lub ich brak może doprowadzić nawet do całkowitej utraty plonu, pociągając za tym duże starty pieniężne [12].

W związku z powyższym celem niniejszej pracy jest omówienie szkodliwych skutków jakie są wywołane obecnością występowania zachwaszczenia w uprawie roślin.

2. Wpływ zachwaszczenia na pobieranie makro- i mikroelementów oraz wody przez rośliny uprawne

Występowanie agrofitocenozy wiąże się nieodłącznie z pojawieniem się chwastów [13, 14]. Najczęściej są to gatunki należące do krótkotrwałych o jednorocznym okresie wegetacji przez co są podobne do roślin uprawnych [15]. W związku z tym, ich wymagania co do rodzaju siedliska są również podobne. Ze względu na dobór naturalny chwasty zyskały ogromne możliwości związane z ich adaptacją w środowisku, odznaczają się one znacznie większymi zdolnościami w wykorzystaniu warunków siedliskowych i przestrzennych. Zdolności te w znacznym stopniu pozwalają wykorzystywać również zasoby wodne oraz składniki pokarmowe [16] przez co istotnie wpływają na cechy morfometryczne oraz pokrój chwastów [17], co również potwierdza [18]. Dzięki pobieraniu znacznej ilości wody oraz makro i mikroelementów z gleby przez chwasty dochodzi do znacznego ich ograniczenia dla danej rośliny uprawnej [9]. Negatywny sposób reakcji roślin uprawnych na zachwaszczenie potwierdza to również [19]. Według [19] w momencie

pojawienia się chwastów w danej uprawie rośliny uprawne zaczynają rosnać coraz wolniej, za to chwasty znacznie szybciej. W tym czasie pobieranie składników pokarmowych przez chwasty jest znacznie większe. Przykładem może być uprawa kukurydzy, a także sorga. Istnieją również gatunki „żarłoczne”, które to potrafią zgromadzić podobne bądź znacznie większe zawartości składników pokarmowych w swoich tkankach niż rośliny uprawne. Przy dużej powierzchni zachwaszczenia może dojść do zbyt intensywnego poboru w szczególności makroelementów przez co stwarza to dość dużą konkurencyjność dla roślin uprawnych [9]. Znajduje to również potwierdzenie w badaniach [20], gdzie wraz z pojawieniem się zachwaszczenia dochodzi do zwiększenia konkurencyjności o składniki pokarmowe dla zbóż, co potwierdza również [21]. Wraz ze wzrostem powierzchni zachwaszczenia wzrasta również pobór składników pokarmowych. Na polach odznaczających się silnym zachwaszczeniem dochodzi nawet do 50 a nawet 70 % strat w zastosowanych nawozach [9]. Poza znacznym pobieraniem składników pokarmowych z gleby przez chwasty, wykazują one również właściwości jakie pozwalają im na magazynowanie wody [22]. W znacznym stopniu pozwala im na to wysoka siła ssąca ich korzeni. Chwasty zazwyczaj mają dobrze rozbudowany system korzeniowy, który może sięgać nawet do 1,5 metra. Ma to szczególne znaczenie pod względem wykazywania przez nie wysokiej odporności na występowanie zbyt wysokich temperatur [9]. Przykładem chwastu mającego rozbudowany system korzeniowy jest szczaw omszony (*Rumex confertus*), którego zbyt wielkie obszary mogą przyczynić się do zmniejszenia pożytecznych owadów [23]. Jak podaje [24] system korzeniowy chwastów w dużej mierze jest uzależniony od

rodzaju gleby na jakiej rośnie oraz od jej poziomu uwilgotnienia i jej żyzności. Intensywna produkcja roślin zapewniająca odpowiedni poziom nawożenia oraz deszczowania znacznie zmniejsza konkurencyjność roślin z chwastami, jednak nie jest najlepszym rozwiązaniem chociażby ze względów ekonomicznych [22].

3. Wpływ zachwaszczenia na dostęp światła dla roślin uprawnych

Występujące w uprawie zachwaszczenie poza wpływem na wyżej opisany pobór makro- oraz mikropierwiastków ma również wpływ na zmniejszenie dostępu światła dla roślin uprawnych [25, 26, 27, 28, 29]. Według [22] jest to najbardziej istotny czynnik pod względem szkodliwych skutków jakie mogą wpłynąć na rozwój roślin. Na plantacji danej rośliny, która uległa bardzo silnemu zachwaszczeniu intensywność docierających do niej promieni słonecznych może ulec zmniejszeniu o około 80% (pomiar wykonywany na poziomie roślin), czego skutkiem jest znaczne osłabienie procesu fotosyntezy. Wraz z zaburzeniem fotosyntezy dochodzi również do spowolnienia produkcji cukrów, witamin oraz innych substancji odżywczych [22]. Znajduje to również potwierdzenie przez [30], która wykazuje istotny wpływ zachwaszczenia na zmniejszenie procesu fotosyntezy oraz zmniejszenia ilości produkowanych cukrów na przykładzie buraków cukrowych. Wraz ze wzrostem chwastu konkurencyjność o światło oraz stopień zacienienia z roślinami sąsiadującymi jest znacznie większa [13]. „Walkę” o światło zawsze wygrywają te rośliny, które mają wczesny czas wschodów, intensywnie rozwijają się, są wysokie oraz posiadają dużo liści. Pod tym względem dużą przewagę mają rośliny dwuliścienne niż jednoliścienne [9]. Zbyt duże zacienienie roślin doprowadza w pierwszej kolejności

zmian w turgorze roślin. Rośliny zaczynają więdnąć, są wiotkie, wybiegnięte oraz słabe. Osłabienie roślin potwierdza również w swoich badaniach [31]. Negatywny wpływ zachwaszczenia w początkowej fazie rozwojowej roślin stwierdza również [32]. Zacienienie ma również wpływ na słabsze kwitnienie roślin oraz ich owocowanie [22, 9]. Przy dużej powierzchni zachwaszczenia w danej uprawie oraz wysokiej ich transpiracji dochodzi do obniżenia temperatury gleby od 1 do nawet 4° C. Według [9] temperatura ta może spaść nawet do 5° C. Zmniejszenie temperatury gleby doprowadza natomiast do zmniejszenia jej aktywności mikrobiologicznej, co zarazem wpływa na opóźnienie rozkładu substancji organicznej [22]. Poza tym, zacienienie upraw w znacznym stopniu przyczynia się również do zwiększenia prawdopodobieństwa pojawienia się chorób, w szczególności grzybowych, które istotnie wpływają na porażenie roślin oraz zmniejszenie ich odporności. Konkutowanie o dostęp do światła w głównej mierze dotyczy organów nadziemnych, ale również jest ona związana z organami znajdującymi się w ziemi [9].

4. Wpływ zachwaszczenia na rozwój czynników chorobowych i pasożytów u roślin uprawnych

Jak podaje [33, 34, 14] pojawienie się w danej uprawie roślin zachwaszczenia wpływa na rozwój chorób oraz pojawienia się pasożytów. Niektóre chwasty są zaliczane do żywicieli szkodliwych chorób dla roślin uprawnych. Choroby te mogą mieć podłoże zarówno bakteryjne, grzybowe, jak i wirusowe. Poza tym są one również żywicielami dla różnego rodzaju szkodników. Chwasty te uczestniczą również w przenoszeniu agrofagów na rośliny, w związku z tym, stają się

istotnym dla nich źródłem patogenów. Chwasty wykazują duże powinowactwo do rozwijania się w nich chorób, bądź szkodników które są spokrewnione z roślinami uprawnymi [9]. Plantacje odznaczające się silnym stopniem zachwaszczenia uprawy utrzymują zazwyczaj większą wilgotność powietrza. Wysokie uwilgotnienie doprowadza natomiast do większego narażenia tkanek roślin, które są bardzo delikatne na zakażenie patogenami, wywołującymi liczne choroby [22, 35]. Na intensywność szkodliwego oddziaływania zachwaszczenia wpływa sposób uprawy. Z badań [14] wynika, że coroczna uprawa jęczmienia jarego istotnie wpływa na stopień porażenia roślin przez choroby charakterystyczne dla źdźbła roślin zbożowych. Wpływ zachwaszczenia na pojawienie się chorób u roślin uprawnych potwierdzają również w swoich badaniach [36]. W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, że brak odchwaszczania uprawy pszenżyta jarego stał się przyczyną pojawienia septeriozy, rdzy brunatnej mącznika prawdziwego zbóż i traw, a także brunatnej plamistości liści. Żdźbła pszenżyta zostały natomiast porażone w swej podstawie fuzaryjną zgorzelą. Wykazywały się one również łamliwością źdźbła [36]. Jak podaje [35] zachwaszczenie może również wywoływać szkodliwe skutki chorobowe w uprawie kukurydzy. Do najbardziej szkodliwych gatunków zalicza się: komosę białą, szarłat szorstki ostrożeń polny, psiankę czarną zaślaz pospolity, rdesty, a także perz właściwy i chwastnicę jednostronną. Według [37] chwasty gryki, takie jak: chwastnica jednostronna, włośnica sina i zielona poziwnik szorstki żółtlica drobnokwiatowa oraz szarłat szorstki mogą stać się przyczyną pojawienia chorób.

Poza występowaniem chorób chwasty mogą być szkodliwe również z uwagi na ich cudzożywność [38]. Stopnie pasożytnictwa

chwastów są różne, w związku z tym zostały one podzielone na pasożyty zupełne oraz półpasożyty. Pasożyty zupełne w związku z tym, że nie potrafią same przeprowadzić procesu fotosyntezy, ani wytwarzać asymilatów z rośliny żywicielskiej pobierają niezbędne do życia makro- i mikroelementy oraz wodę. Półpasożyty w odróżnieniu do pasożytów zupełnych są zdolne do prowadzenia fotosyntezy, jednakże również pobierają od swojej rośliny żywicielskiej makro- i mikroelementy oraz wodę [9]. Pojawienie się zarówno pasożytów zupełnych, jak i półpasożytów doprowadza do zmniejszenia odporności rośliny żywicielskiej, co w konsekwencji doprowadza nawet ich do śmierci. Przykładem pasożyta występującego w uprawie roślin uprawnych jest *Striga asiatica*. Umożliwienie jego kiełkowania powoduje strigoł, czyli substancja jaka jest wydzielana z korzeni roślin należących do rodziny (*Poaceae*). Do tego typu roślin zalicza się między innymi kukurydzę, sorgo czy też ryż. Do zapoczątkowania rozmnażania *Striga* niezbędna jest jednak roślina żywicielska. Z rośliny żywicielskiej zaczyna wydzielać się związek, który jest odpowiedzialny za utworzenie haustorium- dzięki, któremu jest możliwe pobieranie metabolitów przez pasożyta [39].

5. Wpływ zachwaszczenia na oddziaływanie allelopatyczne oraz krzyżowanie się z roślinami uprawnymi

Wiele gatunków chwastów z roślinami uprawnymi jest połączona oddziaływaniem allelopatycznym. Oddziaływanie allelopatyczne polega na wzajemnych oddziaływaniu na siebie roślin i chwastów, za pomocą produkowanych przez nie wydzielin [9]. Działanie allelopatyczne może zarówno wpływać korzystnie jak i szkodliwie [9, 40, 41]. Wyróżnia się dwa typy allelopatii [39, 42]. Dzieli się ona na allelopatię prawdziwą jak

i allelopatię funkcjonalną. Allelopatia prawdziwa polega na wprowadzeniu do środowiska związków toksycznych, które są aktywne od razu po wprowadzeniu do środowiska. Allelopatia funkcjonalna z kolei, ujawnia się dopiero po przekształceniach przez mikroorganizmy [39, róż]. Allelopatyny to inaczej produkty wtórne przemiany materii. Zaliczane są do nich między innymi: flawonoidy, fenolokwasy, terpeny, kwasy organiczne alkaloidy czy też saponiny [40]. Potwierdza to również w swoich badaniach [43]. Związki allelopatyczne mogą wydzielać się również w czasie rozkładu resztek roślinnych. Ich działanie doprowadza do zahamowania lub pobudzenia do wzrostu danej rośliny. Zarówno rośliny uprawne jak i towarzyszące ich uprawie chwasty, a w szczególności ich resztki roślinne wydzielają toksyczne związki, które nie tylko są toksyczne dla innych roślin ale również dla nich samych [42]. Potencjał allelopatyczny chwastu jak i roślin uprawnych jest jednak uzależniony od ich wieku. W początkowych stadiach rozwojowych roślin jest on zdecydowanie większy niż w późniejszym czasie ich rozwoju [43]. Związki allelopatyczne wydzielają się z różnych organów jednak najczęściej mają tendencję do magazynowania się w liściach chwastów. Efekt działania allelopatycznego jest uzależniony od rodzaju rośliny uprawnej na jaki oddziałują związki chemiczne wydzielane z chwastów. Najczęściej związki te powodują zahamowanie kiełkowania nasion oraz spowolnienie procesów wzrostowych [9]. Przykładem rośliny uprawnej odznaczającej się podobnie jak chwasty właściwościami allelopatycznymi jest gryka [44] łubin czy też kukurydza [41].

Chwasty występujące w uprawach roślin posiadają również zdolność do krzyżowania się z nimi. Najczęściej takie reakcje zachodzą

między chwastem a rośliną uprawną pochodzącą z tej samej rodziny botanicznej. Przykładem takiego oddziaływania jest krzyżowanie się rzepaku z tak zwaną gorczycą polną [9]. Dużym zagrożeniem dla rozwoju roślin uprawnych wynikającym z ich krzyżowaniem się z chwastami potwierdza również [45]. Usunięcie chwastów z danej uprawy roślinnej jest szczególnie istotne z uwagi na produkcję wysokiej jakości oraz dokładnej odmianie nasion [9].

6. Wpływ zachwaszczenia na wielkość oraz wartość plonów roślin uprawnych

Ze względu na wcześniej wspomnianą konkurencję roślin uprawnych z chwastami o niezbędne dla ich prawidłowego rozwoju składniki pokarmowe, wodę, siedlisko oraz promienie słoneczne wielkość ich plonów staje się znacznie niższa [9, 46]. Potwierdza to również w swoich badaniach [47], gdzie plon jęczmienia jarego w wyniku działania zabiegów uprawowych znacznie zwiększył się. W badaniach [48] plon kukurydzy również uległ zmniejszeniu w wyniku wystąpienia zachwaszczenia przy jednoczesnym zaniechaniu uprawy płuźnej oraz zastosowaniu siewu powierzchniowego lub bezpośredniego. Rośliny rosną wolniej, karłowacieją, więdną oraz są znacznie bardziej podatne na czynniki chorobotwórcze oraz działanie szkodników [9]. Potwierdzają to również w swoich badaniach [49], w których wykazano, że zmniejszenie zachwaszczenia uprawy łubinu wąskolistnego wpłynęło na wzrost plonu jak również na masę tysiąca nasion. Ze względu na konkrowanie o składniki pokarmowe ich wartość jest znacznie mniejsza. Ograniczenie dostępu światła dla roślin uprawnych przez występujące chwasty doprowadza do mniejszego wybarwienia roślin oraz

zmniejszenia ich walorów zapachowych jak i smakowych. Dochodzi również do znacznie mniejszego pobierania witamin, cukrów czy też flawonoidów. Na przykładzie warzyw mniejszy dostęp do światła doprowadza do większej akumulacji azotanów [9].

Występowanie w uprawach roślin chwastów staje się również przyczyną znacznego obniżenia wartości roślin przeznaczonych na cele produkcyjne [9, 50]. Główną przyczyną występowania nasion chwastów w paszy zwierzęcej jest spowodowana niedokładnie wykonanymi zabiegami pielęgnacyjnymi, które mogłyby zmniejszyć zajmowaną przez nie powierzchnię w uprawie danej rośliny [22]. Przykładem może być występowanie nasion chwastów w ziarnie zbóż, co wpływa nie tylko na smak produkowanej z nich mąki ale również na jej wygląd. Poza tym zanieczyszczone ziarna zbóż nasionami chwastów mogą być również przyczyną zbyt wczesnego psucia się mąk oraz stwarzają niebezpieczeństwo zdrowotne dla ludzi ze względu na występowanie nasion chwastów trujących. Występowanie zachwaszczenia w uprawach roślin jest również zagrożeniem dla zwierząt spożywających paszę z tych roślin. Zagrożenie to wynika głównie z obecności występowania w paszy chwastów trujących, które mogą doprowadzić do zatrucia bądź wystąpienia przewlekłych chorób i zmniejszenia ich odporności [9]. Według [51] zanieczyszczenie nasionami chwastów mogą być zarówno ziarna zbóż jak również w skład otrąb, do których dosyć często są one dodawane. Badania [52] potwierdzają szkodliwe działanie występujących w paszy nasion chwastów na przykładzie żywienia świń. Zanieczyszczenie nasionami chwastów paszy doprowadziło do zapoczątkowania chorób o podłożu mikrobiologicznym. Zagrożenie zdrowotne występowania nasion chwastów w paszach zwierzęcych

wykazuje również [22]. Występowanie nasion chwastów w paszach stwarza również istotne zagrożenie podczas ich magazynowania oraz transportu, ponieważ może przyczynić się do ich nadpsucia [53]. Zmniejszeniu wartości ulegają również produkty pochodzenia zwierzęcego takie jak mleko czy mięso [9].

Szkodliwość chwastów wynika również z ich wpływu na obniżenie wartości materiału siewnego [9]. Potwierdzają to również badania [54], w których analiza materiału nasiennego zbóż jarych jak i ozimych wykazała występowanie diaspor 64 gatunków chwastów oraz 9 gatunków innych roślin uprawnych. Większym zanieczyszczeniem odznaczał się materiał siewny mieszanki zbożowej jarej niż, jęczmienia jarego. Spośród najczęściej występujących diaspor jakie znajdowały się w materiale siewnych zaliczono: *Vicia tetrasperma*, *Agropyron repens* i *Vicia villosa*. Szkodliwość ta będzie pogłębiać się, co jest wynikiem następstwa szkodliwych zmian dotyczących bioróżnorodności roślin oraz agrobiocenozy związanych z działaniami człowieka czy też czynników środowiskowych [37]. Przy zbiorze danej rośliny uprawnej, która została zanieczyszczona chwastami może dojść do pojawienia się również w materiale siewnych ich nasion. Przy dokonaniu kolejnego siewu dochodzi wtedy do dalszego zasiewu chwastów. Aby ograniczyć szkodliwe skutki z tym związane do zasiewu roślin uprawnych powinno stosować się kwalifikowany materiał siewny wolny od nasion niepożądanych chwastów, co potwierdza [55]. Dlatego też bardzo dużo uwagi poświęca się procesom oczyszczającym materiał nasenny rośliny uprawnej od nasion chwastów. Przekroczenie norm, może zdyskwalifikować dany materiał do dalszego obrotu. Oczyszczenie

materiału siewnego jest jednak związane z wkładem wysokich kosztów pieniężnych [9].

7. Wpływ zachwaszczenia na przebieg zabiegów uprawowych

Pojawienie się chwastów w uprawie roślin poza wyżej wymienionymi szkodliwymi skutkami doprowadza również do pojawienia się trudności w wykonaniu prac polowych [9, 16]. Pojawienie się chwastów tuż przed wykonaniem zabiegów uprawowych znacznie utrudnia wykonanie prac przygotowujących glebę pod zasiew nasion danej rośliny [56], co potwierdza również w swoim opracowaniu [57]. Uprawianie roli jest szczególnie trudne w glebie, która została przerośnięta korzeniami bądź rozłogami chwastów wieloletnich. Silne zachwaszczenie upraw sprawia również wiele trudności z pielęgnacją roślin, głównie podczas wykonywania oprysków środkami ochrony roślin. Podczas wykonywania oprysku ciecz nie dociera do rośliny uprawnej, lecz na chwasty [9]. Występowanie zachwaszczenia wpływa również na utrudnienia zbiorów roślin uprawnych oraz przechowywania. Badania przeprowadzone przez [58] potwierdzają, że występowanie zbyt dużej powierzchni chwastów w uprawie ziemniaka utrudniło ich zbiór, a także znacznie wpłynęło na uszkodzenia mechaniczne bulw. Uszkodzenie bulw doprowadza natomiast do strat w plonie ziemniaka podczas ich przechowywania. Przy wysokim zachwaszczeniu upraw zbiór roślin jest możliwy jedynie poprzez prace ręczne. Wprowadzenie maszyn może natomiast doprowadzić do ich częstych awarii bądź całkowitego zepsucia. W takim przypadku zbiór mechaniczny może doprowadzić do utrudnienia podczas oddzielania roślin właściwych od chwastów. Szczególnie niebezpieczne pod tym względem są chwasty wijące się,

czepiące czy też chwasty wysokie. Przykładem takich chwastów są między innymi: oset zwisły, rdestówka powojowata, przytulia czepna, powój polny oraz poziomnik szorstki. Wystąpienie zachwaszczenia powoduje także zwiększenie stosowanych zabiegów pielęgnacyjnych, które przekładają się na zwiększenie kosztów pieniężnych przeznaczonych na ich uprawę. Obróbka wstępna oraz procesy suszenia również wymagają znacznie większego nakładu pracy rąk ludzkich. Zanieczyszczenie zbiorów chwastami wpływa na nagrzewanie przechowywanych zbiorów oraz pojawienie się pleśni [9].

8. Wnioski

1. Występowanie zachwaszczenia w uprawie roślin wywołuje wiele szkodliwych skutków istotnie wpływających na prawidłowy rozwój roślin uprawnych.
2. Zachwaszczenie upraw ogranicza pobieranie składników pokarmowych oraz wody, a także ogranicza dostęp światła niezbędnego do przebiegu procesu fotosyntezy.
3. Pojawienie się chwastów w uprawie roślin w znacznym stopniu wpływa na pojawienie się ognisk chorobowych oraz szkodników.
4. Dużym zagrożeniem wynikającym z pojawienia się chwastów jest ich krzyżowanie się z roślinami uprawnymi oraz wystąpieniem zjawiska allelopatii, co ma szczególne znaczenie przy produkcji nasion.
5. Zachwaszczenie uprawy wpływa również na znaczne obniżenie wartości uprawianych roślin, mięsa zwierząt, które są nimi żywione oraz innych produktów, które są z nich wytwarzane.
6. Chwasty występujące w uprawie roślin utrudniają wykonanie zabiegów pielęgnacyjnych, zbiory roślin oraz ich obróbkę.

Literatura:

1. Grzebisz W.: *Nawożenie roślin uprawnych*. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 2008, str. 1-428.
2. Babiak J.: *Możliwości produkcyjne rolnictwa a sytuacja żywnościowa świata*, Polityki Europejskie Finanse i Marketing, 5(54), 2011, str. 5-16.
3. Grzebisz W.: *Technologie nawożenia roślin uprawnych – fizjologia plonowania*. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 2011, str. 1-414.
4. Kraska P., Pałys E.: *Wpływ systemu uprawy roli oraz nawożenia i ochrony roślin na zachwaszczenie ziemniaka uprawianego na glebie lekkiej*. Annales UMCS, sec. E, Agricultura 57, 2002, str. 27–39.
5. Gugala M., Zarzecka K., Rymuza K.: *Wpływ sposobów uprawy roli i odchwaszczania na plonowanie ziemniaka*. Fragmenta Agronomica 3, 2007, str. 166–173.
6. Hruszka M., Brzozowska I.: *Skuteczność chemicznych i proekologicznych sposobów regulacji zachwaszczenia w zmianowaniu*, Acta Agrophysica, 12(2), 2008, str. 347-355.
7. Biskupski A., Sekutowski T. S., Włodek S., Smagacz J., Owsiak Z.: *Wpływ międzyplonów oraz różnych technologii uprawy roli na plonowanie kukurydzy*, Inżynieria Ekologiczna, 38, 2014, str. 7-16.
8. Feledyn-Szewczyk B.: *Zmiany bioróżnorodności flory segetalnej w systemie ekologicznym w latach 1996-2007*, Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 53(3), 2008, str. 63-68.

9. Błażewicz-Woźniak M., Kęsik T., Konopiński M. U.: *Uprawa roli i roślin z elementami herbologii*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Lublin, 2014, str. 1-303.
10. Marshall E. J. P., Brown V. K., Boatman N. D., Lutman P. J. W., Squire G. R., Ward L. K.: *The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields*. Weed Research, 43,2003, str. 77-89.
11. Gugała M., Zarzecka K., Mystkowska I.: *Pobranie wapnia i magnezu przez chwasty w łanie ziemniaka w warunkach zróżnicowanej agrotechniki*, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Lublin Poloniae, nr LXIV (3), 2009, str. 41-49.
12. Juszczak M., Mrówczyński M., Seta G.: *Ekonomiczna opłacalność chemicznego zwalczania chorób, szkodników i chwastów w rzepaku ozimym*, Rośliny Oleiste, XX, 1999, str. 653-658.
13. Klikocka H., Juszczak D.: *Zachwaszczenie łanu ziemniaka w zależności od zróżnicowanej redlinowej uprawy roli i nawożenia siarką*, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin Poloniae, Sectio E, nr LXV (3), 2010, str. 28-41.
14. Woźniak A.: *Zachwaszczenie łanu jęczmienia jarego uprawianego po różnych przedplonach*, Acta Agrophysica, 1(4), 2003, str. 803-811.
15. Majda J., Buczek J., Trąba C.: *Plenność niektórych gatunków chwastów owocujących na odłogu*, Annales UMCS, Sectio E Agricultura LXII (2), 2007, str. 49–5.
16. Jędruszczak M., Bojarczyk M., Smolarz H., Dąbek-Gad M.: *Konkurencyjne zdolności pszenicy ozimej wobec chwastów w warunkach różnych sposobów od-chwaszczania – behavior zbiorowiska chwastów*. Annales UMCS, Sectio E Agricultura, LIX(2), 2004, str. 903–912.

17. Matusiewicz M., Kubicka H., Skrajna T.: *Zróżnicowanie wybranych gatunków Polygorum*, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, nr 40, 2009, str. 448-454.
18. Jaskulska I.: *Wpływ wieloletniego zróżnicowanego nawożenia na zachwaszczenie jęczmienia jarego i pszenicy ozimej w zmianowaniu*. Acta Scietiarum Polonorum Agricultura, 2004, 3(1), 91-97.
19. Skrzypczak W., Waligóra H., Szulc P.: *Możliwości mechanicznego ograniczania zachwaszczenia w uprawie kukurydzy i sorga w rolnictwie ekologicznym*, Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, nr 53(4), 2008, str. 67-70.
20. Parylak D.: *Uproszczenia agrotechniczne a efektywność uprawy pszenicy*, Materiały Konferencyjne „Złoty kłos”, Łosiów, 2009, str. 1-27.
21. Buczek J., Bobrecka-Jamro D.: *Wpływ intensywności technologii produkcji na zachwaszczenie łanu pszenicy ozimej populacyjnej i mieszańcowej*, Annales UCMCS, nr LXX(2), 2015, str. 1-10.
22. Dobrzański A.: *Ekspertyza. Biologiczne i agrotechniczne aspekty regulowania zachwaszczenia*. EgEngPol, Sierniewice, 2009, str. 1-21.
23. Piesik D., Wenda-Piesik A.: *Możliwości wykorzystania Mamestra dissimilis Knoch*. Do regulacji zachwaszczenia przez Rumex confertus Willd., Acta Scientiarum Polonorum 4(1), 2005, str. 97-106.
24. Nowak S., Nowak A., Jermaczek A.: *Zagrożone chwasty polne Opolszczyzny i ich ochrona*, Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin, 2013, str. 1-116.
25. Woźniak A.: *Studia nad plonowaniem, zachwaszczeniem i zdrowotnością pszenżyta jarego, pszenicy jarej oraz jęczmienia*

- jarego w płodozmianach i krótkotrwałej monokulturze na glebie rędzinowej środkowowschodniej Lubelszczyzny. Rozpr. Nauk. AR Lublin 247, 2001.*
26. Woźniak A.: *Wpływ przedplonów na plonowanie, zachwaszczenie i zdrowotność pszenżyta jarego. Biul. IHAR 221, 2002, str. 35–43.*
 27. Kraska P., Pałys E., Kuraszkiewicz R.: *Zachwaszczenie łąnu ziemniaka w zależności od systemu uprawy, poziomu nawożenia mineralnego i intensywności ochrony, Acta Agropysica, nr 8(2), 2006, str. 423-433.*
 28. Waligóra H., Skrzypczak W., Szulc P.: *Zachwaszczenie i plonowanie kukurydzy cukrowej po zastosowaniu pielęgnacji mechanicznej, Journal of Research Applications in Agricultural Engineering, nr 53(4), 2008, str. 128-132.*
 29. Rola H., Marczevska K., Kucharski M.: *Zjawisko odporności chwastów na herbicydy w uprawach rolniczych, Studia i Raporty IUNG –PIB Efektywnie niebezpieczne metody regulacji zachwaszczenia, nawożenia i uprawy roli, nr 8, 2005-2010, str. 29-40.*
 30. Żurawska M.: *Ujemny wpływ zachwaszczenia na wtórny plon i jakość surowca, Burak cukrowy, nr 3, 2015, str. 21-25.*
 31. Adamiak E.: *Fotobiologiczna regulacja zachwaszczenia w rzepaku ozimym, Acta Scientiarum Polonorum seria Agricultura, nr 3(1), 2004, str. 203-208.*
 32. Gugała M., Zarzecka K., Sikorska A.: *Zachwaszczenie i plonowanie ziemniaka w zależności od zabiegów mechaniczno-chemicznych, Fragmenta Agronomica, nr 31(3), 2014, str. 50-57.*

33. Kuś J., Jończyk K., Kawalec A.: *Czynniki ograniczające plonowanie pszenicy ozimej w różnych systemach gospodarowania*, Acta Agrophysica, nr 10(2), 2007, str. 407-417.
34. Blecharczyk A., Małecka M., Piechota T., Sawinska Z.: *Efekt nawożenia jęczmienia jarego uprawianego w monokulturze*, Acta Scientiarum Polonorum, nr 4(1), 2005, str. 25-32.
35. Bereś P. K., Mrówczyński M., Korbas M., Kierzek R., Węgorek P., Sulewska H., Szulc P., Siódmak J., Danielewicz J., Trzmiel K., Krawczyk K., Zamojska J., Pruszyński G., Drzewiecki S.: *Metoda integrowanej ochrony kukurydzy dla producentów*. Instytut Ochrony Roślin Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 2013, str. 1-51.
36. Brzozowska I., Kurowska A.: *Zdrowotność pszenżyta jarego w zależności od sposobu regulacji zachwaszczenia, nawożenia azotem i ochrony przed patogenami*, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin Polonia Sectio E, nr LXV(2), 2010, str. 38-47.
37. Krawczyk R., Mrówczyński M., Jajor E., Strażyński P., Kierzek R., Podolska G., Noworolnik K., Suchecki S., Najewski A., Korbas M., Matyjaszyk E., Pruszyński G., Ruszkowska M., Kaczmarek S., Matysiak K., Dubas M., Wachowiak H.: *Metodyka integrowanej ochrony gryki*. Instytut Ochrony Roślin Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 2014, str. 1-41.
38. Dzierżyńska A.: *Czy rośliny mogą „zjadać” rośliny czyli o pasożytniczych roślinach nasiennych*, Kosmos, t. 56 nr 1-2, 2007, str. 133-142.
39. Gniazdowska A., Oracz K., Bogatek R.: *Allelopatia – nowe interpretacje oddziaływań pomiędzy roślinami*, Kosmos, t. 53, nr 2, 2004, str. 207-217.

40. Jezierska-Domaradzka A., Kuźniewski E.: *Allelopatyczny wpływ wodnych wyciągów z Capsella bursa-pastoris (L.) Medik i Stellaria media (L.) Vill na kiełkowanie i juwenilne stadia Ocimum basilicum L. i Origanum majorana L.*, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin Polonia Sectio E, nr LXII (2), 2007, str. 10-16.
41. Kryk B., Malicki M.: *Rolnictwo w kontekście zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich*. Wydawnictwo Economicus, Szczecin, 2010, str. 1-237.
42. Ciesielska A., Borkowska M.: *Wpływ wodnych wyciągów ze zmielonych nasion Agropyrum Githago na kiełkowanie ozimych form pszenicy i jęczmienia*, Journal of Research Applications in Agricultural Engineering, nr 55(3), 2010, str. 40-43.
43. Różyło K., Pałys E.: *Ocena potencjału allelopatycznego resztek poźniwnych samosiewów rzepaku ozimego oraz gleby po jego uprawie*, Fragmenta Agronomica, nr 28(2), 2011, str. 79-87.
44. Kaczmarek S., Krawczyk R.: *Regulacja zachwaszczenia w uprawie gryki zwyczajnej (Fagopyrum esculentum Moench.) odmiany Kora*, Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, nr 245, 2007, str. 199-2014.
45. Małuszyńska E.: *Skład botaniczny nasion roślin towarzyszących w materiale po zbiorze z ekologicznych plantacji nasiennych zbóż jarych*, Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, nr 257/258, 2010, str. 17-27.
46. Krawczyk R., Kaczmarek S., Mrówczyński M.: *Rolnictwo zrównoważone – nowe technologie a problematyka zachwaszczenia*, Problemy Inżynierii Ekologicznej, nr 2, 2008, str. 25-32.

47. Orzech K., Rychcik B., Stępień A.: *Wpływ sposobów uprawy roli na zachwaszczenie i plonowanie jęczmienia jarego*, Fragmenta Agronomica, nr 28(2), 2011, str. 63-70.
48. Bleharczyk A., Małecka I., Skrzypczak G.: *Wpływ uproszczonej uprawy roli na plonowanie i zachwaszczenie kukurydzy oraz na właściwości gleby*, Acta Scientiarum Polonorum Agricultura, nr 3(1), 2004, str. 157-163.
49. Gugała M., Zarzecka K.: *Wpływ metod uprawy roli i sposobów pielęgnacji na zachwaszczenie i plonowanie łubinu wąskolistnego odmiany Sonet*, Fragmenta Agronomica, nr 29(1), 2012, str. 16-24.
50. Korelski J., Świątkiewicz S., Młodkowski M.: *Wpływ zanieczyszczeń zbóż na przechowywanych w stanie rozdrobnionym na wyniki odchowu kurcząt brojlerów*, Medycyna Weterynaryjna, nr 60(8), 2004, str. 883-885.
51. Stapleton P., Bragg D. B., Biely J.: *The botanical and chemical composition and nutritive value of wheat feed screenings*, The Journal of Poultry Science, nr 59, 1980, str. 333-340.
52. Kraetzl W. D., Kamphuers J.: *Cleaned grains give polished performance to early weaners*, Feed Mix, nr 4, 1996, str. 16-18.
53. Maklers Z., Domański W.: *Ślady pestycydów – niebezpieczne dla człowieka i środowiska*, Bezpieczeństwo Pracy, nr 1, str. 5-9.
54. Skrajna T.: *Diaspory chwastów w materiale nasiennym zbóż jarych i ozimych*, Fragmenta Agronomica, nr 27(2), 2010, str. 118-126.
55. Stażyński P., Horoszkiewicz-Janka J., Księżak J., Osiecka A., Krawczyk R., Korbas M., Borodynko N., Ruszkowska M., Mrówczyński M., Kozłowski J., Matyjaszczyk E., Kierzek R., Klejdysz T., Pruszyński G., Matysiak K., Wachowiak H.: *Metodyka*

- integrowanej uprawy grochu siewnego dla producentów*. Instytut Ochrony Roślin. Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 2011, str. 1-68.
56. Piszczek J., Kierzek R., Nowakowski M., Górski D., Miziniak W., Ulatowska A., Maliszewska E., Siódmiak J., Ledóchowski P.: *Metodyka integrowanej ochrony buraka cukrowego i pastewnego dla doradców*. Instytut Ochrony Roślin Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 2012, str. 1-123.
57. Robak J., Anyszka Z., Babik I., Rogowska M., Wrzodak R.: *Metodyka integrowanej ochrony ogórka w uprawie polowej. Metodyka dla doradców*. Instytut Ogrodnictwa, Sierniewice, 2013, str. 1-60.
58. Różyło K., Pałys E.: *Korelacje pomiędzy zachwaszczeniem łąnu a plonem bulw ziemniaka i jego strukturą w zależności od systemów nawożenia oraz kategorii agronomicznej gleby*, Acta Scientiarum Polonorum Agricultura, nr 7(2), 2008, str. 125-132.

mgr inż. Michał Targoński¹⁾
Politechnika Białostocka
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska
ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok
¹⁾m.targonski@student.pb.edu.pl

Ocena potencjału solarnego dachów osiedla domów jednorodzinnych w Białymstoku, z wykorzystaniem danych LiDAR

*Assessment of solar potential of roofs on the selected housing
estate in Białystok, based on LiDAR data*

Słowa kluczowe: *odnawialne źródła energii, potencjał solarny, GIS, LiDAR, ISOK*

Keywords: *renewable energy, solar potential, GIS, LiDAR, ISOK*

Streszczenie: W ramach niniejszej pracy przeprowadzono analizę, mającą na celu ocenę teoretycznego potencjału solarnego powierzchni dachów wybranego osiedla domów jednorodzinnych na terenie Białegostoku. Opracowanie zostało wykonane z wykorzystaniem otwartych narzędzi GIS oraz materiałów znajdujących się w krajowych zasobach danych przestrzennych. Szczególny nacisk położono na wykorzystanie danych LiDAR (*Light Detection And Ranging*) zebranych w ramach projektu: „Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami” (ISOK).

1. Wprowadzenie

Zapotrzebowanie na energię w gospodarce oraz życiu codziennym nieprzerwanie wzrasta. Wciąż jej głównym źródłem są paliwa kopalne: ropa, gaz i węgiel. Znane zasoby tych surowców są ograniczone, a ich wykorzystanie wiąże się z wprowadzaniem zanieczyszczeń do środowiska. Polska, jako członek Unii Europejskiej, musi przyjąć

na siebie zobowiązania redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz zwiększenia udziału energii pochodzącej z odnawialnych źródeł (OZE).

Jednym z promowanych kierunków, mających na celu zwiększenie udziału OZE, jest wykorzystanie promieniowania słonecznego, poprzez zastosowanie paneli fotowoltaicznych i kolektorów słonecznych. Efektywność tego typu instalacji jest ściśle związana z prawidłowym wyborem ich lokalizacji. Instalacje solarne na obszarach zurbanizowanych są najczęściej umieszczane na dachach budynków. Jednak z uwagi na orientację niektórych połaci, ich nachylenie, bądź lokalne zacienienia, inwestycja tego typu może nie być ekonomicznie uzasadniona.

Narzędzia GIS (*Geographic Information System*) mogą stanowić istotne wsparcie w wyborze lokalizacji, których parametry są szczególnie korzystne z punktu widzenia potencjału solarne, jak również do szacowania potencjalnego uzysku energii z badanej powierzchni. Pozwalają nie tylko na przeprowadzenie indywidualnych analiz – odnoszących się do pojedynczego budynku, lecz również w szerszej skali – do osiedla, czy nawet miasta.

2. Ocena potencjału solarne z wykorzystaniem metod komputerowych

Podstawowym źródłem energii docierającej do Ziemi jest Słońce. Chociaż moc promieniowania emitowanego przez tę gwiazdę jest szacowana na ok. $3,826 \times 10^{26} \text{ W}$ [1], to do granicy atmosfery Ziemskiej dociera zaledwie jej ułamek. Wielkością która opisuje całkowitą energię, jaką promieniowanie słoneczne przenosi przez jednostkową powierzchnię ustawioną prostopadle do promieniowania w średniej odległości Ziemi od

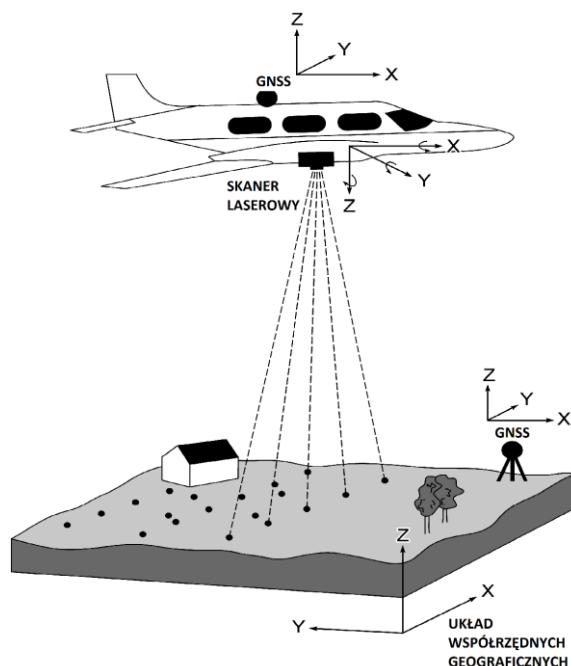
Słońca przed wejściem promieniowania do atmosfery jest całkowita irradycja słoneczna (G_{SC}), która obecnie jest szacowana na około 1366 W/m^2 [2, 3].

Promieniowanie przechodząc przez atmosferę ulega osłabieniu, napotykając na swojej drodze wodę oraz cząstki pyłu zawieszone w powietrzu. Dociera ono do odbiornika jako suma trzech składowych: promieniowania bezpośredniego, rozproszonego (dyfuzyjnego) oraz odbitego od otoczenia. Ilość energii słonecznej docierającej do odbiornika jest ściśle związana z jego położeniem geograficznym, azymutem oraz kątem nachylenia [4]. Jest ona również zmienna, zarówno w cyklu dobowym, jak i rocznym.

Całkowite promieniowanie słoneczne docierające do analizowanej powierzchni może być mierzone za pomocą naziemnych stacji meteorologicznych, satelitów meteorologicznych lub szacowane z wykorzystaniem modeli matematycznych [5]. W przypadku wielkoskalowych i długookresowych analiz, uwzględniających dane o ukształtowaniu terenu i zacienieniu, niezbędnym jest wykorzystanie metod komputerowych. Najbardziej zaawansowanymi i uwzględniającymi najwięcej aspektów fizycznych, są metody zaimplementowane w systemach GIS [6]. Literatura opisuje wykorzystanie wielu spośród tych narzędzi. Miedzy innymi komercyjnego *Solar Radiation* firmy Esri [7], czy darmowych: *r.sun* GRASS GIS [8] i *Potential Incoming Solar Radiation* SAGA-GIS [9].

3. LiDAR

Analiza nasłonecznienia pozwala wyznaczyć potencjał solarny badanego obszaru. Jakość uzyskanych wyników jest ściśle związana z dokładnością wykorzystanych danych, a zwłaszcza ze szczegółowością numerycznego modelu pokrycia terenu badanego obszaru (NMPT, ang. *Digital Surface Model*; DSM). NMPT jest odwzorowaniem powierzchni terenu z uwzględnieniem występującej na nim pokrywy roślinnej, zabudowy, infrastruktury, czyli obiektów trwale związanych z powierzchnią terenu [10]. Współcześnie jedną z najczęściej wykorzystywanych metod pozyskiwania szczegółowych danych wysokościowych jest skaning laserowy LiDAR (ang. *Light Detection And Ranging*). Jest to aktywny system teledetekcyjny wykorzystujący promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu bliskiej podczerwieni (w przypadku skanerów topograficznych), lub światła zielonego (w przypadku skanerów batymetrycznych). Zamontowane w skanerze źródło światła generuje impulsy, a moduł obliczeniowy określa czas od jego wysłania do powrotu do urządzenia po odbiciu od przeszkody terenowej. Wykorzystując informację o prędkości rozchodzenia się światła, można obliczyć odległość przeszkody od skanera. Mając dodatkowo informacje o odchyleniach promienia lasera względem skanera oraz wyznaczone położenia urządzenia w przestrzeni 3D (z wykorzystaniem systemów GNSS/INS ang. *Global Navigation Satellite System/Inertial Navigation Systems*) mamy możliwość wyznaczenia współrzędnych (XYZ) miejsc odbicia plamki lasera (Rysunek 1) [10].



Rysunek 1. Zasada działania lotniczego skanera laserowego

Źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LiDAR-i_lend.gif - zmienione

W praktyce, do skanowania dużych obszarów (miasto, region) wykorzystuje się skanery umieszczone na pokładzie samolotu lub helikoptera. Mamy wówczas do czynienia z lotniczym skanowaniem laserowym ALS (ang. *Airborne Laser Scanning*), w odróżnieniu od naziemnego skanowania laserowego TLS (ang. *Terrestrial Laser Scanning*), gdzie sam skaner instalowany jest na nieruchomym statywie lub ruchomej platformie (samochodowej, kolejowej itp.) MLS (ang. *Mobile Laser Scanning*) [10].

Dokładność sytuacyjna i wysokościowa chmury punktów ALS determinowana jest przez precyzję trzech składowych komponentów aparatury, tj.:

- dalmierza laserowego,

- inercyjnego systemu nawigacyjnego INS określającego orientację kątową kierunku

impulsu,

- systemu GNSS określającego pozycję, z której wysłano impuls.

Błąd pomiaru odległości ocenia się w przedziale 0,02–0,03 m. Błąd pomiaru pozycji techniką dGNSS ocenia się pomiędzy 0,05–0,07 m. Oba te błędy praktycznie nie zależą od wysokości lotu, w przeciwieństwie do błędu wnoszonego przez system INS, który wzrasta wraz z pułapem. Sumując te wartości, po wyeliminowaniu błędów systematycznych aparatury, można stwierdzić, iż lotnicze skanowanie laserowe dostarcza danych o dokładności wysokościowej (H) na poziomie 0,15 m, a dokładność sytuacyjną punktów (X, Y) w przedziale 0,4–0,5 m [10].

Tabela 1. Klasy punktów LiDAR zgodnie ze standardem ASPRS

Classification Value	Meaning	Znaczenie
0	Created, never classified	Punkty przetwarzane, ale niesklasyfikowane
1	Unclassified1	Niesklasyfikowane
2	Ground	Punkty leżące na gruncie
3	Low Vegetation	Punkty reprezentujące niską roślinność (w zakresie 0-0.40 m)
4	Medium Vegetation	Punkty reprezentujące średnią roślinność (w zakresie 0.40-2.00 m)
5	High Vegetation	Punkty reprezentujące wysoką roślinność (w zakresie powyżej 2.00 m)
6	Building	Punkty reprezentujące budynki, budowle oraz obiekty inżynierskie
7	Low Point (noise)	Szum
8	Model Key-point (mass point)	Punkty kluczowe NMT
9	Water	Punkty reprezentujące obszary pod wodami
10	Reserved for ASPRS Definition	Zarezerwowane dla ASPRS
11	Reserved for ASPRS	Zarezerwowane dla ASPRS

	Definition	
12	Overlap Points2	Punkty pokrywające się
13-31	Reserved for ASPRS Definition	Zarezerwowane dla ASPRS

Źródło: http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/asprs_las_format_v12.pdf

Powszechnie stosowanym w Polsce i na świecie formatem wymiany plików zawierających chmurę punktów pochodzącą z lotniczego skaningu laserowego jest plik binarny *.las, zgodny ze specyfikacją opublikowaną przez ASPRS (*American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*). Oprócz współrzędnych pomierzonych punktów, plik ten zawiera m.in. informacje o klasie do jakiej przyporządkowano dany punkt (Tabela 1) oraz o intensywności odbicia w trzech zakresach widzialnej części promieniowania elektromagnetycznego, odpowiadających barwom niebieskiej, zielonej i czerwonej (wartości RGB), pozyskanych ze zdjęć lotniczych [11].

4. ISOK jako źródło danych LiDAR

ISOK – Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami – projekt którego jednym z głównych celów było zgromadzenie, przy użyciu dedykowanego systemu informatycznego, informacji o zagrożeniach naturalnych. Umieszczenie ich w zintegrowanej bazie danych jak również zapewnienie mechanizmów umożliwiających rozpowszechnianie informacji do końcowych użytkowników, zapewniając dostęp zarówno dla administracji, jak i indywidualnego obywatela. Projekt ISOK ma się przyczynić do rozwiązania bądź zminimalizowania szeregu problemów związanych z zagadnieniem zarządzania kryzysowego w Polsce, ze szczególnym ukierunkowaniem na zagrożenia powodziowe, między

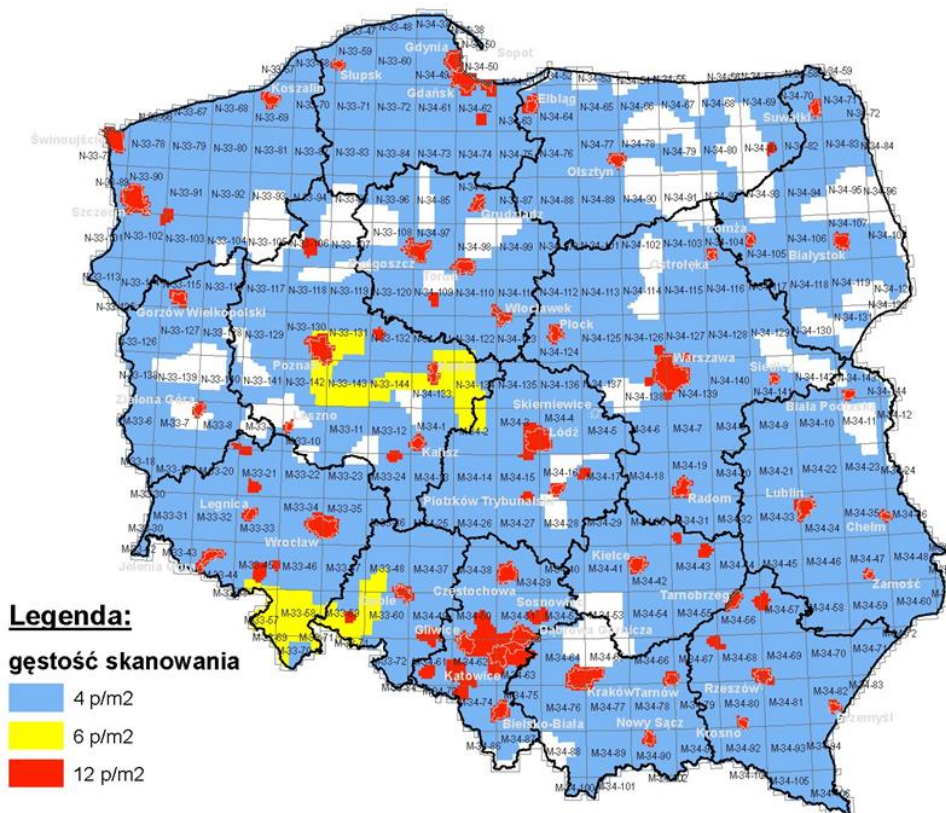
innymi poprzez ograniczenie zabudowy na terenach szczególnie zagrożonych zalaniem. Budowa ISOK realizowana jest przez konsorcjum złożone z następujących instytucji państwowych:

- Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej (lider konsorcjum),
- Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy,
- Główny Urząd Geodezji i Kartografii,
- Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy,
- Rządowe Centrum Bezpieczeństwa. [12]

W ramach systemu przygotowano między innymi: wstępną ocenę ryzyka powodziowego, mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego oraz plany zarządzania ryzykiem powodziowym. By umożliwić stworzenie wyżej wymienionych opracowań pozyskano odpowiednio zorganizowano dokładne dane wysokościowe wykorzystując do tego celu lotniczy skaningu laserowy ALS. Utworzono w ten sposób chmurę około 16 bilionów punktów pomiarowych, obejmując swym zasięgiem ponad 90% powierzchni kraju (przy gęstości punktów wynoszącej od 4 do 12 pkt/m²) (Rysunek 2). Produkty wygenerowane na jej podstawie zostały poddane procedurom kontroli jakości właściwym dla materiałów i danych państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego [12].

Dane pozyskane w ramach projektu ISOK są wykorzystywane nie tylko w celach przeciwpowodziowych, lecz również między innymi do: projektowania inwestycji drogowych, modelowania hydraulicznego sieci wodociągowych, wsparcia badań archeologicznych oraz generowania modeli 3D budynków [13].

Na dynamiczny wzrost wykorzystania danych wysokościowych zebranych w projekcie ISOK miała wpływ nowelizacja Prawa geodezyjnego i kartograficznego, która weszła w życie 12 lipca 2014 roku. Zgodnie z nią dane państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego są udostępniane bezpłatnie między innymi: jednostkom naukowym w celu prowadzenia badań naukowych oraz prac rozwojowych oraz jednostkom organizacyjnym wchodzącym w skład systemu oświaty, uczelniom i organizacjom pożytku publicznego w celach edukacyjnych [14].



Rysunek 2. Zasięg chmury punktów LiDAR w PZGIK (grudzień 2015)

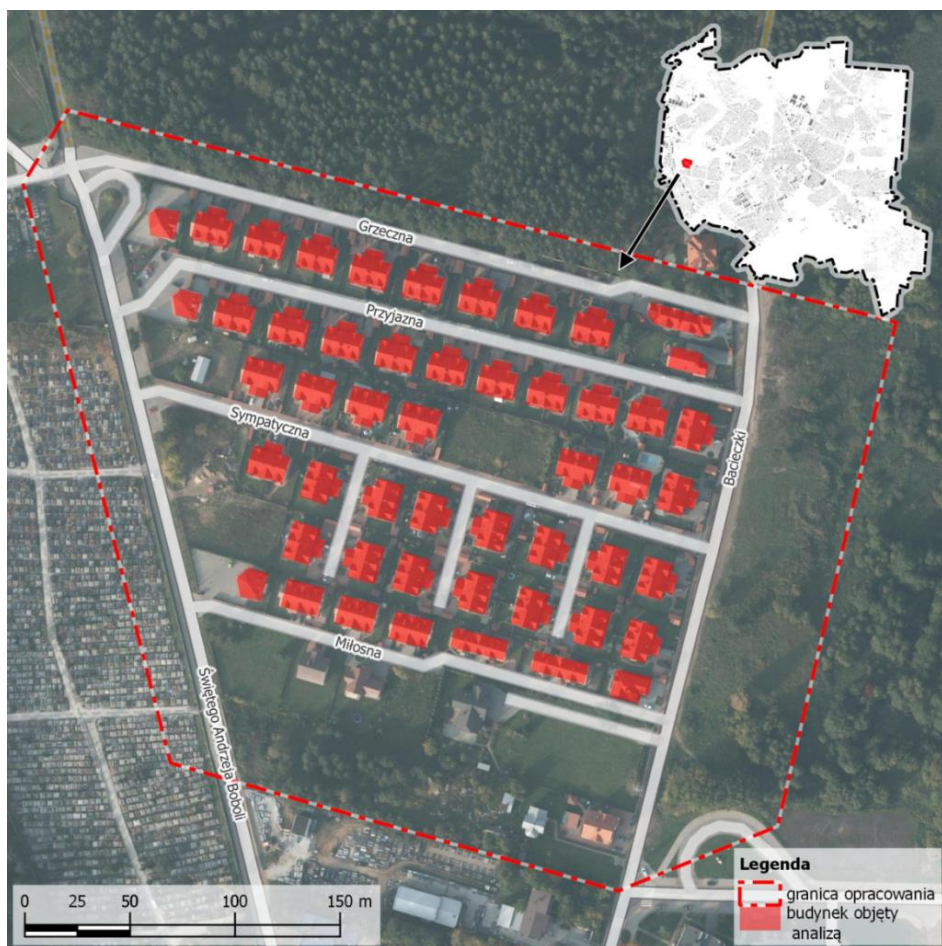
Źródło: www.codgik.gov.pl/

5. Teren i metodyka badań

5.1. Obszar opracowania

Obszar opracowania obejmuje fragment miasta Białystok, o powierzchni 10,4 ha (Rysunek 3). Stanowi on osiedle mieszkaniowe, na które składają się wolnostojące budynki mieszkalne głównie w zabudowie bliźniaczej oraz budynki usługowe. Do analizy wytypowano 48 budynków mieszkalnych (tzw. bliźniaków) oraz trzy budynki usługowe. Znajdują się one w kwartale otoczonym ulicami: Świętego Andrzeja Boboli, Grzeczna, Bacieczki, Miłosna.

Obszar opracowania został powiększony w stosunku do wspomnianego kwartału, by uwzględnić w analizie możliwość zacienienia przez obiekty znajdujące się w sąsiedztwie. Z uwagi na to, że Białystok znajduje się na półkuli północnej, marginesy: wschodni, południowy i zachodni zostały poszerzone znacznie niż północny [5].



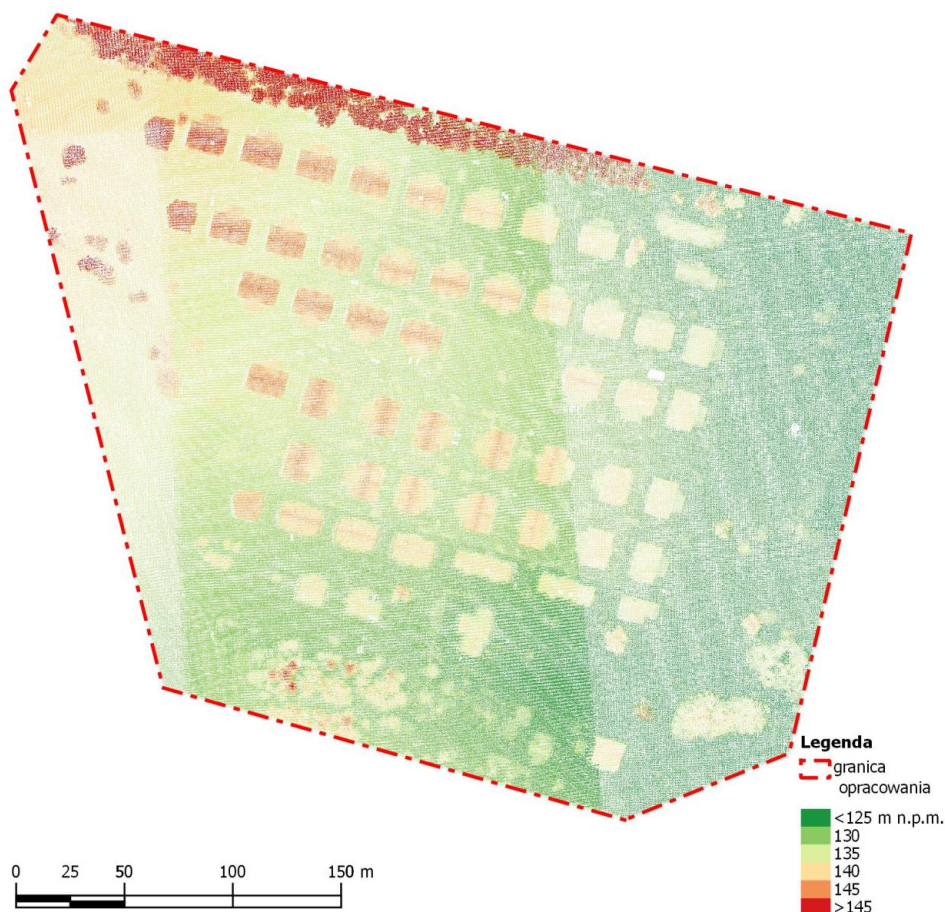
Rysunek 3. Lokalizacja obszaru opracowania

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CODGiK i Open Street Map

5.2. Dane

W analizie wykorzystano chmurę punktów LiDAR pozyskanych na terenie Białegostoku w ramach projektu ISOK, pochodzącą z Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (CODGiK). Obszar został zeskanowany w Standardzie II, ze średnią gęstością 12 pkt/m² (Rysunek 4). Dokładność wysokościowa (błąd średni) chmury punktów ALS po wyrównaniu wynosi $\leq 0,10$ m, natomiast dokładność sytuacyjna (błąd średni) chmury punktów ALS

po wyrównaniu $\leq 0,40$ m. Chmura punktów LiDAR opracowywana jest w układzie współrzędnych płaskich prostokątnych oznaczonym symbolem PL-1992 oraz układzie wysokościowym oznaczonym symbolem PL-KRON86-NH. Produkty zapisywane są w plikach w formacie LAS wersja 1.2 [11].

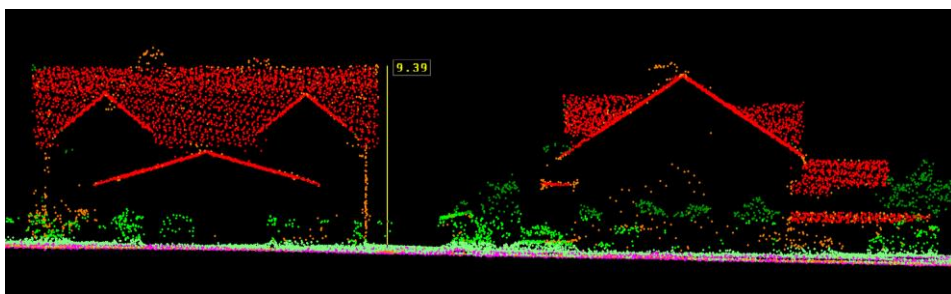


Rysunek 4. Wizualizacja chmury punktów LiDAR z nadanym atrybutem wysokości

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CODGiK

Wykorzystane pliki oprócz informacji o współrzędnych w przestrzeni trójwymiarowej zawierają informacje o klasach obiektów

zgodnych ze specyfikacją ASPRS, do których przynależą, tj. od których odbiła się wiązka laserowa (Rysunek 5). Z punktu widzenia niniejszej analizy, najistotniejsze są informacje klasach pozwalające na wygenerowanie numerycznego modelu pokrycia terenu, a więc na uwzględnienie klas: grunt, obszary pod wodami, wegetacja (niska, średnia i wysoka), budynki oraz pozwalające na odrzucenie punktów sklasyfikowanych jako szumy (Tabela 1).



Rysunek 5. Profil fragmentu chmury punktów LiDAR z obszaru objętego opracowaniem z nadanym atrybutem klasa (kolor czerwony – budynki, odcienie zielonego – klasy roślinności, fioletowy – grunt, pomarańczowy – szum)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CODGiK

Dla zwiększenia efektu wizualnego chmurom punktów przypisuje się właściwy kolor w formie składowych RGB, tj. kolor powierzchni terenowej, od której odbił się promień laserowy (Rysunek 6) [10].



Rysunek 6. Rzut izometryczny chmury punktów LiDAR z obszaru objętego opracowaniem z nadanym atrybutem kolor RGB

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CODGiK

W analizie wykorzystano również warstwę wektorową obejmującą obrysy budynków, pochodzącą z Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k).

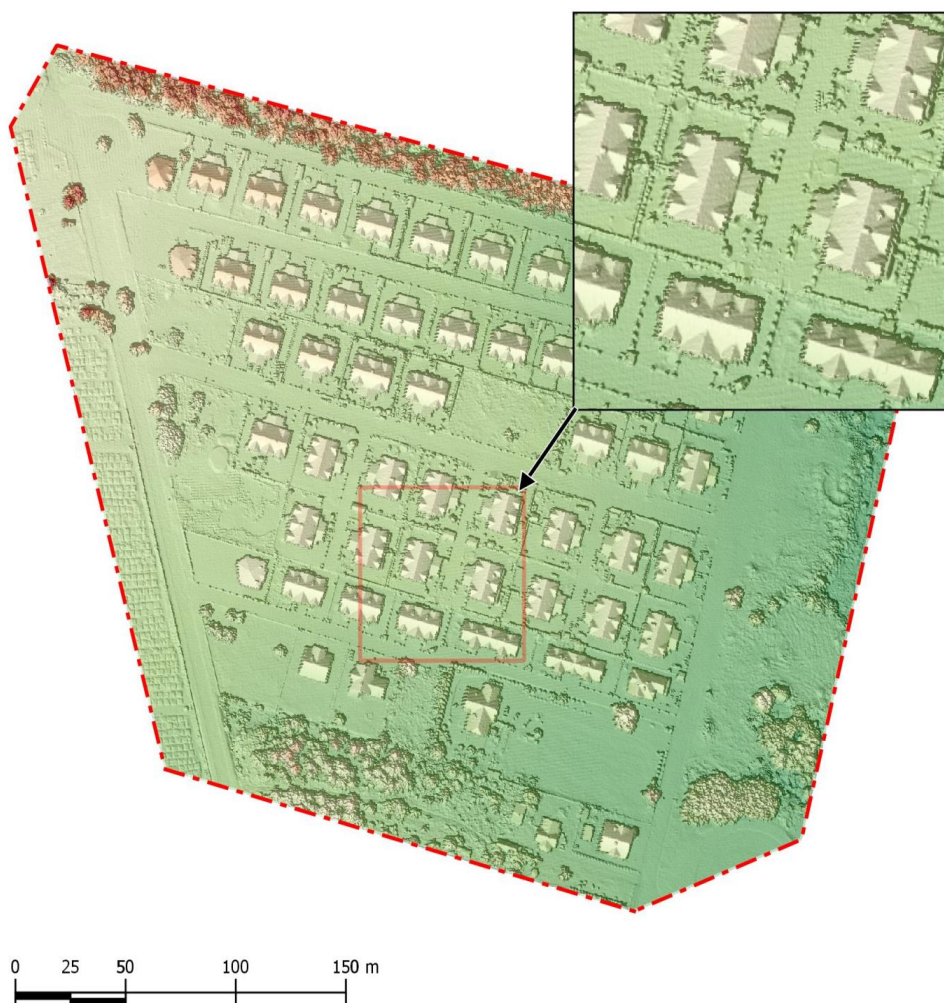
5.3. Metodyka pracy

Analiza potencjału solarnego badanego obszaru została opracowana z wykorzystaniem narzędzia *Potential Incoming Solar Radiation* będącego częścią programu SAGA GIS (*System for Automated Geoscientific Analyses*). Jest to program komputerowy klasy GIS służący do edycji danych przestrzennych, dystrybuowany na zasadach *open-source software*. Program został stworzony przez zespół w Zakładzie Geografii Fizycznej Uniwersytetu w Getyndze, w Niemczech. Obecnie jest utrzymywany i rozwijany przez międzynarodową społeczność programistów. Program SAGA GIS został stworzony, by umożliwić naukowcom prowadzenie badań z wykorzystaniem analiz przestrzennych

realizowanych przez szeroki wachlarz specjalistycznych narzędzi zgromadzonych w modułach tematycznych [15].

Pierwszym etapem analizy było wygenerowanie numerycznego modelu pokrycia terenu badanego obszaru. Przy pomocy narzędzia *Point Cloud Reclassifier / Subset Extractor* wyselekcjonowano z chmury jedynie punkty zarejestrowane jako pierwsze odbicia wiązki lasera, wybierając punkty zaklasyfikowane jako punkty leżące na gruncie, punkty reprezentujące roślinność, punkty reprezentujące budynki, budowle i obiekty inżynierskie oraz punkty odpowiadające wysokości zwierciadła wody. Z wyselekcjonowanego zbioru, przy użyciu narzędzia *Triangulation*, utworzono model pokrycia terenu w formie siatki GRID o wymiarach 0,2 na 0,2 m, będący numeryczną reprezentacją terenu, w której każdemu oczku siatki przypisano zinterpolowaną wysokość, obliczoną na podstawie pomierzonych punktów [16]. Należy pamiętać, że stosując metodę GRID tracimy wszystkie szczegółowe dane o zmienności cechy wewnątrz pojedynczego pola (zwanego pikselem), któremu przypisujemy tylko jedną wartość [17]. Wadą metody GRID jest to, że oryginalne, zmierzone wartości pojawią się w wynikowym modelu jedynie wówczas, gdy dokładnie pokryją się z węzłem siatki, w przeciwnym razie zostaną uśrednione. Jednak metoda ta tworzy łatwą w przetwarzaniu i archiwizacji strukturę, która zajmuje mało pamięci. Pozwala ona na przeprowadzenie rozmaitych analiz przestrzennych – począwszy od prostych pomiarów, tworzenia produktów pochodnych: map spadków i map warstwicznych, aż do wykorzystania NMT w skomplikowanym modelowaniu zjawisk zachodzących w środowisku [18, 19].

W celu wizualnej oceny prawidłowości przeprowadzenia interpolacji wygenerowano relief (Rysunek 7) będący pseudo trójwymiarową reprezentacją cyfrowego modelu terenu powstałą z połączenia mapy hipsometrycznej oraz mapy cieniowania – rastrowego produktu pochodnego z numerycznego modelu pokrycia terenu, w którym wartości komórek odzwierciedla ilość światła które jest przez nie odbierana.



Rysunek 7. Relief obszaru objętego opracowaniem

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CODGiK

Model ten tworzy realistyczną wizualizację pokrycia terenu, eksponującą wszelkie linie nieciągłości, takie jak krawędzie dachów oraz kalenice.

Następnie przy pomocy narzędzia *Sky View Factor* wygenerowano raster obrazujący jaki procent nieba jest widoczny w każdej lokalizacji na badanym obszarze.

Po przygotowaniu warstw wejściowych przystąpiono do stworzenia mapy nasłonecznienia (potencjału energii promieniowania słonecznego w kWh/m²) wykonanej przy użyciu narzędzia *Potential Incoming Solar Radiation*. Narzędzie służy do obliczenia sumy nasłonecznienia (promieniowania bezpośredniego, dyfuzyjnego i całkowitego) dla badanego obszaru. Program może obliczać chwilowe napromieniowanie, napromieniowanie w wybranym dniu roku lub wybranym okresie, przy zadanym kroku czasowym. Obliczenia są prowadzone przy założeniu warunku *clear sky conditions*, czyli bez uwzględnienia wpływu warunków atmosferycznych takich jak opad i zachmurzenie. Mapa wynikowa generowana jest w formacie rastrowym.

Działanie algorytmu szacującego potencjał solarny dla wybranego okresu można podzielić na następujące główne etapy:

- 1) Użytkownik definiuje parametry wejściowe, wskazuje numeryczny model pokrycia terenu oraz raster obrazujący zakres widoczności nieba, określa zakres czasowy analizy oraz krok obliczeniowy.
- 2) Zakres czasowy jest dzielony na pojedyncze dni.
- 3) Pojedynczy dzień jest dzielony zgodnie z przyjętym krokiem czasowym (uwzględniany jest jedynie okres od wschodu do zachodu słońca).
- 4) W każdym kroku czasowym obliczana jest pozycja słońca.

- 5) Dla każdej z komórek rastra wejściowego program oblicza chwilowe napromieniowanie (uwzględniając parametry przyjęte w punkcie pierwszym).
- 6) W efekcie zsumowania wyników analizy dla poszczególnych kroków czasowych, powstaje raster reprezentujący mapę nasłonecznienia z danego dnia.
- 7) Zsumowanie rastrow z poszczególnych dni daje ostateczny wynik obliczeń dla całego zakresu czasu.

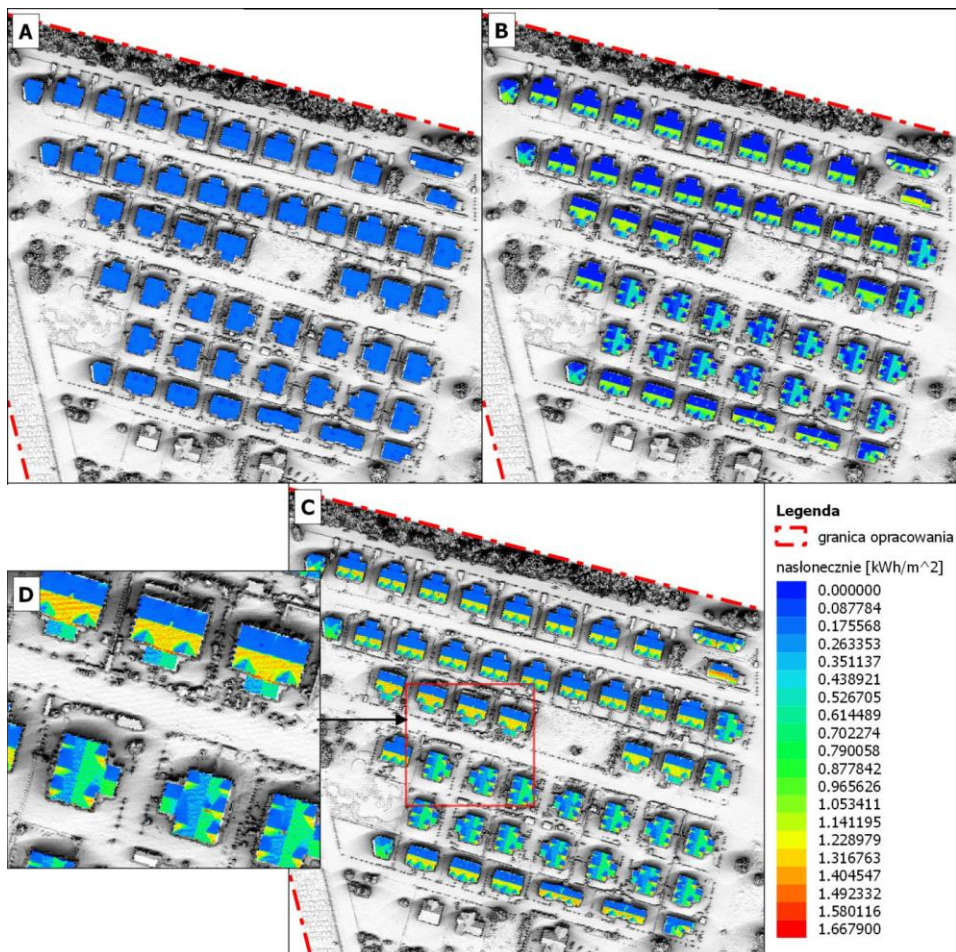
W ramach pracy przeprowadzono trzy analizy potencjału solarnego:

- w dniu 22 czerwca,
- w dniu 22 grudnia,
- dla całego roku (od 1 stycznia do 31 grudnia).

Obliczenia dla pojedynczych dni zostały przeprowadzone z 15 - minutowym krokiem czasowym, natomiast dla całego roku – z godzinnym krokiem czasowym. Stałą słoneczną przyjęto na poziomie 1366 W/m^2 , oraz zachowano parametry atmosferyczne zaproponowane przez autorów narzędzia.

Wynikowe rastry, przedstawiające przestrzenny rozkład promieniowania bezpośredniego, dyfuzyjnego i całkowitego w poszczególnych okresach zostały wycięte z wykorzystaniem warstwy obrysów budynków, by ograniczyć dane jedynie do połaci dachowych.

6. Wyniki badań

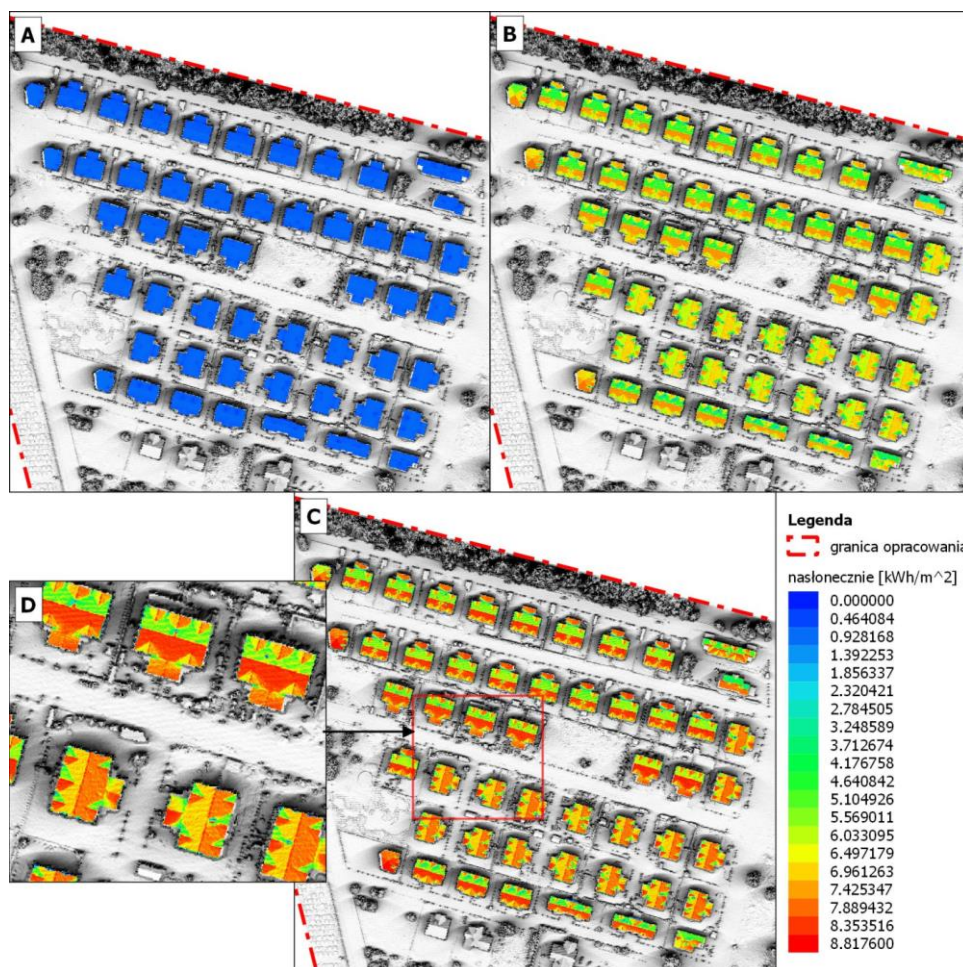


Rysunek 8. Mapa potencjału solarnego powierzchni dachów na obszarze objętym opracowaniem w dniu 22 grudnia (A – promieniowanie dyfuzyjne, B – promieniowanie bezpośrednie, C- promieniowanie całkowite, D – powiększenie fragmentu planszy C)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CODGiK

W wyniku analizy potencjału solarnego powierzchni dachów na obszarze objętym opracowaniem w dniu 22 grudnia otrzymano rastrowe mapy potencjału, z podziałem na promieniowanie dyfuzyjne,

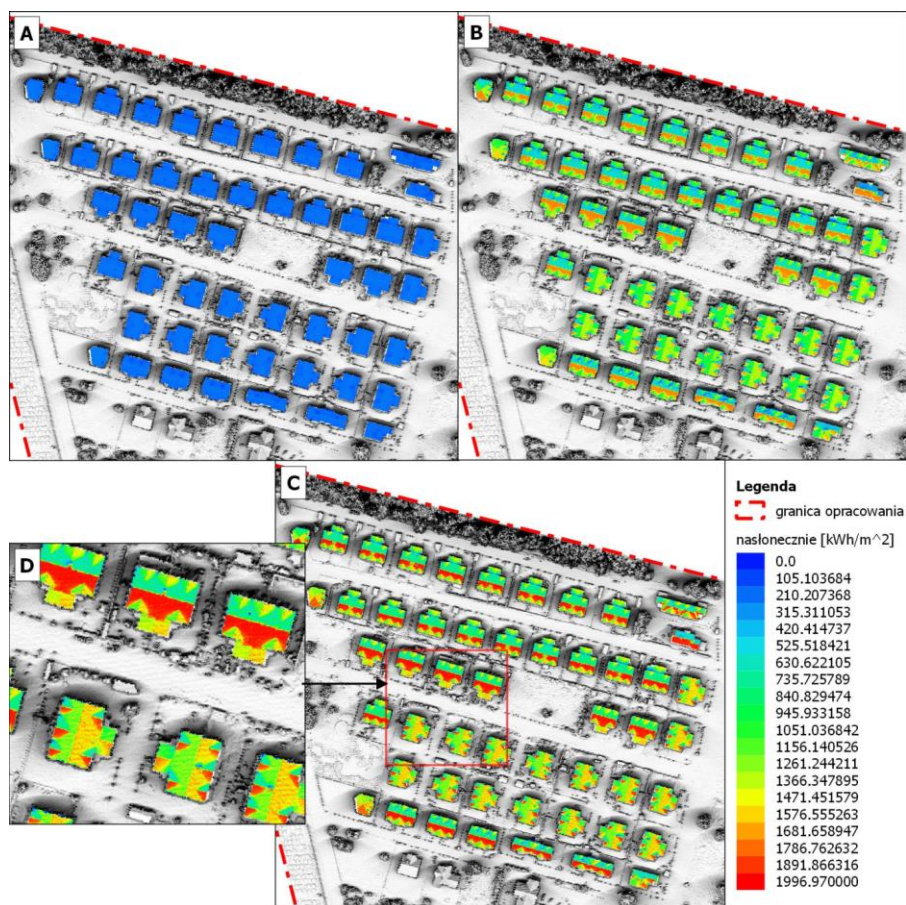
bezpośrednie i całkowite. Maksymalna wartość nasłonecznienia całkowitego na analizowanym obszarze wyniosła 1,66 kWh/m², natomiast średnia wartość nasłonecznienia całkowitego wyniosła 0,51 kWh/m².



Rysunek 9. Mapa potencjału solarnego powierzchni dachów na obszarze objętym opracowaniem w dniu 22 czerwca (A – promieniowanie dyfuzyjne, B – promieniowanie bezpośrednie, C- promieniowanie całkowite, D – powiększenie fragmentu planszy C)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CODGiK

W wyniku analizy potencjału solarnego powierzchni dachów na obszarze objętym opracowaniem w dniu 22 czerwca otrzymano rastrowe mapy potencjału, z podziałem na promieniowanie dyfuzyjne, bezpośrednie i całkowite. Maksymalna wartość nasłonecznienia całkowitego na analizowanym obszarze wyniosła 8,82 kWh/m², natomiast średnia wartość nasłonecznienia całkowitego wyniosła 6,89 kWh/m².



Rysunek 10. Mapa potencjału solarnego powierzchni dachów na obszarze objętym opracowaniem w okresie od 1 stycznia do 31 grudnia (A – promieniowanie dyfuzyjne, B – promieniowanie bezpośrednie, C- promieniowanie całkowite, D – powiększenie fragmentu planszy C)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CODGiK

W wyniku analizy potencjału solarnego powierzchni dachów na obszarze objętym opracowaniem w okresie od 1 stycznia do 31 grudnia otrzymano rastrowe mapy potencjału, z podziałem na promieniowanie dyfuzyjne, bezpośrednie i całkowite. Maksymalna wartość nasłonecznienia całkowitego na analizowanym obszarze wyniosła 1996,97 kWh/m², natomiast średnia wartość nasłonecznienia całkowitego wyniosła 1294,91 kWh/m².

7. Wnioski

1. Moduł *Potential Incoming Solar Radiation* dostępnego w programie SAGA GIS jest prostym i darmowym narzędziem pozwalającym na szacowanie potencjału energii promieniowania słonecznego docierającej do powierzchni dachów budynków, dając przy tym możliwość oceny efektywności stosowania kolektorów słonecznych.
2. Numeryczny Model Pokrycia Terenu pozyskany ze skaningu laserowego stanowi wartościowe źródło danych do prowadzenia zaawansowanych analiz przestrzennych, w tym oceny potencjału solarnego. Jego szczegółowość pozwala na linie nieciągłości połączeń dachowych, takie jak krawędzie dachów oraz kalenice. Jednak dalszych prac wymaga opracowanie algorytmów generowania NMPT uwzględniających kominy oraz elementy wystające ponad powierzchnię dachów.
3. Otrzymane wyniki obrazują, że każdy budynek należy analizować indywidualnie, ponieważ na końcowe wyniki ma wpływ nie tylko kształt dachu, orientacja budynku, ale również sąsiedztwo innych obiektów.

4. Analizy zostały przeprowadzone przy założeniu warunku *clear sky conditions*,
w wypadku bardziej zaawansowanych analiz, niezbędnym jest uwzględnienie warunków meteorologicznych.
5. Dane zebrane w ramach projektu ISOK – Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami stanowią ogromne źródło informacji, możliwych do wykorzystania przy ocenie potencjału odnawialnych źródeł energii.

Literatura:

1. Szymczyk T. i in.: *Tablice matematyczne, fizyczne, chemiczne, astronomiczne*. PPU "Park", Bielsko-Biała, 2003.
2. Duffie J. A., Beckman W. A.: *Solar engineering of thermal processes*. John Wiley & Sons , Inc. Hoboken, NJ, USA, 2013.
3. www.pmodwrc.ch/ (World Radiation Center), [dostęp: 2.02.2016r.]
4. Jochem A. i in.: *Automatic Roof Plane Detection and Analysis in Airborne Lidar Point Clouds for Solar Potential Assessment*. Sensors. Vol. 9 (7), 2009, str. 5241-5262.
5. Sukiennik K.: *Mapy potencjału słonecznego — ekomoda czy energetyczna szansa?*, ArcanaGIS Magazyn dla użytkowników oprogramowania ESRI, 6, 2013, str. 36-40.
6. Freitas S., i in.: *Modelling solar potential in the urban environment: State-of-the-art review*. Renewable & Sustainable Energy Reviews Articles. Volume 41, 2015.
7. Witkowska A., Bielecka E.: *Wykorzystanie danych z lotniczego skaningu laserowego do analizy nachylenia i ekspozycji dachów*

w celu montażu kolektorów słonecznych. Biuletyn WAT Vol. LXIII, Nr 2, 2014, Warszawa, 2014.

8. Pietras M.: *Moduł r.sun – wykorzystanie do obliczania wydajności kolektorów słonecznych* [w:] Analizy przestrzenne z wykorzystaniem GRASS, Rozprawy Naukowe Uniwersytetu Wrocławskiego, nr 15/2011, str. 25-33.
9. Luković, J. B., i in.: *High Resolution Grid of Potential Incoming Solar for Serbia*. Thermal Science: Year ,Belgrad 2015, Vol. 19, Suppl. 2, str. 427-S435.
10. Wężyk P. (Ed.): *Podręcznik dla uczestników szkoleń z wykorzystania produktów LiDAR*. Warszawa, 2014.
11. www.codgik.gov.pl, [dostęp: 12.02.2016r.]
12. www.isok.gov.pl, [dostęp: 12.02.2016r.]
13. www.szkolenialidar.gugik.gov.pl/szkolenia/materialy-szkoleniowe/karty-zastosowan, [dostęp: 12.02.2016r.]
14. Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne (Dz.U. 1989 Nr 30 poz. 163).
15. Olaya V.: *A gentle introduction to SAGA GIS Edition 1.1*, www.saga-gis.org [dostęp: 12.02.2016r.]
16. Gaździcki J.: *Systemy informacji przestrzennej, Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych im. Eugeniusza Romera*, Warszawa-Wrocław, 1990.
17. Longley A. i in.: *GIS Teoria i praktyka*, PWN, Warszawa, 2008.
18. Izdebski W.: *Wykłady z przedmiotu SIT*, www.izdebski.edu.pl, [dostęp: 12.02.2016r.]

19. Hejmanowska B. i in.: *Zagadnienie jakości numerycznych modeli terenu*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 18. Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii, 2008.