

**ZESZYTY NAUKOWE
UNIwersYTETU ZIELONOGÓRSKIEGO
NR 150**

INŻYNIERIA ŚRODOWISKA – 30

ZIELONA GÓRA • 2013

REDAKCJA ZESZYTU NAUKOWEGO:

dr hab. inż. Andrzej Greinert, prof. nadzw. (*Redaktor Naczelny*)

Redaktorzy tematyczni:

prof. dr hab. inż. Andrzej Jędrzak

dr hab. Urszula Kołodziejczyk, prof. nadzw.

dr hab. Zofia Sadecka, prof. nadzw.

dr hab. Marlena Piontek, prof. nadzw.

dr hab. Zygmunt Lipnicki, prof. nadzw.

RADA WYDAWNICZA:

dr hab. inż. Andrzej Pieczyński, prof. UZ (*Przewodniczący*),

mgr Ryszard Błażyński (*Sekretarz*),

Członkowie: prof. dr hab. inż. Marian Adamski, prof. dr hab. Beata Ga-

bryś, prof. dr hab. Marian Nowak, dr hab. inż. Michał Drab, prof. UZ,

dr hab. inż. Van Cao Long, prof. UZ, dr hab. inż. Anna Walicka, prof.

UZ, dr hab. inż. Krzysztof Witkowski, prof. UZ, dr hab. Bohdan Hal-

czak, prof. UZ, dr hab. Zdzisław Wołk, prof. UZ, dr Rafał Ciesielski

Wydano za zgodą J.M. Rektora Uniwersytetu Zielonogórskiego

ISSN 1895-7323

Skład komputerowy: dr hab. inż. Andrzej Greinert, prof. nadzw.

SPIS TREŚCI

Barbara Szala, Piotr Turek, Anna Jeleń, Tomasz Bajda – Synteza i właściwości sorpcyjne organo-zeolitów	5
Marcin Pietrzykowski, Martyna Śliwińska, Wojciech Krzaklewski, Bartłomiej Woś – Park zakonu oo. Kamilianów w Tarnowskich Górach jako przykład zagospodarowania obiektu po historycznym górnictwie galeno-galmanowym	13
Zofia Sadecka, Sylwia Myszograj, Monika Suchowska-Kisielewicz, Aleksandra Sieciechowicz – Substraty do procesu ko-fermentacji	23
Krzysztof Otremba, Mirosława Gilewska – Skład mineralogiczny gruntów pogórnich i gleb rozwijających się z tego materiału macierzystego	34
Fruzińska Róża, Kostecki Jakub, Kowalska Kamila, Kołodziejczyk Mariusz, Strycki Oswald – Analiza lokali mieszkalnych pod względem dostępności do mediów. Część 1 – dostęp do wodociągów w gminie Gubin	43
Grzegorz Gabryś, Leszek Jerzak, Beata Gabryś – Lubuska przyroda – warta zachodu?	54
Sylwia Myszograj, Zofia Sadecka, Monika Suchowska-Kisielewicz – Aspekty prawne i technologiczne współpalania osadów ściekowych	65
Bartłomiej Macherzyński, Maria Włodarczyk-Makuła, Agnieszka Turek, Anna Nowacka – Ocena możliwości ko-fermentacji osadów koksowniczych i komunalnych	79
Urszula Kołodziejczyk, Wiktor Kołodziejczyk, Lech Kuroczycki, Beata Rudnicka – Koncepcja zagospodarowania wód opadowych w miejscowości rozłogi k. Świebodzina	92
Wojciech Naworyta – Analiza możliwości kompleksowego zagospodarowania zasobów złoża węgla brunatnego gubin, kopalin towarzyszących oraz odpadowych surowców mineralnych	112
Sławomir Łotysz – Cmentarzysko okrętów cennym obiektem przyrodniczym	124
Sławomir Łotysz – Zielone molo. Rewitalizacja dawnego nabrzeża portowego na park miejski	134
Marta Skiba – Kształtowanie obrazu miasta. Rola prawa i mechanizmów ekonomicznych	143

**BARBARA SZALA, PIOTR TUREK,
ANNA JELEN, TOMASZ BAJDA***

SYNTEZA I WŁAŚCIWOŚCI SORPCYJNE ORGANO-ZEOLITÓW

Streszczenie

Wykorzystanie czwartorzędowych soli amoniowych do modyfikacji powierzchni zeolitów naturalnych i syntetycznych doprowadziło do powstania materiału o lepszych właściwościach sorpcyjnych. Celem badań było porównanie właściwości sorpcyjnych otrzymanych organo-zeolitów naturalnych i syntetycznych na przykładzie usuwania związków chromu z roztworów.

Słowa kluczowe: sorpcja, surfaktant, chromiany, HDTMA

WSTĘP

Zeolity to mikroporowate minerały glinokrzemianowe, charakteryzujące się strukturą kanalikową połączonych między sobą tetraedrów SiO_4 i AlO_4 . Prezentują specyficzne właściwości, takie jak dobrze rozwinięta powierzchnia właściwa, wysoka pojemność sorpcyjna, duża zdolność jonowymienna czy odporność na działanie kwasów i wysokiej temperatury. Zdolność do selektywnego adsorbowania powoduje stosowanie zeolitów w reakcjach ze związkami organicznymi, jako membrany czy też sita molekularne w usuwaniu tlenków azotu [Kokotailo i Fyfe 1989, Ackley i in. 2003].

Ze względu na duże zapotrzebowanie przemysłu na zeolity zostały opracowane metody otrzymywania materiału syntetycznego. Zeolity syntetyzowane z popiołów lotnych stanowią atrakcyjny materiał ze względu na ich dobre właściwości jonowymienne. Wiele badań wskazuje, iż ze względu na charakter sorpcyjno-jonowymienny zeolity mogą być wykorzystywane do usuwania metali z roztworów wodnych [Bowman 2003, Bajda i in. 2004, Yusof i Małek 2009].

* Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Sorpcja związków chromu(VI) na zeolitach jest niska, gdyż proces ten zachodzi tylko na zewnętrznej powierzchni krystalitów. W celu zwiększenia powinowactwa powierzchni zeolitu w stosunku do naładowanych ujemnie anionów stosuje się wymianę naturalnych kationów Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ występujących na pozycjach jonowymiennych na kationy organiczne, pochodzące z czwartorzędowych soli amoniowych takich, jak na przykład bromek heksadecylotrimetyloamoniowy (HDTMA).

Przykładowa cząsteczka HDTMA składa się z dodatnio naładowanej głowy z azotem w centralnej części. Azot tworzy cztery wiązania z podstawnikami węglowodorowymi, a ich długość odgrywa istotną rolę przy modyfikacji. W roztworze wodnym surfaktant, będący solą amoniową hydrolizuje na kation organiczny i anion nieorganiczny, który neutralizuje dodatni ładunek na atomie azotu. Kationy występują w postaci monomerów, lecz gdy stężenie surfaktantu jest wyższe od krytycznego stężenia micelnego (CMC ang. critical micelle concentration), molekuły czwartorzędowych soli amoniowych, wskutek oddziaływań hydrofobowych między łańcuchami alifatycznymi formują się w micelle (Li i in. 2003). Surfactant powoduje zmianę ładunku elektrycznego występującego na powierzchni zeolitu z ujemnego na dodatni, nie powodując przy tym całkowitego zaniku ładunku ujemnego. Molekuła HDTMA jest za duża, aby wnikać w głąb kanałów zeolitów (4,5-7 Å), dlatego też zmiany ładunku elektrostatycznego obejmują tylko jego powierzchnię [Li i in. 2003; Bajda i Kłapyta 2006].

W badaniach porównane zostały właściwości sorpcyjne orango-zeolitów naturalnych i syntetycznych, na przykładzie sorpcji związków chromu(VI) z roztworów wodnych.

METODYKA BADAŃ

W eksperymentach zostały wykorzystane zeolity naturalne oraz syntetyzowane z popiołów lotnych po spalaniu węgla kamiennego. Zeolit naturalny pochodzi z dolnoeuropejskich iłowców z Dylągówki, z polskich Zewnętrznych Karpat Fliszowych. Wydzielony z surowej skały koncentrat zeolitowy składa się w 95% z klinoptilolitu zamkniętego w koszyczkach radiolarii zbudowanych z CT-opalu i w 5% z kwarcu (Manecki 1999). Koncentrat tworzy frakcja <0,025 mm wyseparowana metodą grawitacyjnej separacji przy użyciu mieszadła mechanicznego. Pojemność kationowymienna (CEC) wydzielonego koncentratu klinoptilolitowego wynosi 97 meq/100 g (Franus i in. 2000). Zewnętrzna pojemność kationowymienna (ECEC) wynosi 16,0 meq/100 g [Bajda i Kłapyta 2006].

Zeolit syntetyczny powstał z popiołu lotnego klasy F (glinianowo-krzemianowy), o składzie z dominującą zawartością (% wag.) SiO_2 (52,12), Al_2O_3 (32,19), Fe_2O_3 (5,17). Do jego otrzymania zastosowano syntezę hydro-

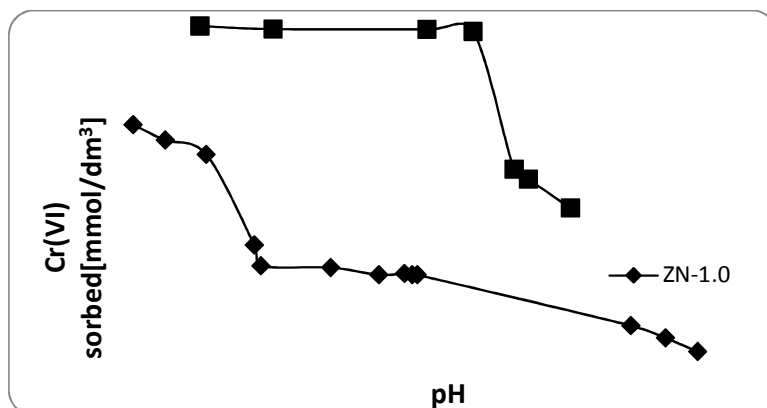
termalną przy zastosowaniu następujących warunków procesu: 20 g popiołu lotnego zalewano 400 ml 3 M roztworu NaOH. Synteza prowadzona była przez 24 h w temperaturze 75°C (Franus 2010). Następnie zeolit kilkakrotnie przepłukiwano wodą destylowaną w celu odmycia nadmiaru NaOH [Derkowski i in. 2006]. Otrzymany zeolit Na-X charakteryzuje się dużą średnicą kanałów 0,74 nm i wysoką zawartością sodu. Wyznaczona zewnętrzna pojemność kationowymienna zeolitu wynosi 26.1 meq/100 g.

Do syntezy organo-zeolitów zastosowano HDTMA-Br w ilości pojedynczej (1,0 ECEC) i dwukrotnej (2,0 ECEC) pojemności kationowymiennej zeolitów. Zlewkę z 60 g próbki zeolitów ogrzewano na płycie grzejnej do temperatury 80°C, jednocześnie mieszając na mieszadle magnetycznym. W drugiej zlewce przygotowano roztwór HDTMA-Br – do 7,8 g surfaktantu dodano 1000 ml wody redestylowanej oraz podgrzano w celu rozpuszczenia. Przygotowany roztwór HDTMA-Br reagowano z zeolitami, podgrzewając zawiesinę przez 6 godzin i jednocześnie mieszając na mieszadle magnetycznym. Otrzymaną zawiesinę organo-zeolitów umieszczono na łaźni wodnej i odparowywano przez kilka dni do uzyskania suchego materiału. Powyższa metoda modyfikacji dotyczyła zarówno zeolitu naturalnego jak i syntetycznego.

Efektywność sorpcji chromianów na otrzymanych organo-zeolitach określono w funkcji pH (1,3-10), stężenia Cr(VI) (0,05-20 mmol/dm³) dla proporcji sorbent/roztwór równej 20g/dm³. Organo-zeolity traktowano roztworem zawierającym jony CrO₄²⁻, których źródłem był chromian potasu K₂CrO₄ o klasie czystości cz.d.a. 100 mg organo-zeolitu umieszczono w probówce i zalano 5 cm³ roztworu Cr(VI). Do korygowania wartości pH użyto 1 M HCl lub 1 M KOH. Mieszanie wytrząsano przez 24 godziny w temperaturze 25°C, a następnie odwirowano. Stężenie Cr(VI) w roztworze oznaczono spektrofotometrycznie z dwufenylokarbazydem [APHA 1992].

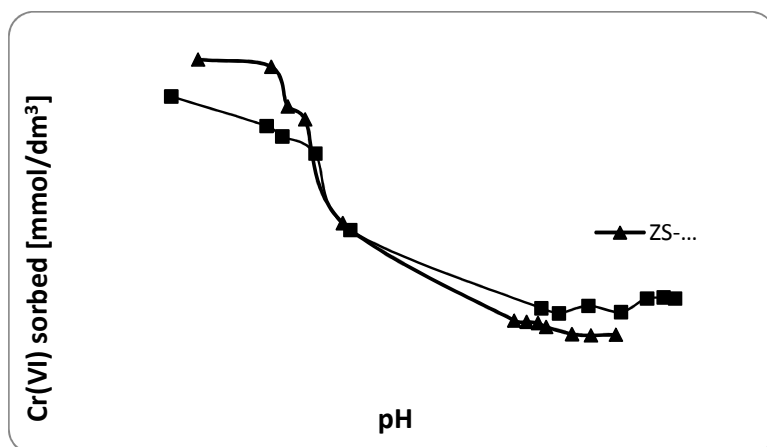
WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone eksperymenty wykazały, że ilość usuwanego Cr(VI) przez modyfikowane organicznie zeolity naturalne jest wysoka przy niskich wartościach pH (rys. 1). Sorpcja chromianów jest znacznie wyższa na organo-zeolitach modyfikowanych HDTMA w ilości 2,0 ECEC, niż 1,0 ECEC. Dla organo-zeolitu 2,0 ECEC maksymalna wartość sorpcji 93 mmol/kg uzyskano przy pH w zakresie od 2,3 do 6,5. Powyżej pH 6,5 wielkość sorpcji drastycznie spada. Dla organo-zeolitu modyfikowanego pojedynczą pojemnością kationowymienną sorpcja jest znacznie niższa, a jej maksymalna wartość przy modyfikacji 2,0 ECEC wyniosła 67 mmol/kg. Największa efektywność usuwania Cr(VI) obserwowana jest przy niskim pH od 1.3 do 2.5.



Rys. 1. Sorpcja Cr(VI) na organo-zeolitach naturalnych (ZN) w funkcji pH dla 1,0 ECEC i 2,0 ECEC

Fig. 1. Sorption of Cr(VI) as a function of pH on the natural organo-zeolites (ZN) obtained using a 1.0 and 2.0 ECEC



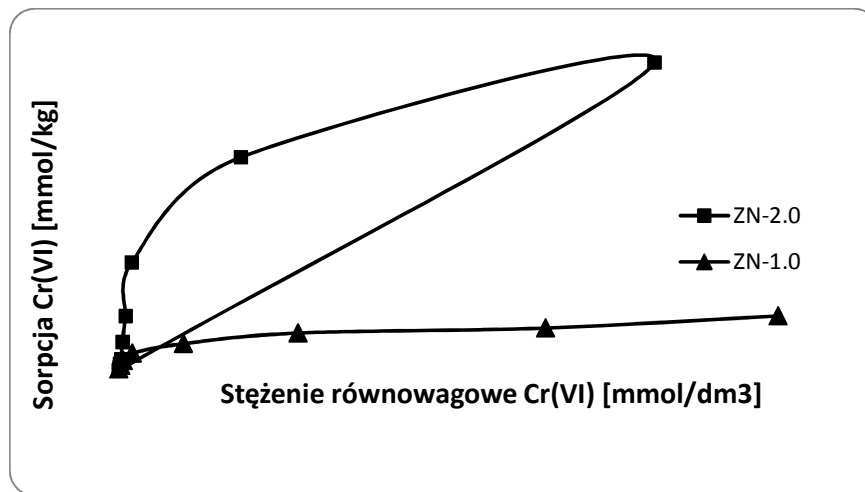
Rys. 2. Sorpcja Cr(VI) na organo-zeolitach syntetycznych (ZS) w funkcji pH. Modyfikacja HDTMA w ilości 1,0 ECEC i 2,0 ECEC

Fig. 2. Sorption of Cr(VI) as a function of pH on the synthetic organo-zeolites obtained using a 1.0 and 2.0 ECEC

Modyfikowane organicznie zeolity syntetyczne charakteryzują się lepszymi właściwościami sorpcyjnymi względem związków Cr(VI), niż modyfikowane zeolity naturalne (rys. 2). Przy pH 6 efektywność sorpcji jest najlepsza i osiąga

wartość 157 mmol/kg dla wersji 2,0 ECEC. Powyżej pH 7 wielkość sorpcji gwałtownie maleje.

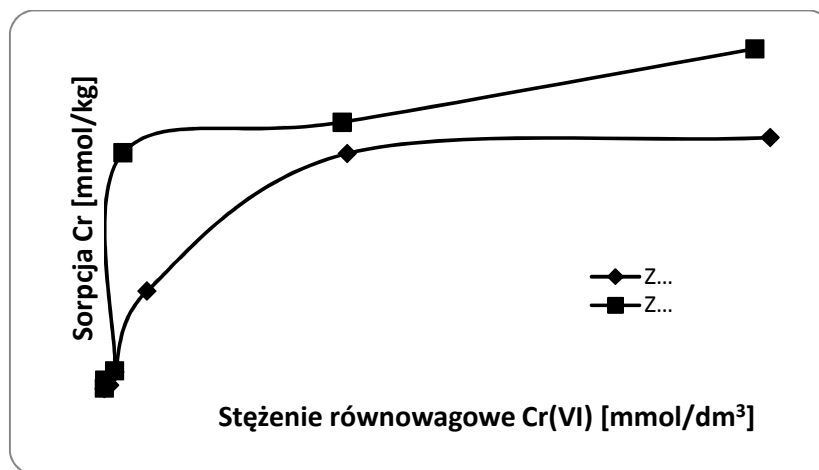
Sorpcja Cr(VI) na organo-zeolitach naturalnych jest znacznie lepsza przy modyfikacji HDTMA w ilości dwukrotnej pojemności kationowymiennej ECEC, niż pojedynczej (rys. 3). Dla modyfikacji 1,0 ECEC sorpcja Cr(VI) wynosi 46,4 mmol/kg natomiast dla zeolitów modyfikowanych w ilości 2,0 ECEC 262,1 mmol/kg. ZN-2,0 sorbuje więc 5,5 razy więcej chromu Cr(VI) niż ZN-1,0.



Rys. 3. Sorpcja Cr(VI) na organo zeolitach naturalnych (ZN) przy stałym pH 6, 1,0 ECEC i 2,0 ECEC

Fig. 3. Sorption of Cr(VI) at constant pH on natural organo-zeolites (ZN) obtained using 1.0 and 2.0 ECEC

Wartości sorpcji chromu Cr(VI) dla organo-zeolitów syntetycznych 1,0 ECEC i 2,0 ECEC przy porównywalnym stężeniu równowagowym (odpowiednio: 20,7 i 20,2 mmol/dm³) wyniosły: 68,8 i 92,6 mmol/kg (rys. 4). Modyfikacja HDTMA w ilości 2,0 ECEC prowadzi do uzyskania materiału o lepszych właściwościach sorpcyjnych, jednak różnice sorpcji nie są już tak duże, jak w przypadku zeolitu naturalnego.



Rys. 4. Sorpcja Cr(VI) na organo-zeolitach syntetycznych (ZS) przy stałym pH, 1,0 ECEC i 2,0 ECEC

Fig.4. Sorption of Cr(VI) at constant pH on synthetic organo-zeolites (ZS) obtained using 1.0 and 2.0 ECEC

Wyznaczony został stosunek molowy chrom/HDTMA, obliczony jako maksymalna ilość zaadsorbowanego Cr(VI) na organo-zeolicie zmodyfikowanym odpowiednią ilością HDTMA (tab. 1). Niższe wartości, 0,29 i 0,38 zanotowano dla organo-zeolitów naturalnych i syntetycznych modyfikowanych w ilości 1,0 ECEC. Wyższy stosunek, 0,82 i 0,56 stwierdzono dla zeolitów modyfikowanych w ilości 2,0 ECEC.

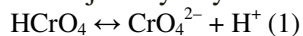
Tab. 1. Stosunek molowy zaabsorbowanego chromu Cr(VI) do HDTMA.

Tab. 1. The molar ratio of absorbed chromium Cr (VI) to HDTMA.

Materiał	Stosunek molowy chrom/HDTMA	
	1,0 ECEC	2,0 ECEC
Zeolit naturalny	0,29	0,82
Zeolit syntetyczny	0,38	0,56

Różnice wynikają z różnej postaci jonowej chromu Cr(VI) w zależności od pH. Przy pH powyżej 6 dominującymi jonami są aniony CrO_4^{2-} (1) natomiast pomiędzy wartościami pH 1 i 6 dominuje anion HCrO_4^- (2). Maksymalne wartości sorpcji dla organo-zeolitów 1,0 ECEC zaobserwowano przy pH 1-2, gdzie dominującą postacią chromianów są jony CrO_4^{2-} . Do sorpcji jednego mola CrO_4^{2-} potrzebne są dwa mole HDTMA. Stąd też otrzymany stosunek Cr(VI)/HDTMA nie przekroczy 0,5. Dla modyfikacji 2,0 ECEC wartości mak-

symalne występują przy pH 6-7. W tym zakresie pH dominują jony HCrO_4^- , stąd stosunek Cr(VI)/HDTMA jest wyższy.



WNIOSKI

Organo-zeolit syntetyczny jest lepszym sorbentem związków Cr(VI), niż organo-zeolit naturalny. Wynika to głównie z większej zewnętrznej pojemności kationowymiennej ECEC organo-zeolitu syntetycznego (26,1 meq/100 g), niż organo-zeolitu naturalnego (16,0 meq/100 g). Efektywność sorpcji na zeolicie naturalnym modyfikowanym 1,0 ECEC jest znacznie mniejsza, niż w przypadku modyfikacji 2,0 ECEC. Modyfikacja powierzchni zeolitu syntetycznego przy stosowaniu HDTMA w ilości 1,0 i 2,0 ECEC prowadzi do powstania materiału o podobnych właściwościach sorpcyjnych. Wielkość sorpcji zależy od pH. W zakresie pH poniżej 6 sorpcja Cr(VI) jest największa, niezależnie od rodzaju modyfikatu.

Praca była finansowana z grantu NCBiR nr PBS/A2/7/2012.

LITERATURA

1. ACKLEY M.W., REGE S.U., SAXENA H.; 2003. Application of natural zeolites in the purification and separation of gases. *Microporous and Mesoporous Materials*, Vol. 61, Issues 1-3, 25-42.
2. APHA, 1992: Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, 18th ed.
3. BAJDA T., FRANUS W., MANECKI A., MANECKI M., MOZGAWA W., SIKORA M.; 2004. Sorption of heavy metals on natural zeolite and smectite-zeolite shale from the Polish Flysch Carpathians. *Pol. J. Envir. Stud.*, 13, Suppl. III: 7-10.
4. BAJDA T., KŁAPYTA Z.; 2006. Sorption of chromate by clinoptilolite modified with alkylammonium surfactants. *Mineralogia Polonica*, Vol. 37, No2, 109-115.
5. BOWMAN R.S.; 2003. Applications of surfactant-modified zeolites to environmental remediation. *Micropor. Mesopor. Mater.* 61, 43-56.
6. DERKOWSKI A., FRANUS W., BERAN E., CZÍMEROVÁ A.; 2006. *Powder Technol.* 166/1, 47-54.

7. FRANUS W.; 2010. Materiał zeolitowy typu X otrzymany z popiołu lotnego w wyniku syntezy hydrotermalnej i niskotemperaturowej. *Budownictwo i Architektura*, 7, 25-34.
8. FRANUS W., BAJDA T., MANECKI M.; 2000. Potential use of clinoptilolite-smectite claystones from the Outer Flysh Carpathians (Poland) for remediation. EMU School meeting: Environmental Mineralogy, Budapest, May 18-19, 2000. In: *Acta Miner. Petr. Szeged*, 41, Supl. B, 26.
9. KOKOTAILO G.T., FYFE C.A.; 1989. Perspective: Zeolites; Unique materials for research and industry. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, Vol. 50, 5, 441-447.
10. LI Z., WILLMS C., ROY S., BOWMAN R.S.; 2003. Desorption of hexadecyltrimethylammonium from charged mineral surfaces. *Environmental Geosciences*, Vol. 10, No 1, 37-45.
11. MANECKI A. (red.); 1999. Badania nad opracowaniem technologii przetwarzania krajowych iłowców montmorillonitowo-klinoptilolitowych w produkty mające zastosowanie w przemyśle, rolnictwie oraz w ochronie środowiska. Sprawozdanie końcowe z grantu KBN nr 3T09B05711. Arch. Zakładu Mineralogii, Petrografii i Geochemii AGH.
12. YUSOF A. M., MALEK N.A.N.N.; 2009. Removal of Cr (VI) and As (V) from aqueous solutions by HDTMA- modified zeolite Y. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 162, 2-3, 1019-1024.

SYNTHESIS AND SORPTION PROPERTIES OF ORGANO-ZEOLITES

S u m m a r y

The use of quaternary ammonium salts for modifying the surface of natural and synthetic zeolites, resulted in the formation of a material with better sorption characteristics. The aim of the study was to compare the sorption properties of natural and synthetic organo-zeolites obtained through the removal of chromium compounds from solution.

Key words: sorption, surfactant, chromate, HDTMA

**MARCIN PIETRZYKOWSKI, MARTYNA ŚLIWIŃSKA,
WOJCIECH KRZAKLEWSKI, BARTŁOMIEJ WOŚ***

**PARK ZAKONU OO. KAMILIANÓW W TARNOWSKICH
GÓRACH JAKO PRZYKŁAD ZAGOSPODAROWANIA
OBIEKTU PO HISTORYCZNYM GÓRNICTWIE
GALENO-GALMANOWYM**

Streszczenie

Na terenie Śląska występuje szereg obszarów po historycznym górnictwie galeno-galmanowym. Dobrym sposobem zagospodarowania takich obiektów, szczególnie w obrębie miast, jest zakładanie parków. W pracy przedstawiono analizę składu gatunkowego i stanu sanitarnego drzewostanu na terenie parku OO. Kamilianów w Tarnowskich Górach założonego przed ponad stu laty na terenie starego wyrobiska pogalmanowego. Na terenie obiektu parkowego zinwentaryzowano ogółem 696 drzew, wśród których dominowały: lipa drobnolistna, klon pospolity, kasztanowiec zwyczajny oraz buk zwyczajny i jesion wyniosły. Ogólnie stwierdzono dobry stan zdrowotny zadrzewień, co świadczy o korzystnych warunkach siedliskowych na terenie dawnego obiektu pogórniczego. W celu poprawy estetyki i bezpieczeństwa parku zalecono usunięcie drzew obumierających oraz martwych gałęzi i konarów. W miejsce usuniętych drzew zaproponowano wprowadzenie cienio-wytrzymałych gatunków charakteryzujących się dużymi zdolnościami przystosowawczymi do warunków siedliskowych obszarów dawnego górnictwa galmanowego, takich jak np. buk zwyczajny i klon jawor.

Słowa kluczowe: wyrobiska galeno-galmanowe, założenia parkowe, zieleń wysoka

WSTĘP I CEL PRACY

Największe zasoby cynku i ołowiu w Polsce zlokalizowane są w jej południowej części, w rejonach: olkuskim, chrzanowskim, zawierciańskim, tarnogórskim i bytomskim, z których dwa ostatnie mają charakter historyczny [Greszta i Morawski 1972].

* Katedra Ekologii Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

W rejonie tarnogórskim górnictwo kruszcowe rozwijało się już od końca średniowiecza. Najwcześniej pozyskiwanym surowcem była galena, która w swoim składzie, oprócz wysokiej zawartości ołowiu, zawiera również srebro [Greszta i Morawski 1972]. Wczesne wydobywanie złóż cynkowo-ołowiowych prowadzone było ręcznie. Wskutek płytkiego zalegania złóż i nieznamośności technik odwadniania prowadzono je jedynie do poziomu wód gruntowych. W miarę rozwoju technologii wprowadzano odwadniające sztolnie, umożliwiające pozyskiwanie surowca z głębszych pokładów. Odkrycie cynku stało się powodem do powtórnego wydobywania galmanu i odzysku tego minerału. Zniekształcony już teren przekopywano powtórnie w celu wydobywania wcześniej odrzucanego cynku [Greszta i Morawski 1972; Piechnik, Pietrzykowski 2007]. W wyniku tak prowadzonej eksploatacji powstawały tzw. „warpie”. Obiekty te stanowią bardzo liczne, małe, w kształcie pierścieniowate zwały urobku, gdzie otwór szybu znajdował się wewnątrz pierścienia [Greszta i Morawski 1972; Jędrzejczyk-Korycińska 2009]. Płytkie wydobywanie surowca (tzw. szybikowe) spowodowało charakterystyczne zniekształcenie powierzchni terenu w postaci nieregularnych kopców [Greszta i Morawski 1972].

Gleby terenów historycznego górnictwa galmanowego charakteryzują się obojętnym lub słabo alkalicznym odczynem, wysoką zawartością węglanów oraz znaczną koncentracją pierwiastków śladowych (cynku, ołowiu, kadmu) związanych z pokładami cynku i ołowiu w warstwach triasu, zwłaszcza w dolomitach kruszczośnych i wapieniach, zawierających nawet kilkadziesiąt minerałów skałotwórczych [Greszta i Morawski 1972; Grodzińska i Szarek-Łukaszewska 2002; Pietrzykowski i in. 2011]. Przeważającymi gatunkami drzew na terenach pogalmanowych są: buk zwyczajny, świerk pospolity, brzoza brodawkowata, klon jawor, klon zwyczajny oraz jesion wyniosły. W roślinności zielonej występują głównie rośliny wapniolubne i tzw. galmanowe [Grodzińska i Szarek-Łukaszewska 2002]. Antropogenicznie zmienione gleby warpi mają charakterystyczną czerwono-brunatną barwę, zawierają dużo szkieletu dolomitowego, czasem wapiennego, a niekiedy kruszczośnego [Greszta, Morawski 1972; Piechnik, Pietrzykowski 2007]. Z punktu widzenia klasyfikacji gleby na tych terenach należą do gleb industroziemnych, a z perspektywy zagospodarowania leśnego można prognozować, że powstają na nich siedliska potencjalnie lasowe i odpowiednie głównie dla buka i jawora [Pietrzykowski i inni 2011].

Alternatywnym sposobem zagospodarowania terenów pogórnich, zwłaszcza w obrębie terenów miejskich, jest zakładanie parków. Te swoiste substytuty lasów (aktualnie z ang. nazywane nawet urban forests) odgrywają istotną rolę w aspekcie społecznym, urozmaicają krajobraz i sprzyjają rekreacji lokalnej społeczności. Ponadto spełniają funkcje ochronne poprzez redukcję zanieczyszczenia powietrza (zwłaszcza pyłów) oraz przeciwdziałają wodnej i wietrznej erozji gleby. Ma to szczególne znaczenie zwłaszcza w warunkach szczególnie narażonego na zanieczyszczenia przemysłowe Górnego Śląska.

Przykładem takiego wykorzystania terenów powydobywczych jest park OO. Kamilianów w Tarnowskich Górach, założony około roku 1907 na obszarze dawnego wyrobiska galeno-galmanowego. Zachowane jest w nim specyficzne ukształtowanie mikrorzeźby terenu, z charakterystycznymi zagłębieniami i rozpłaszczonymi kopczykami oraz pozostałościami po obwałowaniach powstałych w wyniku eksploatacji szybikowej i składowania nadkładu urobku.

Celem niniejszej pracy była inwentaryzacja zieleni wysokiej, w tym analiza składu gatunkowego drzewostanu i stanu sanitarnego oraz zdrowotnego zadrzewień na terenie wspomnianego parku w Tarnowskich Górach. Dodatkowo w pracy wskazano ewentualne kierunki postępowania w zakresie ochrony i konserwacji zieleni.

OPIS TERENU OBJĘTEGO INWENTARYZACJĄ

Teren parku objęty inwentaryzacją usytuowany jest w południowo-wschodniej części Tarnowskich Gór przy obiekcie szpitalno-klasztornym OO. Kamilianów. Administracyjnie należy do województwa śląskiego i powiatu tarnogórskiego. Według regionalizacji przyrodniczo-leśnej położony jest w V krainie Śląskiej na pograniczu mezoregionów Niziny i Wyżyny Śląskiej [Trampler i in. 1990]. Rejon charakteryzuje się długim okresem wegetacyjnym, łagodnymi zimami i ciepłymi latami. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi od 8,4°C do 9,2°C, a średnia suma opadów waha się od 508 mm do 843 mm [Siedliskowe Podstawy Hodowli Lasu 2003]. W strefie gminy Tarnowskie Góry dominują wiatry z kierunków północno – zachodnich oraz południowo – zachodnich [Program ochrony środowiska gminy Tarnowskie Góry... 2012].

METODYKA

Na obszarze obiektu zinwentaryzowano i spozycjonowano domiarami prostokątnymi wszystkie drzewa, następnie określono ich współrzędne (położenie), gatunek oraz pierśnicę ($d_{1,3}$) i wysokość (h). Skład gatunkowy drzewostanu zestawiono według liczby oraz miąższości drzew. Miąższość drzew obliczono z wykorzystaniem wzoru Denzina [Bruchwald 1999]. Jest to sposób mało dokładny, gdyż do obliczeń wykorzystuje jedynie pierśnicę drzewa i uzyskujemy wynik przybliżony. Jednak do oszacowania składu gatunkowego zadrzewienia parkowego metoda ta jest wystarczająca, a dodatkowo przy takim zróżnicowaniu gatunkowym trudno wykorzystać istniejące tablice miąższości drzew stojących wykorzystywane w leśnictwie dla gatunków lasotwórczych.

Dodatkowo określono stan zdrowotny drzew na podstawie zaproponowanej (umownej) 4-stopniowej skali:

stopień 1 – drzewa zdrowe, bez widocznych uszkodzeń i wad;
stopień 2 – drzewa z niewielkimi ubytkami powierzchniowymi lub wgłębnymi, z drobnym posuszem gałęziowym bądź pojedynczą obecnością jemoły czy pojedynczym występowaniem owocników grzybów, a także drzewa pochylone;
stopień 3 – drzewa z licznymi, rozległymi ubytkami wgłębnymi, z grubym posuszem gałęziowym (>50%);
stopień 4 – drzewa obumarłe lub zamierające.

WYNIKI I DISKUSJA

W omawianym obiekcie parkowym zinwentaryzowano ogółem 696 drzew, w tym 597 drzew przekraczających próg pierśnicowania, przyjęty w leśnictwie dla grubizny ($d_{1,3} < 7$ cm) (rys. 1). Drzewa należały do 26 gatunków. Głównym ciągiem komunikacyjnym parku jest aleja lipowa złożona z lip drobnolistnych o średnich wymiarach pierśnicy $d_{1,3}$ 47 cm, rosnących wzdłuż drogi dwoma równymi rzędami. Przy pozostałych ścieżkach rozmieszczenie drzew sprawia wrażenie przypadkowego, rosną przy nich drzewa stare, okazałych rozmiarów, głównie buki zwyczajne, jesiony wyniosłe, kasztanowce zwyczajne. W głębi parku znajdują się młodsze nasadzenia, przede wszystkim robinii akacjowej (rys. 1).

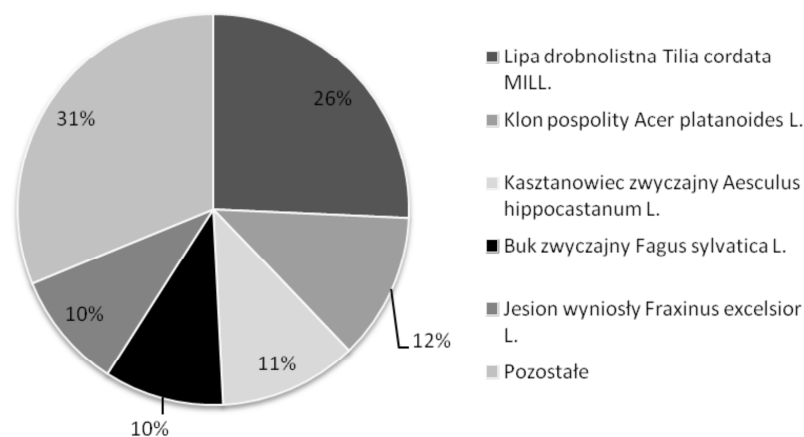
W analizowanym założeniu parkowym dominującym gatunkiem jest lipa drobnolistna, zarówno pod względem miąższości (26%) jak i liczby drzew (21%) (rys. 3). Analizując skład gatunkowy na podstawie miąższości stwierdzono, że znaczny udział posiadają również klon pospolity (12%), kasztanowiec zwyczajny (11%), buk zwyczajny (10%) i jesion wyniosły (10%), natomiast pod względem liczby drzew: robinia akacjowa (16%) i klon pospolity (13%).

Większość zinwentaryzowanych drzew to drzewa zdrowe, bez widocznych oznak chorobowych czy wad (stopień 1. w skali oceny stanu zdrowotnego). Ze względu na stan zdrowotny ponad 4% liczby drzew wymaga cięć pielęgnacyjnych, są to głównie drzewa w 2. lub 3. stopniu zdrowotności, z martwymi lub nadłamanymi konarami, wymagającymi usunięcia. Do wycinki zakwalifikowano 23 sztuki, czyli około 4% liczby drzew, wszystkie z nich obumarłe lub zamierające (stopień 4.). Przeznaczone do wycinki drzewa to głównie topole kanadyjskie (6 szt.), świerki pospolite (5 szt.) czy brzozy brodawkowate (4 szt.). W miejsce usuniętych drzew należy dokonać uzupełnień, również ze względu na potrzebę zachowania odpowiedniego zwarcia oraz estetyki obiektu. Ze względu na zasobność gleb rozwijających się na warpiach w wapń i węglany najlepszymi gatunkami rodzimymi do wprowadzenia będą buk zwyczajny oraz klon jawor [Greszta i Morawski 1972; Pietrzykowski i in. 2011]. Gatunki te są dodatkowo cienioznośne, co ma znaczenie przy wprowadzaniu nasadzeń uzupełniających pod okap drzew starszych.



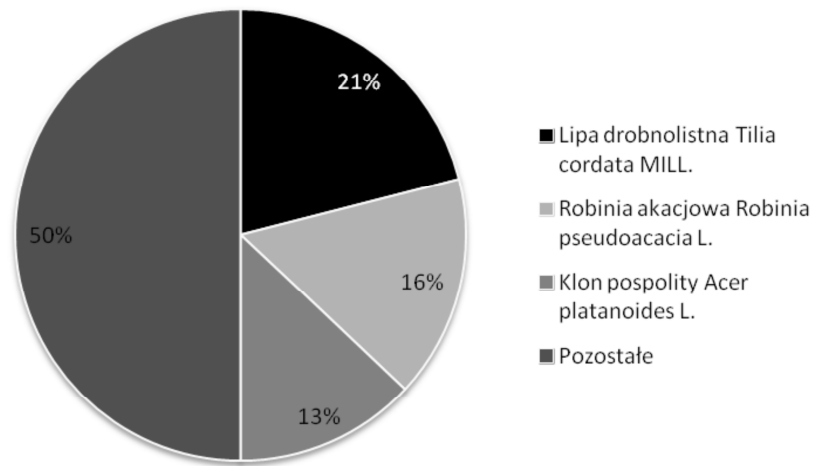
Rys. 1. Schemat rozmieszczenia drzew na inwentaryzowanym obszarze parku
Zakonu OO. Kamilianów w Tarnowskich Górach

Fig. 1. Location of trees at the Camilian Monastery park in Tarnowskie Góry



Ryc. 2. Udział według miąższości [m^3] poszczególnych gatunków drzew (w kategorii pozostałe ujęto poszczególne gatunki o udziale nie przekraczającym 6%): *Tilia platyphyllos*, *Robinia pseudoacacia*, *Picea abies*, *Betula pendula*, *Acer pseudoplatanus*, *Populus x canadensis*, *Carpinus betulus*, *Quercus rubra*, *Acer saccharinum*, *Quercus petraea*, *Picea pungens*, *Acer negundo*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Quercus robur*, *Betula pubescens*, *Larix decidua*, *Crataegus* sp., *Salix caprea*, *Populus tremula*, *Acer campestre*, *Sorbus torminalis*)

Fig. 2. Participation of different species of trees (in the category of other species recognized individual participation not exceeding 6%) by volume [m^3]: *Tilia platyphyllos*, *Robinia pseudoacacia*, *Picea abies*, *Betula pendula*, *Acer pseudoplatanus*, *Populus x canadensis*, *Carpinus betulus*, *Quercus rubra*, *Acer saccharinum*, *Quercus petraea*, *Picea pungens*, *Acer negundo*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Quercus robur*, *Betula pubescens*, *Larix decidua*, *Crataegus* sp., *Salix caprea*, *Populus tremula*, *Acer campestre*, *Sorbus torminalis*)



Rys. 3. Udział według liczby poszczególnych gatunków drzew (w kategorii pozostałe ujęto poszczególne gatunki o udziale nie przekraczającym 7%: *Picea abies*, *Aesculus hippocastanum*, *Fraxinus excelsior*, *Fagus sylvatica*, *Tilia platyphyllos*, *Betula pendula*, *Carpinus betulus*, *Acer pseudoplatanus*, *Populus x canadensis*, *Quercus rubra*, *Picea pungens*, *Populus tremula*, *Quercus petraea*, *Crataegus* sp., *Salix caprea*, *Betula pubescens*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Acer negundo*, *Larix decidua*, *Quercus robur*, *Sorbus torminalis*, *Acer campestre*, *Acer saccharinum*)

Fig. 3 Participation of different species of trees (in the category of other species recognized each share not exceeding 7%) by the number: *Picea abies*, *Aesculus hippocastanum*, *Fraxinus excelsior*, *Fagus sylvatica*, *Tilia platyphyllos*, *Betula pendula*, *Carpinus betulus*, *Acer pseudoplatanus*, *Populus x canadensis*, *Quercus rubra*, *Picea pungens*, *Populus tremula*, *Quercus petraea*, *Crataegus* sp., *Salix caprea*, *Betula pubescens*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Acer negundo*, *Larix decidua*, *Quercus robur*, *Sorbus torminalis*, *Acer campestre*, *Acer saccharinum*)

Tab. 1. Średnia pierśnica, wysokość i stan zdrowotny dominujących gatunków drzew na obszarze parku Zakonu OO. Kamilianów w Tarnowskich Górach

Tab. 1 Diameter at breast height, height and health condition of the dominant tree species at the Camilian Monastery park in Tarnowskie Góry

Lp.	Gatunek	Liczba [szt.]	Pierśnica ($d_{1,3}$) [cm]	Wysokość (h) [m]	Stan zdrowotny [%]
	Lipa drobnolistna <i>Tilia cordata</i> MILL.	128	45 (8 - 95)	21 (4,5 - 29)	1 - 84 2 - 13 3 - 2 4 - 1
	Robinia akacjowa <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	94	21 (7 - 73)	13 (3,5 - 30)	1 - 84 2 - 11 3 - 4 4 - 1
3	Klon pospolity <i>Acer platanoides</i> L.	75	34 (7 - 106)	18 (5 - 29)	1 - 76 2 - 16 3 - 7 4 - 1
4	Świerk pospolity <i>Picea abies</i> (L.) H. KARST.	46	30 (17 - 48)	22 (16 - 28)	1 - 61 2 - 24 3 - 2 4 - 13
5	Kasztanowiec zwyczajny <i>Aesculus hippocastanum</i> L.	43	54 (16,5 - 130)	20 (7 - 26)	1 - 30 2 - 44 3 - 21 4 - 5
6	Jesion wyniosły <i>Fraxinus excelsior</i> L.	42	47 (7 - 111)	20 (5,5 - 27)	1 - 76 2 - 22 3 - 2
7	Buk zwyczajny <i>Fagus sylvatica</i> L.	38	52 (10,5 - 96)	25 (9 - 32)	1 - 81 2 - 16 3 - 3
8	Lipa szerokolistna <i>Tilia platyphyllos</i> SCOP.	38	37 (7 - 83)	15 (3 - 28)	1 - 89 2 - 8 3 - 3
9	Pozostałe*	93	40 (7 - 86)	18 (3 - 27)	1 - 48 2 - 24 3 - 14 4 - 14

* w kategorii pozostałe ujęto: *Betula pendula*, *Carpinus betulus*, *Acer pseudoplatanus*, *Populus x canadensis*, *Quercus rubra*, *Picea pungens*, *Populus tremula*, *Quercus petraea*, *Crataegus* sp., *Salix caprea*, *Betula pubescens*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Acer negundo*, *Larix decidua*, *Quercus robur*, *Sorbus torminalis*, *Acer campestre*, *Acer saccharinum*

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Ogólny stan zdrowotny drzew w inwentaryzowanym parku można uznać za zadowalający. Świadczy to o dobrych warunkach siedliskowych na obszarze warpi, jednak w aktualnym stanie i w najbliższej przyszłości park wymaga konserwacji. Kierunek zadrzewieniowy i parkowy, obok leśnego, jest bardzo korzystną formą zagospodarowania obiektów po historycznym górnictwie galenogalmanowym.

Na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji i oceny stanu obiektu parkowego można sformułować następujące zalecenia:

- ze względu na istniejące zagrożenie oraz w celu poprawy ogólnego wyglądu i estetyki parku należy usunąć drzewa zamierające lub obumarłe (23 sztuki), a także gałęzie i konary martwe lub nadłamane (w przypadku 24 drzew);
- w miejsce usuniętych drzew wprowadzić nowe egzemplarze sprawdzające się na glebach pogalmanowych oraz wykazujące tolerancję względem ocienienia (np.: buk zwyczajny, klon jawor), najlepiej zastosować materiał zadrzewieniowy starszy, z zakrytym systemem korzeniowym.

LITERATURA

1. BRUCHWALD, A.; 1999. Dendrometria. Wyd. SGGW.
2. GRESZTA, J.; MORAWSKI, S.; 1972. Rekultywacja nieużytków przemysłowych. Wyd. PWRiL.
3. GRODZIŃSKA, K.; SZAREK-ŁAKASZEWSKA, G.; 2002. Hałdy cynkowo – ołowiowe w okolicach Olkusza – przeszłość, teraźniejszość i przyszłość. Kosmos, problemy nauk biologicznych, 55(2), 127 – 138.
4. JĘDRZEJCZYK-KORYCIŃSKA, J.; 2009. Obszary dawnej eksploatacji złóż cynkowo – ołowiowych – ich bogactwo florystyczne a możliwości ochrony. Problemy Ekologii Krajobrazu, T. XXIV, 71 – 80.
5. PASIECZNA, A.; 2008. Wpływ przemysłu na środowisko przyrodnicze regionu śląsko – krakowskiego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, T. 24, 2/2, 67 – 82.
6. PIECHNIK, Ł.; PIETRZYKOWSKI, M.; 2007. Charakterystyka przyrodnicza i przykłady zagospodarowania obiektów po starym górnictwie galenogalmanowym w rejonie chrzanowsko-trzebińskim. Kopaliny, 1/2007 (66): 13 – 16.
7. PIETRZYKOWSKI, M.; KRZAKLEWSKI, W.; PIECHNIK, Ł.; 2011. Charakterystyka gleb na zalesionych obiektach starego górnictwa galmanowego. Roczniki Gleboznawcze, T. LXII, nr 2, 325 – 334.
8. Program ochrony środowiska gminy Tarnowskie Góry na lata 2012 - 2015 z perspektywą na lata 2016-2019; 2012. Weronia sp. z o. o. Tychy.

9. SIEDLISKOWE PODSTAWY HODOWLI LASU; 2003. Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe.
10. TRAMPLER, T.; KLICZKOWSKA, A.; DMYTERKO, E.; SIERPIŃSKA, A.; 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. Wyd. PWRiL.
11. WŁOCZEWSKI, T.; 1968. Ogólna hodowla lasu. Wyd. PWRiL.
12. ZAJĄCZKOWSKI, K.; 2005. Regionalizacja potrzeb zadrzewieniowych w Polsce. Prace IBL.

PARK AT THE CAMILIAN MONASTERY IN TARNOWSKIE GÓRY FACILITY AS AN EXAMPLE OF THE HISTORICAL POST-CALAMINE MINING SITES MANAGEMENT

S u m m a r y

There are a lot of areas after historic calamine mining in the Upper Silesia region. A good way to manage such facilities, particularly in the cities, is the establishment of green area and parks. The paper presents analysis of the tree species composition and the sanitary condition of stands in park at the area of Camilian Monastery in Tarnowskie Góry. There were inventoried total 696 trees, among which: linden, maple, horse chestnut, beech and ash. It was noted a good state of health of trees, versus the good habitat conditions in the post-calamine mining sites. In order to improve the aesthetics and safety of the park there was recommended the removal of dying trees and dead branches. In place from the removed trees there was proposed to introduce high adaptability species to habitat conditions of the post-calamine mining sites, such as beech and sycamore maple.

Key words: post-calamine mining sites, inventorization, park

**ZOFIA SADECKA, SYLWIA MYSZOGRAJ,
MONIKA SUCHOWSKA-KISIELEWICZ,
ALEKSANDRA SIECIECHOWICZ***

SUBSTRATY DO PROCESU KO-FERMENTACJI

Streszczenie

Zintegrowany proces przeróbki osadów ściekowych i odpadów może być realizowany w procesach ko-fermentacji. Takie rozwiązania umożliwiają nie tylko lepsze wykorzystanie dostępnej pojemności istniejących komór fermentacyjnych, ale również, ze względu na odpowiedni dobór substratów, zwiększają produkcję biogazu z równoległym rozwiązaniem gospodarki odpadami w gminach.

Słowa kluczowe: ko-fermentacja metanowa, osady ściekowe, odpady, biogaz

WPROWADZENIE

Obok powszechnie stosowanej fermentacji metanowej osadów ściekowych, coraz większego znaczenia nabierają metody biologicznego, beztlenowego przetworzenia wielu rodzajów odpadów organicznych, zarówno stałych, jak i ciekłych [Jędrzak 2008]. Wspólna fermentacja dwóch lub więcej składników połączonych w jednorodną mieszaninę nosi nazwę ko-fermentacji. Najczęściej spotyka się rozwiązania, gdy jeden z substratów jest w przeważającej ilości (>50%). Fermentacja metanowa zalecana jest dla następujących rodzajów odpadów (zgodnie z katalogiem odpadów) [Dz. U. 2001, nr 112, poz. 1206]:

- osady ściekowe;
- odpady z rolnictwa, sadownictwa, leśnictwa, łowiectwa i rybołówstwa:
 - odpady roślinne,
 - odpady z upraw roślin energetycznych,
 - odpady zwierzęce,
 - odchody zwierzęce.

* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska

- odpady z przemysłu skórzanego, futrzarskiego i tekstylnego, z przetwórstwa drewna, produkcji płyt, mebli i masy celulozowej i osady z zakładowych oczyszczalni ścieków;
- organiczne odpady ulegające biodegradacji z przemysłu spożywczego (roślinne i zwierzęce);
- ulegające biodegradacji frakcje odpadów komunalnych łącznie z frakcjami gromadzonymi selektywnie:
 - odpady z gospodarstw domowych,
 - bioodpady,
 - papier i tektura,
 - odpady zielone,
 - odpady organiczne z zakładów rzemieślniczych.

Proces ko-fermentacji pozwala lepiej wykorzystać dostępną pojemność istniejących komór fermentacyjnych oraz przetwarzać, wspólnie z osadami ściekowymi lub ciekłymi odchodami zwierzęcymi, odpady: o niewłaściwej strukturze, odpady powstające sezonowo lub też zawierające składniki, które mogą hamować proces fermentacji. Łączenie różnych substratów umożliwia przygotować odpowiednio zbilansowanego wsadu, pozwalającego uzyskać wyższą efektywność procesu fermentacji metanowej [Bień i in. 2011].

SUBSTRATY I POTENCJAŁ BIOGAZOWY W PROCESIE KO-FERMENTACJI

O przydatności surowców do biologicznego przetwarzania, a także o sprawności procesów rozkładu decyduje ich skład chemiczny oraz struktura. Przyjmuje się, że minimalny udział masy organicznej (straty prażenia) w odpadach umożliwiające stosowanie procesów biodegradacji powinien wynosić > 30% [Jędrzak 2008].

Podstawowymi parametrami, które decydują o prawidłowym przebiegu procesu fermentacji metanowej są [Sadecka 2010]:

- temperatura i jej wahania,
- czas fermentacji,
- odczyn (pH),
- wartość potencjału utleniająco-redukcyjnego,
- zawartość kwasów lotnych i zasadowość.

Skład biogazu zależy od rodzaju rozkładanych substratów, natomiast objętość biogazu od ilości mineralizowanych związków organicznych i temperatury. Z kolei rodzaj substratu determinuje ilość biogazu [Sadecka 2009]. Jednostkowe ilości gazu fermentacyjnego wraz z udziałem metanu w biogazie dla różnych substratów przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Ilość i skład biogazu powstającego podczas rozkładu różnych substratów

Tab. 1. The amount and composition of biogas from the decomposition of various substrates

Rodzaj substratu	Reakcje rozkładu	Ilość biogazu, dm ³ /kg sm	Skład biogazu, % (v/v)	
			CH ₄	CO ₂
Węglowodany	$(C_6H_{10}O_5)_m + mH_2O \rightarrow 3mCH_4 + 3mCO_2$	830	50	50
Białka	$4C_{16}H_{24}O_5N_4 + 42H_2O \rightarrow 33CH_4 + 31CO_2 + 16NH_3$	1018	52	48
Tłuszcze	$4C_{50}H_{90}O_6 + 98H_2O \rightarrow 139CH_4 + 61CO_2$	1425	70	30
Odpady komunalne	$4C_{16}H_{27}O_8N + 24H_2O \rightarrow 36CH_4 + 28CO_2 + 4NH_3$	993	56	44
Osady ściekowe	$4C_{10}H_{19}O_3N + 18H_2O \rightarrow 25CH_4 + 15CO_2 + 4NH_3$	1114	63	37

Ilość produkowanego biogazu podaje się najczęściej w odniesieniu do ilości suchej masy organicznej (smo) doprowadzanej do komory fermentacyjnej. Ilość ta dla osadów ściekowych przyjmuje wartości w zakresie od 400 do 600 dm³/kg smo, (średnio 480 dm³/kg smo) [Podedworna i Heidrich, 2010].

Ko-fermentacja osadów ściekowych z substratami o wyższym udziale substancji biodegradowalnych, pozwala zoptymalizować kinetykę procesu przez zapewnienie odpowiedniego udziału węgla organicznego i azotu w substratach oraz zwiększyć efektywność produkcji biogazu i opłacalność ekonomiczną procesu [Sosnowski i in., 2008].

Prawidłowy przebieg przemian biochemicznych syntezy i rozkładu wymaga poza podstawowymi pierwiastkami budulcowymi (związkami węgla organicznego, azotu i fosforu) obecności makro- i mikroelementów jak: żelazo, kobalt, molibden, selen, wapń, magnez, cynk, miedź, mangan, bor czy witamina B₁₂ [Khanal 2008].

W procesie fermentacji metanowej zapotrzebowanie na substancje biogenne jest niskie, ze względu na małe przyrosty biomasy mikroorganizmów. Ilość azotu i fosforu niezbędna do syntezy komórek bakteryjnych wyznacza się na podstawie wzoru sumarycznego biomasy - C₅H₇O₂N. Biomasa osadu nadmiernego zawiera ok. 12% azotu, a zapotrzebowanie fosforu w odniesieniu do ilości azotu wynosi od 1:5 do 1:7. Podstawą oceny podatności bioodpadów na biodegradację są proporcje między zawartością węgla organicznego, azotu i fosforu. Optymalne wartości tych zależności wynoszą [Deublein i Steinhauser, 2008; Chynoweth i Isaacson, 1987]:

– C:N = od 10:1 do 25:1

- C:P = 113:1
- C:N:P:S = (500÷1000):(15÷20): 5: 3 lub ChZT:N:P:S = 800: 5: 1: 0,5

Tab. 2. Surowce do ko-fermentacji [Jędrszak 2008]

Tab. 2. Substrates for co-fermentation [Jędrszak 2008]

Rodzaj odpadu	Ocena ko-substratu	Surowiec			Biogaz	
		zawartość s.m., %	zawartość substancji. lotnych, % s.m.	C/N	wydajność, m ³ /kg smo.	zawartość metanu, % obj.
Odpady domowe	++	50-75	25 - 50	30-40	0,1-0,2	55-70
Bioodpady	++	20 - 48	34-81	10- 25	0,5-0,6	bd.
Odpady zielone i ogrodowe	+	20-75	15 - 75	20-60	0,2-0,5	bd
Papier	+	70-75	75	170-800	0,23	63
Liście	+	80	90	20-60	0,1-0,3	bd
Wysegregowane tłuszcze	+++	25-70	80-96	50-200	0,7-0,9	60-75
Pozostałości żywności z „dużych kuchni”	++	15-25	75-89	10-20	0,5-0,75	bd
Przeterminowane produkty żywnościowe	++	8-30	70-85	4-20	0,4-0,75	bd
Osady ściekowe	+++	40 - 70	70	10-13	0,40-0,60	78
Odpady z targowisk	++	15-40	90 - 95	10-50	0,35-0,60	bd
Wywar gorzelniczny, wytloki, wypraski	+++	27	81 - 94	50	0,30-0,45	75
Odpady owoców i warzyw	+++	12-40	75-95	20-49	0,35-0,50	60-75
Słoma	+	70-90	90-95	48-150	0,15-0,35	78
Odpady roślinne	++	60-70	90	100-150	0,20-0,50	bd
Trawa	++	20-25	60-70	12-25	0,55	ok. 80
Gnojowica świńska	+++	3-10	70-80	3-10	0,25-0,50	70-80
Gnojowica bydlęca	++	5-12	75-85	6-20	0,20-0,30	55-75
Odchody kurze	++	10-30	70-80	3-10	0,35-0,60	60-80
Obornik	++	10-40	65-90	11-50	0,17-0,35	bd

bd- brak danych, ocena: bardzo dobry +++, dobry ++, ubogi +

Skład chemiczny odpadów oraz potencjał biogazowy wybranych ko-substratów w procesie fermentacji metanowej przedstawiono w tabeli 2. Substraty z niską wartością ilorazu C:N, powodują wzrost stężenia azotu amonowego. Jego wzrost powyżej 3000 mg NH₄⁺/dm³, wywołuje inhibicję produkcji biogazu. Przy wysokich wartościach ilorazu C:N w substratach, ilość azotu jest

niewystarczająca do metabolizmu i przemian energetycznych w komórkach mikroorganizmów [Malina i Pohland, 1992].

W zależności od rodzaju substratów produkcja biogazu jest różna i waha się w zakresie od 0,10 do 0,75 m³/kg smo.

Badania procesu ko-fermentacji odpadów komunalnych z osadami ściekowymi ukierunkowane są na: ustalenie odpowiedniego udziału ko-substratów, wysoką wydajność procesu, a także ustalenie parametrów technologicznych procesu ko-fermentacji. Dodanie do osadów ściekowych biofrakcji odpadów poprawia skład i strukturę wsadu. Według Demireklera i Andersona [1998] najbardziej korzystny skład mieszaniny odpadów i osadów wynosi 4:1.

Di Palma i in. [1999] stwierdzili, że optymalne obciążenie komory wynosi 6,4 kg smo/(m³·d), a optymalny udział biofrakcji w mieszaninie 70% (v/v). Wyższe obciążenia i udziały biofrakcji prowadzą do obniżenia produkcji biogazu oraz spadku zawartości metanu [Jędrzak 2008]. Parametry procesu ko-fermentacji z uwzględnieniem udziału osadów ściekowych we wsadzie przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Parametry procesu ko-fermentacji w zależności od udziału osadów we wsadzie [Di Palma i in., 1999]

Tab. 3. Parameters of co-fermentation process depending on the proportion of sludge in the feedstock [Di Palma et al., 1999]

Udział osadów, % (v/v)	Obciążenie komory, kg smo/(m ³ ·d)	Produkcja biogazu, cm ³ /d	Udział metanu w biogazie, %	Stopień rozkładu substancji organicznej, %
100	0,38	2,5	75	85
85	1,66	4,0	60	78
70	2,95	11,0	65	76
50	4,67	13,5	55	70
30	6,38	18,0	50	68
0	8,96	14,5	45	60

PRZYGOTOWANIE ODPADÓW DO FERMENTACJI

Na szybkość przebiegu procesu biologicznego przetwarzania odpadów oraz na skład biogazu, znaczny wpływ ma sposób przygotowania substratu. W procesach obróbki wstępnej wykorzystuje się operacje jednostkowe, takie jak: rozdrabnianie, przesiewanie, wydzielanie metali oraz ręczne czy mechaniczne sortowanie (tabela 4) [Jędrzak 2008].

Podczas beztlenowego biologicznego rozkładu frakcja stała najpierw musi być poddana hydrolizie. Zwiększenie wydajności procesu hydrolizy było i jest przedmiotem wielu badań, gdyż jest ona fazą najwolniejszą i najbardziej ogra-

niczającą szybkość procesu. Zwiększenie podatności substratów na rozkład można uzyskać poddając je wstępnej obróbce przed wprowadzeniem do komór fermentacyjnych. Proces takiej obróbki nazywa się dezintegracją i realizowany jest za pomocą metod fizycznych, chemicznych lub enzymatycznych. W odniesieniu do osadów ściekowych dezintegracja polega na zniszczeniu struktury osadu dzięki wykorzystaniu sił zewnętrznych. W procesach tych następuje zmniejszenie kłaczków osadu, zwiększenie przy tym udziału cząstek koloidalnych, a także uwalnianie materii organicznej do fazy ciekłej. Zaletą tego procesu jest upłynnienie osadu, lepsze ustabilizowanie, oraz zmniejszenie oporów przy tłoczeniu strumienia osadów [Heidrich 2011].

Tab. 4. Techniki przygotowania odpadów komunalnych do ko-fermentacji [Jędrczak, 2008]

Tab. 4. The techniques of preparing waste for co-fermentation [Jędrczak, 2008]

Techniki	Zastosowanie
Przesiewanie	Stosuje się w celu rozdzielania odpadów na frakcje o różnych wielkościach ziaren, określonych wymiarami oczka sita. Odpady najczęściej rozdzielone są na dwie frakcje: grubą oraz drobną (biofrakcję).
Rozdrabnianie	Polega na podziale brył, lub ziaren odpadów powodując, że cząstki materiału będą mniejsze, a ich powierzchnia właściwa większa. Efektem jest wzrost podatności odpadów na rozkład biologiczny oraz poprawa właściwości transportowych materiału.
Separacja gęstościowa	Przy użyciu separatorów dodatkowo podczyszczana może być biofrakcja wydzielona z odpadów komunalnych. Stosowane są klasyfikatory powietrzne, separatory balistyczne, odcinające i grawitacyjne.
Technologie mokrej separacji	Rozdział materiału oparty jest na wykorzystaniu różnicy w gęstościach składników odpadów i wody. Technologia jest szczególnie efektywna w usuwaniu z odpadów kawałków szkła, kamieni i innych ciężkich składników. Typowym urządzeniem używanym w instalacjach przygotowania odpadów do fermentacji „mokrej” jest hydropulper zwany suspenserem.
Wydzielanie metali	Umożliwia odzysk metali do ponownego ich przetworzenia, oraz chroni przed uszkodzeniem maszyny i urządzenia umieszczone za taśmociągami np. młyny, kruszarki, rozdrabniarki, a także taśmy przenośników. Stosowane są separatory magnetyczne do wydzielania metali żelaznych oraz indukcyjne do wydzielania metali nieżelaznych.

TOKSYCZNOŚĆ W PROCESIE FERMENTACJI METANOWEJ

Biocenoza biorąca udział w beztlenowym rozkładzie jest czuła na wszelkie zmiany warunków środowiskowych, ponieważ przebieg rozkładu jest związany z metabolizmem specyficznych mikroorganizmów odpowiedzialnych za poszczególne fazy procesu. W praktyce eksploatacyjnej urządzeń do fermentacji wpływ czynników biotycznych i abiotycznych ocenić można na podstawie zmian parametrów procesu. Zmiany ilościowe mikroorganizmów oraz niska aktywność enzymatyczna powodują spadek wydajności produkcji biogazu, w tym metanu, jak również obniżenie efektywności procesu mierzonej ubytkiem zawartości związków organicznych. Negatywny wpływ na mikroorganizmy odpowiedzialne za przebieg procesu fermentacji mają substancje chemiczne (inhibitory). Inhibitory obecne są w surowcach poddanych fermentacji lub powstają jako produkty pośrednie przemian. Ich obecność może prowadzić do zmniejszenia produkcji biogazu, a w skrajnych przypadkach do całkowitego zahamowania procesu. Toksyczne działanie różnych związków zależy od stężenia, formy występowania oraz od współwystępowania innych substancji. Zagadnienie to jest istotne w przypadku ko-substratów, jakimi są odpady. Dobrze rozpoznane są czynniki hamujące proces fermentacji osadów ściekowych (tabela 5), natomiast zagadnienia toksyczności w ko-fermentacji nie są jednoznacznie określone [Sadecka 2013].

Autorzy zajmujący się procesami beztlenowego rozkładu substancji organicznych zwracają uwagę na toksyczne działanie metali ciężkich i niektórych kationów w zależności od ich stężenia [Bień 2011]. Największą toksyczność wykazują: ołów, kadm, nikiel, miedź oraz cynk [Sadecka 2010].

Do mikrozanieczyszczeń toksycznych w procesie fermentacji należy zaliczyć również dużą grupę związków organicznych takich jak np.: hormony wzrostu dodawane do pasz, środki dezynfekcyjne i dezynsekcyjne, syntetyczne środki chemoterapeutyczne w tym antybiotyki czy też chemiczne środki ochrony roślin.

Szczególną uwagę należy zwrócić na chemiczne środki ochrony roślin, których zawartość w odpadach rolniczych może utrudniać przebieg procesu ko-fermentacji. Zestawione w tabeli 5 dane dotyczące insektycydów z grupy węglowodorów chlorowanych, związków fosforoorganicznych i pyretroidów, wykazują, że są one związkami toksycznymi dla biocenozy beztlenowej w zależności od stężeń. Przedstawione stężenia toksyczne tej grupy są elementem nowości i uzupełniają listę związków toksycznie działających na proces fermentacji metanowej osadów ściekowych [Sadecka 2002, 2010].

Tab. 5. Hamujący wpływ wybranych związków organicznych na proces fermentacji [Sadecka 2002, 2010]

Tab.5. Inhibitory effects of selected organic compounds on the fermentation process [Sadecka 2002, 2010]

Związek	Stężenie powodujące 50% hamowanie procesu fermentacji, mg/dm ³
Chloroform	15
Hydrazyna	50
Kreolina (mieszanina kreozolu, fenoli i żywicy)	1
Dinitrofenol	40
Etylobenzen	340
Długo-łańcuchowe kwasy tłuszczowe	500
Fluorowane węglowodory	1
Formaldehyd	70
Nitrobenzen	10
Virginiamycyna	10
Akrolina	10
Aldehyd octowy	440
Aldehyd mrówkowy	100
Benzen	1970
Etylobenzen	340
Fenol	1300
Anilina	900
Kwas benzoowy	4250
Kwasy tłuszczowe	500-1250
Garbniki / Tanina	700
Lotne terpeny / Pinen	180
Kationowe i anionowe detergenty	20-50
Chlorek acetylocholiny	300
Chlorek laurylocholiny	50
Metoksychlor	100 ($7,0 \cdot 10^{-3}$ gsa/gsmo)
Metox 30	50 ($7,7 \cdot 10^{-4}$ gsa/gsmo)
Chlorfenwinfos	500 ($4,4 \cdot 10^{-2}$ gsa/gsmo)
Enolofos 50	100 ($4,5 \cdot 10^{-3}$ gsa/gsmo)
Fenitroton	3000 (0,18 g/gsmo)
Owadofos 50	500 (0,016 gsa/gsmo)
Malation	5000 (0,32 g/gsmo)
Sadofos 30	500 (0,013 gsa/gsmo)
Fury 100EC (zeta- cypermetryna)	0,5 ($7,4 \cdot 10^{-3}$ gsa/gsmo)
Fastac 010EC (α -cypermetryna)-	4,0 ($5,0 \cdot 10^{-3}$ gsa/gsmo)
Decis 2,5 EC (deltametryna)	5,0 ($9,0 \cdot 10^{-3}$ gsa/gsmo)

gsa/gsmo - gramy substancji aktywnej na gram suchej masy organicznej osadów

PODSUMOWANIE

Wybór metody przetwarzania odpadów zależy od wielu czynników, takich jak: możliwości pozyskania surowców (sezonowość zbioru), podatności surowca na rozkład biologiczny oraz zawartości wody w substracie. Za wspólną fermentacją osadów ściekowych z innymi odpadami przemawiają: przewymiarowanie konwencjonalnych instalacji do fermentacji osadów ściekowych w oczyszczalniach, możliwość poprawy bilansu energetycznego instalacji i obniżenie kosztów unieszkodliwiania odpadów. Ponadto, można przetwarzać wspólnie z osadami ściekowymi lub ciekłymi odchodami zwierzęcymi, odpady o niewłaściwej strukturze, które zawierają składniki hamujące proces fermentacji i są wytwarzane nierównomiernie w skali roku. Proces fermentacji metanowej, jak również proces ko-fermentacji są procesami konkurencyjnymi w stosunku do innych metod przetwarzania odpadów, np. tlenowych czy termicznych, ponieważ produktem końcowym fermentacji metanowej jest wysokoenergetyczny biogaz, który jest źródłem energii niekonwencjonalnej. Podkreślić również należy, że zalety ko-fermentacji wykraczają poza aspekt czysto ekonomiczny. Stwierdza się bowiem:

- wyższy stopień rozkładu substancji organicznej niż w przypadku oddzielnej fermentacji substratów,
- dwu - do pięciokrotny wzrost produkcji biogazu,
- mniejsze zanieczyszczenie materiału pofermentacyjnego,
- większą zawartość i lepszą przyswajalność substancji nawozowych w odpadach pofermentacyjnych.

Zintegrowany proces przeróbki osadów ściekowych i frakcji organicznej odpadów komunalnych powinien stanowić ważny element w planowaniu gospodarki odpadami w wielu gminach.

LITERATURA

1. BIEN J., NECZAJ E., WORWĄG M., GROSSER A., NOWAK D., MILCZAREK M., JANIK M.: Kierunki zagospodarowania osadów w Polsce po roku 2013. Inżynieria i Ochrona Środowiska, T.14, Nr 4, 375-384, 2011
2. BIEN J., Osady ściekowe. Teoria i praktyka, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2011
3. DEMIREKLER E., ANDERSON G.K.: Effect of sewage-sludge addition on the startup of the anaerobic digestion of OFMSW. Environmental Technology, T. 19, Nr 8, 837- 843, 1998
4. DI PALMA L., MEDICI F., MERLI C., PETRICCI E.: Optimizing gas production in the anaerobic co-digestion of the organic fraction solid waste from markets. Barcelona, In Proceedings 2nd ISAD-SW, 1999

5. CHYNOWETH, ISAACSON: Anaerobic digestion of biomass. Elsevier Applied Science Publishers LTD, 1987
6. DEUBLEIN, STEINHAUSER: Biogas from waste and renewable resources. Wiley-VCH Verlag, 2008
7. HEIDRICH Z.: Mechaniczne odwadnianie osadów ściekowych. Forum Eksploatatora, 1(52), 32-35, 2011
8. JĘDRCZAK A.: Biologiczne przetwarzanie odpadów. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2008
9. KHANAL S.K.: Anaerobic biotechnology for bioenergy production, Wiley-Blackwell, A John Wiley&Sons Publications, 2008
10. MALINA JR. J. F., POHLAND F.G.: Desing of Anaerobic Processes for the Treatment of Industrial and Municipal Wastes. T. 7, Technomic Publishing AG, Lancaster-Basel, 2-85, 1992
11. PODEDWORNA J., HEIDRICH Z.: Kierunki ostatecznego unieszkodliwiania osadów ściekowych. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, Nr 3, 25-28, 2010
12. SADECKA Z.: Toksyczność i biodegradacja insektycydów w procesie fermentacji metanowej osadów ściekowych. Uniwersytet Zielonogórski, Monografie, Zielona Góra, 2002
13. SADECKA Z.: Energia z osadów do technicznego wykorzystania. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, Nr 7-8, 14-18, 2009
14. SADECKA Z.: Podstawy biologicznego oczyszczania ścieków. Wyd. Seidel-Przywecki Sp. z o.o, 2010
15. SADECKA Z.: Toksyczność w procesie beztlenowej stabilizacji komunalnych osadów ściekowych. PAN, Monografie NR 105, Zielona Góra, 2013
16. SOSNOWSKI P., KLEPACZ-SMOLKA A., KACZOREK K., LEDAKOWICZ S.: Kinetic investigations of methane co-fermentation of sewage sludge and organic fraction of municipal solid wastes. Bioresource Technology, T. 99, Nr 13, 5731-573, 2008
17. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001r., w sprawie katalogu odpadów (DZ. U. 112, poz. 1206)

SUBSTRATES FOR CO-FERMENTATION PROCESS

S u m m a r y

The integrated process of sludge treatment and waste can be realized in co-fermentation processes. Such solutions provide not only better utilization of the available capacity of the existing bioreactors, but also, due to the appropriate choice of substrates, increase the production of biogas from a parallel solution to waste management in municipalities.

Key words: methane co-fermentation, sewage sludge, waste, biogas

KRZYSZTOF OTREMBĄ, MIROSŁAWA GILEWSKA*

**SKŁAD MINERALOGICZNY GRUNTÓW POGÓRNICZYCH
I GLEB ROZWIJAJĄCYCH SIĘ Z TEGO
MATERIAŁU MACIERZYSTEGO**

Streszczenie

Przedmiotem pracy był skład minerałów ilastych w gruntach pogórnich KWB Konin i gleb rozwijających się z tego materiału macierzystego pod wpływem rekultywacji rolniczej. Przeprowadzone badania wykazały, że głównymi minerałami ilastymi w analizowanym materiale są smektyt i illit. Obok nich występują również minerały mieszanopakietowe illit-smektyt oraz kaolinit, chloryt, kalcyt, kwarc i skalenie. Ten skład jest zbliżony do składu minerałów ilastych w glinie zwałowej złodowacenia Warty. Jest to skała, która stanowi główny składnik gruntów pogórnich. W glebie rozwijającej się z gruntów pogórnich większa jest ilość materii organicznej, która ponadto jest bardziej związana z minerałami ilastymi.

Słowa kluczowe: grunt pogórniczy, gleba, minerały ilaste

WSTĘP

Cechą gruntów pogórnich jest obecność w masie ziemnej okruchów skał o różnym pochodzeniu i składzie mineralogicznym. W Konińskim Zagłębiu Węgla Brunatnego grunty pogórnicze są konglomeratem glin zwałowych złodowaceń Warty i Wisły, ilów plioceńskich (poznkańskich), piasków czwartorzędowych oraz sporadycznie piasków mioceńskich. Przypadkowe zmieszanie i rozmieszczenie w masie ziemnej skał o różnym składzie granulometrycznym i mineralogicznym nie powoduje zróżnicowania uziarnienia. Bender i Gilewska [1989] oraz Gilewska i Otremba [2002] donoszą, że te grunty, aczkolwiek o tym samym składzie granulometrycznym mogą charakteryzować się różnym składem minerałów ilastych. Badań w tym zakresie jest jednak niewiele [Bender

* Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji, Zakład Rekultywacji

Gilewska 1989, Gilewska Otremba 2002]. Prowadzono natomiast badania nad składem minerałów w poszczególnych skałach nadkładu [Waszkowiak 1986, Bender Waszkowiak 1989, Zagórski i inni 2000].

W niniejszej pracy przedstawione zostaną wyniki badań przeprowadzonych nad składem minerałów ilastych w gruntach pogórnich regionu konińskiego i glebach rozwijających się z tego materiału macierzystego.

METODYKA BADAŃ

Próbki do badań nad składem mineralogicznym pobrano z wierzchniej warstwy zwałowiska Józwin bezpośrednio po wykonaniu rekultywacji podstawowej (świeży grunt pogórnich) i poziomu Ap gleby uformowanej w procesie trzydziestoletniej rekultywacji rolniczej. Pochodziły one z pola doświadczalnego Katedry Gleboznawstwa i Rekultywacji zlokalizowanego na zwałowisku wewnętrznym Pątnów.

Przy oznaczeniu składu mineralogicznego wykorzystano metodę dyfraktometrii rentgenowskiej oraz termicznej analizy różniczkowej (DTA-DTG). Metoda dyfraktometrii wykorzystuje zjawiska dyfrakcji i interferencji promieni rentgenowskich [Chodak i Jahn 1983]. Metoda ta oparta jest na założeniu, że każda substancja krystaliczna charakteryzuje się zbiorem odległości między płaszczyznowych „d”. Wartości „d” oblicza się z odpowiednich tablic na podstawie odczytanych z rentgenogramu kątowych położań linii dyfrakcyjnych. Przy identyfikacji minerałów ilastych przyjęto następujące linie dyfrakcyjne:

- dla mik (illit) 0,107-0,099nm, 0,505-0,495nm, 0,490-0,445nm, 0,366nm (I)
- dla kandytów (kaolinit) 0,715nm i od 0,359 do 0,358nm (K)
- dla smektytów 0,18nm (S)
- dla minerałów mieszano pakietowych 1,4-1,8nm (I-S i S-I)
- dla chlorytów 1,4nm (Ch)
- dla węglanów 0,304nm i 0,289nm (W)
- dla skaleni 0,135-0,139nm, 0,423-0,421nm, 0,421-0,404nm, 0,404-0,402nm, 0,383-0,370nm, 0,331-0,329nm, 0,326-0,325nm, 0,323nm, 0,321-0,315nm (F)

Analizę wykonano aparatem DRON-2(RTG), promieniowanie z lampy Cu (20mA, 40kV, 1000imp/s, stosowano monochromator oraz szczeliny 0,5; 0,25mm). W celu identyfikacji minerałów pęczniejących, próbki przed analizą wysycono gliceryną. Z próbek wyprażonych przez 2 godz. w 550°C wykonano dyfraktogramy celem identyfikacji kaolinitu i chlorytu. Na wykresach próbki bez preparowania oznaczono literą N, próbki nasycone gliceryną G1, próbki wyprażone-550°C. Odległości międzypłaszczyznowe badanych minerałów oznaczono na podstawie kąta odbłyśku 2θ wyznaczonych dla poszczególnych minerałów na podstawie wzoru Wulfa-Bragga.

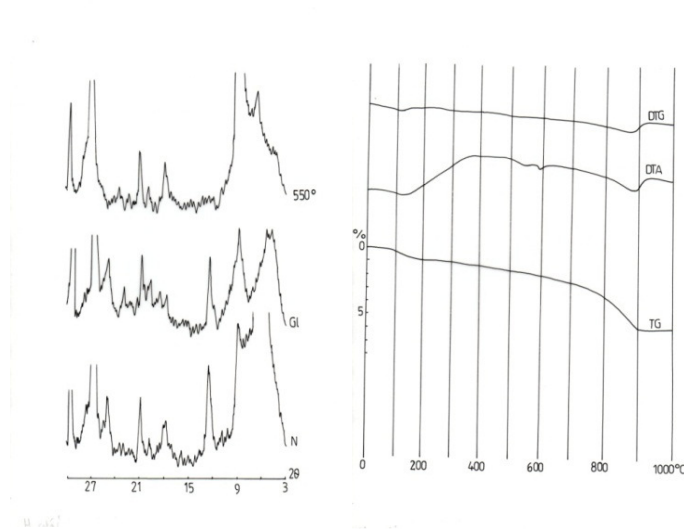
W analizie termicznej stosowano tygle ceramiczne, a jako substancji termicznie obojętnej użyto wyprażonego w 1100°C tlenku glinu. Analizowano próbki o masie 800 mg przy czułości TG, DTA, DTG wynoszących odpowiednio 200 mg, 1/10 i 1/10 oraz prędkości ogrzewania 10°C/min. Analizę przeprowadzono w atmosferze powietrza. Polega ona na rejestracji procesów endo i egzotermicznych, zachodzących przy podgrzewaniu próbki w zakresie temperatur od 20 do 1000°C. Otrzymane wyniki opracowano graficznie w jednolitej skali temperatur i po przeliczeniu z krzywej straty wagowej (TG) z mg na % w stosunku do masy analizowanej próbki przedstawiono na wykresach. Uzupełnieniem badań nad składem mineralogicznym materiału glebowego było oznaczenie powierzchni właściwej. Wykonano ją metodą sorpcji par gliceryny (Chodak i Kabała 1995; PN-Z-19010-2).

Wyżej wymienione analizy wykonano w próbkach nierozfrakcjonowanych, oraz w wydzielonej frakcji < 2 µm.

WYNIKI BADAŃ

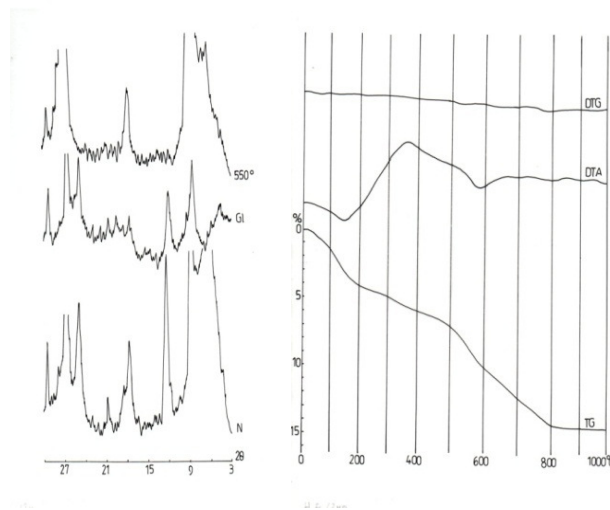
Badania przeprowadzone metodami dyfraktometrii rentgenowskiej oraz termicznej analizy różniczkowej w próbkach nierozfrakcjonowanych, jak i w frakcji < 2 µm wykazały, że zarówno w gruncie pogórnym, jak i w glebie rozwijającej się z tego materiału, głównymi minerałami ilastymi są smektyt i illit. Występują one w zbliżonych ilościach. Świadczy o tym głównie obecność linii dyfrakcyjnych w wartości 6 i 9 2θ. Obecne są również minerały mieszanopakietowe illit-smektyt co potwierdzają linie dyfrakcyjne w zakresie od 6 do 9 2θ. Obok tych minerałów występują również kaolinit (12 2θ) i chloryt (18 2θ). We wszystkich próbkach, w różnych ilościach, udział mają również kalcyt, kwarc i skalenie. Dyfraktogramy uzyskane z próbek nasyconych gliceryną wskazują na obecność w próbkach substancji amorficznej silnie zdyspergowanej. Świadczą o tym linie dyfrakcyjne w zakresie od 15 do 24 wartości 2 theta.

Na podstawie termicznej analizy różniczkowej przedstawionej na wykresach (rys. 1-4) stwierdzić można, że grunt pogórnym nie podawany jeszcze zabiegom rekultywacyjnym charakteryzuje się najmniejszą stratą wagową wynoszącą w próbkach nierozfrakcjonowanych 6,0%, a we frakcji < 2µm 14,7%. Gleby rozwijające się z tego materiału macierzystego, jak wynika z krzywej TG, charakteryzują się wyższą stratą wagową. Wynosi ona (tab. 1) 7,7% w próbkach nierozfrakcjonowanych i 16 % we frakcji < 2µm.



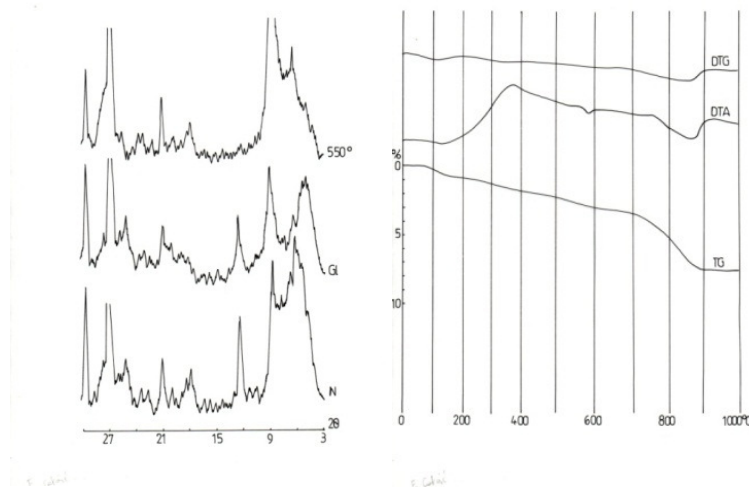
Rys. 1. Dyfraktogram i dewarytogram świeżego gruntu pogórniczego – analiza całej próbki bez rozfrakcjonowania

Fig. 1. x-ray diffractogram and derivatogram of post mining ground of a whole sample.

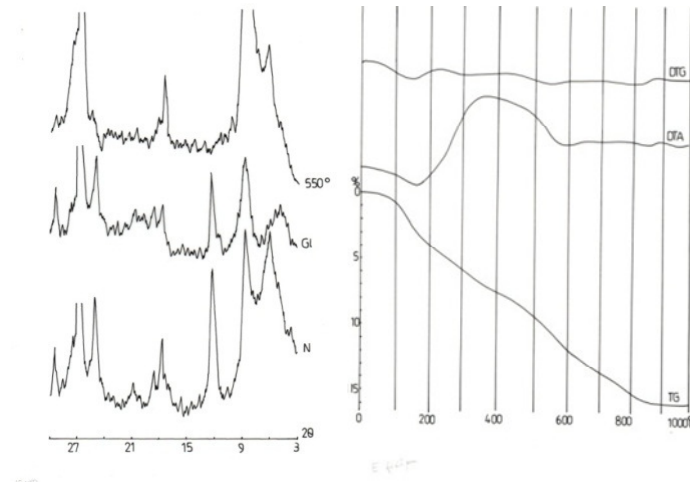


Rys. 2. Dyfraktogram i dewarytogram świeżego gruntu pogórniczego – analiza frakcji < 0,002mm

Fig. 2. x-ray diffractogram and derivatogram of post mining ground of the fraction < 0,002mm



Rys. 3. Dyfraktogram i dewarytogram gleby rozwijającej się z gruntów pogórnich-analiza całej próbki bez rozfrakcjonowania
Fig. 3. x-ray diffractogram and derivatogram of soil developing from post mining grounds of a whole sample



Rys. 4. Dyfraktogram i dewarytogram gleby rozwijającej się z gruntów pogórnich – analiza frakcji < 0,002 mm
Fig. 4. x-ray diffractogram and derivatogram of soil developing from post mining grounds of the fraction < 0,002 mm.

Efekt egzotermiczny występujący na krzywej DTA w zakresie od 150 do 380°C wskazuje na obecność substancji organicznej. Dla gleby rozwijającej się z gruntów pogórnich jest on większy, a dla gruntu pogórnego ten efekt mniejszy. Efekt egzotermiczny zaobserwowany we frakcji <2µm dla gleby sugeruje, że substancja organiczna jest lepiej związana z minerałami ilastymi niż w gruncie pogórnym. W świeżym gruncie pogórnym materia organiczna ma charakter geogeniczny i jest to domieszka węgla brunatnego. W glebach rozwijających się z tego materiału macierzystego znaczą część stanowi próchnica powstająca in situ. Na obecność połączeń organiczno-mineralnych wskazują badania Gilewskiej [1998].

Z ilością i jakością minerałów ilastych wiąże się powierzchnia właściwa (tab.1). W próbkach analizowanych w całości wynosi ona 40,1 m²·g⁻¹, a we frakcji ilastej waha się od 202,7 do 230 m²·g⁻¹. Są to wartości wskazujące na duży udział smektytów wśród minerałów ilastych.

Uzyskane wyniki wskazują, że skład mineralogiczny gruntów pogórnich i gleb powstających z tego materiału macierzystego okazał się bardzo podobny. Wieloletnie badania Bendera i Gilewskiej [1989] oraz Gilewskiej i Otremby [2004] wskazują, że o właściwościach gruntów pogórnich i gleb z nich powstających przesądza w dużej mierze glina zwałowa złodowacenia Warty, której ilość w nadkładzie wynosi 50-60%. Przeprowadzone badania wskazują, że przesądza ona również składzie jakościowym minerałów ilastych.

Głównym minerałem ilastym w glinie zwałowej złodowacenia Warty, jak donosi Zagórski i in. (2000), jest smektyt. Obok smektytu występuje illit, struktury mieszano pakietowe illit – smektyt, kaolinit a także chloryt, który według Autorów jest ważną przesłanką genetyczną pozwalającą odróżnić gliny złodowacenia Warty od złodowacenia Wisły. Smektyt jest też głównym minerałem ilów plioceńskich. W tej skale występują również w dużych ilościach struktury mieszano pakietowe illit – smektyt. Donosi o tym również Wichrowski [1981]. Według Waszkowiaka [1986], w składzie mineralogicznym frakcji ilastej gliny zwałowej złodowacenia Warty największy udział ma illit (57%), następnie kaolinit (30%) i montmorillonit 10%. Struktury mieszano pakietowe illit-montmorillonit stanowią około 12% frakcji ilastej, stwierdzono również występowanie chlorytu. Podobny skład minerałów ilastych w glinach zwałowych szarych podaje Wysocki [1975]. Termiczna analiza różnicowa frakcji ilowej wykazała, według tego Autora, skład hydromikowy z domieszką kalcytu i kwarcu, a także montmorillonitu i części organicznych.

Według Zagórskiego i innych [2000], wśród minerałów pierwotnych natomiast w glinach i piaskach czwartorzędowych dominuje kwarc. Występują również skalenie - ortoklasy lub plagioklasy oraz w niewielkiej ilości pirokseny i łyszczyki, głównie muskowit.

Tab.1.Skład mineralogiczny i powierzchnia właściwa analizowanych próbek

Tab.1.Mineral composition and surface area of analized samples

Materiał Glebowy Soil material	Skład mineralogiczny I strata wagowa Mineral composition and weight loss				Powierzchnia Właściwa Surface area	
	Całość Whole sample	TG % weight loss	Frakcja <2μm Fraction <2μm	TG % weight loss	Całość Whole sample	Frakcja <2μm Fraction <2μm
Grunt Pogórniczy Post mining ground	S, I, K,I-S, Ch, Q, W, F	6,0	S, I, K,I- S, Ch, Q, W, F	14,7	40,1	202,7
Gleba rozwi- jająca się z gruntu pogórniczego Soil develop- ing from post mining ground	S, I, S-I, K, Ch, Q, W, F	7,7	S, I, I-S, K, Ch, Q, W, F	16,0	40,1	230,0

WNIOSKI

- Skład minerałów ilastych w gruntach pogórniczych i glebach rozwijających się z tego materiału jest bardzo podobny. Głównymi minerałami ilastymi są smektyt i illit. Większe straty wagowe próbki gleby rozwijającej się z gruntów pogórniczych spowodowane są większą zawartością materii organicznej. Jest ona również lepiej związana z minerałami ilastymi.
- Gлина зва́ловая злов́а́чения Варты в ду́жеј мере́ пресе́джа о скла́dzie міне́ра́łów іла́стых в гру́нтах погору́ничных Коні́нського За́гłę́б'я Вугла́ Брау́нато́го і гле́бах розви́ја́ючих сі́я з те́го ма́теріалу ма́цірзисте́го.

LITERATURA

1. BENDER, J.; GILEWSKA, M.; 1989. Technologia urabiania nadkładu i formowania zwałowisk w górnictwie odkrywkowym i jej skutki gospodarcze. [W:] Zagadnienia zoologiczne w przemyśle wydobywczym i przetwórczym surowców mineralnych. Kraków, AGH, 19-31.
2. BENDER, J.; WASZKOWIAK, M.; 1989. Wiązanie jonu amonowego przez utwory nadkładu Kopalni Węgla Brunatnego „Konin”. Arch. Ochr. Środ. 1-2, 125-133.
3. CHODAK, T.; JAHN, A.; 1983. Zastosowanie dyfraktometrii rentgenowskiej i metody analizy termicznej dla osadów peryglacialnych na przykładzie ścinawki Średniej (Kotlina Kłodzka). Komited Badań Czwartorzędu PAN. Sprawozdanie z badań nauk. 5, 40-54.
4. CHODAK, T.; KABAŁA, C.; 1995. Powierzchnia właściwa – złożony parametr charakteryzujący stan środowiska glebowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 418, 501-506.
5. GILEWSKA, M.; OTREMBA, K.; 2002. Zmienność przestrzenna wybranych właściwości gruntów pogórnich. Rocz. A.R. Pozn. CCCXLII Melior. Inż. Środ. 23, 83-93.
6. GILEWSKA, M.; 1998. Właściwości próchnicy wytworzonej w procesie rekultywacji gruntów pogórnich. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 460, 153-166.
7. GILEWSKA, M.; OTREMBA K.; 2004. Właściwości gleb formowanych z gruntu pogórnich. Rocz. Glebozn. T. 55, Nr 2, 111-121.
8. WASZKOWIAK, M.; 1986. Sorpcja jonu amonowego przez utwory nadkładu kopalni węgla brunatnego. Maszynopis, Rozprawa doktor. IPIŚ PAN Konin-Zabrze, ss.79.
9. WICHROWSKI, Z.; 1981. Studium mineralogiczne ilów serii poznańskiej. Arch. Miner. 27, 2, 93-196.
10. WYSOCKI, W.; 1975. Odtwarzanie gleb dla rolniczego zagospodarowania zwałowisk Kopalni Węgla Brunatnego Konin. Rocz. Glebozn. T.XXVI, z.1, Warszawa, 61-98.
11. ZAGÓRSKI, Z.; OWCZARZAK, W.; MOCEK, A.; 2000. Mineralogiczna charakterystyka skał glebotwórczych dominujących jednostek glebowych w rejonie odkrywek KWB „Konin”. Rocz. A.R. Pozn. CCCXVII, Roln. 56, 241-249.

MINERALOGICAL COMPOSITION OF POST-MINING GROUNDS OF SOILS DEVELOPING FROM THIS PARENT MATERIAL

S u m m a r y

The object of studies was the composition of clay minerals in post-mining grounds of the Konin Brown Coal Mine as well as of soils developing from this parent material under the influence of farming reclamation. The performed investigations revealed that the main clay minerals in the analysed materials included: smectite and illite with some other mixed-package minerals such as: illite-smectite, kaolinite, chlorite, calcite, quartz and feldspar. This composition is similar to clay minerals found in boulder clay of the Warta River glaciation. It is a formation which constitutes the main constituent of post-mining grounds. The soil developing from post-mining grounds contains greater quantities of organic matter which, in addition, is more associated with clay minerals.

Key words: post mining grounds, soil, clay minerals

**FRUZIŃSKA RÓŻA, KOSTECKI JAKUB*, KOWALSKA
KAMILA, KOŁODZIEJCZYK MARIUSZ, STRYCKI OSWALD****

**ANALIZA LOKALI MIESZKALNYCH POD WZGLĘDEM
DOSTĘPNOŚCI DO MEDIÓW. CZĘŚĆ 1 – DOSTĘP
DO WODOCIĄGÓW W GMINIE GUBIN**

Streszczenie

Funkcjonowanie obszarów miejskich w świetle warunków życia mieszkańców nie może odbywać się bez zdobyczy cywilizacyjnych takich jak bieżąca woda czy energia elektryczna. W artykule przedstawiono wyniki analizy dostępu mieszkańców do wodociągów na terenach przeznaczonych pod kompleks wydobywczo-energetyczny Gubin-Brody do wodociągów.

Słowa kluczowe: wodociągi, infrastruktura przesyłowa, krajobraz miejski

WSTĘP

Wyposażenie lokali mieszkalnych w dostęp do bieżącej wody oraz węzła sanitarnego jest w XXI wieku zjawiskiem powszechnym nawet w lokalach o niskim standardzie. Na przestrzeni lat dostęp do wody we własnym mieszkaniu nie była jednak tak oczywista. W XX wieku korzystano głównie z indywidualnego systemu zaopatrzenia w wodę. Takie rozwiązanie sprawdzało się na terenach o małej gęstości zabudowy mieszkalnej. Wzrost liczby mieszkańców i zagęszczenia ludności uzasadnia rozbudowę systemów centralnego zaopatrzenia w wodę, co ma bezpośredni wpływ na stan środowiska. Zapewnienie prawidłowości w dostawie wody do odbiorców nakładane są na przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne, a zbiorowe zaopatrzenie w wodę jest zadaniem własnym Gminy [Dz.U. 2001 nr 72 poz. 747]. Inwestycje infrastrukturalne związane są z często znacznymi kosztami ponoszonymi przez inwestorów. Dużą rolę w rozwoju sieci wodociągowej, zwłaszcza w ostatnim dziesięcioleciu,

* Zakład Ochrony i Rekultywacji Gruntów, Instytut Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego

** studenci Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego

odgrywa wsparcie ze strony funduszy strukturalnych. Potwierdzają to dane przedstawione w niniejszym opracowaniu.

ZAOPATRZENIE W WODĘ – SIEĆ WODOCIĄGOWA

Pokrycie siecią wodociągową terenu objętego opracowaniem jest zróżnicowane. Blisko 100% mieszkańców Gubina ma dostęp do sieci wodociągowej. Dla obszarów wiejskich współczynnik dostępności wynosi blisko 70%. Analizując dynamikę przyrostu dostępności do sieci wodociągowej na obszarach wiejskich, stwierdzono znaczny wzrost na przestrzeni lat 2002-2010 (ponad 20%), natomiast dla obszaru miasta Gubin dostępność do sieci w ciągu rozpatrywanego przedziału czasu pozostaje bez większych zmian. W zestawieniu z danymi dla innych obszarów wiejskich województwa lubuskiego stopień zwodociągowania jest niższy o blisko 9%. (Tab. 1).

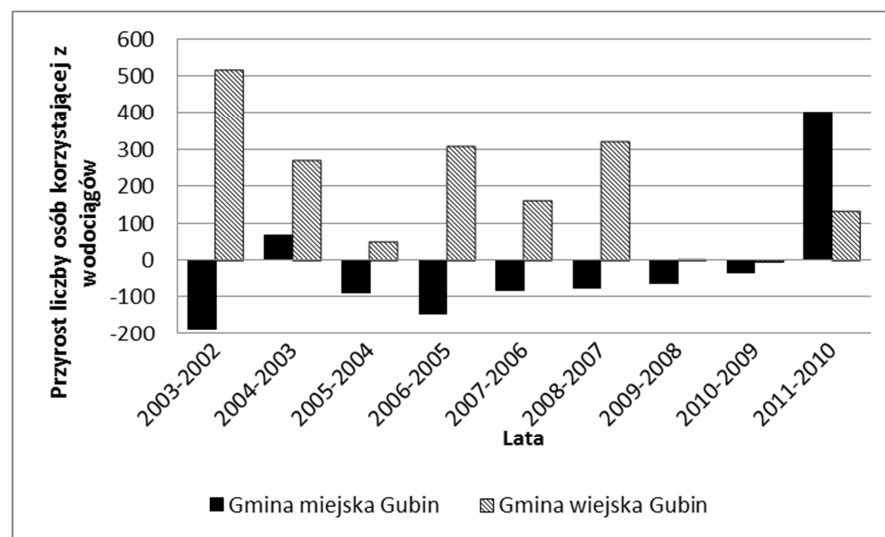
Tab. 1. Zagęszczenie sieci wodociągowej w km/100km² w latach 2002-2010 [GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Tab. 1. The density of the water supply system km/100km² in 2002-2010 [GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Jednostka terytorialna	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	km								
Zagęszczenie sieci na 100 km ² ogółem									
Woj. lubuskie	35,4	36,8	38,1	39,3	40,4	41,1	43,0	43,9	46,2
Gm. miejska Gubin	354,4	354,4	354,4	354,4	384,4	384,4	391,2	400,4	400,4
Gm. wiejska Gubin	12,6	15,3	20,9	22,6	23,8	27,6	30,8	36,9	48,5
Zagęszczenie sieci na 100 km ² w miastach									
Woj. lubuskie	245,3	244,5	246,5	251,0	262,7	266,7	289,4	292,7	299,0
Gm. miejska Gubin	354,4	354,4	354,4	354,4	384,4	384,4	391,2	400,4	400,4
Zagęszczenie sieci na 100 km ² na wsi									
Woj. lubuskie	25,5	27,0	28,2	29,2	29,8	30,4	31,2	32,0	34,1
Gm. wiejska Gubin	12,6	15,3	20,9	22,6	23,8	27,6	30,8	36,9	48,5

Dostępność do sieci wodociągowej, nie zawsze pokrywa się z jej rzeczywistym użytkowaniem (rys. 1 i Rys. 2). Dla obszarów miejskich w latach 2002-2011 zaobserwowano tendencję spadkową liczby osób korzystających z sieci. Wyjątek stanowi rok 2011, w którym zaobserwowano gwałtowny wzrost liczby ludności korzystającej z sieci wodociągowej. Dla terenów wiejskich tendencja

wygląda inaczej – na przestrzeni 9 lat (od 2002 do 2011) liczba osób rzeczywiście korzystających z centralnego systemu zaopatrzenia w wodę wzrasta. Przyrost osób korzystających z sieci w województwie lubuskim jest dodatni. Podobnie jak w przypadku miasta Gubin. W ostatnim roku zaobserwowano gwałtowny przyrost liczby osób korzystających z sieci wodociągowej (Rys. 1 i Rys. 2).

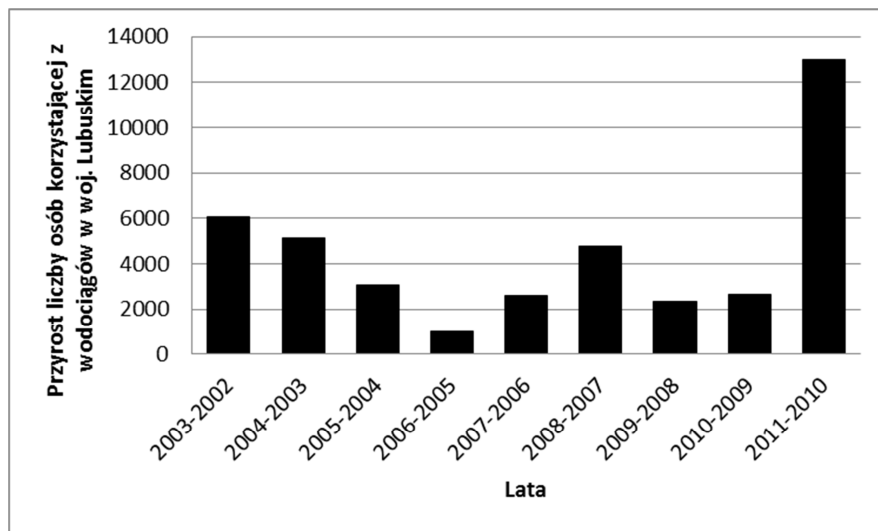


Rys. 1. Przyrost liczby osób korzystających z wodociągu w gminie Gubin, w latach 2002-2011 [GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Fig. 1. Increase in the number of users of water supply system in Gubin Commune in 2002-2011 [GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Zagęszczenie sieci wodociągowej na 100 km² jest największe dla terenów miejskich (ponad 400 km²). Dużo mniejsze wartości stwierdzono dla terenów wiejskich (blisko 50 km²), podczas gdy dla całego województwa lubuskiego wartość ta kształtuje się na poziomie 46 km². W ostatnich latach (2002-2010) stwierdzono blisko czterokrotny wzrost zagęszczenia sieci na obszarach wiejskich (Tab. 2). Dla obszarów miejskich współczynnik wzrostu wynosił 1,13, natomiast dla województwa lubuskiego 1,31.

Na tle innych lubuskich miast, zagęszczenie sieci wodociągowej w Gubinie, wygląda korzystnie, wynosi ponad 100 km/100 km² więcej. Równie korzystnie wypadają obszary wiejskie (o 14,4 km/100 km²). Biorąc pod uwagę zagęszczenie sieci w ubiegłych latach, współczynnik wzrostu dla wsi województwa lubuskiego wynosił 1,34, natomiast dla wsi gminy Gubin wartość ta kształtowała się na poziomie 3,85.



Rys. 2. Przyrost liczby osób korzystających z wodociągu, w latach 2002-2011 w województwie lubuskim [GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Fig. 2. Increase in the number of users of water supply system in Lubuskie Province in 2002-2011 [GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Tab. 2. Odsetek osób korzystających z sieci wodociągowej w latach 2002-2010 [GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Tab. 2. Percentage of users of water supply system in 2002-2010 [GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

[illegible]

Ludność korzystająca z sieci wodociągowej na wsi									
Woj. lubuskie	72,5	73,6	74,6	75,4	75,9	76,6	77,6	78,0	78,4
Gm. miejska Gubin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gm. wiejska Gubin	47,2	54,1	57,6	58,3	62,8	64,9	69,4	69,4	69,7

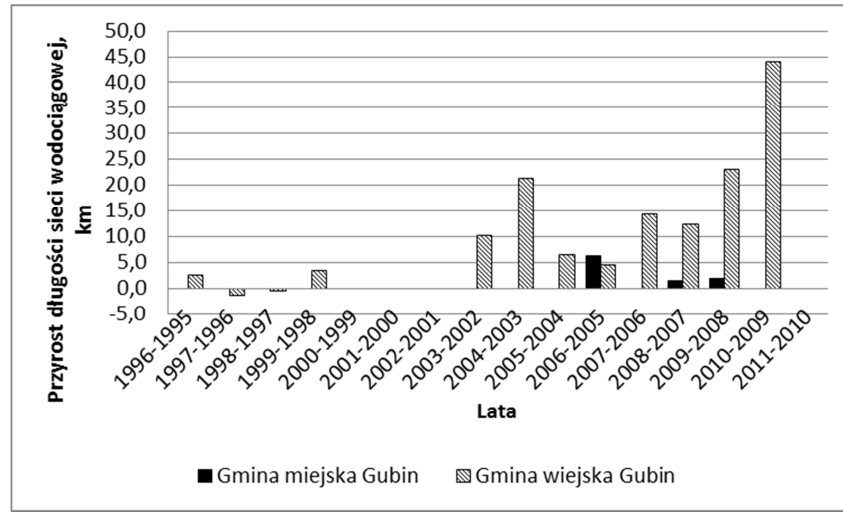
Tab. 3. Zestawienie długości sieci wodociągowej w kilometrach w latach 1982-2011 [GUS 1982, 1988, 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Tab. 3. Summary of the length of the water supply system in 1982-2011 [GUS 1982, 1988, 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Jednostka terytorialna	1982*	1988*	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
	km									
Woj. lubuskie	2599,2	3457,0	3730,4	3821,2	4023,9	4156,6	4510,2	4650,9	4778,9	4951,9
Gm. miejska Gubin	b.d.	b.d.	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3
Gm. wiejska Gubin	b.d.	b.d.	43,7	46,3	45,0	44,5	47,9	47,9	47,9	47,9
Jednostka terytorialna	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
	km									
Woj. lubuskie	5153,9	5333,5	5496,1	5655,5	5754,0	6016,7	6143,1	6459,8	6550,6	
Gm. miejska Gubin	73,3	73,3	73,3	79,5	79,5	80,9	82,8	82,8	82,8	
Gm. wiejska Gubin	58,0	79,3	85,8	90,4	104,8	117,1	140,2	184,1	184,1	

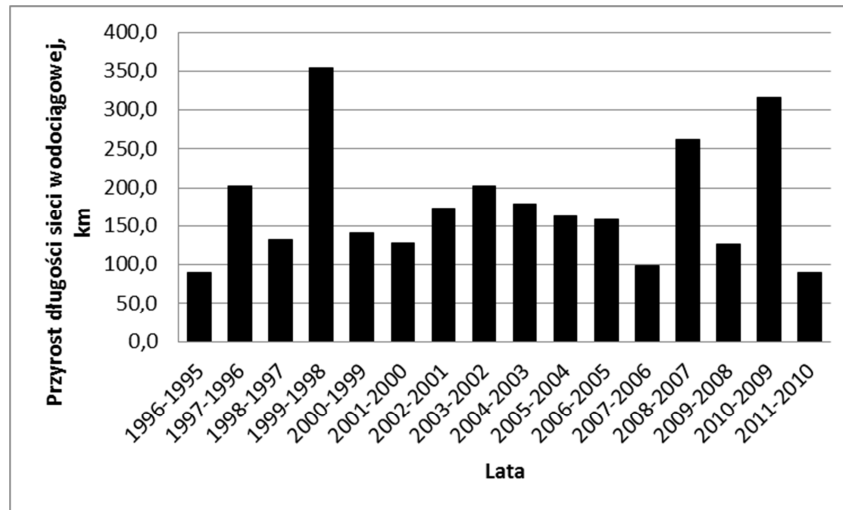
b.d. - brak danych

* - długość sieci wodociągowej w latach 1982 i 1988 została podana, jako suma długości sieci województw zielonogórskiego i gorzowskiego. Jest ono obarczone niewielkim błędem wynikającym ze zmian podziału administracyjnego z roku 1999. Województwo lubuskie zostało utworzone w 1999 roku z: województwa zielonogórskiego (oprócz 2 gmin powiatu wolsztyńskiego i gminy Zbąszyń); województwa gorzowskiego (oprócz gmin powiatów choszczeńskiego i myśliborskiego oraz gmin Międzyzichód i Miedzichowo); województwa leszczyńskiego (2 gminy powiatu wschowskiego).



Rys. 3. Przyrost długości sieci wodociągowej
[GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Fig. 3. Increase the length of the water supply system
[GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]



Rys. 4. Przyrost długości sieci wodociągowej w kilometrach w województwie
lubuskim w latach 1995-2011 [GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Fig. 4. Increase the length of the water supply system in Lubuskie Province in
1995-2011 [GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Całkowita długość sieci w województwie lubuskim w roku 2011 wynosiła ponad 6500 km (Tab. 3), z czego 2,8% stanowiły wodociągi na obszarze gminy wiejskiej Gubin. Dla gminy miejskiej było to jedynie 1,26%. Dynamika przyrostu długości sieci wodociągowej na terenach wiejskich gminy Gubin była bardziej intensywna niż na terenach miejskich (Rys. 3 i Rys. 4). Na tle danych archiwalnych z roku 1995 procentowy udział sieci wodociągowej na obszarach miejskich w porównaniu do województwa lubuskiego obniżył się (1,97%), a dla obszarów wiejskich wzrósł (1,17%).

ZAOPATRZENIE W WODĘ - PRZYŁĄCZA WODOCIĄGOWE

Na przestrzeni ostatnich 16 lat nastąpił stały wzrost liczby przyłączy wodociągowych w województwie lubuskim. W roku 2011 ilość przyłączy wynosiła 125099 szt. i było to o 63,8% więcej niż w roku 1995 (Tab. 4). W latach 1995-2011 w gminie miejskiej Gubin zaobserwowano wzrost liczby przyłączy o 412 szt., co stanowiło 24,2% a w gminie wiejskiej o 1159 szt. – 165,1%. Wartości te wskazują na dynamiczny rozwój sieci wodociągowej na terenach wiejskich oraz trend pokazujący coraz większą liczbę mieszkańców korzystającą z sieci kosztem indywidualnych rozwiązań zaopatrzenia w wodę.

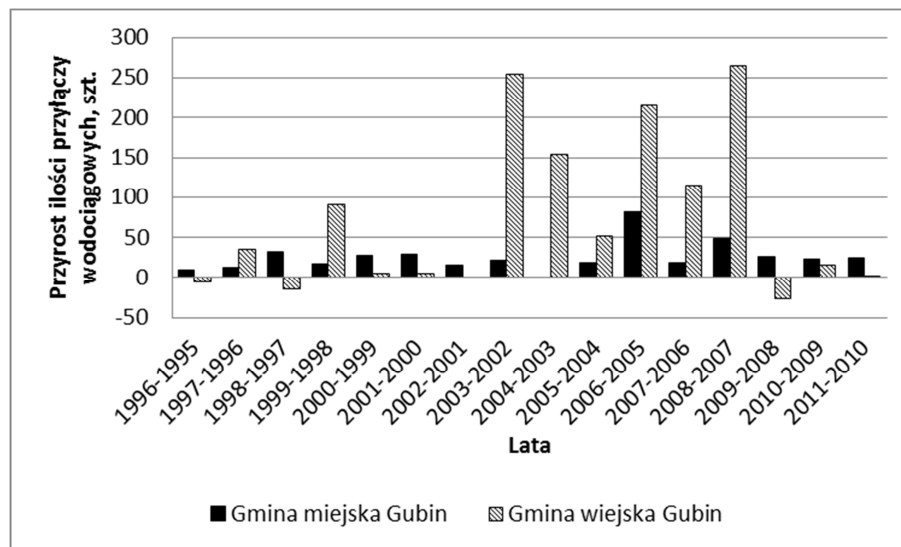
Przyrost liczby przyłączy wodociągowych był największy dla terenów gminy wiejskiej Gubin w latach 2002-2008 i wynosił średnio 176 szt. (w zakresie od 52 szt. w roku 2005-2004 do 265 szt. w latach 2008-2007). Na terenach miejskich gminy Gubin zaobserwowano wzrost liczby przyłączy (oprócz lat 2004-2003 z zerowym przyrostem) od 10 szt. w latach 1996-1995 do 82 szt. w latach 2006-2005.

Graficzne zobrazowanie przyrostów liczby przyłączy wodociągowych dla gminy miejskiej i wiejskiej Gubin oraz województwa lubuskiego przedstawione są na rys. 5 i rys. 6.

Tab. 4. Zestawienie liczby sztuk przyłączy wodociągowych w latach 1982-2011 [GUS 1982, 1988, 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

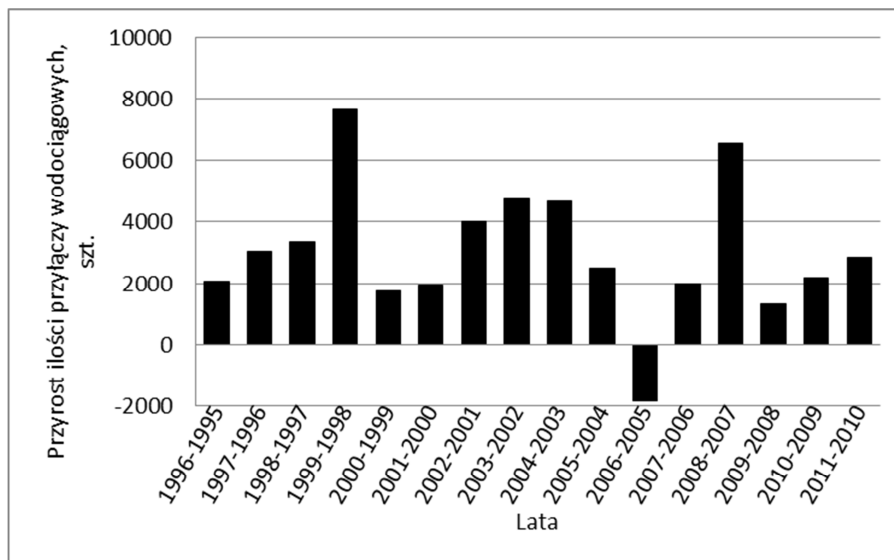
Tab. 4. Summary of the units of water supply connections in 1982-2011 [GUS 1982, 1988, 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Jednostka terytorialna	1982	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
	szt.								
Woj. lubuskie	55173*	76371	78417	81444	84787	92448	94203	96163	100168
Gm. miejska Gubin	b.d.	1705	1715	1728	1761	1778	1806	1835	1851
Gm. wiejska Gubin	b.d.	702	697	732	717	807	812	817	817
Jednostka terytorialna	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	szt.								
Woj. lubuskie	104911	109585	112061	110213	112200	118738	120060	122259	125099
Gm. miejska Gubin	1873	1873	1892	1974	1993	2042	2069	2092	2117
Gm. wiejska Gubin	1071	1224	1276	1491	1605	1870	1844	1859	1861



Rys. 5. Przyrost ilości przyłączy wodociągowych w sztukach w latach 1995-2011 w gminie Gubin [GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Fig. 5. Increase in water supply connections in 1995-2011 in Gubin Commune [GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]



Rys. 6. Przyrost liczby przyłączy wodociągowych w sztukach w latach 1995-2011 [GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

Fig. 6. Increase in water supply connections in 1995-2011 [GUS 2009, 2010, 2011ab, 2012ab]

DYSKUSJA I WNIOSKI

Zużycie wody w ostatnich latach zmieniało się w sposób dynamiczny. Do głównych czynników decydujących o tych zmianach należały bez wątpienia: przeobrażenia ustrojowe, upadek wielkich zakładów przemysłowych i zmiana profilu produkcji oraz stosowanie ceny, jako narzędzia kształtującego popyt. Czynniki te zmniejszyły zapotrzebowanie Polski na wodę z 15 km³ w 1985 roku do ok. 10,4 km³ w ostatnich latach [Granops i Hewelke 2007]. Zużycie wody na cele komunalne stanowi obecnie ok. 10,8 % (1,2 km³) i systematycznie spada (12,3 % w roku 2000) [GUS 2012c].

Kształtowanie infrastruktury technicznej jest jednym z zadań należących do gminy [Niewiadomski 2003, Parysek 2007]. Wyróżnia się tu w szczególności zaopatrzenie w wodę. Wszystkie inicjatywy podejmowane przez gminę, a związane z planowaniem przestrzennym i zapewnieniem mieszkańcom odpowiednich warunków do życia, uzależnione są od środków finansowych [Parysek 2007].

Analizowany obszar obejmuje 20 wsi, z czego 17 znajduje się bezpośrednio w obrębie planowanej kopalni odkrywkowej. Jak wskazuje Nowak i Modrze-

jewski [2012] są to obiekty w większości w złym stanie technicznym. Gęstość zaludnienia w gm. Gubin to 20 os/km², co przy średniej dla Polski 124 os/km² można określić jako niską. Zmiany demograficzne nieuchronnie prowadzą do wzrostu ilości osób w wieku poprodukcyjnym [GUS 2012c], a jak pokazują dane [GUS 2012b] ogólna liczba mieszkańców powoli maleje.

Dynamika wzrostu sieci wodociągowej na terenie gminy wiejskiej i miejskiej Gubin wykazywała w ostatnich latach tendencję wzrostową. Dostęp do wodociągów ma blisko 100% mieszkańców miasta Gubin i blisko 70% mieszkańców gminy wiejskiej, co z pewnością przełoży się na zmniejszenie przyrostu sieci w najbliższych latach.

Pomimo wzrostu dostępności do sieci wodociągowej, liczba mieszkańców gminy miejskiej korzystającej z wody dostarczanej centralnie, na przestrzeni ostatnich lat zmniejszała się. W przypadku gminy wiejskiej zaobserwowano jednak wzrost liczby osób korzystających, co może być efektem migracji wewnętrznej (ucieczka z miast). Biorąc pod uwagę wskaźniki dla całego województwa lubuskiego, zarówno gmina wiejska jak miejska, przedstawiają się dobrze, zarówno pod względem zagęszczenia sieci, dostępności i użytkowania. W zestawieniu z danymi dla kraju [GUS 2012c] dane te wyglądają już jednak nieco gorzej.

LITERATURA

1. Dz.U. 2001 nr 72 poz. 747 Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków
2. GRANOPS M., HEWELKE P., 2007. Zasoby wodne i ich jakość jako szansa dla zrównoważonego rozwoju, Red. HEWELKE P.: Zasoby przyrodnicze szansa zrównoważonego rozwoju, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, s. 135-151
3. GUS, 1982. Ochrona Środowiska i Gospodarka Wodna 1982, Red. GRADOWSKI L., 1982. Zakład Wydawnictw Statystycznych i Drukarni, Warszawa.
4. GUS, 1988. Główny Urząd Statystyczny Departamentu Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej, Ochrona Środowiska i Gospodarka Wodna 1988, Warszawa.
5. GUS, 2009. Województwo Lubuskie 2009, Red. BIELECKA W., Wydział Poligrafii Urzędu Statystycznego we Wrocławiu, Zielona Góra.
6. GUS, 2010. Województwo Lubuskie 2010, Red. WRÓBEL R., Wydział Poligrafii Urzędu Statystycznego we Wrocławiu, Zielona Góra.
7. GUS, 2011a. Rocznik Statystyczny Województw 2011, Red. DMOCHOWSKA H., Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.

8. GUS, 2011b. Rocznik Statystyczny Województwa Lubuskiego 2011, Red. WRÓBEL R., Wydział Poligrafii Urzędu Statystycznego we Wrocławiu, Zielona Góra.
9. GUS, 2012a. Mały Rocznik Statystyczny Polski 2012, Red. DMOCHOWSKA H., Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.
10. GUS, 2012b. Bank Danych Lokalnych Głównego Urzędu Statystycznego, www.stat.gov.pl, 05-02-2013.
11. GUS, 2012c. Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2012, Red. DMOCHOWSKA H., Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.
12. NIEWIADOMSKI Z., 2003. Planowanie przestrzenne. Zarys systemu. Wydawnictwo Prawnicze Lexis Nexis, Warszawa, s. 223.
13. NOWAK A., MODRZEJWSKI S., 2010. Ogólna charakterystyka stanu zagospodarowania przestrzennego oraz uwarunkowań środowiskowych w rejonie złoża węgla brunatnego Gubin, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego, Seria: Inżynieria Środowiska, 18 (138), s. 39-49.
14. PARYSEK J.J., 2007. Wprowadzenie do gospodarki przestrzennej, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań, ss. 199.
15. ŻAKOWICZ S., HEWELKE P., GNATOWSKI T., 2009. Podstawy infrastruktury technicznej w przestrzeni rolniczej, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, ss. 192.

THE ANALYSIS OF WATER SUPPLY AND SEWAGE SYSTEMS IN THE GUBIN COMMUNE. PART 1: WATER SUPPLY SYSTEM

S u m m a r y

In this paper we presented the results of the analysis of water supply system and sewage systems located on the area of future open pit mine Gubin-Brody. This paper presents the results for water supply system in Gubin Commune. We analyzed the current conditions and historical data.

Key words: water supply system, water connection, water supply

GRZEGORZ GABRYŚ, LESZEK JERZAK, BEATA GABRYŚ*

LUBUSKA PRZYRODA – WARTA ZACHODU?

Streszczenie

Ziemia Lubuska charakteryzuje się dużym bogactwem przyrodniczym, zawartym w dziewięciu formach ochrony przyrody. Występują tu dwa Parki Narodowe, 65 rezerwatów przyrody, osiem Parków Krajobrazowych, 74 obszary Natura 2000, 36 obszarów chronionego krajobrazu, sześć zespołów przyrodniczo-krajobrazowych, 335 użytków ekologicznych i 1785 pomników przyrody. Wśród chronionych roślin, zwierząt i grzybów jest wiele unikatowych gatunków w skali europejskiej. Ochrona walorów przyrodniczych będzie możliwa dzięki regularnym badaniom naukowym różnorodności biologicznej, rozsądnej gospodarce zasobami przyrody, stałemu monitoringowi stanu środowiska oraz wszechstronnej edukacji przyrodniczej.

Słowa kluczowe: województwo lubuskie, ochrona przyrody, zagrożenia, monitoring,

WPROWADZENIE

Niezwykle trudno jest charakteryzować pod kątem przyrodniczym obszar, który nie stanowi jednoznacznie wyodrębnionej prowincji geograficznej, florystycznej, faunistycznej lub choćby historycznej. Takim terenem jest bez wątpienia województwo lubuskie, leżące w strefie wielu regionów geograficznych, historycznych i kulturowych. Niemniej jednak, choć jest to z pewnością zbyt dużym uproszczeniem, zwykło się określać ten wycinek Polski – Ziemią Lubuską. Podejście takie sankcjonują liczne publikacje, w których obszar województwa lubuskiego utożsamiany jest z Ziemią Lubuską [Jermaczek i Maciantowicz 2005a, Ważna i in. 2011]. Stąd też autorzy niniejszego eseju przyjmują ekwiwalencję tych dwóch pojęć.

Województwo lubuskie, to w skali kraju stosunkowo niewielki obszar, liczący niespełna 14 tys. km² (c. 4,5% powierzchni Polski). Niemniej o jego różni-

* Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Zielonogórski; Katedra Zoologii, Katedra Ochrony Przyrody, Katedra Botaniki i Ekologii

cowaniu świadczy fakt, iż leży on w granicach 11 makro- i 25 mezoregionów fizycznogeograficznych i znajduje się w zasięgu trzech krain, pięciu dzielnic i 11 mezoregionów przyrodniczo-leśnych. Przecięty jest 418 rzekami i innymi pomniejszymi ciekami wodnymi o łącznej długości 4 600 km, w tym dwoma wielkimi rzekami – Odrą i Wartą. Jeśli dodać do tego 519 jezior, w miarę urozmaiconą rzeźbę terenu i prawie 50% lesistość – jawi nam się ta kraina, jako niezwykle atrakcyjny przyrodniczo zakątek kraju [Król 1990, Najbar i Jerzak 1996, Pawlaczyk 2005, Rösler 2005, Zieleniewski 2005, Maciantowicz 2008a].

Celem niniejszej pracy jest wykazanie walorów przyrodniczych Ziemi Lubuskiej, skumulowanych w postaci atrakcyjnych form ochrony przyrody, zwrócenie uwagi na konieczność stałego ich monitorowania, a także zachęta do wypełniania „białych plam” na mapie biotycznej (florystycznej, faunistycznej, mikologicznej etc.) na drodze dalszych, systematycznych badań naukowych.

Atrakcyjność przyrodnicza danego obszaru może być mierzona jego bioróżnorodnością. Z kolei miarą bioróżnorodności, czy inaczej – różnorodności biotycznej, jest niewątpliwie nagromadzenie form ochrony przyrody. One to stanowią najlepszy wskaźnik naturalnego charakteru regionu i są odzwierciedleniem relacji krajobrazu naturalnego do kulturowego i zdewastowanego. Województwo lubuskie legitymuje się znacznym bogactwem form ochrony przyrody. Zgodnie z Art. 6.1 Ustawy o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r., formami ochrony przyrody są:

- 1) parki narodowe;
- 2) rezerваты przyrody;
- 3) parki krajobrazowe;
- 4) obszary chronionego krajobrazu;
- 5) obszary Natura 2000;
- 6) pomniki przyrody;
- 7) stanowiska dokumentacyjne;
- 8) użytki ekologiczne;
- 9) zespoły przyrodniczo-krajobrazowe;
- 10) ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów.

W granicach województwa lubuskiego reprezentowanych jest dziewięć form ochrony przyrody. Z powyższej listy na naszym terenie nie odnotowujemy jedynie stanowisk dokumentacyjnych, stanowiących jednakże jedną ze „słabszych” form ochrony przyrody i chroniących głównie obiekty o charakterze geologicznym.

Trudno precyzyjnie wskazać, jaka powierzchnia województwa lubuskiego objęta jest ochroną obszarową, ponieważ niektóre formy ochrony przyrody zachodzą na siebie lub pokrywają się. Największy udział mają obszary chronionego krajobrazu (31,6%), stanowiące jednakże zdecydowanie najsłabszą formę ochrony przyrody. Obszary Natura 2000, licząc nakładające się powierzchnie siedliskowe i ptasie, stanowią 25,5% powierzchni województwa, a więc nieco

ponad średnią krajową (19,7%). Najmocniejsze formy ochrony – Parki Narodowe (0,95%) i rezerваты przyrody (0,25%) zajmują niewiele ponad 1% powierzchni Ziemi Lubuskiej. Generalnie, liczbowo nie odbiegamy od średnich krajowych. Atutem naszego regionu jest natomiast unikatowy charakter wielu obiektów, jak również, dzięki słabemu zaludnieniu – doskonały wskaźnik powierzchni chronionych *per capita*. Pod tym względem plasujemy się na drugim miejscu, tuż za województwem świętokrzyskim. Na Ziemi Lubuskiej przypada 5445 m² powierzchni chronionej na jednego mieszkańca [Jermaczek i Maciantowicz 2005b, Maciantowicz 2008b]. A jak wiadomo, przyroda nie przepada za nadmiernym zagęszczeniem populacji ludzkiej.

Jedynym Parkiem Narodowym leżącym w całości na terenie województwa lubuskiego jest Park Narodowy „Ujście Warty”, o powierzchni 7 955, 86 ha, utworzony w 2001 roku na bazie rezerwatu przyrody „Słońsk”. Jest to praktycznie jedyny „bezełsny” Park Narodowy w Polsce, powołany dla ochrony bezcennych przyrodniczo, podmokłych obszarów ujścia Warty do Odry. Jest ostoją ptaków wodno-błotnych. Na obszarze Parku stwierdzono występowanie prawie 400 gatunków roślin naczyniowych, ponad 30 gatunków ssaków i 140 gatunków lęgowych ptaków, z czego 26 rzadkich i zagrożonych. Szczęólnego znaczenia nabiera Park Narodowy „Ujście Warty” w okresie jesiennych migracji ptaków. Obserwowano tu stada gęsi zbożowych i białoczelnych, liczące nawet ponad 200 000 osobników [Jermaczek i Maciantowicz 2005c]. Drugi z lubuskich Parków Narodowych – Drawieński, położony jest na granicy trzech województw: lubuskiego, zachodniopomorskiego i wielkopolskiego. Całkowita powierzchnia Parku wynosi 11 087,00 ha, z czego 5 359,00 ha (48,33%) leży w granicach naszego województwa. Utworzony w 1990 roku, jest zdecydowanie „leśny” (87%) i chroni fragmenty pojezierzy Pomorza Zachodniego. Stwierdzono tu występowanie prawie 650 gatunków roślin naczyniowych, 150 gatunków mchów, 40 wątrobowców i 123 gatunki grzybów wielkoowocnikowych [Maciantowicz 2008b]. Fauna Drawieńskiego Parku Narodowego obfituje w ciekawe gatunki. Występują tu m. in. pstrągi, łososie, lipienie, trocie, certy, rzekotki drzewne, żółwie błotne, gniewosze plamiste, rybołowy, włochatki, zimorodki, pliszki górskie, pluszcze, wydry, a także wiele ciekawych bezkręgowców, z rzadkimi gatunkami ważek, motyli i chruścików. Park pełni też ważną rolę turystyczną, umożliwiając kajakarzom poznawanie przyrody w trakcie spływu malowniczą Drawą czy dziką Płociczną.

Na terenie województwa lubuskiego utworzono 65 rezerwatów przyrody. Ponad połowę stanowią rezerваты leśne, ponadto istotny udział mają rezerваты torfowiskowe i faunistyczne, a także występujące w niewielkiej liczbie rezerваты wodne, florystyczne i stepowe. Niektóre z nich uznaje się za obiekty kluczowe dla zachowania bioróżnorodności. Do takich zaliczyć możemy z pewnością rezerваты faunistyczne: „Nietoperek” – jedno z największych zimowisk nietoperzy w Europie, „Jezioro Wielkie” – chroniący ornitofaunę, „Dębowiec” –

utworzony dla ochrony chrząszcza jelonka rogacza a także leśny – „Buczyna Szprotawska”, gdzie oprócz wspaniałego, 200-letniego drzewostanu bukowego znajduje się jedyna w województwie ostoja popielicy. Inne rezerваты o wodącym charakterze to „Pamięcin” i „Gorzowskie Murawy”, chroniące murawy kserotermiczne, „Wrzosiec” i „Żurawie Bagno”, chroniące rzadkie gatunki i zbiorowiska roślinne o atlantyckim typie zasięgu, „Bagno Chłopiny”, „Młodno”, „Pawski Łuk”, „Dolina Ilanki”, „Torfowisko Osowiec”, poświęcone ekosystemom wodno-błotnym i wreszcie wspomniana „Buczyna Szprotawska”, „Buczyna Łagowska”, „Wilanów”, „Zimna Woda” czy „Łęgi” jako sztandarowe rezerваты chroniące zbiorowiska leśne [Król 1990, Najbar i Jerzak 1996, Rąkowski i in. 2006, Maciantowicz 2005, 2008b]. Sieć rezerwatów rozwija się dynamicznie, o czym świadczy powołanie kolejnych 16 obiektów w ostatnim 10-leciu („Rejestr rezerwatów przyrody województwa lubuskiego”, 5 marca 2013 r.).

Na Ziemi Lubuskiej, dzięki znacznemu zróżnicowaniu ekosystemów, możliwe było utworzenie ośmiu Parków Krajobrazowych na 76 418 hektarach, co stanowi 5,5% powierzchni województwa. Parki krajobrazowe unaoczniają nam skomplikowaną strukturę geomorfologiczną i fizjocenotyczną naszego regionu. Ukazują różnorodność krajobrazów, chroniąc jednocześnie unikalne zespoły roślinne, populacje rzadkich gatunków oraz twory przyrody nieożywionej. W granicach parków krajobrazowych znajdują się dobrze zachowane zwarte kompleksy leśne, pofałdowane wzgórza morenowe, pola sandrowe, jeziora w rynnach polodowcowych, tereny wodno-błotne, bagienne i rolnicze a także unikalne utwory geologiczne oraz zabytki kultury. Cztery parki krajobrazowe: „Łagowski”, „Gryżyński”, „Krzesiński” i „Łuk Mużakowa” położone są w całości na terenie województwa lubuskiego. Parki krajobrazowe „Ujście Warty” i „Barlinecko-Gorzowski” dzielimy z woj. zachodniopomorskim a „Pszczewski” i „Przemęcki” z woj. wielkopolskim [Rąkowski i in. 2002, Krzyśków 2005, Maciantowicz 2008b].

Uzupełnieniem ochrony wielkoobszarowej jest Europejska sieć ekologiczna Natura 2000 wraz z korytarzami ekologicznymi. W woj. lubuskim utworzono 62 obszary siedliskowe, o powierzchni 188 194 ha, oraz 12 obszarów ptasich o powierzchni 293 998 ha, chroniące przede wszystkim siedliska i gatunki charakterystyczne dla nizinnej części Europy Środkowej. Do najciekawszych obszarów objętych siecią Natura 2000 należy zaliczyć „Nietoperek” w podziemiach Międzyrzeckiego Rejonu Umocnionego i „Mopkowy Tunel koło Krzystkowic”, dające zimowe schronienie nietoperzom. Ponadto kilka obszarów chroniących bory chrobotkowe, łągi dębowo-wiązowo-jesionowe, murawy kserotermiczne oraz roślinność o atlantyckim typie zasięgu z takimi gatunkami jak paproć gałuszka kulecznica czy wrzosiec bagienny. Do ciekawszych gatunków „naturowych” zwierząt z pewnością należy zaliczyć wilka, żółwia błotnego, jelonka rogacza, kozioroga dębosza i pachnicę dębową. W ostojach ptasich

atrakcją ornitologiczną są tzw. „puszczańskie” gatunki sów – włochatka i sóweczka, głuszcak a także coraz rzadszy w naszym kraju rybołów. Tworzenie sieci Natura 2000 na terenie Ziemi Lubuskiej nie zostało zakończone. W planach jest jeszcze utworzenie kilku kluczowych obszarów siedliskowych – „Krośnieńska Dolina Odry”, „Rynna Jezior Torzyskich”, powiększenie obszaru „Ujście Ilanki” oraz obszaru specjalnej ochrony ptaków „Puszcza Barłinea” [Jermaczek i Maciantowicz 2013]. Przedstawione obszarowe formy ochrony przyrody wzbogaca sieć 36 obszarów chronionego krajobrazu, sześciu zespołów przyrodniczo-krajobrazowych i 335 użytków ekologicznych [Maciantowicz 2008b].

Planistyczną i biocenotyczną (obszarową) ochronę przyrody uzupełniają dwie formy, określane w sozologii mianem konserwatorskiej: gatunkowa i pomnikowa. Chronione gatunki zwierząt, roślin i grzybów oraz pomniki przyrody stanowią o lubuskiej bioróżnorodności. To ich populacje są podstawowymi cegiełkami budującymi najcenniejsze biocenozy i ekosystemy. Nie sposób w tak krótkim omówieniu przedstawić choćby niewielkiej ich części. Odsyłamy Czytelnika do licznych opracowań monograficznych, dotyczących szeroko rozumianej przyrody Ziemi Lubuskiej [Król 1990, Najbar i Jerzak 1996, Jermaczek i Maciantowicz 2005, 2013, Lipnicki 2006, 2009, Jerzak i Gabryś 2007, Jerzak 2008, Jerzak i Rösler 2010]. Warto jedynie nadmienić, że do końca 2005 roku zarejestrowano w woj. lubuskim 1785 pomników przyrody. Wśród nich są pojedyncze drzewa, grupy drzew, aleje, głązy oraz tzw. powierzchniowe pomniki przyrody, w postaci kolonii ptaków, fragmentów torfowisk czy płatów roślinności [Maciantowicz 2008b]. Niestety nie wszystkie przetrwały próbę czasu i ludzkiej nietolerancji. Najgrubszy dąb szypułkowy w Polsce „Napoleon”, liczący 650 lat, został przez bezmyślnych wandalów podpalony i pomimo usilnych starań nie udało się tego wspaniałego drzewa uratować.

W związku z takim nagromadzeniem bogactwa fauny i flory nasuwa się pytanie, czy Ziemia Lubuska jest już całkowicie poznana pod względem przyrodniczym? Czy jest jeszcze cokolwiek do zrobienia, zbadania, odkrycia? Oczywiście TAK. Śledząc poszczególne opracowania florystyczne, faunistyczne i mikologiczne zauważamy, że niektóre grupy organizmów są relatywnie dobrze zbadane, niektóre zaś częściowo lub całkowicie zaniedbane. Do tych najlepiej poznanych należą z pewnością wszystkie zwierzęta kręgowce, a więc ssaki, ptaki, gady, płazy, ryby, minogi a także rośliny naczyniowe. Do słabiej poznanych zaliczyć należy grzyby, porosty, mchy, wątrobowce, hydrofaunę i hydroflorę a przede wszystkim większość zwierząt bezkręgowych [Jermaczek i Maciantowicz 2005, Jerzak 2008]. Spośród tych ostatnich nieco więcej uwagi poświęcono pijawkom, ślimakom lądowym, motylom i chrząszczom [Gawroński 2005, Młeczak 2008]. Jednak niektóre rzędy stawonogów, takie jak na przykład roztocze (Acarina), nie doczekały się do tej pory pełnego opracowania w odniesieniu do żadnego z podstawowych taksonów. Próba podsumowania dotychczasowych

badań nad jedną tylko grupą, określaną mianem *Parasitengona terrestria* (= *Trombidia*) wykazała jak fragmentarycznie na Ziemi Lubuskiej poznane są te pajęczaki. Podczas gdy w Polsce stwierdzono występowanie 149 gatunków, z woj. lubuskiego wykazano zaledwie 22 gatunki, co stanowi niespełna 15% fauny krajowej [Roland i Gabryś 2006, Gabryś i Mąkol 2008, Gabryś i in. 2008, Mąkol i Gabryś 2008]. Tymczasem nasz region wydaje się być bardzo ciekawy, o czym świadczy np. stwierdzenie niezwykle rzadkiego gatunku roztocza *Valgothrombium longipes*, znanego jedynie z dwóch stanowisk na świecie a opisanego przez Franke [1942] z okolic Krosna Odrzańskiego [Gabryś 1996]. Ponadto, odkryto ostatnio w okolicach Zielonej Góry, niestwierdzanego dotychczas w Polsce Zachodniej groźnego kleszcza łąkowego *Dermacentor reticulatus*, odpowiedzialnego m. in. za przenoszenie babeszjozy u psów [Nowak 2011]. Te dwa fakty zdają się potwierdzać tezę sformułowaną przez Mleczaka [2008]: „Mimo słabego zbadania rozmieszczenia bezkręgowców z terenu województwa lubuskiego, zaobserwowano tu wiele rzadkich w skali kraju gatunków, co świadczy o bardzo interesujących i stosunkowo dobrze zachowanych środowiskach”. A to niewątpliwie powinno zachęcić szerokie rzesze biologów do dalszych badań, nie tylko florystycznych i faunistycznych, ale też ekologicznych, taksonomicznych i biogeograficznych. Między innymi dlatego, aby uniknąć, oczywiście w mikroskali, zjawiska znanego z wrażliwych ekosystemów strefy równikowej, gdzie na skutek wycięcia jednego hektara lasu może bezpowrotnie wyginąć kilkadziesiąt tysięcy gatunków grzybów, roślin zwierząt i mikroorganizmów, zanim zostaną odkryte i opisane. A więc dogłębne zbadanie lubuskiej flory i fauny ma jeszcze jeden, niezwykle istotny wymiar teoretyczny i praktyczny. W obliczu licznych zagrożeń, aby wiedzieć JAK chronić, trzeba wiedzieć CO chronić. Trzeba poznać bioróżnorodność, określić jej zagrożenia a następnie skutecznie monitorować.

Przykładem takich działań może być stosunkowo dobrze poznana, dzięki regularnym badaniom w ostatnim 10-leciu, fauna ssaków woj. lubuskiego [Gabryś 2005, Gabryś i in. 2005, 2006, 2009, Cichocki i in. 2005, 2006, 2009, Ważna i in. 2007, 2008, 2011, Nowak i in. 2011]. Zagrożenia teriofauny można w rzeczywistości ekstrapolować na wszystkie pozostałe grupy organizmów. Oczywiście istnieją bardzo specyficzne warunki w odniesieniu np. do nietopierzy, pilchowatych czy drapieżnych. Niemniej jednak ogólne czynniki oddziałujące na przyrodężywioną są podobne. W naszych warunkach zaliczyć do nich należy przede wszystkim drastyczne przekształcenia środowiska, związane z dużymi inwestycjami, np. wielkoobszarowe wycinki lasów, osuszanie terenów podmokłych, budowy autostrad. Istotne miejsce zajmują tu śmiertelne fermy wiatrowe, często fatalnie usytuowane. Niemniejsze zagrożenie stanowią lokalne „pułapki ekologiczne” w postaci fragmentacji siedlisk, zwiększonego prawdopodobieństwa kolizji z pojazdami, zanikania wiekowych drzewostanów, wycinki starych przydrożnych alei oraz dziuplastych drzew w obrębie miejsco-

wości, likwidowania zadrzewień i zakrzewień śródpolnych. Do tego dołącza zwykły wandalizm i głupota, wynikające z braku edukacji, braku kultury i pauperyzacji społeczeństwa. Nagminne wypalanie łąk, pól uprawnych i nieużytków, kłusownictwo, tworzenie nielegalnych wysypisk śmieci jest tego dobitnym przykładem. Odrębny problem stanowi zagrożenie ze strony obcych gatunków fauny i flory, wnikać do rodzimych siedlisk a także zwiększająca się liczba dziczyńskich psów i kotów penetrujących naturalne obszary przyrodnicze. Chcąc skutecznie chronić naszą przyrodę musimy eliminować powyższe zagrożenia na drodze administracyjnej, w ramach obowiązującego prawa, ale też kłaść ogromny nacisk na tzw. „edukację ekologiczną od urodzenia do śmierci”. Tylko bowiem dzięki świadomemu społeczeństwu, jesteśmy w stanie pokoleniowo przeciwdziałać nieodwracalnej degradacji środowiska naturalnego. Jak powiedział wybitny entomolog, nauczyciel akademicki i artysta fotograf, prof. dr hab. Władysław Strojny [1981], „Na nic zdadzą się najlepsze ustawy dotyczące ochrony zwierząt, jeżeli przeciętny obywatel nie będzie rozumiał idei ochrony przyrody”.

Monitorowanie zagrożeń teriofauny, jak i wszystkich pozostałych biota Ziemi Lubuskiej, uzależnione jest przede wszystkim od przeprowadzania inwentaryzacji przyrodniczych na obszarze całego województwa. Jest to podstawa do obserwacji dynamiki liczebności populacji i poznania ich rozmieszczenia. W odniesieniu do najrzadszych taksonów stan poznania statusu wielu gatunków poprawił się ostatnio, m. in. dzięki realizacji programu Natura 2000. Niemniej jednak, kierując się zdaniem większości przyrodników należy stwierdzić, że obszarów chronionych jest „zawsze za mało” i dotyczy to również Ziemi Lubuskiej.

Województwo lubuskie, w dzisiejszym rozumieniu obszarowym, zawsze leżało poza „strefą wpływów” dużych ośrodków akademickich. Poza tym, na żadnej z działających tu wcześniej uczelni, nie było wydziału biologii, który mógłby skupić zawodowych botaników, zoologów i mikologów. Sytuacja ta zaczęła się powoli zmieniać pod koniec lat 90. ubiegłego wieku. W roku 1994 w ówczesnej Wyższej Szkole Pedagogicznej w Zielonej Górze na Wydziale Matematyki, Fizyki i Techniki powołany został Instytut Biotechnologii i Ochrony Środowiska. W roku 2007, już w strukturach Uniwersytetu Zielonogórskiego, powstał Wydział Nauk Biologicznych, skupiający m. in. specjalistów z zakresu botaniki, ekologii, ochrony przyrody, zoologii bezkręgowców i kręgowców. Obecnie na naszym Wydziale prowadzone są studia pierwszego stopnia (licencjackie) na trzech kierunkach: biologia, biotechnologia i ochrona środowiska, studia drugiego stopnia (magisterskie) na dwóch kierunkach: biologia i ochrona środowiska a od 1 października 2013 roku również studia trzeciego stopnia (doktoranckie) z dyscypliny biologia i z dyscypliny ochrony środowiska. W połączeniu z zawodowymi biologami, faunistami, florystami, fitosocjologami, hydrobiologami, mikologami i leśnikami pracującymi w mniej-

szych uczelniach regionu, Lasach Państwowych oraz organizacjach i stowarzyszeniach pozarządowych, stanowi to znaczący potencjał, który pozwala na kompleksowe opracowania botaniczne, zoologiczne i mikologiczne większości taksonów, bez uciekania się do pomocy ze strony innych ośrodków akademickich. Ma to również zastosowanie w monitoringu i planowaniu przestrzennym. A zagrożenia płynące z szybko postępującej urbanizacji i industrializacji są duże. Oczywiście nie można całkowicie zahamować procesu budowy nowych szlaków komunikacyjnych czy innych inwestycji. Można jednak czynić to w sposób rozważny, zgodny z zasadą zrównoważonego rozwoju, sformułowaną na Szczycie Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 roku, znaną, jako „Deklaracja z Rio” [Symonides 2007]. Mając w ręku atut w postaci dobrego rozeznania walorów przyrodniczych, można łatwiej decydować np. o właściwej lokalizacji inwestycji tak, żeby atrakcyjność (agro)turystyczna na tym nie ucierpiała. Ponadto, mając na uwadze trendy panujące obecnie w wielu krajach zachodniej Europy [MacKay 2009], można, dzięki wnikliwym analizom środowiskowym, zastanowić się, czy inwestycja w niektóre, tzw. „ekologiczne i odnawialne” źródła energii, nie jest mniej opłacalna niż inwestycja w surowce konwencjonalne i zdrową, naturalną przyrodę Ziemi Lubuskiej. Ale to już temat na osobną publikację.

LITERATURA

1. CICHOCKI, J.; ŁUPICKI, D.; SAWKO, G.; WAŻNA, A. 2006. Ssaki okolic Cybinki. W: JERZAK, L. (red.). Fauna doliny Odry okolic Cybinki. Lubuskie Prace Przyrodnicze, Nr 1. Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra, 109-130.
2. CICHOCKI, J.; RUPRECHT, A.; WAŻNA, A.; 2005. Występowanie szczura śniadego *Rattus rattus* L. w Zachodniej Polsce. W: HĘDRZAK, M. (red.). Zmiany populacji ssaków jako pochodna dynamiki zmian środowiska. Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja, Kraków, 104-109.
3. CICHOCKI, J.; WAŻNA, A.; ŁUPICKI, D.; NIEDEBACH, J. 2009. Pierwsze stwierdzenia mroczka posrebrzanego *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758 w woj. lubuskim. Nietoperze, Nr 10, 73-74.
4. FRANKE, A. 1942. *Valgothrombium longipes*, eine neue Species der Trombidiidae (Acari). Zool. Anz., Nr 137(7/8), 166-168.
5. GABRYŚ, G. 1996. Microtrombidiidae (Acari: Actinedida) of Poland. Ann. Up. Siles. Mus., Entomol., Nr 6-7, 145-242.
6. GABRYŚ, G. 2005. Ssaki. W: JANOWSKA, E.; JANOWSKI, R. Park Krajobrazowy „Łuk Mużakowa”. Diapress Agencja Fotograficzno-Wydawnicza, Zielona Góra, 13-15.

7. GABRYŚ, G.; CICHOCKI, J.; WAŻNA, A. 2005. Ssaki. W: JERMACZEK, A.; MACIANTOWICZ, M. (red.). *Przyroda Ziemi Lubuskiej*. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin, 217-235.
8. GABRYŚ, G.; MAKOL, J. 2008. Erythraeoidea. W: BOGDANOWICZ, W.; CHUDZICKA, E.; PILIPIUK, I.; SKIBIŃSKA, E. (red.). *Fauna Polski. Charakterystyka i wykaz gatunków. Tom III. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa*, 142-145, 209-210.
9. GABRYŚ, G.; MAKOL, J.; ŁAYDANOWICZ, J. 2008. Calyptostomatoidea. W: BOGDANOWICZ, W.; CHUDZICKA, E.; PILIPIUK, I.; SKIBIŃSKA, E. (red.). *Fauna Polski. Charakterystyka i wykaz gatunków. Tom III. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa*, 140-142, 209.
10. GABRYŚ, G.; WAŻNA, A.; CICHOCKI, J. 2006. Ssaki. W: LIPNICKI, L. (red.). *Przyroda Gminy Drezdenko. Drezdenko*, 170-185.
11. GABRYŚ, G.; WAŻNA, A.; CICHOCKI, J.; ŁUPICKI, D. 2009. Ssaki. W: LIPNICKI, L. (red.). *Przyroda Gminy Skwierzyna. Skwierzyna*, 217-231.
12. GAWROŃSKI, A. 2005. Bezkręgowce. W: JERMACZEK, A.; MACIANTOWICZ, M. (red.). *Przyroda Ziemi Lubuskiej*. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin, 151-171.
13. JERMACZEK, A.; MACIANTOWICZ, M. (red.). 2005a. *Przyroda Ziemi Lubuskiej*. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin, ss. 400.
14. JERMACZEK, A.; MACIANTOWICZ, M. 2005b. Stan ochrony przyrody. W: JERMACZEK, A.; MACIANTOWICZ, M. (red.). *Przyroda Ziemi Lubuskiej*. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin, 247-249.
15. JERMACZEK, A.; MACIANTOWICZ, M. 2005c. Parki Narodowe. W: JERMACZEK, A.; MACIANTOWICZ, M. (red.). *Przyroda Ziemi Lubuskiej*. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin, 251-265.
16. JERMACZEK, A.; MACIANTOWICZ, M. (red.). 2013. Obszary Natura 2000 w województwie lubuskim. RDOŚ w Gorzowie Wlkp., ss. 592.
17. JERZAK, L. (red.). 2008. Opracowanie ekofizjograficzne województwa lubuskiego. *Przyroda ożywiona. Zielona Góra*, ss. 283.
18. JERZAK, L.; GABRYŚ, G. (red.). 2007. Bory Lubuskie. Leśny kompleks promocyjny. Nadleśnictwo Lubsko, ss. 220.
19. JERZAK, L.; RÖSLER, A. (red.). 2010. *Przyroda Gminy Sława. Urząd Miejski w Sławie*, ss. 156.
20. KRÓL, S. 1990. *Nasza przyroda. Województwa gorzowskie i zielonogórskie*. LOP, Warszawa, ss. 180.
21. KRZYŚKÓW, T. 2005. Parki krajobrazowe. W: JERMACZEK, A.; MACIANTOWICZ, M. (red.). *Przyroda Ziemi Lubuskiej*. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin, 281-297.
22. LIPNICKI, L. (red.). 2006. *Przyroda Gminy Drezdenko. Drezdenko*, ss. 299.

23. LIPNICKI, L. (red.). 2009. Przyroda Gminy Skwierzyna. Skwierzyna, ss. 279.
24. MACIANTOWICZ, M. 2005. Rezerваты przyrody. W: JERMACZEK, A.; MACIANTOWICZ, M. (red.). Przyroda Ziemi Lubuskiej. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin, 267-279. MACIANTOWICZ, M. 2008a. Lasy. W: JERZAK, L. (red.). Opracowanie ekofizjograficzne województwa lubuskiego. Przyroda ożywiona. Zielona Góra, 49-91.
25. MACIANTOWICZ, M. 2008b. Formy ochrony przyrody województwa lubuskiego. W: JERZAK, L. (red.). Opracowanie ekofizjograficzne województwa lubuskiego. Przyroda ożywiona. Zielona Góra, 219-257.
26. MACKAY, D. J. C. 2009. Sustainable Energy – without the hot air. UIT, Cambridge, England, ss. 370.
27. MAŁOŁ, J.; GABRYŚ, G. 2008. Trombidioidea. W: BOGDANOWICZ, W.; CHUDZICKA, E.; PILIPIUK, I.; SKIBIŃSKA, E. (red.). Fauna Polski. Charakterystyka i wykaz gatunków. Tom III. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa, 145-148, 210-212.
28. MLECZAK, M. 2008. Bezkręgowce. W: JERZAK, L. (red.). Opracowanie ekofizjograficzne województwa lubuskiego. Przyroda ożywiona. Zielona Góra, 93-111.
29. NAJBAR, B.; JERZAK, L. 1996. Przyroda województwa zielonogórskiego. Zielona Góra, ss. 83.
30. NOWAK, M. 2011. Discovery of *Dermacentor reticulatus* (Acari: Amblyomidae) populations in the Lubuskie Province (Western Poland). Exp. Appl. Acarol., Nr 54, 191-197.
31. NOWAK, S.; MYŚLAJEK, R.; KŁOSIŃSKA, A.; GABRYŚ, G. 2011. Diet and prey selection of wolves (*Canis lupus*) recolonising Western and Central Poland. Mammalian Biology Nr 76, 709-715.
32. PAWLACZYK, P. 2005. Roślinność lasów. W: JERMACZEK, A.; MACIANTOWICZ, M. (red.). Przyroda Ziemi Lubuskiej. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin, 129-149.
33. RĄKOWSKI, G.; SMOGORZEWSKA, M.; JANCZEWSKA, A.; WÓJCIK, J.; WALCZAK, M.; PISARSKI, Z. 2002. Parki krajobrazowe w Polsce. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, ss. 720.
34. RĄKOWSKI, G.; WALCZAK, M.; SMOGORZEWSKA, M. 2006. Rezerваты przyrody w Polsce Środkowej. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, ss. 528.
35. Rejestr rezerwatów przyrody województwa lubuskiego. [5 marca] 2013. RDOŚ w Gorzowie Wlkp.
36. ROLAND, E.; GABRYŚ, G. 2006. Faunistic review of Parasitengona terrestria (= Trombidia) (Acari: Actinotrichida) of the Lubuskie Province. In: GABRYŚ, G.; IGNATOWICZ, S. (eds). Advances in Polish Acarology. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 282-292.

37. RÖSLER, A. 2005. Położenie i ukształtowanie terenu. W: JERMACZEK, A.; MACIANTOWICZ, M. (red.). Przyroda Ziemi Lubuskiej. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin, 7-17.
38. STROJNY, W. 1981. Nasze zwierzęta. PWRiL, Warszawa, ss. 500.
39. SYMONIDES, E. 2007. Ochrona przyrody. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, ss. 767.
40. Ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. Dz. U. 2004 Nr 92, poz. 880.
41. WAŻNA, A.; CICHOCKI, J.; GABRYŚ, G. 2008. Ssaki. W: JERZAK, L. (red.). Opracowanie ekofizjograficzne województwa lubuskiego. Przyroda ożywiona. Zielona Góra, 205-217.
42. WAŻNA, A.; CICHOCKI, G.; GABRYŚ, G.; ŁUPICKI, D. 2007. Ssaki. W: JERZAK, L.; GABRYŚ, G. (red.). Bory Lubuskie. Leśny kompleks promocyjny. Nadleśnictwo Lubsko, 105-116.
43. WAŻNA, A.; CICHOCKI, J.; ŁUPICKI, D.; RUBACHA, S.; WĄSICKI, A.; GABRYŚ, G. 2011. Pokarm płomykówki *Tyto alba* (Scopoli, 1769) na Ziemi Lubuskiej. Zesz. Nauk. UP Wroc., Biol. Hod. Zwierz., Nr 62/580, 65-87.
44. ZIELENIEWSKI, W. 2005. Wody powierzchniowe. W: JERMACZEK, A.; MACIANTOWICZ, M. (red.). Przyroda Ziemi Lubuskiej. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin, 19-27.

NATURE OF ZIEMIA LUBUSKA: IS IT WORTH PROTECTING?

Summary

Ziemia Lubuska (Lubusz Land) is characterized by rich diversity of nature, which is protected within nine forms of nature conservation. There are two National Parks, 65 nature reserves, eight Landscape Parks, 74 Natura 2000 sites, 36 protected landscape areas, six Nature and landscape complexes, 335 ecological sites, and 1785 natural monuments. The list of protected plants, animals, and fungi of Ziemia Lubuska includes a lot of rare species at the European scale. The protection of the natural values will be possible in consequence of systematic studies on biological diversity, reasonable management of natural resources, constant monitoring of the state of environment, and comprehensive natural science education.

Key words: Lubuskie Province, nature protection, endangerment, monitoring

**SYLWIA MYSZOGRAJ, ZOFIA SADECKA,
MONIKA SUCHOWSKA-KISIELEWICZ***

ASPEKTY PRAWNE I TECHNOLOGICZNE WSPÓŁSPALANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Streszczenie

Zgodnie z Prawem Ochrony Środowiska osady ściekowe nie są zaliczane do biomasy, a proces ich termicznego przekształcania musi spełniać rygorystyczne wymagania jak dla spalania odpadów. Natomiast zgodnie z Ustawą Prawo Energetyczne termiczna utylizacja osadów ściekowych to proces produkcji energii ze źródeł odnawialnych i związane z tym możliwości wywiązania się z obowiązku pozyskiwania „zielonej” energii.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, przekształcanie termiczne, technologie

WPROWADZENIE

Prace badawczo-rozwojowe w energetyce koncentrują się głównie na podniesieniu sprawności tradycyjnej produkcji ciepła i energii elektrycznej oraz doskonaleniu technologii termochemicznej konwersji biopaliw, takich jak np. zgazowanie. Dynamiczny wzrost wykorzystania biomasy wpływa na zmniejszenie kosztów wytworzenia energii i transportu surowców. Produkcja energii z biomasy to szereg technik i technologii obejmujących:

- spalanie biomasy roślinnej (np. drewno opałowe, odpady drzewne np. z tartaków, zakładów meblarskich, słoma, rośliny energetyczne), które może odbywać się w sposób bezpośredni w paleniskach otwartych i zamkniętych lub przez zgazowanie, a następnie spalanie otrzymanego gazu palnego np. w kotłach lub zasilanie nim silników spalinowych;
- spalanie odpadów komunalnych i osadów ściekowych (zgazowanie lub metoda bezpośrednia);
- wytwarzanie oleju opałowego z roślin oleistych uprawianych dla celów energetycznych (np. rzepak);

* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska

- fermentację alkoholową np. trzciny cukrowej, ziemniaków lub dowolnego surowca organicznego w celu wytworzenia alkoholu etylowego jako paliwa silnikowego;
- fermentację metanową odpadów lub osadów ściekowych w celu wytworzenia biogazu, a następnie spalanie biogazu w paleniskach kotłowych lub zasilanie nim silników spalinowych napędzających np. generatory prądu elektrycznego;
- energetyczne wykorzystanie gazu wysypiskowego.

Z punktu widzenia możliwości prawnych ważne jest rozstrzygnięcie, czy przeznaczone do spalania surowce są biomasą.

Zgodnie z Prawem Ochrony Środowiska [Dz.U. 2008 nr 25 poz. 150, z póź. zm.] osady ściekowe nie są zaliczane do biomasy, a proces ich termicznego przekształcania należy traktować zgodnie z prawem obowiązującym dla innych odpadów. Wymagania te są bardziej rygorystyczne w porównaniu do spalania biomasy. Natomiast zgodnie z Ustawą Prawo Energetyczne [Dz. U. z 2006 r. Nr 89, poz. 625, z póź. zm.] termiczna utylizacja osadów ściekowych to proces produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Zapis taki umożliwia wywiązywanie się z nałożonych prawem obowiązków odzysku energii, np. przez eksploatatorów oczyszczalni ścieków.

WYKORZYSTANIE TERMICZNEGO PRZEKSZTAŁCANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH W KRAJACH UE

Osady ściekowe powinny być usuwane z terenu oczyszczalni i odpowiednio zagospodarowane. Nie ma jednej uniwersalnej metody zagospodarowania osadów powstających w procesach oczyszczania ścieków. Gospodarka osadowa wymaga każdorazowo indywidualnego wyznaczenia sposobu ostatecznego wykorzystania z uwzględnieniem składu osadów, kosztów przetwarzania i transportu oraz uwarunkowań lokalnych.

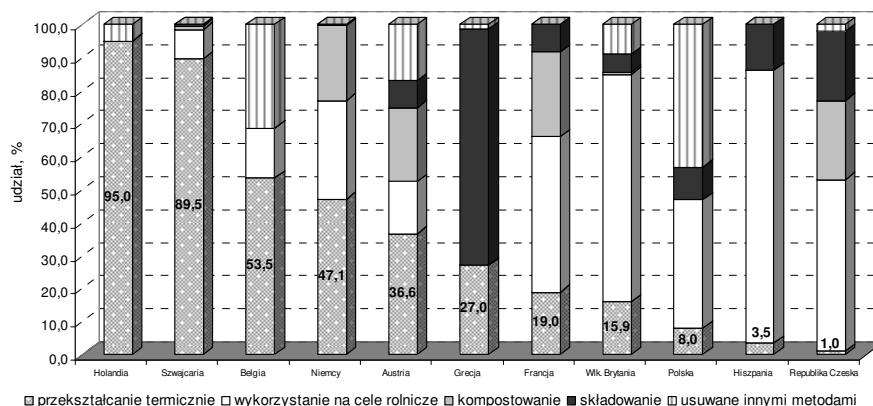
W większości polskich oczyszczalni ścieków w podstawowym ciągu przeróbki osadów są zagęszczanie, stabilizacja (beztlenowa, tlenowa lub chemiczna), a następnie odwadnianie i higienizacja. Priorytetowym sposobem postępowania z osadami powinno być ich wykorzystanie w sposób niepowodujący negatywnego oddziaływania na środowisko.

W Polsce dominującym kierunkiem zagospodarowania osadów ściekowych w 2011r. było ich wykorzystanie rolnicze (116,2 tys. ton s.m.), stosowanie do rekultywacji terenów (54,4 tys. ton s.m.) oraz do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu (31,0 tys. ton s.m.) [GUS, 2012]. Termicznemu przekształcaniu poddano 8% komunalnych osadów ściekowych tj. 41,6 tys. ton s.m., a składowano 51,4 tys. ton s.m. Wg danych statystycznych 41% (212,4 tys. ton s.m.) wytworzonych osadów magazynowano na terenie oczyszczalni ścieków.

Obecnie gospodarka osadami ściekowymi w Polsce ukierunkowana jest na zmniejszenie ilości składowanych osadów oraz na zwiększenie ich przetwarzania metodami termicznymi [KPGO, 2014].

Dane statystyczne Eurostat z okresu 1999-2012 wykazują wzrost znaczenia metod termicznego przekształcania w gospodarce osadami ściekowymi w niektórych krajach UE.

Udział różnych metod unieszkodliwiania osadów ściekowych w niektórych krajach Unii Europejskiej przedstawiono na rys. 1. Z danych wynika, że termiczne unieszkodliwianie osadów ściekowych dominuje w Holandii, Szwajcarii i Belgii.



Rys. 1. Metody unieszkodliwiania osadów ściekowych w niektórych krajach UE [dane Eurostat 2006-2009, Polska GUS 2011]

Fig. 1. Methods of disposal of sewage sludge in some countries of the EU [Eurostat 2006-2009, GUS 2011]

Metody termicznego przekształcania, pomimo szeregu trudności technicznych, ekonomicznych oraz ekologicznych, są bezspornie wygodnym i efektywnym rozwiązaniem problemu zagospodarowania osadów ściekowych. Spalanie osadów jest zasadne m.in. w przypadkach, gdy jakość osadów przeznaczonych do wykorzystania w rolnictwie nie jest zgodna z wymaganiami prawnymi, np. przekroczona jest zawartość bakterii Salmonella, jaj pasożytów lub ilość metali ciężkich [Dz. U. 2010 nr 137, poz. 924].

OGRANICZENIA PRAWNE WSPÓŁSPALANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Prawo krajowe i prawo w krajach UE, obok monospalarni odpadów zezwala również na termiczną utylizację różnych rodzajów odpadów w instalacjach przemysłowych zwanych współspalarniami. Głównym celem eksploatacji tych instalacji jest wytwarzanie energii. Tego rodzaju procesy podlegają zgodnie z aktualnym prawem krajowym w pełni zgodnym z prawem UE, innym regulom i wymaganiom, niż procesy termicznego przekształcania odpadów typu „mono”, prowadzone w spalarniach odpadów.

Zgodnie z definicją zawartą w Ustawie o odpadach [Dz.U. 2013 nr 0 poz. 21] pojęcie **współspalarni odpadów** zostało zdefiniowane w następujących sposób:

...zakład lub jego część, których głównym przedmiotem działalności jest wytwarzanie energii lub produktów, w których wraz z paliwami są przekształcane termicznie odpady w celu odzyskania zawartej w nich energii lub w celu ich unieszkodliwiania, obejmujące instalacje i urządzenia służące do prowadzenia procesu termicznego przekształcania wraz z oczyszczaniem gazów odlotowych i wprowadzaniem ich do atmosfery, kontrolą, sterowaniem i monitorowaniem procesów, instalacjami związanymi z przyjmowaniem, wstępnym przetwarzaniem magazynowaniem odpadów dostarczonych do termicznego przekształcania oraz instalacjami związanymi z magazynowaniem i przetwarzaniem substancji otrzymanych w wyniku spalania i oczyszczania gazów odlotowych.

Natomiast w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie standardów emisyjnych z instalacji [Dz.U. 2011 nr 95 poz. 558] w § 17 ust. 2 podano, że:

...każda instalacja, której głównym celem jest wytwarzanie energii lub innych produktów, w której wraz z paliwami są spalane odpady w celu odzyskania zawartej w nich energii lub w celu ich unieszkodliwiania; obejmuje to spalanie przez utlenianie odpadów i paliw, jak również inne procesy przekształcania termicznego odpadów, w tym pirolizę, zgazowanie i proces plazmowy, o ile substancje powstające podczas przekształcania są następnie współspalane z paliwami.

Do grupy instalacji przemysłowych, w których może być prowadzony proces współspalania odpadów mogą należeć między innymi piece cementowe, piece wapiennicze, piece do wypalania cegły, wielkie piece, piece do wytopu rud, kotły energetyczne i przemysłowe oraz baterie koksownicze, w których nie następuje proces spalania, lecz inny rodzaj procesu termicznego przekształcania, jakim jest np. piroliza [Pająk i Wielgosiński, 2008].

LIMITY EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ

W Polsce w ramach implementacji prawa UE przyjęto limity emisji zanieczyszczeń. Do podstawowych wymagań określających możliwości termicznej utylizacji odpadów należą:

- określone standardy emisyjne,
- parametry procesowe,
- zakres pomiarów i monitoringu parametrów procesowych i emisji zanieczyszczeń.

Wymagania te zostały ujęte między innymi w następujących aktach prawnych:

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 kwietnia 2011r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji [Dz.U. 2011 nr 95 poz. 558];
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 19 marca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów [Dz.U. 2010 nr 61 poz. 380]
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2008 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody [Dz.U. 2008 nr 206 poz. 1291].

Decydujące znaczenie ma rodzaj odpadów, który ma podlegać procesowi współspalania, ponieważ od jego charakterystyki zależy sposób wyznaczania standardów emisyjnych. Limity emisji zależą od sposobów przetwarzania: współspalania w elektrowniach, elektrociepłowniach i cementowniach lub spalania w spalarniach. Zatem wszystkie instalacje przemysłowe do współspalania osadów ściekowych zobowiązane są zachować standardy emisyjne, które zostały określone w załączniku nr 6 do Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie standardów emisyjnych z instalacji [Dz.U. 2011 nr 95 poz. 558].

Emisje z instalacji współspalania odpadów uznaje się za zagwarantowane, jeżeli nie przekraczają wartości dopuszczalnych w zakresie: stężeń pyłu, substancji organicznych w postaci gazów i par w przeliczeniu na całkowity węgiel organiczny, chlorowodoru, fluorowodoru, dwutlenku siarki, tlenku azotu i dwutlenku azotu w przeliczeniu na dwutlenek azotu oraz tlenku węgla [Dz.U. 2011 nr 95 poz. 558].

Zarówno dla współspalania osadów w cementowniach jak i dla monospalarni limity emisji metali ciężkich, związków halogenowych (HCl, HF), dwutlenku siarki, dioksyn i furanów są takie same. Różnica w wymaganiach polega na ograniczeniu emisji zanieczyszczeń stałych (10 mg/m³ dla wszystkich spalarni i 30 mg/m³ dla cementowni) i na ograniczeniu emisji NO_x (wyższe limity dla cementowni).

Ponadto we wszystkich spalarniach rodzaje spalarni i współspalarni odpadów obowiązuje spełnienie wymagań w zakresie dotrzymania parametrów procesowych takich jak: temperatura, czas przebywania spalin w komorze spalania,

zawartość węgla organicznego w popiele. Rozporządzenie Ministra Gospodarki zmieniające rozporządzenie w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów określa, że [Dz.U. 2010 nr 61 poz. 380]:

- podczas procesu termicznego przekształcania odpadów, minimalna temperatura w komorze spalania nie może być niższa niż:
 - 1100°C - dla odpadów zawierających powyżej 1% związków chlorowco-organicznych przeliczonych na chlor,
 - 850°C - dla odpadów zawierających do 1% związków chlorowcoorganicznych przeliczonych na chlor.
- proces prowadzi się w sposób zapewniający utrzymywanie gazów spaliny-owych w komorze spalania, przez co najmniej 2 sekundy przy zawartości co najmniej 6% tlenu.
- unieszkodliwianie termiczne odpadów powinno zapewniać odpowiedni poziom ich przekształcenia, wyrażony przez maksymalną zawartość nieutle-nionych związków organicznych, której miarą mogą być: całkowita zawar-tość węgla organicznego w żużlach i popiołach paleniskowych nieprzekra-czająca 3% lub udział części palnych w żużlach i popiołach paleniskowych poniżej 5%.

Pozostałości po termicznym przekształcaniu odpadów należy magazynować i transportować w sposób uniemożliwiający ich rozprzestrzenianie się w środo-wisku. Pozostałości te powinny być kierowane do wykorzystania (odzysk), a w przypadku braku takiej możliwości unieszkodliwia się z uwzględnieniem zawartości metali ciężkich. Dopuszcza się wykorzystanie pozostałości po ter-micznym przekształceniu odpadów do sporządzania, np. mieszanek betonowych na potrzeby budownictwa, z wyłączeniem budynków przeznaczonych do stałe-go przebywania ludzi lub zwierząt oraz do produkcji lub magazynowania żywności, z zastrzeżeniem, że sumaryczne stężenie metali ciężkich w wyciągach wodnych z próbek mieszanek betonowych, nie może przekroczyć 10 mg/dm³ w przeliczeniu na masę pierwiastków.

WŁAŚCIWOŚCI OSADÓW ŚCIEKOWYCH W ASPEKCIE ICH PRZEKSZTAŁCANIA TERMICZNEGO

Możliwości przetwarzania osadów ściekowych zależą od wielu czynników. Są to właściwości fizyczne (wilgotność, podatność na odwadnianie, wartość opałowa, ciepło spalania), chemiczne (zawartość metali ciężkich, dioksyn i furanów) oraz sanitarne (obecność bakterii, wirusów, grzybów, pierwotniaków, jaj pasożytów). Istotne są również względy ekonomiczne oraz aspekty prawne. Racjonalny odzysk osadów to maksymalne wykorzystanie ich właści-wości nawozowych czy opałowych. W wielu przypadkach okazuje się, że naj-

lepszą lub nawet jedyną drogą do ich ostatecznej utylizacji jest unieszkodliwienie termiczne w procesach współ- lub monospalania. To z kolei wymusza wcześniejsze odparowanie wilgoci [Trojanowska i in., 2012]. Proces suszenia nie zmienia składu chemicznego osadów, stąd też właściwości nawozowe pozostają bez zmian, a ich kaloryczność wzrasta. Suszenie jest procesem przekształcającym odpady w produkt o parametrach ułatwiających ich transport, magazynowanie i ostateczne zagospodarowanie. Technologia ta pozwala wykorzystywać osady przyrodniczo lub jako paliwo energetyczne.

Ocena przydatności komunalnych osadów ściekowych do ich termicznego przekształcania, wymaga określenia podstawowych właściwości fizycznych i chemicznych. Skład elementarny osadów ściekowych zależy od wielu czynników. Podstawową charakterystykę osadów ściekowych przedstawiono w tabeli 1, natomiast ich skład elementarny w tabeli 2.

Tab. 1 Charakterystyka osadów ściekowych na podstawie danych w Europie, Rosji i USA [Turovskij i in., 2006; Cai i in., 2004]

Tab.1 Characteristics of sewage sludge on the basis of data in Europe, Russia and the USA [Turovskij i in., 2006; Cai i in., 2004]

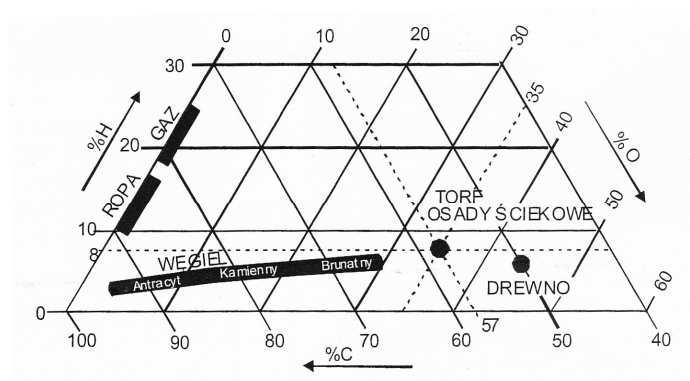
Parametr	Jednostka	Osad wstępny		Osad nadmierny	
		Zakres	Średnio	Zakres	Średnio
pH	-	5-8	-	6,5-8,0	-
sucha masa	%	2,7	5	0,4-1,5	1
substancje org.	% s.m.	60-80	65	60-80	75
oleje i tłuszcze	% s.m.	-	18	-	6
kwasy lotne	mg CH ₃ COOH/dm ³	200-2000	500	1100-1700	-
białka	% s.m.	20-30	25	32-41	-
celuloza	% s.m.	9-13	10	-	-
azot	% s.m.	1,5-4,0	2,5	2,4-5,0	-
fosforany	P ₂ O ₅ % s.m.	0,8-2,8	1,6	2,8-11,0	-

Analiza elementarna wykazuje, że podstawą składu osadów ściekowych są przede wszystkim: węgiel, wodór, tlen, azot, siarka oraz chlor oraz pozostałości w postaci popiołu.

Tab. 2 Skład elementarny osadów ściekowych
 Tab.2 Elementary composition of sewage sludge

Autor	C	H	N	O	S	Cl	Popiół
	% wag.						
Channiwala i Parikh, 2002	14,2	2,1	1,1	10,5	0,7	-	71,4
Channiwala i Parikh, 2002	37,1	4,3	6,2	16,8	1,5	2,22	34,0
Llorente i Garcia, 2008	38,4	5,9	5,2	15,8	0,8	0,08	33,8
Stasta i in., 2006	67,0	5,0	2,2	25,0	0,85	-	-
Hai i Xiaoqian, 2012	36,4	7,38	4,5	39,7	0,47	0,06	8,83
Spinoza i Vesilind, 2001	60,0	7,5	3,0	28,0	1,5	-	-

Z danych literaturowych wynika, że ze względu na zawartość węgla, tlenu, wodoru i siarki osady ściekowe zaliczane są do paliw odnawialnych (rys.2) [Ścieżko i in., 2003].



Rys. 2 Miejsce osadów ściekowych wg zawartości węgla, tlenu i wodoru
 w porównaniu z paliwami kopalnymi i drewnem

Fig.2 Ranked of sewage sludge by carbon, oxygen and hydrogen in comparison
 with fossil fuels and wood

Granicznymi wartościami dla autotermicznego spalania są: zawartość substancji palnej $>25\%$, zawartość substancji mineralnych $<60\%$ oraz zawartość wilgoci $<50\%$. Cechy paliwowe wpływają nie tylko na przebieg samego procesu, ale także jego bilans energetyczny i skład gazów odlotowych. Rozważając możliwość współspalania osadów, należy dokładnie przeanalizować wpływ procesu na ryzyko emisji tlenków azotu i siarki, metali ciężkich, popiołu oraz dioksyn i furanów.

Właściwości energetyczne osadów ściekowych w praktyce opisuje się dwoma parametrami: ciepłem spalania i wartością opałową. W tabeli 3 zestawiono

wartości ciepła spalania dla różnych odpadów, paliw kopalnych i alternatywnych [Werle, 2011; Wilk i Wolańczyk, 2010].

Wartość opałowa (W_g) osadów ściekowych zależy od ich pochodzenia i od stopnia ustabilizowania. Dla osadów surowych wynosi od 16 do 25 MJ/kg s.m., a dla osadów przefermentowanych jest niższa i wynosi od 10 do 15 MJ/kg s.m. Aby uzyskać optymalną charakterystykę energetyczną osadów ściekowych dla procesów termicznego przekształcania, osady nie powinny być wcześniej poddawane procesom stabilizacji [Podedworna i Umiejewska, 2008].

Istotne jest również, że dla osadów od uwodnienia 54% i $W_g = 3$ MJ/kg do uwodnienia 89% i $W_g = 21$ MJ/kg efekt cieplny spalania przeznaczony będzie na odparowanie wody. Ciepło wyzwane w procesie spalania zużywane jest w pierwszej kolejności na podgrzanie paliwa do temperatury spalania i podtrzymywania procesu, odparowanie wody i przegrzania powstałej pary wodnej, a następnie na podgrzewanie powietrza niezbędnego do realizacji procesów utleniania [Podedworna i Umiejewska, 2008]. Z danych literaturowych wynika [Wilk i Wolańczyk, 2010], że właściwości energetyczne osadów są niewielkie, przede wszystkim ze względu na wysokie uwodnienie. Jeżeli wartość opałowa związków organicznych w osadach ściekowych nie jest wystarczająca do odparowania zawartej w nich wody, to wówczas osady mogą być termicznie przetwarzane tylko z paliwem dodatkowym.

Tab. 3 Wartości ciepła spalania dla różnych odpadów, paliw kopalnych i alternatywnych [Werle, 2011; Wilk i Wolańczyk, 2010]

Tab.3 Calorific values for various types of waste, fossil and alternative fuels [Werle, 2011; Wilk i Wolańczyk, 2010]

Paliwo	Ciepło spalania, MJ/kg s.m.	Paliwo	Ciepło spalania, MJ/kg s.m.
Tłuszcz i kożuch	38,75	Drewno pnia	20,18
Skratki z kraty gęstej	24,00	Kora	21,47
Osad wstępny surowy	25,56	Odpadki kuchenne	19,06
Osad wstępny przefermentowany	11,62	Węgiel kamienny	40,20
Osad nadmierny	20,92	Gaz ziemny	44,00
Osad nadmierny zagęszczony	15,11	Miał węglowy	21,00
Osad przefermentowany	10,86	Ropa naftowa	40,50
Osad przefermentowany wysuszony	12,64	Węgiel drzewny	30,00

WSPÓŁSPALANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH

W zależności od sposobu dostarczenia osadów, technologie ich współspalania można podzielić na [Rybak, 2006]:

1. Współspalanie bezpośrednie przez mieszanie osadów z węglem na składowisku lub mieszanie w palenisku kotła przez oddzielne wprowadzanie osadów i węgla do kotła.
2. Współspalanie pośrednie przez zgazowanie osadów w oddzielnej instalacji i następnie spalanie produktów zgazowania w kotle.
3. Współspalanie równoległe polegające na spalaniu osadów w osobnym kotle i przesłaniu wyprodukowanej w nim pary lub gorących spalin do odrębnego kotła.

WSPÓŁSPALANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH W ELEKTROWNIACH I ELEKTROCIĘPŁOWNIACH

Niskie koszty inwestycyjne są zaletą tego sposobu termicznego przekształcania osadów ściekowych. W związku z pozyskiwaniem w Polsce energii głównie ze spalania paliw kopalnych (węgla kamiennego i brunatnego) wydaje się, że metoda ta powinna spełniać oczekiwania w związku z pozyskiwaniem dodatkowego źródła energetycznego. Możliwości te ogranicza konieczność wysuszenia osadów ściekowych do ok. 90% s.m. [Podedworna i Umiejewska, 2008] oraz zwiększona emisja zanieczyszczeń ze spalinami. Trzeba również brać pod uwagę zmienną charakterystykę osadów, w zależności od m.in. ich pochodzenia (tereny uprzemysłowione, tereny o charakterze rolniczym), pory roku czy ciągu technologicznego przeróbki. Wymaga to zagwarantowania prawidłowej pracy kotłów niezależnie od jakości dostarczanego paliwa. Polskie wyniki badań przeprowadzone w pracujących układach zalecają, aby udział osadów ściekowych w strumieniu paliwa nie przekraczał 5%. Dane zagraniczne wykazują, że możliwe jest stosowanie nawet 30% udziału masowego osadów ściekowych w mieszance paliwowej [Werle, 2011].

WSPÓŁSPALANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH Z ODPADAMI KOMUNALNYMI

Podstawowym problemem jaki występuje w tym przypadku jest znalezienie odpowiedniego rozwiązania technicznego dla spalania paliw o różnej charakterystyce i składzie ziarnowym. Spalanie odpadów komunalnych prowadzi się w spalarniach rusztowych, a osadów ściekowych w piecach fluidalnych. W piecach fluidalnych możliwe jest bezproblemowe spalanie uwodnionych, o małym uziarnieniu osadów ściekowych, natomiast odpady komunalne muszą

być wcześniej odpowiednio rozdrobnione, co zwiększa koszty inwestycyjne i eksploatacyjne [Podedworna i Umiejewska, 2008]. Pomimo wielu zalet (produkcja energii, zmniejszenie ilości odpadów) instalacje te nie znajdują akceptacji technologicznej i społecznej.

WSPÓŁSPALANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH W CEMENTOWNIACH

Proces produkcji cementu jest procesem wysoko energochłonnym. W Polsce pracuje 11 cementowni wyposażonych w pełną linię produkcyjną. Jednym z działań mających na celu zmniejszenie kosztów produkcji jest obniżenie kosztów energii poprzez zastąpienie części paliw konwencjonalnych paliwami alternatywnymi. Paliwa alternatywne (z odpadów) są współspalane w 9 polskich cementowniach [www.polskicement.pl].

Współspalanie osadów ściekowych w cementowniach można uznać za najbardziej dogodną technologię ich unieszkodliwiania. Ze względu na warunki spalania w piecu cementowym jest to również metoda bezpieczna ekologicznie. Wysoka temperatura płomienia, dochodząca do 2000°C, nadmiar tlenu w gazach spalinowych oraz znacznie dłuższy, niż wynika to z zapisów rozporządzenia [Dz.U. 2010 nr 61 poz. 380] czas przetrzymania gazów odlotowych w temperaturze powyżej 1100°C spełniają ponadnormatywnie wymagania stawiane procesom termicznego przekształcania osadów ściekowych. Inne zalety współspalania osadów ściekowych w piecach cementowni, to [Wandrasz i Wandrasz, 2006]:

- duża pojemność cieplna pieców cementowych, która uniemożliwia spadek temperatury w krótkim czasie. W przypadku okresowego, awaryjnego przerwania procesu, temperatura wymurówki pieca nie ulega obniżeniu przez długi czas;
- ze względu na dużą zawartość tlenu wapnia w wypalanych surowcach, powstaje środowisko alkaliczne, które sprzyja neutralizowaniu kwaśnych składników gazowych w spalinach;
- możliwość immobilizacji metali ciężkich w klinkierze,
- utrzymanie wymaganego nadmiaru tlenu w piecu,
- powstający popiół w całości jest składnikiem klinkieru, więc nie ma problemu z zagospodarowaniem odpadów po procesie spalania.

Z powodów technologicznych wskazane jest stosowanie do współspalania w piecach cementowych osadów odwodnionych o max. 20% zawartości wody, wartości opałowej min. 9 MJ/kg i składzie granulometrycznym do 5 mm. Wysoka zawartość wody w osadach może powodować obniżenie temperatury w piecu do dolnej wartości granicznej dla procesu wypalania klinkieru i obniżenie jakości produktu. Ponadto większa ilość odparowanej wody dodatkowo obciąża instalację do oczyszczania spalin i gazów odlotowych [Stasta, 2006].

PODSUMOWANIE

Jednym z głównych problemów związanych ze współspalaniem osadów ściekowych jest emisja metali ciężkich i substancji organicznych, np. rakotwórczych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, fenoli, polichlorowanych dibenzodioskyn i polichlorowanych dibenzofuranów. Są to główne argumenty przeciw stosowaniu tej technologii.

Wynika to z tego, że systemy oczyszczania gazów spalinowych w elektrowniach, elektrociepłowniach oraz kotłowniach, najczęściej nie są przygotowane do usuwania tych zanieczyszczeń w stopniu zapewniającym ograniczenie emisji do poziomu określonego w aktach prawnych. Aby uniknąć takich problemów należy rozbudować i unowocześnić systemy oczyszczania gazów spalinowych.

Mając na uwadze aspekty środowiskowe, prawne i ekonomiczne, termiczne przekształcanie osadów ściekowych może być dobrym kierunkiem rozwoju ich ostatecznego unieszkodliwiania. Niepodważalną zaletą współspalania jest zmniejszenie ilości osadów ściekowych z równoległą produkcją energii.

LITERATURA

1. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo Ochrony środowiska (Dz.U. 2008 nr 25 poz. 150, z póź. zm.)
2. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (Dz. U. z 2006 Nr 89, poz. 625, z póź. zm.)
3. Krajowy Program Gospodarki Odpadami 2014, Uchwała Nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010r.
4. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. 2010 nr 137, poz. 924)
5. GUS, Rocznik Ochrona Środowiska 2012
6. Eurostat 2006-2009, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
7. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012r. o odpadach (Dz.U. 2013 nr 0 poz. 21)
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 kwietnia 2011r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz. U. z 2011 Nr 95, poz. 558)
9. PAJĄK T., WIELGOSIŃSKI G., Wytyczne dla sporządzenia przeglądów ekologicznych spalarni i współspalarni odpadów (wg stanu prawnego na dzień 15 grudnia 2008 r.)
10. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 19 marca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów (Dz.U. 2010 nr 61 poz. 380)
11. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2008 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz.U. 2008 nr 206 poz. 1291)

12. TROJANOWSKA K., SADECKA Z., MYSZOGRAJ S, SIECIECHOWICZ A.: *Suszarnie solarne osadów ściekowych w Polsce*. w: Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego. Inżynieria Środowiska, nr 148 (28), s. 84-96, 2012
13. TUROVSKIJ I., MATHAI P.K.: *Wastewater sludge processing*. A John Wiley&Sons Publications, 2006
14. CAI M.L., WEI Y.S., LIU J.X.: *Enhanced biohydrogen production from sewage sludge with alkaline pretreatment*, Environmental Science Technology 38, 3195–3202, 2004
15. CHANNIWALA S.A., PARIKH P.P.: *An unified correlation for estimating HHV of solid, liquid and gaseous fuels*, Fuel 81, 1051-1063, 2002
16. LLORENTE M.J.F., GARCIA J.E.C.: *Suitability of thermo-chemical correlations for determining gross caloric value in biomass*, Thermochemica Acta 468, 101–107, 2008
17. STASTA P., BORAN J., BEBAR L., STCHLIK P., ORAL J.: *Thermal processing of sewage sludge*, Appleid Thermal Engineering, 26, 1420-1426, 2006
18. HAI LIN, XIAOQIAN MA: *Simulation of co-incineration of sewage sludge with municipal solid waste in a grate furnace incinerator*, Waste Management vol. 32, 561–567, 2012
19. SPINOZA L., VESILIND A.: *Sludge into biosolids, processing, disposal, utilization*, IWA Publishing, 2001
20. Termochemiczne przetwórstwo węgla i biomasy, red. Ścieżko, Zieliński, Sozański, Wyd. Instytut Chem. Przeróbki Węgla i Instalacji Gosp. Surowcami Mineralnymi i Energią, PAN, Kraków 2003
21. WERLE S.: *Wielowariantowa analiza możliwości współspalania osadów ściekowych w kotłach energetycznych opalanych węglem*, Archives of Waste Management and Environmental Protection, vol. 13, nr 1, 2011
22. WILK JOANNA, WOLAŃCZYK F.: *Właściwości kaloryczne przefermentowanych osadów ściekowych współspalanych z węglem*, Instal, Teoria i praktyka w instalacjach (312), nr 11, 2010
23. PODEDWORNA J., UMIEJEWSKA K.: *Technologia osadów ściekowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008
24. RYBAK W.: *Spalanie i współspalanie biopaliw stałych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006
25. www.polskicement.pl
26. WANDRASZ J.W, WANDRASZ A.J.: *Paliwa formowane, biopaliwa i paliwa z odpadów w procesach termicznych*. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa 2006

LEGAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE CO-COMBUSTION OF SEWAGE SLUDGE

S u m m a r y

According to the Environmental Protection Law the sewage sludge are not included in the biomass and the process of thermal treatment must comply rigorous requirements as for the incineration of waste. However, according to the Energy Law Act thermal utilization of sewage sludge is a process of energy production from renewable sources and related possibilities to fulfill the obligation of obtaining 'green' energy.

Key words: *sewage sludge, incineration, technology*

**BARTŁOMIEJ MACHERZYŃSKI, MARIA WŁODARCZYK-
MAKUŁA, AGNIESZKA TUREK, ANNA NOWACKA***

OCENA MOŻLIWOŚCI KO-FERMENTACJI OSADÓW KOKSOWNICZYCH I KOMUNALNYCH

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące zmian właściwości fizyczno-chemicznych podczas procesu kofermentacji osadów koksowniczych z komunalnymi. Proces prowadzono w temperaturze 37°C przez 20 dob dla trzech mieszanin osadów. Mieszanina osadów surowych i nadmiernych zaszczipionych przefermentowanym stanowiła próbkę kontrolną. Pozostałe dwie próbki to w/w mieszaniny z dodatkiem osadów koksowniczych w ilości 5% i 15% v/v. Stopień rozkładu substancji organicznych wynosił 28% w osadach kontrolnych oraz 27% i 24% odpowiednio w osadach z dodatkiem 5% i 15% osadów koksowniczych. Podczas fermentacji osadów kontrolnych sumaryczna ilość biogazu sięgała 5727 cm³/dm³. Gdy do osadów wprowadzono 5% osadów koksowniczych sumaryczna produkcja biogazu wynosiła 5126 cm³/dm³, natomiast w przypadku, gdy do osadów wprowadzono 15% osadów przemysłowych, sumaryczna produkcja biogazu była najmniejsza i nie przekraczała 3700 cm³/dm³.

Słowa kluczowe: kofermentacja, komunalne osady ściekowe, osady koksownicze, biogaz

WSTĘP

Oczyszczanie ścieków związane jest z powstawaniem osadów różniących się właściwościami fizyczno-chemicznymi. Ilość powstających osadów zależy między innymi od charakterystyki ilościowo-jakościowej ścieków oraz sposobu ich oczyszczania. Skład osadów ściekowych jest odmienny w przypadku różnych systemów kanalizacji i zależy od ilości i właściwości fizyczno-chemicznych ścieków przemysłowych [Sadecka i in. 2011]. W zakładach koksowniczych ilość powstających osadów zależy od ilości węgla poddawanego obróbce. Źródłem ścieków jest głównie oczyszczanie gazu koksowniczego

* Politechnika Częstochowska, Katedra Chemii, Technologii Wody i Ścieków

i odzysku użytecznych składników, dlatego osady ściekowe są wysokoobciążone organicznymi i nieorganicznymi składnikami tego gazu. Wśród zanieczyszczeń wymienia się takie jak: fenole, substancje smoliste i olejowe, węglowodory alifatyczne i aromatyczne, chlorowcopochodne organiczne oraz amoniak, cyjanki, rodanki, siarkowodór, tiosiarczany, siarczany i chlorki [Bartkiewicz 2008, Macherzyński i in. 2012].

Od 1 stycznia 2013 r. uległy zmianie przepisy dotyczące warunków składowania osadów ściekowych. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki (Dz.U. Nr 121, poz. 832, 2007), deponowane mogą być osady odpowiednio przetworzone, w których zawartość suchej masy organicznej nie przekracza 5% oraz wartość opałowa jest mniejsza od 6MJ/kg [Bień i in. 2011, Gromiec i Koć 2009]. Krajowy Plan Gospodarki Odpadami (KGPO) zakłada zwiększenie ilości przetwarzanych komunalnych osadów ściekowych zanim zostaną wprowadzone do środowiska, szersze zastosowanie metod termicznych i maksymalne wykorzystanie substancji biogenych zawartych w osadach. Według KGPO do 2014 r. ilość wytwarzanych osadów wyniesie 651 tys. Mg s.m., natomiast do 2022 r. ich ilość może zwiększyć się do 746 tys. Mg s.m. [KPGO 2014]. Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej związane jest z kolejnymi wymogami określonymi w Dyrektywie Rady w sprawie ochrony środowiska (86/278/EWG). W Dyrektywie tej zawarte są informacje dotyczące warunków, jakie muszą spełniać osady, aby mogły być wykorzystane w rolnictwie. Planowane zmiany dotyczą wprowadzenia konieczności analizowania oprócz metali ciężkich i patogenów także mikrozanieczyszczeń organicznych takich jak WWA, PCB, AOX, DEHP, NPE, LAS [DYREKTYWA RADY 86/278/EWG].

Obecnie w dużych oczyszczalniach ścieków najczęściej stosowanym procesem unieszkodliwiania osadów jest beztlenowa stabilizacja biologiczna [Sieciechowicz 2009, Janosz-Rajczyk (red.) 2008]. Podczas mineralizacji biodegradowalnych substratów organicznych następuje poprawa zdolności do odwadniania i zmniejszenie ilości organizmów patogennych. Uważa się, że fermentacja jest prawidłowo prowadzona, gdy w osadzie przefermentowanym związki organiczne stanowią od 45 do 55%. Od składu fermentowanego substratu zależy ilość powstającego biogazu oraz jego skład. Zawartość metanu w biogazie waha się od 50 do 84% i zależy od zawartości białek, węglowodanów i tłuszczów w osadach poddawanych fermentacji [Myszograj 2011, Athanasoulia i in. 2012, Bień 2007, Nges i Liu 2010]. Oprócz rodzaju substratu, przebieg procesu fermentacji zależy także od temperatury, pH, czasu trwania procesu, obecności substancji toksycznych, obciążenia substratowego komory, stężenia składników łatwo przyswajalnych dla mikroorganizmów oraz odpowiednich warunków ich rozwoju [Podedworna i Umiejewska 2008, Jędrzak i Królik 2011, Sadecka i Myszograj 2004]. W oczyszczalniach miejskich, proces fermentacji osadów przebiega zwykle bez zakłóceń, gdy skład osadów jest względnie stabilny. W przypadku wprowadzania do komory fermentacji osadów przemysłowych, zawiera-

jących składniki toksyczne dla bakterii, możliwe jest załamanie procesu. W przypadku osadów koksowniczych istnieje takie niebezpieczeństwo, co wynika z obecności wymienionych wyżej zanieczyszczeń, jakie identyfikowane są w ściekach koksowniczych. We wcześniejszych badaniach autorów stwierdzono, że osady koksownicze oraz wydzielone z nich ciecze nadosadowe charakteryzują się znaczną ilością wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (rzędu miligramów w odniesieniu do kilograma suchej masy) [Macherzyński i Włodarczyk-Makuła 2011, Macherzyński i Włodarczyk-Makuła 2012]. Z drugiej strony istnieje pilna konieczność zagospodarowania osadów koksowniczych.

Celem badań było określenie wpływu dodatku osadów koksowniczych na proces fermentacji osadów komunalnych i wyznaczenie ilości osadów koksowniczych jaką można wprowadzić do komunalnych, aby proces fermentacji przebiegał bez zakłóceń.

MATERIAŁY DO BADAŃ

Badania prowadzono z wykorzystaniem osadów pochodzących z miejskiej oczyszczalni ścieków oraz osadów pobranych z oczyszczalni ścieków koksowniczych. Oczyszczanie ścieków miejskich realizowane jest w procesach: defosfatacji, denitryfikacji oraz nitryfikacji. Stabilizacja osadów prowadzona jest w wydzielonych komorach fermentacyjnych w warunkach beztlenowych. Do komór fermentacyjnych kierowana jest mieszanina osadów zagęszczonych. Mieszaninę tą stanowią osady wstępne i nadmierne zmieszane w stosunku objętościowym 4:1. Osady wstępne i nadmierne pobrano przed komorą fermentacji, natomiast osady przefermentowane z rurociągu odprowadzającego osady z zamkniętej wydzielonej komory fermentacji.

W koksowni ścieki przed doprowadzeniem do biologicznej części przepływają przez filtr żwirowy, oddzielacz smoły oraz kolumnę desorpcyjną i kierowane są do zbiornika uśredniającego. Następnie oczyszczanie ścieków prowadzone jest w procesach denitryfikacji oraz nitryfikacji. Osady koksownicze pobrano ze zbiornika recyrkulatu osadów [Macherzyński i Włodarczyk-Makuła 2011]. Próbkę pobierano jako chwilowe. Do badań technologicznych przygotowano następujące próbki:

- Mieszanina osadów (surowy i nadmierny) i osad przefermentowany jako inokulum – próbka kontrolna
- Mieszanina osadów komunalnych o składzie jak wyżej z dodatkiem osadów koksowniczych w ilości 5% objętości osadów - próbka badawcza (B₁)
- Mieszanina osadów komunalnych o składzie jak wyżej z dodatkiem osadów koksowniczych w ilości 15% objętości osadów - próbka badawcza (B₂).

METODYKA BADAŃ TECHNOLOGICZNYCH

Fermentację beztlenową prowadzono w szklanych bioreaktorach porcjowych (jednokrotne zasilanie). Osady inkubowano przez 20 dób w temperaturze 37°C bez dostępu światła. W celu zapewnienia odpowiedniego kontaktu pomiędzy biomasą, a substratem oraz usunięcia biogazu, zawartość reaktorów mieszano manualnie jednokrotnie w ciągu doby. Dla określenia przebiegu procesu wykonywano oznaczenia wybranych właściwości fizyczno-chemicznych osadów przed procesem oraz po 10 i 20 dobach inkubacji. W osadach oznaczano: suchą pozostałość, pozostałość po prażeniu, straty przy prażeniu oraz uwodnienie. W cieczach uzyskanych z odwirowania osadów oznaczano: pH, zasadowość (Z_M), chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT) oraz lotne kwasy tłuszczowe (LKT) [Dojlido i in. 1999]. W czasie procesu kontrolowano ciśnienie atmosferyczne oraz ciśnienie biogazu. Pomiary te wykonywano z wykorzystaniem manometru w odstępach 24-godzinnych. Korzystając z równania Boyle'a-Mariotta wyliczano dobową objętość biogazu (1.1):

$$p_A \cdot V_A = p_B \cdot V_B \quad (1.1)$$

gdzie:

p_A – ciśnienie w bioreaktorze, hPa,

V_A – objętość wolnej przestrzeni w bioreaktorze, dm³,

p_B – ciśnienie atmosferyczne, hPa,

V_B – wyliczona objętość biogazu, dm³.

Do określenia istotności zmian wybranych wskaźników fizyczno-chemicznych pod względem statystycznym wykorzystano test t-Studenta. Poziom ufności przyjęto na poziomie 0,95. Liczba określająca stopień swobody wyniosła 2 i dla tego parametru wartość teoretyczna rozkładu t-Studenta t_d wynosiła 4,303 [Zgirski i Gondko 2010].

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

W tabeli 1 przedstawiono wyniki analiz fizyczno-chemicznych osadów i cieczy nadosadowych wykonanych przed procesem fermentacji oraz po 10 i 20 dobach inkubacji. Kontrola takich wskaźników jak pH, zawartość lotnych kwasów tłuszczowych i zasadowość pozwala na ocenę poprawności przebiegu procesu fermentacji. Podczas procesu fermentacji powinien nastąpić wzrost zawartości lotnych kwasów tłuszczowych i spadek zasadowości. Wskaźnikiem stosowanym do opisu zależności tych wskaźników jest ich iloraz [Sadecka 2002].

Tab. 1. Zmiany właściwości fizyczno-chemicznych osadów ściekowych oraz cieczy nadosadowych podczas kofermentacji

Tab. 1. Changes in physico-chemical properties of sludge and supernatant during cofermentation process

Wskaźnik	Wartości wskaźników podczas fermentacji								
	Przed procesem			Po 10. dobach inkubacji			Po 20. dobach inkubacji		
	K	B ₁	B ₂	K	B ₁	B ₂	K	B ₁	B ₂
pH	7,4	7,5	7,6	8,0	8,0	8,1	8,2	8,2	7,9
Uwodnienie osadów %	97,66	97,97	98,05	97,88	97,99	98,10	97,92	98,16	98,20
Sucha pozostałość g/dm ³	21,0	20,3	19,0	20,2	18,5	17,7	16,0	15,8	15,3
Pozostałość po prażeniu (Związki mineralne) g/dm ³	8,3	7,4	6,4	7,5	6,3	6	6,8	6,4	5,7
Straty przy prażeniu (związki organiczne) g/dm ³	12,7	12,9	12,6	12,7	12,2	11,7	9,2	9,4	9,6
ChZT mg O ₂ /dm ³	2050	2070	2190	1260	1280	1320	660	730	990
LKT/ zasadowość	0,3	0,17	0,12	0,06	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02

Zakłócenie równowagi procesu objawia się zmianami LKT/zasadowości oraz pH. Zakłócenie procesu następuje podczas obniżenia wartości pH oraz wzrostu LKT/zasadowości. Przy niezakłóconym przebiegu procesu stosunek zasadowości do LKT nie powinien przekraczać 0,3 i jest korzystne jeśli przyjmuje jak najmniejszą wartość. Osad dobrze przefermentowany charakteryzuje się pH w granicach 7,2-7,8 oraz zasadowością od 3000 do 5500 mg CaCO₃/dm³, natomiast optymalny zakres LKT po procesie fermentacji powinien wynosić w granicach 100-500 mg CH₃COOH/dm³ [Janosz-Rajczyk 2008, Bień 2007, Podedworna i Umiejewska 2008].

W osadach badanych (B₁) po procesie kofermentacji zasadowość wynosiła 3745 mg CaCO₃/dm³, a stężenie lotnych kwasów tłuszczowych nie przekraczało 70 mg CH₃COOH/dm³. Podobne wartości końcowe tych wskaźników odnoto-

wano w osadach badanych (B_2), które wynosiły odpowiednio 3705 mg $\text{CaCO}_3/\text{dm}^3$ i 60 mg $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{dm}^3$. W osadach kontrolnych (K) po 20 dobowej inkubacji zasadowość była na tym samym poziomie jaki odnotowano dla osadów badanych B_1 gdyż nie przekraczała 3850 mg $\text{CaCO}_3/\text{dm}^3$. Stężenie lotnych kwasów tłuszczowych w cieczach nadosadowych wydzielonych z osadów kontrolnych po 20 dniach inkubacji wynosiła 94 mg $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{dm}^3$. Iloraz lotnych kwasów tłuszczowych do zasadowości zarówno w osadach kontrolnych, jak i badanych nie przekraczał 0,3. ChZT przed procesem w cieczach nadosadowych wydzielonych z osadów kontrolnych wynosiło 2050 mg O_2/dm^3 i malało wraz z czasem trwania procesu do wartości 660 mg O_2/dm^3 . W osadach B_1 wartość ChZT uległa obniżeniu z 2070 do 730 mg O_2/dm^3 , natomiast w cieczach nadosadowych wydzielonych z osadów B_2 przed procesem wynosiła 2190 mg O_2/dm^3 i zmalała do 990 mg O_2/dm^3 . Zatem zawartość związków organicznych wyrażona wskaźnikiem ChZT w cieczach nadosadowych wydzielonych z osadów kontrolnych była najmniejsza. Podczas procesu fermentacji osadów kontrolnych procentowy ubytek ChZT wyniósł 68%, a w przypadku osadów badanych wyniósł 65% i 55% odpowiednio dla osadów B_1 i B_2 . W badaniach prowadzonych przez innych autorów zmiany wartości ChZT były w szerokim zakresie co zależało od składu i rodzaju osadów przeznaczonych do fermentacji. Przykładowo w badaniach Worwąg i wsp., ChZT przed procesem wynosiło 809 mg O_2/dm^3 natomiast po procesie fermentacji malało do 490 mg O_2/dm^3 , czyli efektywność usunięcia wynosiła około 40% [Worwąg i in. 2010]. W badaniach prowadzonych przez Bohdziewicz wartość ChZT w cieczach nadosadowych wydzielonych z osadów przefermentowanych sięgała 1280 mg O_2/dm^3 [Bohdziewicz i Kuglarz 2009]. Podczas przeprowadzonych badań zawartość substancji organicznych wyrażona wskaźnikiem ChZT w cieczach nadosadowych po procesie była stosunkowo wysoka, lecz mieściła się w zakresie podawanym w literaturze dotyczącym kofermentacji osadów komunalnych z dodatkiem przemysłowych [Janosz-Rajczyk 2008, Bień 2007, Jędrzak i Królik 2011].

Zawartość suchej masy w osadach kontrolnych przed procesem wynosiła 21,0 g/ dm^3 , a udział substancji organicznych i mineralnych stanowiły odpowiednio 39,5 i 60,5%.

W osadach przefermentowanych zawartość suchej masy wynosiła 16,0 g/ dm^3 z czego 42,5% stanowiła pozostałość po prażeniu, a 57,5% straty przy prażeniu. W osadach badanych B_1 sucha pozostałość przed procesem wynosiła 20,3 g/ dm^3 , a po 20 dniach nastąpił spadek tego wskaźnika spowodowany ubytkiem substancji organicznych, których stężenie po procesie nie przekraczało 9,5 g/ dm^3 . Sucha pozostałość w osadzie B_2 po 20 dobach inkubacji zmalała do 15,3 g/ dm^3 . W osadzie kontrolnym mineralizacja substancji organicznych sięgała 27,6%. W osadach B_1 podczas fermentacji odnotowano ubytek substancji organicznych na poziomie 27,1%. Natomiast najmniejszy stopień rozkładu substan-

cji organicznych uzyskano dla osadów, gdzie udział osadów przemysłowych był największy (B₂) (23,8%). Udział substancji organicznych w osadzie przefermentowanym wynosił od 20 do 60%. W badaniach prowadzonych przez Fukas-Płonka i in. podczas fermentacji osadów nadmiernych uzyskano redukcję związków organicznych na poziomie 15% [Fukas-Płonka i Janik 2006]. Analizując otrzymane wyniki opisane wyżej można stwierdzić, że osady kontrolne jak i badane z dodatkiem 5% osadów koksowniczych (próbka B₁) były dobrze przefermentowane [Janosz-Rajczyk 2008, Bień 2007, Jędrzak i Królik 2011]. W tabeli 2 przedstawiono wartości wybranych parametrów procesu kofermentacji.

Tab. 2. Parametry procesu kofermentacji

Tab. 2. Process parameters of co-fermentation

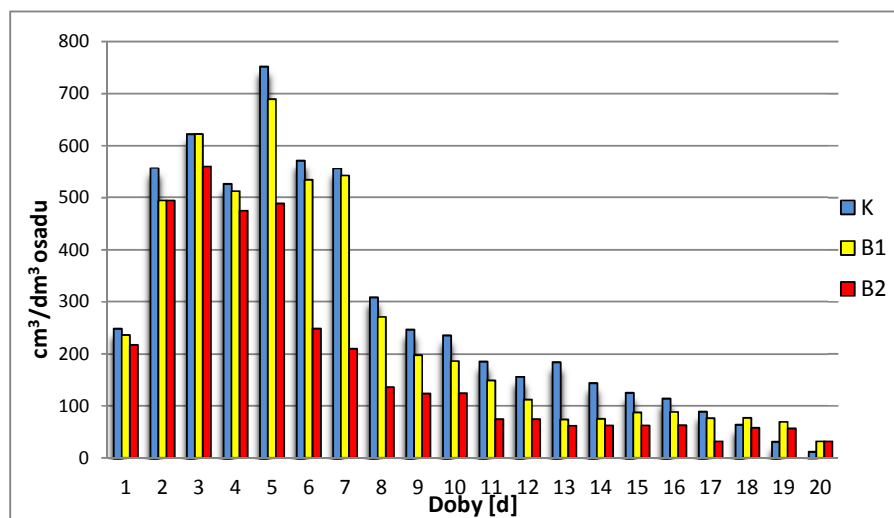
Parametr	Jednostka	K	B ₁	B ₂
Ilość biogazu z 1 g s.m.o. wprowadzonego do reaktora	dm ³ /g _{s.m.o.}	0,45	0,40	0,29
Obciążenie komory fermentacyjnej ładunkiem zanieczyszczeń	g _{s.m.o.} /dm ³ d	0,39	0,39	0,38
Stopień rozkładu substancji organicznych	%	27,6	27,1	23,8

Zależność dobowej i sumarycznej produkcji biogazu w czasie trwania procesu kofermentacji przedstawiono odpowiednio na rysunkach 1 i 2. Przebieg zmian objętości osadów podczas fermentacji w każdym przypadku nie odbiega od przebiegu produkcji biogazu podawanego w literaturze. W osadach kontrolnych wyliczono, że z 1 g_{s.m.o.} osadu wprowadzonego do reaktora otrzymano biogaz w ilości 0,45 dm³/g_{s.m.o.}. W przypadku osadów badanych B₁ i B₂ ilości te wynosiły odpowiednio 0,40 oraz 0,29 dm³/g_{s.m.o.}.

Według literatury, produkcja biogazu podczas fermentacji mezofilowej kształtuje się w granicach 0,3-0,6 dm³/g_{s.m.o.}. W przypadku osadów z dodatkiem 5% osadów koksowniczych oraz osadów kontrolnych ilość powstającego biogazu była w zakresie podawanym w literaturze.

W przypadku, gdy osad przemysłowy stanowił 15% objętości fermentowanej mieszaniny, ilość wytwarzanego biogazu była poniżej dolnej granicy wartości podawanej w literaturze. Najwyższą dobową produkcję biogazu (752 cm³/dm³) z osadu kontrolnego uzyskano w 5 dobie procesu, podobnie jak w badaniach prowadzonych przez Myszograj [Myszograj 2011]. Również w piątej dobie inkubacji największa była dobowo ilość biogazu uzyskana podczas kofermentacji osadu badanego z mniejszym udziałem osadów koksowniczych B₁ (689 cm³/dm³). Największą sumaryczną ilość biogazu, wynoszącą 5727

cm^3/dm^3 uzyskano w przypadku fermentacji osadów kontrolnych. Podczas kofermentacji osadów badanych B₁ i B₂ sumaryczna produkcja biogazu wynosiła odpowiednio 5126 oraz 3653 cm^3/dm^3 . Mniejsza ilość powstałego biogazu w osadach badanych wynika najprawdopodobniej z obecności składników trudno rozkładalnych opornych na biochemiczny rozkład w przyjętych warunkach i czasie inkubacji. Ilość tych substancji nie miała istotnego znaczenia na produkcję biogazu, gdy ilość osadów koksowniczych stanowiła 5% objętości mieszaniny. W tabeli 3 przedstawiono wartości krytyczne testu t-Studenta t_d , określające istotność dodatku różnej ilości osadów koksowniczych do osadów komunalnych na wartości podstawowych parametrów procesowych.

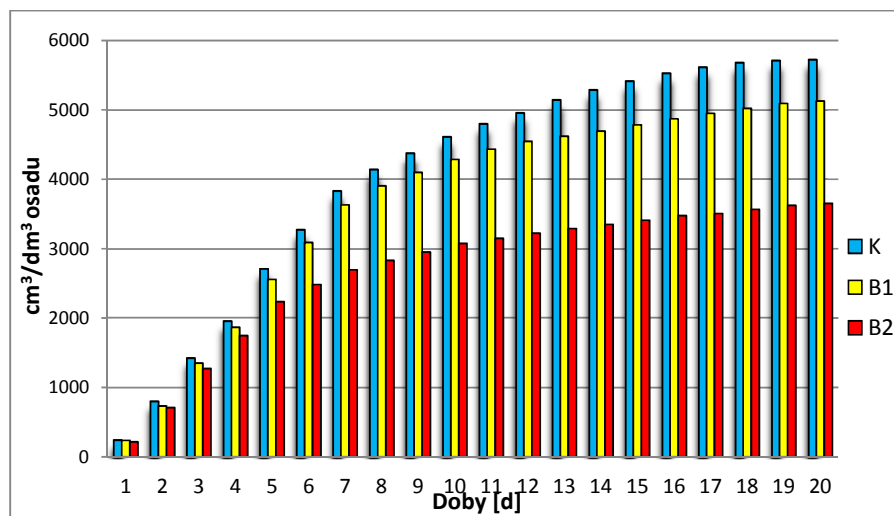


Rys. 1. Ilość biogazu powstająca podczas fermentacji
Fig. 1. Amounts of biogas produced during fermentation process

Tab. 3. Wartości rozkładu t-Studenta ($t_d=4,303$)

Tab. 3. The value of Student's t-distribution ($t_d = 4.303$)

Parametr	5% osadów koksowniczych	15% osadów koksowniczych
Sumaryczna produkcja biogazu	2,833	9,777
Stopień rozkładu substancji organicznych	0,230	1,838
Ubytek wartości ChZT	0,958	4,008



Rys. 2. Sumaryczna ilość biogazu

Fig. 2. The total of amounts of biogas

Podobnie jak w przypadku produkcji biogazu, dodatek osadów koksowniczych do komunalnych w ilości 5% nie miał istotnego (statystycznie) znaczenia na stopień rozkładu substancji organicznych oraz redukcję ChZT. Natomiast osady koksownicze wprowadzone do komunalnych w ilości 15% objętości mieszaniny miały istotne znaczenie na sumaryczną produkcję biogazu (wartość t_d była większa od wartości krytycznej). Obliczenia statystyczne wykazały, że ilość wprowadzonych osadów przemysłowych do komunalnych nie miała wpływu na stopień rozkładu substancji organicznych oraz ubytek wartości ChZT w cieczach nadosadowych. Większa ilość osadów koksowniczych miała jedynie statystycznie istotny wpływ na produkcję biogazu. Jednak otrzymany wyraźnie mniejszy ubytek związków organicznych, gdy osady przemysłowe stanowiły 15% mieszaniny, pozwala na stwierdzenie, że istnieje niebezpieczeństwo zahamowania procesu w tym przypadku. Przyczyną spadku stopnia mineralizacji oraz mniejszej produkcji biogazu mogła być obecność związków toksycznych dla mikroorganizmów jakie zostały wprowadzone do osadów komunalnych wraz z osadami koksowniczymi. W literaturze brakuje informacji odnośnie składu chemicznego osadów wydzielanych ze ścieków powstających w koksowniach. Jednak na podstawie analizy mieszanych ścieków koksowniczych (z różnych procesów technologicznych) przedstawionej przez Bartkiewicza [2008] można stwierdzić, że osady ściekowe mogą charakteryzować się zróżnicowanym składem. Zatem podobnie jak ścieki mieszane, ciecze nadosadowe będą obciążone związkami organicznymi (np. fenole, węglowodory) i nieorganicznymi (np. amoniak, cyjanki, rodanki, chlorki, siarczany siarczki). Wśród

nich znajdują się także i te (siarczki, amoniak), które wymieniane są jako związki toksyczne dla mikroflory fermentacyjnej. W ściekach stężenie amoniaku może sięgać $6,5 \text{ g/dm}^3$, siarczków – $0,6 \text{ g/dm}^3$, natomiast zawartość związków organicznych wyrażona utlenialnością – 10 g/dm^3 . Należy dodać, że matrica organiczna może zawierać różne połączenia organiczne, w tym frakcje trudnorozkładalne, których enzymatyczny rozkład jest uwarunkowany wstępnym rozpadem [Dąbrowski i Puchlik 2010]. Ponadto w osadach i cieczach nadosadowych pochodzących z koksowni mogą występować związki organiczne, których biodegradacja jest możliwa, lecz konieczna jest wstępna adaptacja mikroorganizmów. Wymagałoby to jednak wydłużenia czasu trwania procesu fermentacji. W przeprowadzonych badaniach inokulum, którymi były osady przefermentowane, pochodziło z fermentacji osadów komunalnych niezawierających składników charakterystycznych dla przemysłowych. Przykładem takich związków mogą być, oznaczane we wcześniejszych badaniach autorów, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne [Włodarczyk-Makuła i in. 2011].

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- W procesie kofermentacji osadów komunalnych z dodatkiem osadów koksowniczych stanowiących 5% objętości mieszaniny, stopień rozkładu związków organicznych i sumaryczna ilość biogazu była na tym samym poziomie jak w przypadku osadów kontrolnych.
- Podczas kofermentacji osadów komunalnych, do których wprowadzono osady koksownicze w ilości 15% uzyskano mniejszy ubytek substancji organicznych i mniejszą ilość biogazu niż w osadach kontrolnych.
- Wprowadzenie osadów koksowniczych w ilości 5% do osadów komunalnych nie wpływało istotnie na przebieg procesu fermentacji, natomiast zwiększenie ilości osadów przemysłowych do 15% spowodowało spadek wydajności biogazu oraz spadek intensywności mineralizacji substancji organicznych.

**Badania zrealizowano w ramach BS/MN-402-303/11, BS/MN-402-303/12
oraz BS/MN-402-304/12, BS-PB-402-301/11**

LITERATURA

1. SADECKA, Z.; MYSZOGRAJ, S.; SUCHOWSKA-KISIELEWICZ, M. 2011. Aspekty prawne przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego, Inżynieria Środowiska, Nr 24, 5-17.
2. BARTKIEWICZ, B. 2008. Oczyszczanie ścieków przemysłowych, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.
3. MACHERZYŃSKI, B.; WŁODARCZYK-MAKUŁA, M.; JANOSZ-RAJCZYK, M. 2012. Doświadczenia analityczne w oznaczaniu WWA w zanieczyszczonych matrycach, Komitet Inżynierii Środowiska PAN, Lublin, Monografia nr 100, 257-265.
4. DzU Nr 121, poz. 832, 2007, Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu.
5. BIENI, J.; NECZAJ, E.; WORWĄG, M.; GROSSER, A.; NOWAK, D.; MILCZAREK, M.; JANIĆ, M. 2011. Kierunki zagospodarowania osadów w Polsce po roku 2013, Inżynieria i Ochrona Środowiska. Nr 4, 375-384.
6. GROMIEC, M.; KOĆ J. 2009. Zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych po 2013, Wodociągi-Kanalizacja. Nr 9, 24-26.
7. Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014.
8. 86/278/EWG DYREKTYWA RADY w sprawie ochrony środowiska, w szczególności gleby, w przypadku wykorzystywania osadów ściekowych w rolnictwie.
9. SIECIECHOWICZ, A. 2009. Właściwości osadów ściekowych z oczyszczalni miejskich. Wodociągi-Kanalizacja. Nr 7, 30-33.
10. PRACA ZBIOROWA pod redakcją JANOSZ-RAJCZYK, M. 2008. Badania wybranych procesów oczyszczania ścieków, Częstochowa, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej.
11. MYSZOGRAJ, S. 2011. Produkcja metanu wskaźnikiem oceny biodegradowalności substratów w procesie fermentacji metanowej. Rocznik Ochrony Środowiska, Nr 13, 1245-1260.
12. ATHANASOULIA, A.; MELIDIS, P.; AIVASIDIS, A. 2012. Optimization of biogas production from waste activated sludge through serial digestion. Renewable Energy. Nr 47, 147-151.
13. BIENI, J. 2007. Osady ściekowe. Teoria i praktyka, Częstochowa, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej.
14. NGES, I.; LIU, J. 2010. Effects of solid retention time on anaerobic digestion of dewatered-sewage sludge in mesophilic and thermophilic conditions. Renewable Energy. Nr 35, 2200-2206.
15. LUOSTARINEN, S.; LUSTE, S.; SILLANPÄÄ, M. 2009. Increased biogas production at wastewater treatment plants through co-digestion of sewage

- sludge with grease trap sludge from a meat processing plant. *Bioresource Technology*. Nr 100, 79-85.
16. PODEDWORNA, J.; UMIEJEWSKA, K. 2008. Technologia osadów ściekowych. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
 17. JĘDRZAK, A.; KRÓLIK D. 2011. Wpływ rozdrobienia makulatury oraz odpadów kuchennych na wydajność procesu fermentacji metanowej. *Rocznik Ochrony Środowiska*. Nr 13, 619-634.
 18. SADECKA, Z; MYSZOGRAJ, S. 2004. Toksyczność i rozkład fenitrotonu w procesie fermentacji metanowej osadów ściekowych, *Rocznik Ochrony Środowiska*, Nr 14, 171-187.
 19. MACHERZYŃSKI, B.; WŁODARCZYK-MAKUŁA, M. 2011. Ekstrakcja WWA z osadów wydzielonych ze ścieków koksowniczych, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*. Nr 14, 333-343.
 20. MACHERZYŃSKI, B; WŁODARCZYK-MAKUŁA, M. 2012. Przygotowanie próbek cieczy osadowych (przemysłowych) do oznaczania wybranych WWA, *Laboratoria, Aparatura, Badania*. Nr 2, 27-30.
 21. DOJLIDO, J.; DOŻAŃSKA, W.; HERMANOWICZ, W.; KOZIOROWSKI, B.; ZERBE, A. 1999. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków, Warszawa, Arkady.
 22. ZGIRSKI, A.; GONDKO, R. 2010. Obliczenia biochemiczne, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN
 23. SADECKA, Z. 2002. Toksyczność i biodegradacja insektycydów w procesie fermentacji metanowej osadów ściekowych, Zielona Góra, Redakcja Wydawnictw Naukowo-Technicznych Uniwersytetu Zielonogórskiego
 24. WORWĄG, M.; BIEN, J.; ZAWIEJA, I. 2010. Zespoły mikroorganizmów w procesach beztlenowej stabilizacji, *Proceedings of ECOpole*, Nr 2, 515-522.
 25. BOHDZIEWICZ. J.; KUGLARZ, M. 2009. Kofermentacja bioodpadów komunalnych i osadów ściekowych, *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, Nr 38, 36-43.
 26. FUKAS-PŁONKA, Ł.; JANIK, M. 2006. Fermentacja osadów nadmiernych, *EkoTechnika*, Nr 1, 52-56.
 27. DĄBROWSKI, W.; PUCHLIK, M. 2010. Udział frakcji ChZT w ściekach mleczarskich w oczyszczalni stosującej intensywne usuwanie związków węgla, azotu i fosforu, *Rocznik Ochrony Środowiska*, Nr 44, 735-746.
 28. WŁODARCZYK-MAKUŁA, M.; KALAGA, M.; KUPIGROCH, M.; SMOL, M. 2011. Oznaczanie WWA w ściekach koksowniczych, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, Nr 3, 267-274.

EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF CO-FERMENTATION COKE SLUDGE AND MUNICIPAL SLUDGE

S u m m a r y

The paper presents results of research on changes in the physico-chemical properties during co-fermentation process of coke and municipal sludges. The process was carried out at 37°C for 20 days, for the three mixtures of sludge. The mixture of raw sludge and excessive sludge inoculated with fermented sludge was a control sample. The other two samples are mixtures with the addition of coke sludge in the amount of 5% (B_1) and 15% (B_2). The degree of decomposition of organic matter was 28% for control sludges and 27% and 24%, respectively, for sludge B_1 and B_2 . The largest summary production of biogas was obtained for the control sludges ($5727 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$). In the reactor, to which a 5% of coke sludge was introduced the total production was lower and amounted $5126 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$. In the case, when a 15% of coke sludge was introduced total biogas production amounted $3653 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$.

Key words: co-fermentation, sewage sludge, coke sludge, biogas

URSZULA KOŁODZIEJCZYK^{*}, WIKTOR KOŁODZIEJCZYK^{},
LECH KUROCZYCKI^{***}, BEATA RUDNICKA^{**}**

KONCEPCJA ZAGOSPODAROWANIA WÓD OPADOWYCH W MIEJSCOWOŚCI ROZŁOGI K. ŚWIEBODZINA

Streszczenie

Artykuł przedstawia sposób zagospodarowania wód opadowych na obszarze o dużym spadku morfologicznym, położonym w miejscowości Rozłogi k. Świebodzina (woj. lubuskie). Teren ten jest użytkowany przez różnych przedsiębiorców. Zmiana sposobu zagospodarowania terenu przez jednego z nich spowodowała podtapianie obszarów niżej położonych, w tym torów kolejowych zlokalizowanych u podnóża skarpy. Zastosowana koncepcja odwodnienia pozwoliła prawidłowo zagospodarować wody opadowe i złagodzić konflikt występujący pomiędzy użytkownikami analizowanego terenu.

Słowa kluczowe: wody opadowe, spadek morfologiczny, zagospodarowanie terenu

WSTĘP

Niewłaściwe zagospodarowanie wód opadowych może przyczynić się do lokalnych podtopień terenu [Anderson 1991, Kołodziejczyk 2012]. Przykładowo, taka sytuacja miała miejsce w m. Rozłogi (gmina Świebodzin), na terenie użytkowanym przez PHU MIKSPOL S.C. oraz PKP. Zmiana sposobu użytkowania terenu przez PHU MIKSPOL spowodowała zatapianie sąsiednich torów kolejowych, co – jak należy oczekiwać – rodziło konflikt. Konieczne stało się podjęcie działań zabezpieczających ten obszar przed zalewaniem, poprzez odpowiednie zagospodarowanie wód opadowych [Edel 2006a,b; Grau 2000].

^{*} Instytut Inżynierii Lądowej i Środowiska, Zakład Hydrologii i Geologii Stosowanej

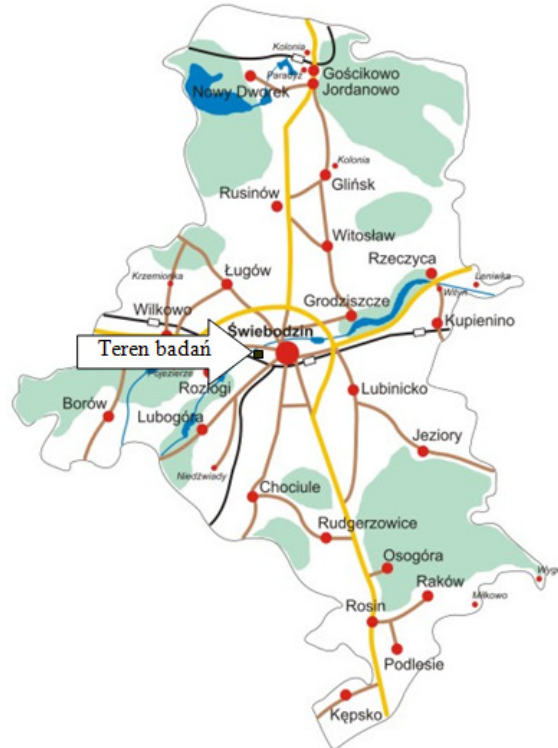
^{**} student; Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska

^{***} doktorant; kierunek inżynieria środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

^{**} student; Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska

CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Obszar badań znajduje się w miejscowości Rozłogi, powiat Świebodzin, woj. lubuskie (rys. 1).



Rys. 1. Lokalizacja terenu badań

Fot. 1. Location of the study area

Zajmuje powierzchnię około 3 ha. Jest zlokalizowany około 0,5 km na zachód od granic miasta Świebodzin i ograniczony: od północy – drogą międzynarodową nr E30 (Berlin – Warszawa – Moskwa), od zachodu – ul. Generała Świerczewskiego, od południa – międzynarodową magistralą kolejową E-20 (Warszawa Zachodnia – Kunowice – Berlin), od wschodu – obszarami gruntów ornych i nieużytków.

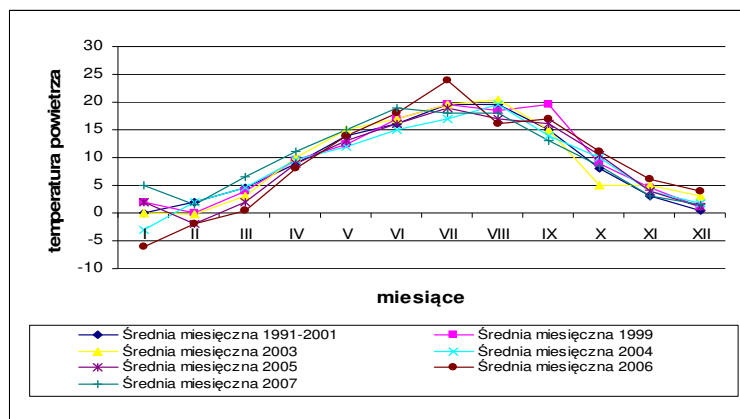
Stanowi fragment jednostki morfologicznej zwanej Pagórkami Świebodzińsko – Sulęcińskimi, ciągnącymi się szerokim pasem przez Wysoczyznę Lubuską od doliny Odry (na południowym wschodzie), poprzez Łągów Lubuski (w części

centralnej), aż do Sulęcina (na północnym zachodzie). Zgodnie z podziałem Polski na regiony fizyczno-geograficzne, leży on w granicach Pojezierza Łagowskiego, wydzielanego w obrębie makroregionu Pojezierze Lubuskie, wykazując znaczne zróżnicowanie i rozczłonkowanie. Zasadniczy element w krajobrazie stanowi Wysoczyzna Lubuska, z charakterystycznym dla niej układem form młodoglacjalnych, w tym wałów i rowów. Rzędne terenu wahają się od 88,48 do 95,7 m n.p.m., z wyraźnym spadkiem w kierunku południowo-zachodnim.

Badany obszar jest zagospodarowany następująco:

- w części południowej i południowo-zachodniej – obiekty PKP (linia kolejowa i budynek trafostacji),
- w pozostałej części – obiekty PHU MIKSPOL S.C., gdzie zlokalizowano: siedzibę firmy, składowisko odpadów budowlanych (w części wschodniej) oraz tereny rolne (w części północno-zachodniej).

Część obszaru użytkowanego przez PHU MIKSPOL S.C. została przekształcona poprzez: zgromadzenie nasypów z humusu, piasku, gruzu, cegły i betonu, utwardzenie drogi dojazdowej, ustawienie kontenerów biurowo-magazynowych oraz obsianie użytków rolnych. Aktualnie teren jest częściowo odkryty, a częściowo zarośnięty drzewami, zakrzywieniami lub niskimi roślinami (uprawowymi i dziko rosnącymi). Charakterystyczny jest na tym obszarze klimat przejściowy, z dominacją cech klimatu oceanicznego, co powoduje, że zimy są łagodne, a lata cieplejsze i bogatsze w opady atmosferyczne. Istotną cechą tego typu klimatu jest duża zmienność temperatur. Średnia roczna temperatura wynosi $+8,0^{\circ}\text{C}$, przy czym w sezonie grzewczym $-1,6^{\circ}\text{C}$, a w sezonie letnim $+18,0^{\circ}\text{C}$ (rys. 2). Usłonecznienie przekracza 1500 godzin w roku, a miesiącem o najwyższych wartościach usłonecznienia jest maj – 225 godzin.

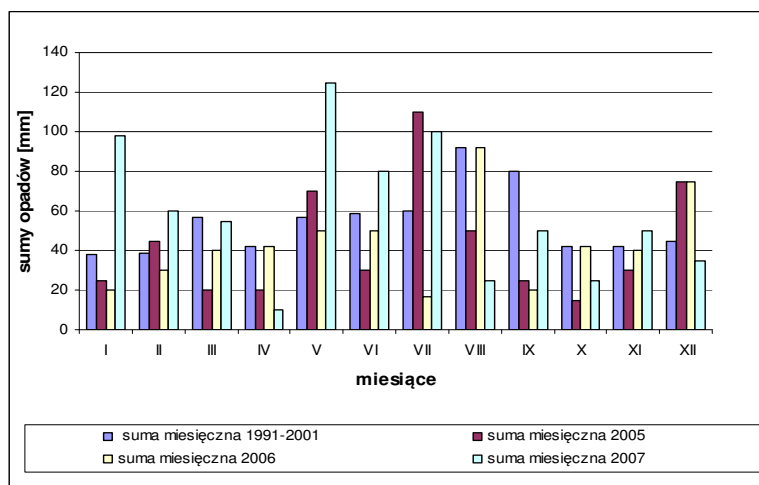


Rys. 2. Przebieg rocznych temperatur powietrza regionu lubuskiego

Fig. 2 Mileage annual air temperature region of Lubuskie

Na opisywanym obszarze zima jest łagodna i krótka (69 dni), z mało trwałą pokrywą śnieżną, natomiast charakterystyczna jest wczesna wiosna i długie lato (97 dni). Liczba dni pogodnych wynosi 63, pochmurnych 107, a gorących 36.

Z danych uzyskanych w najbliższym posterunku obserwacyjnym IMiGW (Lubinicko-Świebodzin) wynika, że średni opad roczny obliczony z wielolecia jest tutaj niższy od średniego opadu dla Polski i wynosi 537 mm (rys. 3).



Rys. 3. Rozkład rocznych opadów dla posterunku Lubinicko-Świebodzin
Fig. 3. Distribution of annual precipitation for the post Lubinicko-Swiebodzin

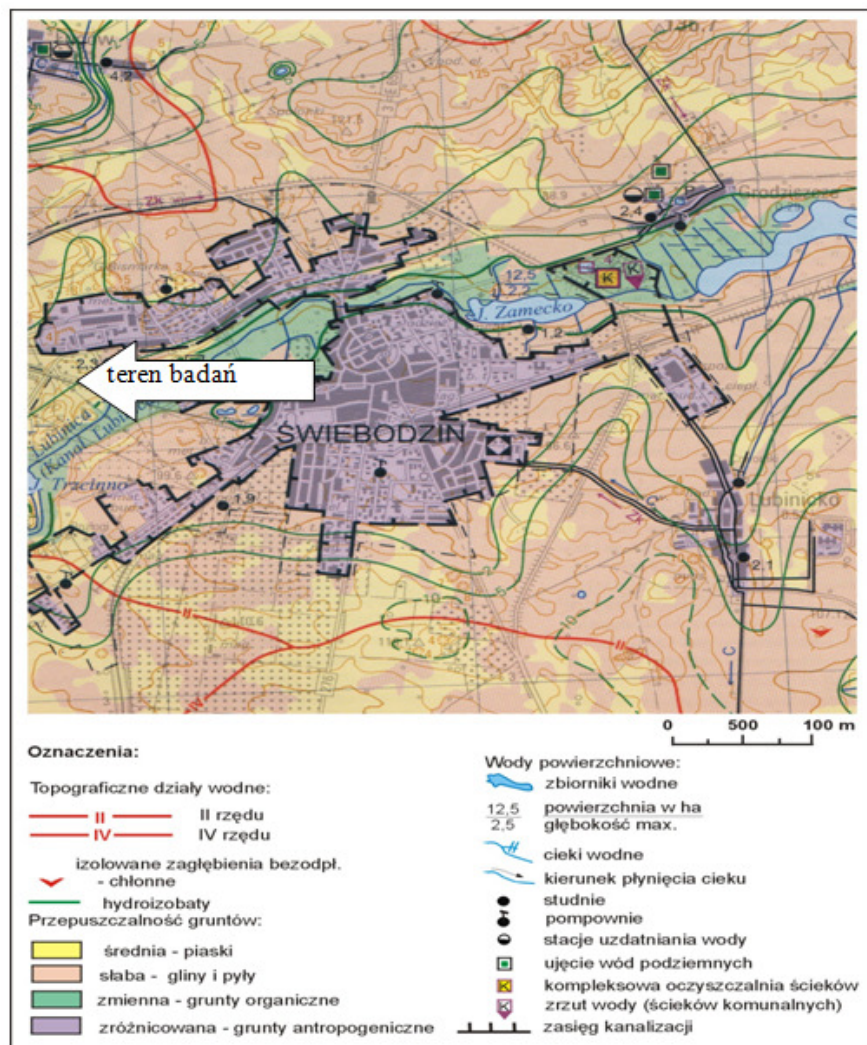
Opad rozkłada się w charakterystyczny sposób:

- na półrocze letnie (V-X) przypada 58% sumy rocznych opadów, z maksymalnymi opadami w lipcu (64 mm) i minimalnymi w lutym (32 mm),
- dla roku wilgotnego suma opadów z półrocza letniego wynosi 58%, a dla roku suchego – 49%,
- średnia wilgotność względna w zimie wynosi 86-88%, a latem 71-78%.

W analizowanym obszarze dominują wiatry z kierunków zachodnich, południowo-zachodnich i północno-zachodnich (łącznie na sektor SW róży wiatrów przypada około 52% wiejących wiatrów).

Hydrografię badanego regionu determinuje dział wodny II rzędu, który rozdziela zlewnie rzek Obrzyca i Ołobok (rys. 4). Działami podrzędnymi są: dział wodny III rzędu, jaki rozgranicza zlewnie poszczególnych dopływów Obrzyca (m.in. Gniłej Obry) i Ołoboku (m.in. Lisicy) oraz dział wodny IV rzędu, rozgraniczające zlewnie dopływów Gniłej Obry (Lubinicy, przepływającej w odle-

głości około 1 km na południe od terenu badań) i Lisicy (Świebódki, przepływającej w odległości około 0,9 km na zachód od terenu badań).



Rys. 4. Hydrografia rejonu badań
Fig. 4. Hydrography the area of research

Dla zlewni Lisicy charakterystyczna jest znaczna ilość drobnych strug oraz niewielkich oczek wodnych, w tym oczek występujących w rejonie miejscowości Rozłogi. Stanowią one relikty najmłodszych procesów glacialnych i funkcjonują w bezodpływowych zagłębieniach, zlokalizowanych na trudno przepuszczalnym gliniastym podłożu. Niejednokrotnie są one jedynymi obiektami wód powierzchniowych, jakie występują w wyższych partiach wysoczyznowych.

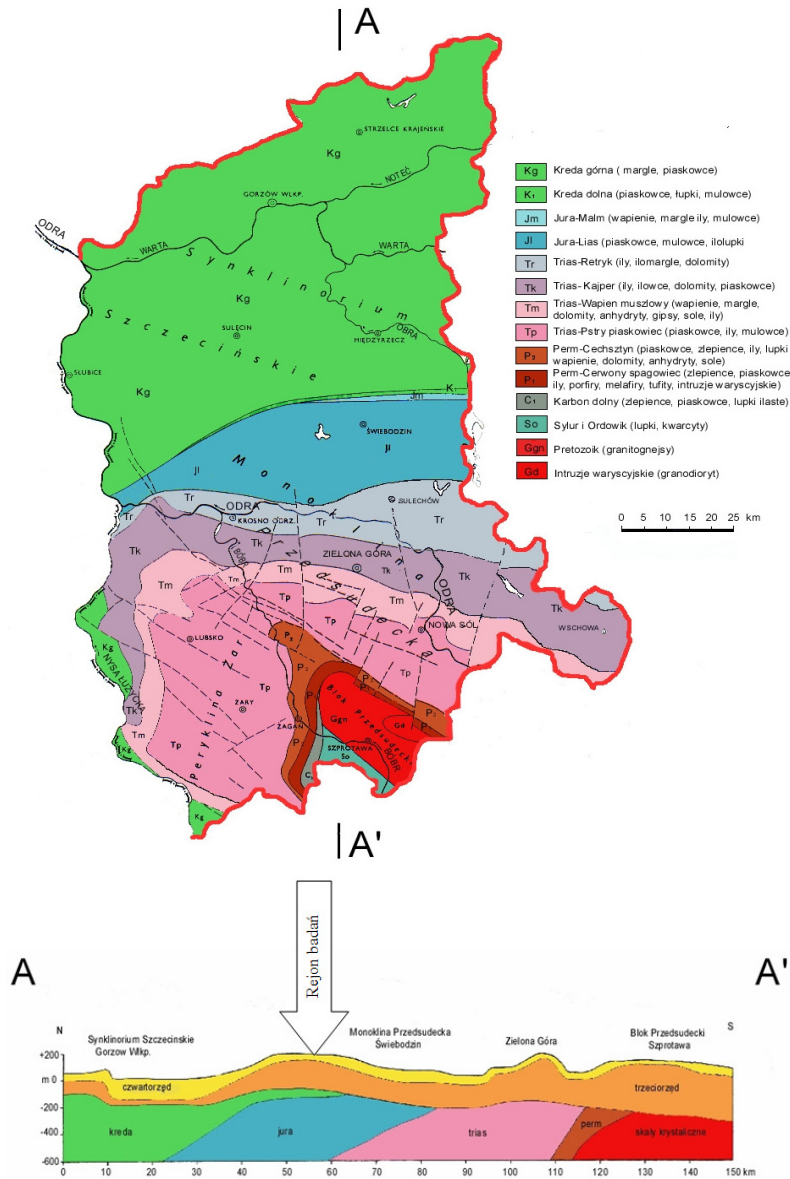
W zagłębieniach dolinnych układ sieci hydrograficznej komplikuje gęsta sieć kanałów i rowów melioracyjnych, sztucznie włączona w naturalne systemy rzeczne. Jest to następstwem licznych prac melioracyjnych, prowadzonych w tym regionie już od XVIII wieku, a intensywnie – od drugiej połowy XIX wieku. Ich efektem jest dzisiaj wyraźne zróżnicowanie gęstości sieci rzecznej; tereny wysoczyznowe (w tym obszar analizowany w niniejszej Koncepcji odwodnienia) są w zasadzie pozbawione sieci rzecznej, natomiast w strefach dolin obserwujemy gęsty system rowów melioracyjnych, połączonych z naturalnymi ciekami.

Analizowany obszar charakteryzuje się specyficznym układem kompleksów glebowych. Występują tu zwłaszcza gleby rdzawe właściwe i gleby płowe, odgórnie oglejone, których pasma rozprzestrzeniają się naprzemianległe z kierunku północno-zachodniego na południowy wschód. Gleby rdzawe zasadniczo wytworzyły się na glinach piaszczystych i piaskach, szczególnie w strefach akumulacji czołowo-morenowej, w obrębie rozmytych moren dennych oraz w strefach sandrowych. Natomiast gleby płowe, odgórnie oglejone, występują głównie na utworach bardziej zwięzłych, w tym na piaskach gliniastych, glinach i utworach pyłowych. W strefach nawodnionych występują niekiedy wkładki humusu i torfu.

Miejscowość Rozłogi zalega na granicy dwóch głębszych jednostek geologicznych: niecki szczecińskiej i monokliny przedsudeckiej (rys. 5).

Są one reprezentowane przez mezozoiczne utwory kredy górnej, w tym: wapienie, wapienie margliste, margle i opoki.

Na serii utworów mezozoicznych zalegają utwory trzeciorzędowe – głównie miocenu. Strop utworów trzeciorzędowych osiąga zróżnicowane rzędne: od -120 m n.p.m. (w pasie jezioro Paklicko Wielkie – Rusinów – Smardzewo), poprzez rzędną -60 m n.p.m. (w strefie zlokalizowanej pomiędzy Lubinickiem, Smardzewem i Chociulami), aż do około 0 m n.p.m. (w rejonie Świebodzina).

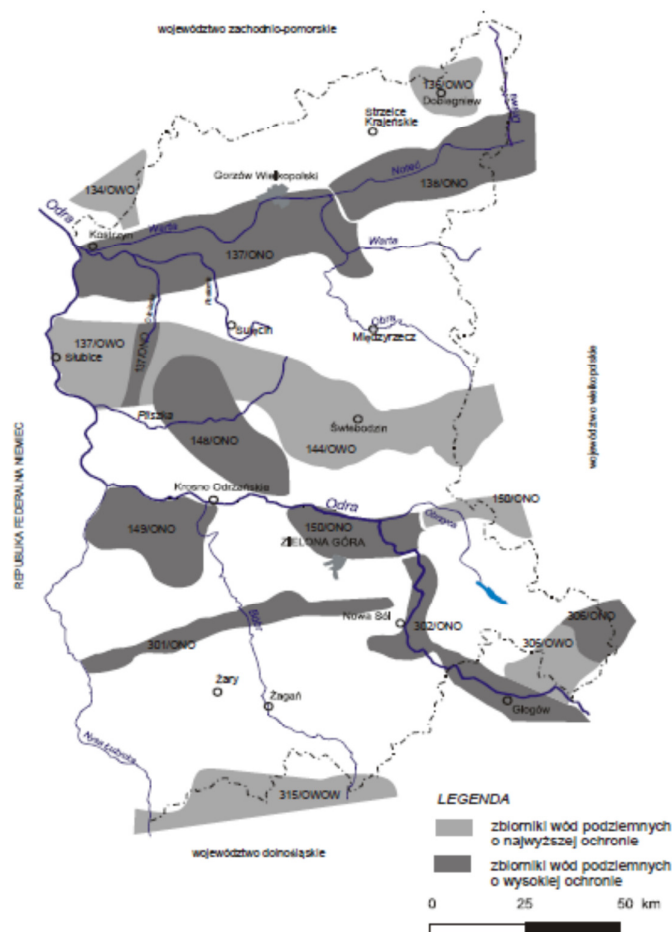


Rys. 5. Budowa geologiczna analizowanego obszaru
na tle budowy geologicznej Środkowego Nadodrza
Fig. 5. The geological structure of the study area
on the background of the geological structure of the Middle Oder

W strefach wyniesień pokrywy trzeciorzędowej dominuje miocen środkowy (mułki i ły z wkładkami węgla brunatnego, mułowce, iłowce oraz piaski z wkładkami żwirów), natomiast w strefach obniżeń - utwory miocenu górnego (piaski, mułki i ły z wkładkami węgla brunatnego). Miąższość utworów trzeciorzędowych jest bardzo zróżnicowana i waha się od 50 m do ponad 200 metrów. Czwartorzęd reprezentowany jest głównie przez utwory związane z działalnością lądolodu i wód lodowcowych (w okresach glacialnych) oraz wód rzecznych (w interglacjalach). Zespół form pochodzenia lodowcowego związany jest zasadniczo z dwoma pokładami gliny morenowej: środkowopolskiej (o miąższości dochodzącej miejscami do około 100 m) oraz bałtyckiej – faza leszczyńska (o miąższości kształtującej się w granicach kilku metrów). Pokłady glin morenowych rozdzielone są warstwą utworów interglacjalnych (żwiry, pyły, mułki oraz piaski, o sumarycznej miąższości około 50 metrów). Często, we wnętrzu wzgórz morenowych spotyka się zaburzone glacitektonicznie utwory gliniaste i wodnolodowcowe starszego plejstocenu, natomiast w strefie wysoczyznowej tych jednostek dominuje glina zwałowa, a miejscami – piaski, żwiry i głązy lodowcowe.

Analizowany rejon znajduje się w regionie wielkopolskim (nr XIII), charakteryzującym się występowaniem głównego poziomu użytkowego w utworach czwartorzędowych, wykształconego podczas zlodowacenia północnopolskiego. Miąższość warstw wodonośnych przekracza 70 metrów. Wydajność studni eksploatujących ten poziom wodonośny wynosi od 15 do 50 m³h⁻¹, a niekiedy – ponad 120 m³h⁻¹. Głębokość zalegania wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego wykazuje duże zróżnicowanie, szczególnie w obszarach wysoczyznowych o skomplikowanej budowie geologicznej (nierzadko zaburzonej glacitektonicznie). Zwierciadło wód podziemnych pierwszego poziomu zalega najpłycej, bo do 1-2 m p.p.t. w najniższych częściach dolin rzek: Gniłej Obry, Lubinicy i Lisicy oraz w sąsiedztwie zagłębień bezodpływowych i jezior. W obrębie wysoczyzn morenowych owe zwierciadło zalega na głębokości poniżej 5 m p.p.t. Lokalnie pojawiają się również strefy, gdzie zwierciadło wód podziemnych kształtuje się na głębokości nawet poniżej 20 metrów; są to zazwyczaj najwyższe partie wysoczyzn morenowych gliniastych, gdzie wody podziemne tworzą poziom podglinowy o zwierciadle napiętym.

W podłożu gruntowym analizowanego obszaru, na głębokości 60 m p.p.t., zalega zbiornik wód podziemnych wysokiej ochrony nr 144 (rys. 6), o szacunkowych zasobach dyspozycyjnych wynoszących 480 tys. m³/d.



Rys. 6. Rozmieszczenie głównych zbiorników wód podziemnych w rejonie badań
 Fig. 6. Arrangement of the major aquifers in the area of research

Pierwszy poziom wód podziemnych zalega tutaj na głębokości ponad 4,5 m p.p.t., czyli poniżej rzędnych 85,0 m n.p.m. w części południowej analizowanego obszaru i 88,0 m n.p.m. w części północnej.

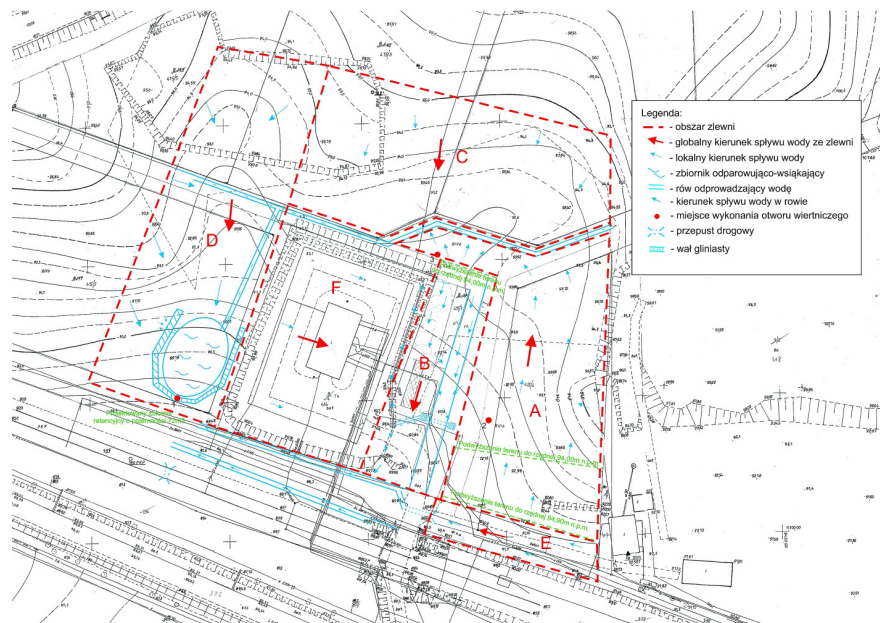
Szczegółowe rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych w obrębie analizowanego obszaru przeprowadzono na podstawie wierceń ręcznych, wykonanych do głębokości 4,5 m p.p.t. Z badań tych wynika, że w podłożu obszary występują utwory niespoiste, wykształcone w postaci piasków z domieszką żwirów, lokalnie lekko zaglinionych lub zawierające kilkucentymetrowe wkładki gliny piaszczystej.

KONCEPCJA ZAGOSPODAROWANIA WÓD OPADOWYCH

Koncepcję zagospodarowania wód opadowych opracowano w oparciu o Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U z 2002r. Nr 75 poz. 690), wynikające z art. 7 ust. 2 pkt 1 Prawa budowlanego. Ponieważ analizowany obszar nie jest wyposażony w kanalizację umożliwiającą odprowadzenie wód opadowych do sieci kanalizacji deszczowej lub ogólnospławnej, przewidziano odprowadzanie wód opadowych na własny teren nieutwardzony, do dołów chłonnych lub do zbiorników retencyjnych.

W tym celu wykonano następujące prace:

a) badany obszar podzielono na zlewnie cząstkowe A-F (rys. 7). Podstawą wytyczenia tych zlewni było założenie, że Inwestor (PHU MIKSPOL S.C.), poprzez odpowiednie składowanie odpadów, dokona odpowiednich zmian docelowych w ukształtowaniu terenu (rzędne docelowe).



Rys. 7. Koncepcja odwodnienia (skala 1: 1100)
Fig. 7. The concept of dehydration (scale 1: 1100)

Dla każdej zlewni wyznaczono: powierzchnię, rzędne docelowe, współczynnik filtracji, sposób zagospodarowania terenu (rodzaj gruntu) oraz współczynnik spływu (tab. 1).

Tab. 1. Parametry zlewni cząstkowych

Tab. 1. Parameters the partial catchment area

Ozn. zlewni	Powierzchnia zlewni [m ²]	Rzędne docelowe [m n.p.m.]		Współczynnik filtracji gruntu k [m/s]	Rodzaj terenu	Wsp. spływu ψ
		min	max			
A	6160	92,90	94,90	$6,8 \cdot 10^{-4}$	nasyp (gruz, żwir)	0,25
B	2890	89,73	92,90	$7,2 \cdot 10^{-4}$	utwardzony (50%) pas zieleni (50%)	0,80 0,15
C	6471	92,80	96,00	$7,3 \cdot 10^{-4}$	niezabudowany	0,15
D	7185	88,48	94,86	$7,5 \cdot 10^{-4}$	niezabudowany	0,15
E	851	89,86	91,70	$6,7 \cdot 10^{-4}$	nieszczelne płyty betonowe	0,50
F	7650	88,58	93,10	$7,1 \cdot 10^{-4}$	utwardzony (10%) dach (15%) zielony (75%)	0,80 0,90 0,15

b) obliczono spływ wód opadowych z poszczególnych zlewni cząstkowych (tab. 2), według poniższego schematu.

Natężenie deszczu miarodajnego q wyznaczono stosując wzór Błaszczyka:

$$q = \frac{470 \cdot \sqrt[3]{C}}{t^{0,67}}$$

gdzie:

t – czas trwania deszczu miarodajnego (przyjęto 15 min)

C – częstotliwość pojawienia się deszczu (w obliczeniach przyjęto $C=5$ lat i prawdopodobieństwo pojawienia się deszczu $p=20\%$),

co dało:

$$q=130 \text{ l/s ha.}$$

Dla poszczególnych zlewni obliczono ilość odprowadzanych wód opadowych, wg wzoru:

$$Q_r = q \cdot \psi_{sr} \cdot F$$

gdzie:

F – powierzchnia zlewni, ha,

ψ_{sr} – średni współczynnik spływu dla zlewni,

q – natężenie deszczu miarodajnego, l/s ha,

uzyskując następujące wyniki:

zlewnia A;

$$Q_r = q \cdot \psi_{sr} \cdot F$$

$$Q_r = 130 \cdot 0,25 \cdot 0,616 = 20,02 \text{ l/s}$$

zlewnia B;

$$Q_r = q \cdot \psi_{sr} \cdot F$$

Średni współczynnik spływu:

$$\psi_{sr} = \frac{\psi_1 \cdot F_1 + \psi_2 \cdot F_2}{F_1 + F_2}$$

$$\psi_{sr} = \frac{0,8 \cdot 0,1445 + 0,15 \cdot 0,1445}{0,2890}$$

$$\psi_{sr} = 0,475$$

$$Q_r = 130 \cdot 0,475 \cdot 0,2890 = 17,85 \text{ l/s}$$

zlewnia C;

$$Q_r = q \cdot \psi_{sr} \cdot F$$

$$Q_r = 130 \cdot 0,15 \cdot 0,6471 = 12,62 \text{ l/s}$$

zlewnia D;

$$Q_r = q \cdot \psi_{sr} \cdot F$$

$$Q_r = 130 \cdot 0,15 \cdot 0,7185 = 14,01 \text{ l/s}$$

zlewnia E;

$$Q_r = q \cdot \psi_{sr} \cdot F$$

$$Q_r = 130 \cdot 0,50 \cdot 0,0851 = 5,53 \text{ l/s}$$

zlewnia F ;

$$Q_r = q \cdot \psi_{sr} \cdot F$$

Średni współczynnik spływu:

$$\psi_{sr} = \frac{\psi_1 \cdot F_1 + \psi_2 \cdot F_2 + \psi_3 \cdot F_3}{F_1 + F_2 + F_3}$$

$$\psi_{sr} = \frac{0,8 \cdot 0,0765 + 0,15 \cdot 0,57375 + 0,90 \cdot 0,011475}{0,7650}$$

$$\psi_{sr} = 0,21$$

$$Q_r = 130 \cdot 0,21 \cdot 0,7650 = 20,88 \text{ l/s.}$$

Tab. 2. Wartości spływu wód opadowych z poszczególnych zlewni

Tab. 2. The values of rainwater runoff from each catchment area

Zlewnia	Spływ deszczu Q_r , l/s
B	17,85
E	5,53
F	20,88
Suma wody odprowadzanej do gruntu	44,26
A	20,02
C	12,62
D	14,01
Suma wody odprowadzanej do zbiornika	46,65

c) zanalizowano możliwość zagospodarowania wód opadowych spływających z poszczególnych zlewni cząstkowych.

W wyniku szczegółowej analizy dla wód spływających ze zlewni A, C i D zalecono wykonanie zbiornika wsiąkająco-odparowującego.

Przybliżone parametry zbiornika ustalono w poniższych obliczeniach:

- wartość opadu w jednostce czasu;

$$Q_{dopl} = Q_{rcalk} + q \cdot A_s$$

$$Q_{dopl} = 46,65 + 130 \cdot 0,01 = 47,95 \text{ l/s},$$

- wydajność wsiąkania;

$$Q_s = v_f \cdot A_s = \frac{1}{2} \cdot k_f \cdot A_s,$$

gdzie:

A_s – dyspozycyjna powierzchnia dla wsiąkania,

k_f – współczynnik filtracji (w obliczeniach uwzględniono współczynnik filtracji wyznaczony doświadczalnie dla gruntu z otworu wiertniczego nr 1),

$$Q_s = \frac{1}{2} \cdot 7,6 \cdot 10^{-4} \cdot 100 = 0,038 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = 38 \text{ l.s},$$

- jednostkowe parowanie z powierzchni zbiornika;

$$Q_p = 0,116 \cdot E_{sr} \cdot F / T,$$

gdzie:

$E_{sr}=120\text{mm/m-c}$ – średnie parowanie miesięczne w sezonie wegetacyjnym,

$T=30 \text{ dób/m-c}$ – czas w okresie wegetacyjnym,

$F=0,01\text{ha}$ – powierzchnia zbiornika,

$$Q_p = 0,116 \cdot 120 \cdot 0,01 / 30 = 0,0046 \text{ l/s}$$

$$Q_p = 0,0046 \text{ l/s},$$

- wymagana objętość zbiornika;

$$V = (Q_{dopl} - Q_s - Q_p) \cdot T,$$

$$V = (47,95 - 38 - 0,0046) \cdot 7200 = 71607 \text{ l},$$

$$V = 72 \text{ m}^3,$$

- minimalne wymiary zbiornika;
 - powierzchnia: $F = 100 \text{ m}^2$,
 - głębokość (z uwzględnieniem norm dotyczących maksymalnego poziomu wody w tego typu zbiornikach: $H_{\min} = 1,3 \text{ m}$).

Wody spływające ze zlewni B, E i F zalecono rozsączyć do gruntu.

Obliczenia warunków rozsączania:

- objętość spływającej wody;

$$Q_{\text{dopl}} = 44,26 \text{ l/s},$$

- wydajność wsiąkania;

$$Q_s = v_f \cdot A_s = \frac{1}{2} \cdot k_f \cdot A_s$$

gdzie:

A_s – dyspozycyjna powierzchnia dla wsiąkania,

- obliczenia infiltracji wód (wykonano je przyjmując współczynnik filtracji dla gruntu z otworu wiertniczego nr 1);

$$Q_s = \frac{1}{2} \cdot 7,6 \cdot 10^{-4} \cdot 200 = 0,076 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_s = 76 \text{ l/s}.$$

Ponieważ wydajność wsiąkania jest większa od wartości opadu, nie stwierdzono konieczności zastosowania innych rozwiązań odwodnienia zlewni B, E i F niż infiltracja do gruntu. Na podstawie analizy przyjęto, że projektowane rozwiązania nie będą zagrażały środowisku naturalnemu [Kołwzan 2005, Sawicka-Siarkiewicz 2004].

Rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych wskazywało, że są one korzystne do infiltracji wód opadowych: w podłożu zalegają grunty dobrze przepuszczalne dla wody, o współczynniku filtracji $k = 6,8 \cdot 10^{-4} - 34 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$, a wody podziemne występują na głębokości ponad 4,5 m p.p.t., czyli poniżej rzędnych 85,0 m n.p.m. (w części południowej badanego obszaru) i 88,0 m n.p.m. (w części północnej).

W celu odwodnienia obszaru zaplanowano następujące rozwiązania:

- infiltrację do gruntu wód spływających ze środkowej oraz południowej części obszaru,
- wykonanie zbiornika wsiąkająco-odparowującego dla wód spływających ze wschodniej, północnej i północno-zachodniej części analizowanego obszaru.

Odwodnienie poprzez infiltrację wód opadowych do gruntu, spływających ze środkowej oraz południowej części obszaru (ze zlewni cząstkowych: B, E i F) jest uwarunkowane odpowiednim ukształtowaniem terenu i budową przepustu pod drogą polną, użytkowaną przez PHU MIKSPOL S.C. (środkowa część analizowanego obszaru). To umożliwi skierowanie wody do rowów odpływowych, zlokalizowanych przy wschodniej i południowej granicy działki nr 416 (zabudowanej obiektami trafostacji PKP) w kierunku zachodnim, po czym – w obszarze położonym dalej na zachód - będzie ona rozsącać się do gruntu.

Obliczenia wykazują, że zdolność infiltracyjna gruntu jest większa od wielkości opadu i sugerowany sposób odwodnienia terenu jest wystarczający [Kołdziejczyk (red.) 2009, Wójcicki (red.) 1999].

Konieczne jest jednak: a) odpowiednie wyprofilowanie terenu, gwarantujące żądane kierunki spływu powierzchniowego, b) udrożnienie i wyprofilowanie rowów odpływowych, c) udrożnienie istniejących przepustów pod nasypem kolejowym, w tym przepustu w strefie przejazdu kolejowego (południowa część analizowanego obszaru) oraz przepustu położonego w odległości około 25 m na zachód od tego przejazdu.

Aktualnie, dominujący udział w objętości spływu powierzchniowego z tej części analizowanego obszaru ma spływ z działki nr 416, zabudowanej obiektami trafostacji PKP (zlewnia cząstkowa F); zarówno z powierzchni dachu, jak i terenu okalającego budynek trafostacji woda jest kierowana – poprzez infiltrację – do rowu przebiegającego wzdłuż wschodniej granicy tej działki. Proponuje się utrzymanie tego rozwiązania, a następnie – połączenie tych wód z wodami spływającymi ze zlewni cząstkowych B i E, oraz dalsze wyprofilowanie rowu w kierunku zachodnim (wzdłuż południowej granicy działki nr 416), gdzie na granicy z działką nr 415/5 woda ulegnie rozsączeniu.

Dla zagwarantowania stabilności nasypu kolejowego proponuje się uformowanie – modernizację (podwyższenie) starego nasypu kolejowego, biegnącego wzdłuż południowej granicy działki nr 416, a ponadto – wyprofilowanie dodatkowego rowu pomiędzy tym nasypem i aktualną trakcją kolejową, z odpływem w kierunku zachodnim. Będzie on dodatkowo odwadniać teren – wody z rowu będą kierowane do przepustu pod nasypem kolejowym (odpowiednio udrożnionego), znajdującego się na południe od działki nr 415/5.

Odwodnienie poprzez wykonanie zbiornika wsiakająco-odparowującego, zlokalizowanego w południowo-wschodniej części działki nr 415/5, proponuje się dla zgromadzenia wód spływających ze wschodniej, północnej i północno-zachodniej części zlewni (zlewnie cząstkowe A, C i D). Celem odprowadzenia dopływających tutaj wód opadowych należy zaprojektować zbiornik o powierzchni około 100 m² i głębokości maksymalnej 1,3 m (rzędna górnej powierzchni zbiornika powinna wynosić około 89,0 m n.p.m., a rzędna dna – około 87,7 m n.p.m.). Dla zabezpieczenia przed infiltracją wody ze zbiornika w kierunku nasypu kolejowego i ograniczenia ilości wód gromadzących się w tym

rejonie wskutek rozsączania wód spływających ze środkowej oraz południowej części obszaru (ze zlewni cząstkowych: B, E i F), proponuje się uszczelnienie ścian zbiornika od strony południowej warstwą gliny o miąższości min. 0,5 m. Ponadto, wzdłuż zachodniej, południowej i wschodniej granicy zbiornika proponuje się usypanie grobli o wysokości około 1,0 m ponad powierzchnię zbiornika (minimalna rzędna korony grobli powinna wynosić 90,0 m n.p.m.). Przedmiotowa grobla powinna być w całości zbudowana z gruntów słabo przepuszczalnych (glin lub iłów, o współczynniku filtracji $k < 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$) lub uszczelniona od strony zbiornika warstwą materiału nieprzepuszczalnego (gliny) o grubości 0,3 m.

STAN PO WYKONANIU ODWODNIENIA

Odwodnienie terenu zrealizowano zgodnie z założeniami projektowymi. W ramach robót budowlanych wykonano następujące prace:

- zmieniono ukształtowanie terenu (fot. 1),
- wyprofilowano i utwardzono drogę dojazdową, w pobliżu przejazdu kolejowego (na odcinku 40m) ułożono płyty drogowe ażurowe typu jomba (fot. 2),
- wykonano przepust pod drogą (fot. 3),
- poprawiono stan techniczny istniejących grobli oraz utworzono nową groblę odwadniająco–chłonną, o długości ok. 30 mb,
- wykonano przegarbienia w poprzek drogi dojazdowej do przejazdu kolejowego – w celu sprawniejszego odprowadzenia wód opadowych.



Fot. 1. Widok badanego obszaru – w kierunku północnym
Phot. 1. View of the study area – in a northerly direction



Fot. 2. Fragment utworzonej drogi dojazdowej
Phot. 2. Excerpt created access Road



Fot. 3. Sposób wykonania przepustu drogowego
Fig. 3 The type of road culvert

PODSUMOWANIE

Rozwiązania zastosowane w koncepcji odwodnienia umożliwiły redukcję naturalnego spływu wód opadowych na teren sąsiedniej nieruchomości, w tym torów kolejowych przebiegających wzdłuż południowych granic analizowanego obszaru.

Prace budowlane, polegające na uformowaniu nasypu w obrębie sąsiedniej działki nr 326 (położonej dalej na południe od terenu badań i torów kolejowych) ograniczyły spływ wód opadowych do torowiska z sąsiedniej drogi (ulica Generała Świerczewskiego).

Podjęte działania przyczyniły się do poprawy warunków odwodnienia analizowanego obszaru, a tym samym – stan nasypów kolejowych w analizowanym rejonie.

LITERATURA

1. ANDERSON, D.C. I IN.; 1991. Factors Controlling Minimum Soil Liner Thickness, EPA/600/S2-91/008.
2. EDEL, R.; 2006 (a). Odwodnienie dróg. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności Warszawa.
3. EDEL, R.; 2006 (b). Powierzchniowe zbiorniki retencyjne. Magazyn Autostrady 1-2, 44-49.
4. GRAU, A.; 2000. Rozwiązanie wód deszczowych na małych działkach. Odprowadzanie i oczyszczanie ścieków deszczowych. Materiały na seminarium PZLiTS, ATV, Wrocław.
5. KOŁODZIEJCZYK, U.; 2012. Engineering and economic preconditioning for draining of the PWiK facilities in Głogów. *Studia Geotechnica et Mechanica*, Vol. 34, no 1, 3-14.
6. KOŁODZIEJCZYK, U., [RED.]; 2009. Ekologiczne zagadnienia odwodnienia pasa drogowego. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad. Warszawa; ss. 143.
7. KOŁWZAN, B.; 2005. Bioremediacja gleb skażonych produktami naftowymi wraz z oceną ekotoksykologiczną. *Prace naukowe IIOŚ Politechniki Wrocławskiej, Monografie 44*, Wrocław.
8. SAWICKA-SIARKIEWICZ, H.; 2004. Ograniczanie zanieczyszczeń w spływach powierzchniowych z dróg. Ocena technologii i zasady wyboru. Dział Wyd. IOŚ, Warszawa.
9. WÓJCICKI, T., [RED.]; 1999. Zasady ochrony środowiska w drogownictwie, tom IV, IBDiM Warszawa.

CONCEPT RAINWATER MANAGEMENT IN A CITY ROZŁOGI NEAR THE ŚWIEBODZIN

S u m m a r y

Article shows how rainwater in an area with a large decrease in morphological, located in the city Rozłogi near the Świebodzin (Lubusz Voivodeship). This area is used by various businesses. Changing land use by one of them caused flooding low-lying areas, including the railway tracks located at the foot of the slope. Applied the concept of dehydration allowed properly utilize rainwater and reduce the conflict that occurs between users fine-tuned analysis of the area.

Key words: rain water, decrease in morphological, land development

WOJCIECH NAWORYTA*

ANALIZA MOŻLIWOŚCI KOMPLEKSOWEGO ZAGOSPODAROWANIA ZASOBÓW ZŁOŻA WĘGLA BRUNATNEGO GUBIN, KOPALIN TOWARZYSZĄCYCH ORAZ ODPADOWYCH SUROWCÓW MINERALNYCH

Streszczenie

Przeanalizowano możliwość zagospodarowania kopalin towarzyszących ze złoża węgla brunatnego Gubin. Jako tło przedstawiono praktykę i doświadczenia w tej dziedzinie w polskich kopalniach węgla brunatnego. Omówiono potrzebę zagospodarowania ubocznych produktów spalania węgla. Przedstawiono problem gospodarki wodami z odwodnienia górotworu. Podkreślono konieczność zastosowania rachunku ekonomicznego przy podejmowaniu decyzji o eksploatacji kopalin towarzyszących. W podsumowaniu zwrócono uwagę na korzyści gospodarcze oraz dodatkowe miejsca pracy związane z racjonalnym i kompleksowym zagospodarowaniem złoża.

Słowa kluczowe: węgiel brunatny, kopalin towarzyszące, gips syntetyczny, racjonalna gospodarka zasobami

WSTĘP

Eksploatacja węgla brunatnego metodą odkrywkową pociąga za sobą konieczność przemieszczenia dużych ilości mas nadkładowych – utworów geologicznych zalegających nad pokładem węgla. W warunkach polskich kopalń ilość mas nadkładowych przewyższa wielokrotnie masę wydobywanego węgla. W utworach nadkładowych znajdują się również takie, które mogą mieć gospodarcze znaczenie – głównie utwory polodowcowe tj. piaski, żwiry, pospółki, również głazy narzutowe. W warstwach trzeciorzędowych występują gliny, iły i inne osady dające się wykorzystać. Przy okazji eksploatacji węgla brunatnego

* Akademia Górniczo-Hutnicza im St. Staszica w Krakowie

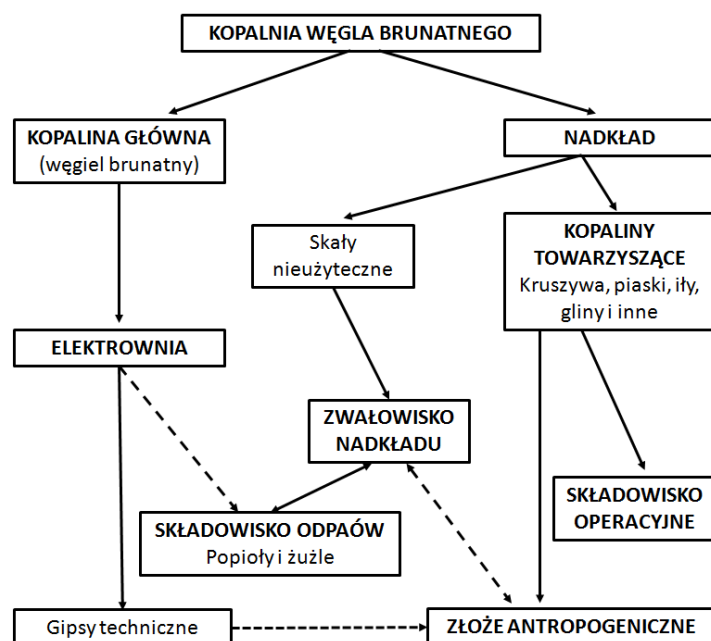
istnieje możliwość zagospodarowania części mas skalnych, które z racji właściwości nadają się do wykorzystania.

Obok utworów budujących nadkład również w samym węglu brunatnym zawarte są składniki, których wychwycenie i ewentualne wykorzystanie jest nie tylko możliwe ale wręcz konieczne. Chodzi tu przede wszystkim o siarkę, która zawarta jest w węglu. W wyniku stosowanych technik odsiarczania spalin istnieje możliwość zagospodarowania siarki związanej w postaci uwodnionego siarczanu wapnia czyli gipsu.

Eksploatacja kopalin towarzyszących w kopalni węgla brunatnego podporządkowana jest głównemu celowi – czyli wydobywaniu węgla. Jeżeli popyt na wydobywaną kopalinę towarzyszącą nie dorównuje podaży wynikającej z harmonogramów kopalni węgla to dla racjonalnej gospodarki surowcowej konieczne jest składowanie wydobytych nadwyżek na składowiskach tymczasowych tzw. złożach antropogenicznych. Umożliwia to późniejsze wykorzystanie selektywnie wydobytych utworów geologicznych. O ile idea składowania tymczasowego jest zgodna z racjonalną gospodarką surowcami mineralnymi to niestety w obecnie obowiązującym porządku prawnym wiąże się również z pewnymi niedogodnościami natury ekonomicznej i organizacyjnej [Uberman i Naworyta 1998]. Schemat ilustrujący ideę kompleksowego wykorzystania zasobów złoża węgla brunatnego przedstawiono na rys. 1.

Kopaliny towarzyszące występujące w nadkładzie węgla brunatnego znajdują zastosowanie przede wszystkim w budownictwie i drogownictwie oraz w przemyśle materiałów ceramicznych. Bierze się pod uwagę również inne, bardziej wyrafinowane sposoby ich wykorzystania. W Instytucie Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrzu analizowano możliwość zastosowania niektórych utworów geologicznych do usuwania metali ciężkich z wód i ścieków [Kyzioł-Komosińska i Kukułka 2008].

Mimo, że w nadkładzie większości polskich kopalń węgla brunatnego nie występują kopaliny towarzyszące (nie są udokumentowane) to eksploatacja selektywna utworów nadkładowych spełniających cechy surowcowe jest powszechnie prowadzona. Praktyka ta wynika głównie z zapotrzebowania rynku. Eksploatacja selektywna kopalin towarzyszących, mimo pewnych niedogodności technologicznych i organizacyjnych jakie za sobą pociąga, jest źródłem dodatkowych korzyści gospodarczych wynikających niebezpośrednio z zagospodarowania złoża węgla brunatnego.



Rys. 1. Kompleksowe wykorzystanie zasobów złoża węgla brunatnego
[Uberman i Naworyta 2012]

Fig.1. Complex utilization of lignite deposit resources
[Uberman i Naworyta 2012]

KOPALINY TOWARZYSZĄCE W UTWORACH NADKŁADOWYCH POLSKICH KOPALŃ WĘGLA BRUNATNEGO I PRAKTYKA ICH ZAGOSPODAROWANIA

W polskich kopalniach węgla brunatnego wydobywa się kopaliny spełniające cechy surowcowe. Najpopularniejsze z nich to iły, piaski, żwiry, głazy narzutowe. Wykorzystuje się również torfy, a także lokalnie wapienie i kredę jeziorną. W zależności od budowy geologicznej i właściwości nadkładu wydobywanie kopaliny towarzyszących różni się w poszczególnych kopalniach znacznie. Dla ilustracji problemu przedstawiono przykłady z trzech polskich okręgów wydobywania węgla brunatnego.

KOPALINY TOWARZYSZĄCE W KOPALNI BEŁCHATÓW

Kopalnia Bełchatów wydobywa węgiel w dwóch odkrywkach – Bełchatów i Szczerców. Przy wydobyciu na poziomie 33-38 mln Mg węgla przemieszcza się około od 100 do 150 mln m³ mas nadkładowych. W nadkładzie występują różnorodne kopaliny towarzyszące. Są to: torfy, piaski i żwiry, głązy narzutowe, surowce ilaste, pospółka piaszczysto-żwirowa tzw. bruki krzemienne, kwarcyty, kreda jeziorna, wapienie.

Wydobyte kopaliny towarzyszące wykorzystywane są bezpośrednio lub po przeróbce, w części dla potrzeb własnych kopalni, w większości na sprzedaż odbiorcom zewnętrznym. Nadwyżki wydobytych kopalin towarzyszących składowane są na specjalnych składowiskach – złożach antropogenicznych.

Dla zwiększenia przydatności wydobytych kopalin przy KWB Bełchatów uruchomiono Zakłady Produkcji Kruszyw produkujące różnorodne sortymenty kruszyw drogowych, w tym również kruszywa płukane:

- Zakład Produkcji Kruszyw przy O/Bełchatów o zdolności produkcyjnej na poziomie 150 tys. Mg/rok;
- Zakład Produkcji Kruszyw przy O/Szczerców – 250 tys. Mg kruszyw drogowych i 200 tys. Mg piasków płukanych.

W wyniku przeróbki (kruszenie, sortowanie, płukanie) produkuje się 21 asortymentów kruszyw łamanych i 8 asortymentów kruszyw niełamanych

Produkcja kruszyw łamanych w Zakładach przy KWB Bełchatów jest szczególnie istotna ze względu na lokalizację kopalni w Polsce środkowej, gdzie ze względu na budowę geologiczną nie występują surowce do produkcji kruszyw drogowych [Adamczyk i in. 2012, Uberman i in. 2012].

KOPALINY TOWARZYSZĄCE W KOPALNI TURÓW

Kopalnia Turów wydobywa węgiel w ilości ok. 10 mln Mg rocznie. Równocześnie przemieszcza się utwory nadkładowe w ilości ok. 50-55 mln m³ rocznie. W nadkładzie złoża węgla brunatnego Turów występują utwory ilaste wydobywane z różnym natężeniem od wielu lat i wykorzystywane do produkcji: ceramiki czerwonej, płytek ceramicznych, ceramiki szlachetnej, materiałów ogniotrwałych, a także jako: materiał izolacyjny składowisk odpadów, materiał glebotwórczy w rekultywacji gruntów.

W badaniach jakościowych wykazano również możliwość zastosowania iłów turosszowskich do produkcji tlenku glinu, zeolitów, katalizatorów itd. Ze względu na zmienne warunki sedymentacyjne, skutkiem czego jest brak ciągłości warstw, soczewkowa forma budowy, wtrącenia utworów piaszczysto-żwirowych, wtrącenia syderytu i piryty, iły turosszowskie formalnie straciły status kopaliny towarzyszącej i ich wykorzystanie jest obecnie niewielkie. Do-

tychczas wydobyto i sprzedano ponad 1,5 mln Mg ilów. W ostatnich latach wydobyte kształtuje się na poziomie 30 tys. Mg/rok. Wydobyte ility znajdują odbiorców na terenie kraju jak i zagranicą.

Doraźnie selektywnie zdejmowana jest również ziemia humusowa oraz utwory piaszczysto-żwirowe. Ziemia humusowa wykorzystywana jest w kopalni do celów rekultywacyjnych, a nadwyżki są sprzedawane. Podobnie z utworami piaszczysto-żwirowymi – część wykorzystywana jest na potrzeby wewnętrzne, nadwyżki sprzedaje się odbiorcom zewnętrznym, zlokalizowanym w niedalekiej odległości od kopalni [Uberman i Naworyta 2012].

KOPALINY TOWARZYSZĄCE W KOPALNI KONIN

W trzech równocześnie eksploatowanych odkrywkach kopalni Konin wydobywa się ok. 9 mln Mg węgla. Dla wydobywania tej masy zdejmuje się rocznie ok. 60-70 mln m³ nadkładu. Największe znaczenie surowcowe spośród kopalni towarzyszących mają ility i piaski trzeciorzędowe. W sposób selektywny wydobyto i składowano ponad 7 mln m³ ilów. Dla uśredniania jakości surowca ceramicznego wydobyto dodatkowo ponad 0,7 mln m³ podwęglowych piasków kwarcowych, które zdeponowano obok zwałowiska ilów. Dodatkowo z nadkładu złoża węgla brunatnego Drzewce wydobyto i odłożono na składowisku ok. 800 mln m³ piasków. Ily wykorzystywane są w zakładzie ceramiki budowlanej Wienerberger Honoratka do produkcji cegieł. Produkty zakładu znajdują odbiorców nie tylko w rejonie konińskim ale również daleko poza jego granicami.

ZAGOSPODAROWANIE SUROWCÓW ODPADOWYCH

W elektrowniach spalających węgiel brunatny funkcjonujących bezpośrednio przy kopalniach w wyniku stosowania środków ochrony atmosfery tj. odpylanie i odsiarczanie spalin powstają strumienie odpadów, z których niektóre posiadają cechy surowcowe. Przy zastosowaniu mokrej metody wapiennej spaliny opuszczające kocioł po oczyszczeniu z pyłów przepuszczane są przez reaktor, w którym dwutlenek siarki reaguje z sorbentem. Jako sorbent stosowany jest węglan wapnia – surowiec wydobywany w kopalniach odkrywkowych. W wyniku kilkustopniowej reakcji powstaje gips. Jego czystość zależy od sprawności elektrofiltrów i od czystości stosowanego sorbentu. Pod względem właściwości produkt reakcji nie odbiega od gipsu naturalnego wydobywanego ze złóż w kopalniach odkrywkowych, traktowany jest obecnie jako surowiec przemysłowy i jest szeroko stosowany w przemyśle budowlanym do produkcji płyt gipsowo-kartonowych, klejów i zapraw, bloczków gipsowych jak również w przemyśle cementowym [Wonst i Niziurska 2013]. Dla jego przeróbki przy

elektrowniach zbudowano specjalistyczne zakłady produkcyjne. W branży węgla brunatnego w Polsce przetwarzanie gipsu syntetycznego ma miejsce przy elektrowni Bełchatów jak i przy elektrowni Pątnów II.

Produkcja wyrobów gipsowych z siarki zawartej w węglu przy okazji odsiarczania spalin to idealny przykład realizacji idei kompleksowego wykorzystania złoża. Nie tylko wykorzystuje się węgiel jako nośnik energii ale również dzięki stosowaniu środków ochrony atmosfery produkuje się pełnowartościowy surowiec budowlany [Uberman i Naworyta 1998].

W elektrowni Turów spalającej węgiel brunatny ze złoża Turów odsiarczanie spalin prowadzi się metodą suchą, wprowadzając sorbent bezpośrednio do kotła w procesie spalania. Jako produkt uboczny powstaje mieszanina składająca się z popiołów i gipsu. Nie ma ona już takich właściwości jak czysty gips syntetyczny dlatego większość ubocznych produktów spalania z elektrowni Turów utylizuje się przez lokowanie wraz z nadkładem w wyrobisku. Niewielka część znajduje zastosowanie do produkcji elementów budowlanych [Rzepecki 2011].

ZAGOSPODAROWANIE WÓD Z ODWADNIANIA GÓROTWORU

Odkrywkowa eksploatacja węgla brunatnego w Polsce wiąże się z koniecznością odwadniania górotworu. Ilości pompowanej wody są różne i w stosunku do masy wydobywanego węgla w zależności od warunków hydrogeologicznych wynoszą od 1,5 m³/Mg do nawet ponad 50 m³/Mg. Woda z odwadniania górotworu nie jest tracona. Ta z utworów trzeciorzędowo-kredowych pompowana w studniach głębinowych najczęściej cechuje się dobrą jakością i dlatego poprzez system kanałów może być odprowadzana bezpośrednio do cieków powierzchniowych. Tym samym zwiększa się przepływ w kanałach i rzekach w sąsiedztwie kopalni. Wody spągowe, ujmowane w odkrywcę mogą zawierać zawiesiny (ilaste cząstki mineralne), dlatego wymagają oczyszczenia w osadnikach. Wód spagowych pod względem ilości jest zdecydowanie mniej w stosunku do wód ze studni głębinowych.

Wody z odwadniania kopalń znajdują szerokie zastosowanie. Jednym z nich jest wykorzystanie do chłodzenia urządzeń w elektrowni, w której spalany jest węgiel brunatny. W niektórych przypadkach wody z odwadniania wykorzystuje się do nawadniania terenów w sąsiedztwie kopalni. Dotyczy to głównie terenów szczególnie wartościowych i wrażliwych na wahania poziomu wód gruntowych. Tego typu działania prowadzi się na szeroką skalę w m.in. w zagłębiu nadreńskim k. Kolonii. Podobny system planuje się wdrożyć w Polsce w konińskim zagłębiu węgla brunatnego.

Potwierdzeniem wysokiej jakości wód z odwadniania górotworu jest wykorzystanie jej do picia. W kopalni Konin przy nieczynnej już obecnie odkrywcę Lubstów eksploatuje się wody z kredowo-trzeciorzędowego poziomu wodono-

śnego. Butelkowana woda jest dostarczana pracownikom kopalni a także sprzedawana odbiorcom zewnętrznym pod nazwą „Woda Licheńska”.

**ANALIZA POTENCJALNEJ BAZY ZASOBOWEJ UTWORÓW
O WŁAŚCIWOŚCIACH SUROWCOWYCH W NADKŁADZIE
ZŁOŻA WĘGLA BRUNATNEGO GUBIN**

W projektowanej kopalni na złożu Gubin planowane jest wydobycie ok. 850 mln Mg węgla brunatnego. Dla zapewnienia surowca dla planowanej elektrowni o mocy ok. 2700 MW wydobycie rocznie będzie się kształtować na poziomie 17 mln Mg. Aby osiągnąć ten poziom wydobycia konieczne będzie zdejmowanie nadkładu w ilości od 120 do 150 mln m³/rok [Naworyta i Sypniewski 2012].

W nadkładzie złoża węgla brunatnego Gubin nie udokumentowano kopalin towarzyszących. Nie oznacza to jednak, że takie nie występują. Nadkład budują utwory trzeciorzędowe i czwartorzędowe. Zwłaszcza te ostatnie związane z działalnością lodowca mogą być bogate w nagromadzenia piasków, żwirów gładów narzutowych. W przypowierzchniowych warstwach lokalnie mogą występować torfy. W głębszych utworach trzeciorzędowych występują iły, gliny [Nowak-Szpak i Duczmał 2012]. Dla porównania w sąsiednich, niemieckich kopalniach węgla brunatnego, których budowa geologiczna zbliżona jest do budowy geologicznej rejonu złoża Gubin występują czwartorzędowe piaski i żwiry oraz torfy, a w trzeciorzędzie: iły, żwiry i piaski kwarcowe. Węglom towarzyszą również bursztyny, kaoliny, bentonity oraz diatomity [Drebenstedt 2007].

Eksploracja selektywna kopalin występujących w nadkładzie złóż węgla brunatnego nie zawsze jest ekonomicznie uzasadniona. Pociąga za sobą konieczne zmiany technologiczne i organizacyjne. Wysoko wydajne koparki nadkładowe nie nadają się wprost do eksploatacji cienkich pokładów ilów, piasków czy żwirów. Ich zastosowanie do eksploatacji selektywnej powoduje spadek wydajności, co niekorzystnie wpływa na opłacalność całego procesu technologicznego. Dlatego decyzje dotyczące wydobycia występujących w nadkładzie kopalin należy podejmować po dokładniejszym rozpoznaniu tych utworów i w konfrontacji z występującym zapotrzebowaniem rynkowym na te surowce.

W przypadku dużych gładów narzutowych występujących w utworach polodowcowych eksploatacja selektywna jest zwyczajną koniecznością. Ze względu na rozmiary nie nadają się one do eksploatacji koparkami wielonaczyniowymi. Trudności technologiczne i organizacyjne mogą być jednak rekompensowane korzyściami wynikającymi z wykorzystania gładów do produkcji kruszyw łamanych.

W węglu złoża Gubin, jak w każdym węglu, ropie czy gazie ziemnym występują związki siarki. Węgiel gubiński w pokładzie II jest średnio zasiarczony.

Większe zawartości siarki występują w głębiej położonym pokładzie IV. Na podstawie koncepcji eksploatacji złoża oszacowano, że średnioroczna podaż gipsu syntetycznego z instalacji odsiarczania spalin będzie się kształtować na poziomie od 420 tys. Mg do nawet 1,3 mln Mg w zależności od eksploatowanej partii złoża [Naworyta 2013]. Przy takiej ilości surowca konieczne będzie wybudowanie zakładu do przeróbki gipsu w sąsiedztwie elektrowni.

Obecnie produkty wykonywane z gipsu syntetycznego przy polskich elektrowniach znajdują zbyt na bieżąco. W przypadku gdyby zapotrzebowanie rynku nie było wystarczające należy przewidzieć możliwość budowy składowiska tymczasowego, które umożliwi wykorzystanie cennego surowca w przyszłości.

Eksploatacja węgla ze złoża Gubin wiąże się z koniecznością odwadniania górotworu. W wyniku tego procesu wystąpi duża podaż wody, którą należy racjonalnie zagospodarować. Zakłada się, że wody będą odprowadzane do cieków powierzchniowych, do rzeki Lubszy i do rzeki Nysa Łużycka. Ze względu na niewystarczający przepływ rzeki Lubszy część wód z odwadniania kopalni będzie musiała być wykorzystana do układu chłodzenia elektrowni.

W sąsiedztwie złoża znajdują się obszary o dużej wartości przyrodniczej, których wartość w dużym stopniu zależy od poziomu wód gruntowych. Dla ich ochrony przewiduje się budowę w górotworze specjalnych ekranów ilowych. Technikę taką wypracowano i z powodzeniem stosuje się na szeroką skalę w sąsiednim zagłębiu łużyckim. Niezależnie od ekranów dla zabezpieczenia cennych i wrażliwych na osuszenie siedlisk planuje się wykorzystanie części wód do nawadniania terenów w wybranych rejonach.

PROBLEM OPLACALNOŚCI SELEKTYWNEJ EKSPLOATACJI KOPALIN TOWARZYSZĄCYCH

Wykorzystanie kopalin występujących w nadkładzie nie zawsze jest ekonomicznie uzasadnione. W przypadku złóż udokumentowanych selektywna eksploatacja jest obowiązkowa, wynika z przepisów prawa geologicznego i górniczego. W przypadku nieudokumentowanych nagromadzeń kopalin o właściwościach surowcowych decyzje o selektywnej eksploatacji podejmuje się na podstawie analizy kosztów i korzyści. Eksploatacja kopalin towarzyszących pociąga za sobą koszty wynikające głównie ze spadku wydajności maszyn podstawowych oraz koniecznych zmian organizacyjnych w kopalni, której głównym celem jest przecież masowe wydobywanie węgla.

Dla oceny opłacalności tego procesu należy przeprowadzić rachunek ekonomiczny, który różni się od klasycznej wyceny aktywów geologiczno-górnich. W zależności od modelu eksploatacji stosuje się różne metody. W przypadku funkcjonujących kopalń zaleca się stosować metodę wartości odjemnej a dla przedsięwzięć projektowanych metodę AKK – analizę kosztów

i korzyści z wykorzystaniem zdyskontowanych przepływów pieniężnych. W ocenach celowości wykorzystania kopalin towarzyszących oraz pozostałych, tzw. odpadowych surowców mineralnych, należy brać pod uwagę nie tylko wymierne korzyści ekonomiczne, ale także korzyści niewymierne, szczególnie w dziedzinie ochrony środowiska [Kulczycka i in. 2012].

Dla oceny zasadności eksploatacji niektórych kopalin towarzyszących warto przeanalizować regionalną dostępność niektórych surowców. O ile polodowcowe kruszywa piaskowo-żwirowe z małymi wyjątkami występują powszechnie w całej Polsce to surowce do produkcji kruszyw łamanych są ściśle zregionalizowane. Te najbardziej wartościowe, pochodzenia magmowego z niewielkimi wyjątkami występują wyłącznie w Sudetach. W tym kontekście nieunikniona eksploatacja gładów narzutowych oraz ich przeróbka na kruszywa łamane wydaje się być wysoce uzasadniona. Polodowcowe gładzi narzutowe przywleczone przez lodowiec ze Skandynawii zbudowane są z utworów magmowych i jako takie świetnie nadają się do produkcji wysokowartościowych kruszyw. Oczywiście produkcja kruszyw z gładów pod względem ilości będzie mocno ograniczona jednak już teraz z pewnością można stwierdzić, że ze względu na odległość od najbliższych źródeł produkcji kruszywo łamane z kopalni na złożu Gubin znajdzie zbyt nie tylko lokalnie ale i w całym regionie lubuskim. Doświadczenia z czynnych kopalń węgla brunatnego wskazują, że kruszywa wydobywane z nadkładu są wykorzystywane nie tylko przez odbiorców zewnętrznych ale również w samej kopalni do budowy dróg technologicznych, prac ziemnych, rekultywacji itp. To również wpływa korzystnie na efekt gospodarczy całego przedsięwzięcia górniczego.

Pobocznym ale niezwykle wartościowym efektem przemieszczania warstw nadkładowych znad pokładu węgla jest poprawa właściwości glebotwórczych utworów na zwałowisku. Ma to ogromne znaczenie w późniejszej ich rekultywacji. Przykład takiego działania jest udokumentowany w konińskim regionie eksploatacji węgla brunatnego. Pierwotnie piaszczyste utwory glebowe w wyniku działalności górniczej zastąpiono utworami o zwiększonej zawartości cząstek ilastych, co spowodowało znaczącą poprawę ich fizycznych właściwości glebotwórczych [Gilewska 1996].

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W trakcie eksploatacji złoża węgla brunatnego Gubin będą przemieszczane duże ilości mas nadkładowych. Wśród nich będą utwory posiadające cechy surowcowe. W zgodzie z zasadą racjonalnej gospodarki zasobami mineralnymi niektóre z nich będą wydobywane w sposób selektywny i wykorzystywane jako surowce dla budownictwa, drogownictwa lub w przemyśle materiałów ceramicznych. W nadkładzie złoża Gubin stwierdzono występowanie żwirów, pia-

sków, pospótek, głązów narzutowych, torfów, glin i ilów. Nie są to jednak złoża udokumentowane.

Ponieważ wydobywanie selektywne utworów nadkładowych wiąże się z trudnościami technologicznymi i organizacyjnymi decyzje w tej sprawie będą musiały być poprzedzone analizami ekonomicznymi z wykorzystaniem stosownych metod wyceny, właściwych do wyceny złóż kopalin towarzyszących.

Oprócz utworów o cechach surowcowych występujących w nadkładzie w wyniku odsiarczania spalin w elektrowni spalającej węgiel brunatny będą powstawały duże ilości gipsu syntetycznego. Dla jego zagospodarowania konieczne będzie wybudowanie zakładu przeróbki gipsu. W przypadku braku bieżącego zbytu na produkty gipsowe konieczne będzie wybudowanie składowiska, które umożliwi eksploatację i wykorzystanie cennego surowca również w przyszłości.

Przedstawione przykłady z aktualnie czynnych kopalń węgla brunatnego w Polsce oraz w sąsiednich kopalniach łżyckich wskazują, że przy zastosowaniu zasad racjonalnej i kompleksowej gospodarki zasobami złoża oraz z uwzględnieniem rachunku ekonomicznego kopalnie węgla brunatnego stanowią nie tylko miejsce wydobywania surowca do produkcji energii ale również zapewniają dostawy surowców dla przemysłu budowlanego i ceramicznego. Wszystko wskazuje na to, że podobna sytuacja wystąpi również w projektowanej kopalni na złożu Gubin. Wpłynie to korzystnie nie tylko na przedsiębiorstwo wydobywcze ale również na otoczenie poprzez podaż surowców budowlanych oraz poprzez dodatkowe miejsca pracy związane z wykorzystaniem kopalin towarzyszących.

LITERATURA

1. ADAMCZYK A., JOŃCZYK M., W., SKÓRZAK A., 2012. Kopaliny towarzyszące eksploatacji złoża węgla brunatnego Bełchatów – historia dokumentowania i zagospodarowania. Kalendarium, Górnictwo Odkrywkowe 2012, R. 53, nr 1-2, s. 25-41
2. DREBENSTEDT C., 2007. Wykorzystanie kopalin towarzyszących w górnictwie odkrywkowym na przykładzie łżyckiego zagłębia węgla brunatnego, Górnictwo Odkrywkowe, R. XLIX, Nr 7/2007
3. GILEWSKA M., 1996. Właściwości gruntów pogórnich i gleb z nich wytworzonych, [w] „I Forum Inżynierii Ekologicznej. Technika i technologia w ochronie środowiska”, Lublin – Nałęczów, s. 51-54
4. JACHNA-FILIPCZUK, G., MAZUREK, S., WIDERA, M., 2001. Wykorzystanie kopalin towarzyszących w KWB Konin S.A. i KWB Adamów S.A. Górnictwo Odkrywkowe, R. 43, nr 2-3, s. 107-121

5. KULCZYCKA J., UBERMAN R., NAWORYTA W., 2012. Korzyści makro- i mikroekonomiczne z wykorzystania kopalin towarzyszących i odpadów wydobywczych w górnictwie węgla brunatnego, Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, Nr 82
6. KYZIOŁ-KOMOSIŃSKA J., KUKUŁKA L., 2008. Wykorzystanie kopalin towarzyszących pokładom złóż węgla brunatnych do usuwania metali ciężkich z wód i ścieków, Prace i Studia Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze
7. NAWORYTA W., 2013. Geostatystyczna analiza zmienności zawartości siarki w węglu złoża Gubin pod kątem oceny zapotrzebowania na sorbent do odsiarczania spalin oraz produkcji gipsu syntetycznego w planowanej elektrowni, Gospodarka Surowcami Mineralnymi (w edycji)
8. NAWORYTA W., SYPNIEWSKI Sz., 2012. Zagospodarowanie złoża węgla brunatnego Gubin - wybrane problemy projektowania kopalni, Polityka Energetyczna T. 15, z. 3
9. NOWAK-SZPAK A., DUCZMAŁ M., 2012. Możliwości pozyskania kopalin towarzyszących z nadkładu złóż węgla brunatnego kompleksu gubińskiego, Górnictwo Odkrywkowe 2012, R. 53, nr 1-2, s. 123-127
10. RZEPECKI K., 2011. Sposób zagospodarowania odpadów paleniskowych z elektrowni Turów i problemy z tym związane, Górnictwo i Geoinżynieria, r. 35, z. 3
11. UBERMAN R., NAWORYTA W., 1998. Odpadowe surowce mineralne z instalacji odsiarczania spalin w elektrowniach opalanych węglem brunatnym jako baza surowcowa dla produkcji wyrobów gipsowych, Sympozja i Konferencje nr 33, IGSMiE PAN Kraków
12. UBERMAN R., NAWORYTA W., 2012. Opracowanie górniczych zasad formowania złóż antropogenicznych związanych ze złożami węgla brunatnego i surowców skalnych, IGSMiE PAN (nie publ.)
13. UBERMAN RYSZARD, NAWORYTA W., KULCZYCKA J., UBERMAN ROBERT, CHOLEWA M., 2012. Ekonomiczna analiza celowości wykorzystania gospodarczego kopalin i surowców w skali makro i mikroregionu, Prace IGSMiE PAN, nie publ.
14. WONS T., NIZIURSKA M., 2013. Analiza jakości gipsów syntetycznych z krajowych instalacji odsiarczania spalin metodą mokrą wapienną stosowanych jako substytut gipsu naturalnego do produkcji wyrobów budowlanych, Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Krakowie

ANALYZE OF COMPLEX UTILIZATION OF LIGNITE DEPOSIT RESOURCES, ACCOMPANYING MINERALS AND WASTE RAW MATERIALS

S u m m a r y

Possibility of utilization of accompanying minerals of Gubin lignite deposit has been analyzed. The practice in Polish lignite mines and experiences in that field has been presented as the background.

The necessity of utilization of waste raw materials from lignite power plant was discussed. The problems of water utilization from dewatering system were shown. The importance of cost-benefit analysis in the decision about selective exploitation of accompanying minerals was stressed. In conclusion, attention was paid to the economic benefits and new jobs connected to rational and complex utilization of a lignite deposit.

Key words: lignite, accompanying minerals, synthetic gypsum , rational utilization of resources

SŁAWOMIR ŁOTYSZ*

**CMENTARZYSKO OKRĘTÓW
CENNYM OBIEKTEM PRZYRODNICZYM**

Streszczenie

Największe w Ameryce, a chyba i na świecie cmentarzysko starych okrętów wojennych znajduje się w Mallows Bay na Potomaku, zaledwie 30 mil na południe od stolicy kraju, Waszyngtonu. Choć nad każdym z tych statków dumnie powiewała niegdyś amerykańska bandera, po wojnie stały się niepotrzebnym balastem. Zgromadzone w tej zatoce szczątki okrętów przez lata postrzegano jedynie jako szpetne utrudnienie w żegludze. Dziś to wyjątkowa ostoja dzikiej przyrody, siedlisko wielu gatunków rzadkich zwierząt. Spotkać tu można również amerykańskiego orła. Tego samego, który widnieje w amerykańskim godle.

Słowa kluczowe: renaturalizacja, dziedzictwo przemysłowe, architektura krajobrazu

WPROWADZENIE

Większość z okrętów opisywanych w artykule została już dawno spalona i jedyne, co po nich zostało, to osiadłe na dnie szczątki. Swój koniec znalazły tu jednostki pamiętające jeszcze okres walk o niepodległość Ameryki, jak również i takie, które uczestniczyły w II Wojnie Światowej. Czasem trafi się też łódź porzucona przez kogoś, komu nie chciało się jej oddać na złom i sądził, że w takim miejscu nikt nie doliczy się kilku wraków więcej. Największą liczbę stanowią jednak łodzie sprowadzone do tej zatoki po zakończeniu działań wojennych w 1918 roku.

W czasie trwania działań wojennych, w wyniku napadów niemieckich łodzi podwodnych Amerykanie stracili dużą część swojej floty transportowców zaopatrujących wojska walczące na europejskim froncie I Wojny Światowej. Straty te zdecydowano się uzupełnić budując masowo drewniane frachtowce o napędzie parowym. W ostatnich latach wojny urząd odpowiedzialny za transport morski (US Shipping Board) zaproponował uruchomienie rządowego programu

* Instytut Budownictwa, Uniwersytet Zielonogórski

budowy 800 do 1000 jednostek o tonażu 3,500 ton każda. Zimą 1917/18 wielki ładunek drewna z lasów Oregonu dotarł do stoczni atlantyckich. Do listopada 1918, kiedy wojna dobiegła końca, zdołano zbudować tylko niewielką część planowanej floty. Ale mimo ustania działań zbrojnych, stocznie nie zaniechały realizowania zamówienia. W końcu kontrakt rządowy to zwykle lukratywny interes. W efekcie po kolejnych dwóch latach US Shipping Board stanął przed nowym problemem: co zrobić z flotą nowych ale nikomu niepotrzebnych transportowców? Nie można ich było sprzedać, bo jednostki warte okrążyły milion dolarów za sztukę, były zaprojektowane i wykonane na potrzeby transportu broni i zaopatrzenia wojennego. W okresie pokoju nie miały zastosowania. Były za małe, by ich eksploatacja opłacała się na długich trasach w transoceanicznym ruchu towarowym. Na drogi śródlądowe były z kolei zbyt duże. Poza tym, jak się szybko okazało, ich wykonanie pozostawiało wiele do życzenia. Z powodu wojennego pośpiechu do ich budowy wykorzystano drewno, które nie było odpowiednio sezonowane. Teraz klepki, z których wykonano poszycia, wypaczały się na potęgę.

Coś trzeba było z tymi okrętami zrobić. Pojawiały się różne pomysły. Planowano między innymi wykorzystać je do budowy pływających wysp-ładowisk dla samolotów pasażerskich na Atlantyku. Ówczesne samoloty pasażerskie posiadały dość ograniczony zasięg i barierę oceanu mogłyby pokonać jedynie krótkimi skokami. Kilka takich zakotwiczonych wysp mogło zatem rozwiązać coraz pilniejszy problem lotniczej komunikacji transatlantyckiej.

Inni proponowali niepotrzebną flotę po prostu zatopić. W Baltimore na przykład rzeczywiście zatopiono piętnaście okrętów tak, by stworzyć łamacz fal chroniący wejścia do Curtis Bay. Ale najwięcej nikomu niepotrzebnych jednostek popłynęło gdzie indziej. We wrześniu 1925 roku około 200 okrętów wartych okrągłe 100 milionów dolarów zacumowało w Mallovs Bay na Potomaku, niemal dokładnie vis a vis bazy wojskowej Quantico. Miały zostać spalone, a ich resztki zatopione.

RZEKA W OGNIU

Utylizacją, a nazywając rzeczy po imieniu – paleniem – okrętów zajmowała się niewielka firma z Wirginii – Western Marine i Salvage Co. Zgodnie z założeniami jednocześnie miało być palone najwyżej 30 statków. Pozostałe, ze względów bezpieczeństwa miały być zakotwiczone na przeciwległym brzegu rzeki.

Robotnicy zabrali się do tego zadania dość niedbale. Zdarzało się, iż źle zabezpieczone okręty zrywały się z uwięzi i dryfowały w dół Potomaku jak płonące żagwie. Tak było na przykład w sierpniu 1925 roku, gdy zerwał się jeden okręt. Następnego dnia znaleziono go w bazie Quantico. Miesiąc później kolej-

ny statek-pochodnia popłynął w dół rzeki. Sytuacje takie stwarzały duże zagrożenie dla żeglugi na rzece. Dotyczyło to nie tylko żeglugi towarowej, ale i zagrażało sprawnemu funkcjonowaniu wspomnianej bazy morskiej. Wszystkie przypadki tego typu odnotowywał skwapliwie major James O'Connor z korpusu inżynieryjnego amerykańskiej armii wyznaczony do kontrolowania operacji. Po kilku tygodniach cierpliwość wojskowych wyczerpała się: prace wstrzymano na 1,5 miesiąca żądając, by przez ten czas firma odpowiednio zabezpieczyła miejsce niszczenia statków.



Ryc. 1. Grupa 31 okrętów podpalonych 7 listopada 1925 r. (Internet)
Fig. 1. A group of 31 ships burned down on November 7, 1925 (Internet)

Oprócz dryfujących płonących okrętów, dużym utrudnieniem dla codziennej żeglugi na Potomaku były niedopalone szczątki, które w zupełnie niekontrolowany sposób i w ogromnych ilościach wydostawały się ze strefy utylizacji i zaśmiecały rzekę.

Na uciążliwe sąsiedztwo skarżyli się również właściciele terenów sąsiadujących z zatoką. W sierpniu 1929 roku jeden z nich, niejaki Walter R. Wilson, wytoczył firmie prowadzącej utylizację proces żądając natychmiastowego wstrzymania prac. Argumentował, że przez cztery lata, gdy w zatoce palono okręty, poniósł ogromne straty, a jego posesja straciła na wartości.

SPÓR O ZŁOM

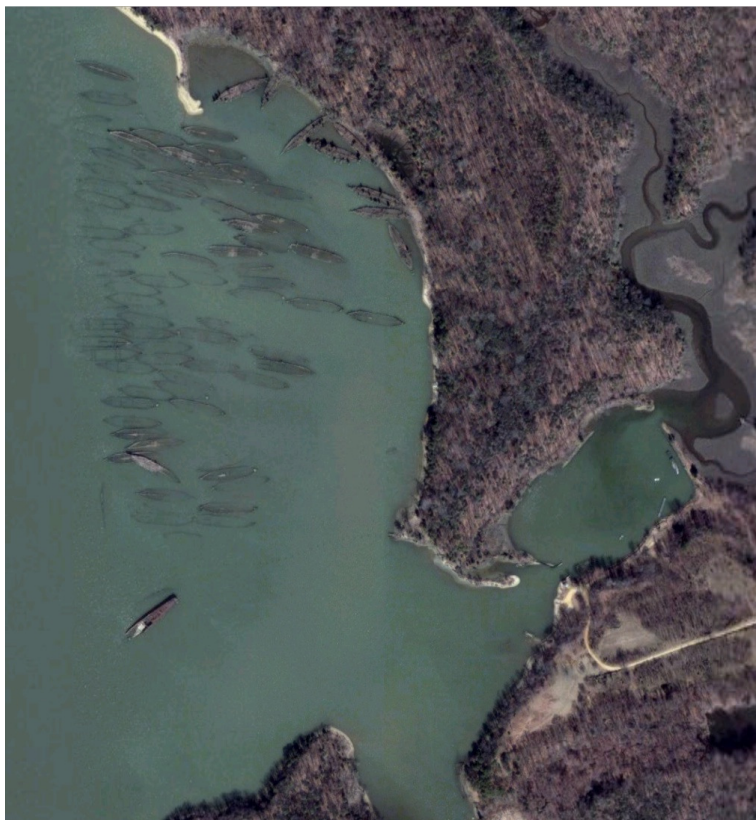
Mimo tych wszystkich zastrzeżeń palenie trwało nadal. Aż do ostatniego okrętu, który poszedł z dymem w 1931 roku. Ale myliłby się ten, kto by sądził, że problem niechcianej floty zniknął wraz z tym ostatnim statkiem. Firma Western Marine i Salvage nie wykonała wszystkich prac, do jakich była zobowiązana – nie uporządkowała ani nie zabezpieczyła terenu. W Mallovs Bay pozostały setki nadpalonych i nie do końca zatopionych okrętów. Wystające ponad lustro wody szpeciły krajobraz, a setki ton żelaza, które rdzewiało w płytkiej wodzie, stwarzały realne zagrożenie dla tych, którzy zapuszczali się w te rejony.



Ryc. 2. Zdjęcie lotnicze z 1942 roku (Internet)

Fig. 2. Aerial photo taken in 1942 (Internet)

Ale byli również tacy, którzy zapuszczali się tam celowo i robili to właśnie dla tego żelastwa. „Złomiarze” zainteresowali się resztkami floty około 1935 roku, kiedy cena złomu żelaznego w skupie osiągnęła poziom 20 dolarów za tonę (oznaczało to dziesięciokrotny wzrost w ciągu zaledwie kilku lat). Pomiędzy zbieraczami żelaza dochodziło nawet do potyczek sądowych o to, kto miał, a kto nie miał prawa prowadzić odzysku. Niejaki Harry Stienbaker, handlarz złomem z Waszyngtonu pozwał do sądu kolegę po fachu, Lorenzo D. Cruse’a, który jakoby nieprawnie podbierał co lepsze elementy metalowego wyposażenia okrętów. Stienbaker powoływał się przy tym na prawo do wyłącznego prowadzenia takiej działalności na 169 kadłubach, które wciąż jeszcze wystawały ponad lustro wody w Mallows Bay. Przedsiębiorca twierdził, że nabył to prawo od Potomac Realty Co., która z kolei przejęła je wcześniej od niesławnego Western Marine i Salvage Co.



Ryc. 3. Dzisiejszy obraz Mallows Bay. (Google Earth)

Fig. 3. Mallows Bay as it is today (Google Earth)

Ostatecznie sąd okręgowy, przed którym toczyło się postępowanie, uznał że resztki floty nie stanowią niczyjej własności i każdy może do woli zajmować się odzyskiem. Ale i tego etapu utylizacji złomiarze nie doprowadzili do końca. Czy to cena złomu spadła, czy otwarte dla wszystkich cmentarzysko straciło na uroku, dość, że recykling w Mallows Bay ustał. Dziś jeszcze sponad wody wystają pręty, śruby i sporej wielkości arkusze pordzewiałej blachy.



Ryc. 4. Jedna z „wysp-okrętów.” (Internet)

Fig. 4. One of „island-ships” (Internet)

UPRZĄTNAĆ RZEKĘ!

Minęło 30 lat. Tym, czego nie zniszczyli ludzie, przygarnęła natura. Resztki drewnianych kadłubów pokryła roślinność, a wśród drzew i krzewów wyrosłych w tak niecodziennych warunkach zagnieździło się ptactwo. Wciąż jednak cmentarzysko okrętów w Mallows Bay postrzegane było jako „...nie tylko zagrożenie dla żeglugi, ale również poważne oszpecenie całej okolicy.” Taką opinię wyraził w jednym z wywiadów senator z Maryland, Carlton R. Sickles. Miał on okazję obejrzeć zatokę z pokładu śmigłowca we wrześniu 1964 roku, kilka dni przed planowanym spotkaniem z przedstawicielami korpusu inżynierskiego

armii, podczas którego miała zapaść decyzja, co dalej zrobić z resztkami niechcianej floty. Samuel C. Linton Jr., inny polityk z Maryland, który zorganizował tę wyprawę, zaprosił do niej piętnastu innych lokalnych działaczy zainteresowanych ostatecznym uporządkowaniem terenu. Linton zaproponował, aby korpus inżynieryjny wykorzystał ten teren jako poligon doświadczalny dla drużyn zajmujących się rozbiórkami. W kampanię na rzecz przywrócenia Mallows Bay do pierwotnego stanu zaangażował się w 1962 roku, gdy utonął tam mężczyzna, którego łódź uderzyła w schowany płytko pod lustrem wody wrak. Sickles zasugerował z kolei, by do akcji usuwania pozostałości spalonej floty zaangażował się rząd federalny. Mógłby na przykład skierować do tej pracy ludzi w ramach programu robót publicznych.



Ryc. 5. To były wielkie transportowce (Internet)

Fig. 5. They were large cargo ships (Internet)

Zgodnie z wynikami analizy, jaką w 1963 roku przeprowadzili wojskowi inżynierowie, „flota duchów” nie zagrażała żegludze na rzece, bo wraki były zatopione w sporej odległości od głównego kanału żeglownego na Potomaku. Gdyby jednak, jak zaznaczali, któryś z kadłubów zdołał oderwać się od dna i podryfować w dół rzeki, zagrożenie byłoby poważne. Wojskowi zalecili zatem ustabilizowanie położenia wraków. Koszt takiej operacji wyniósłby około 50 tysięcy dolarów. Plan przewidywał zakotwiczenie i wypełnienie kamieniami 30 kadłubów spoczywających najbliżej środka nurtu rzeki, i stworzenie w ten spo-

sób bariery uniemożliwiającej przedostanie się na pełne wody innych wraków. Projekt ten został zarzucony, gdy właściciel przyległego terenu, firma Idamount Inc., nie wyraziła zgody na jego przeprowadzenie.



Ryc. 6. Widziane z rzeki wyglądają jak „małe wyspy” (Internet)
Fig. 6. Seen from the river the look like „small islands” (Internet)

Po odrzuceniu pierwszego planu wojskowi przygotowali następny. Tym razem zakładali usunięcie wszystkich pozostałości zatopionych transportowców. Koszt tej operacji miał wynieść aż 350 tysięcy dolarów. W 1968 roku Kongres wyasygnował połowę tej kwoty domagając się, by reszta wydatków pokryta została przez władze lokalne. Gubernator Maryland, Spiro T. Agnew, zgodził się udzielić pomocy stanowej. Po rekultywacji teren miał zostać przeznaczony na park naturalistyczny.

Sprawy skomplikowały się w kwietniu 1968 roku, gdy prasa ujawniła, iż teren ten w istocie należy do wielkiego koncernu energetycznego Pepco, a wspomniana Idamount Inc. to jedynie przykrywa. Koncern kupił ten teren z myślą o postawieniu tam w przyszłości elektrowni. W tej sytuacji gubernator wycofał się z obietnicy wyłożenia jakichkolwiek środków na uporządkowanie terenu. Rzecznik prasowy giganta energetycznego wyznał, iż fakt posiadania tego terenu przez Pepco był ukrywany po to tylko, aby nie dopuścić do wzrostu cen przyległych gruntów, gdyż firma planowała tam dalsze zakupy. Wydaje się, że utrzymanie wizerunku zatoki jako niebezpiecznego i „szpetnego” cmentarzyska okrętów również pozwalało skutecznie blokować wzrost cen w okolicy. Stąd też podejmowane próby blokowania wszelkich inwestycji mających doprowadzić do oczyszczenia zatoki.



Ryc. 7. Widziane z powietrza wyglądają jak wielkie „doniczki” (Google Earth)

Fig. 7. From the air they look like big „flowerpots” (Google Earth)

POD SKRZYDŁAMI AMERYKAŃSKIEGO ORŁA

Oczywiście byli i tacy, którzy w cmentarzysku okrętów w Malloes Bay dostrzegali coś więcej niż tylko utrudnienie w żegludze. Dla nich był to unikalny relikwiarz techniki, który na ich oczach stawał się wyjątkową ostoją przyrody. Obrońcy tego niecodziennego ekosystemu mogli naprawdę odetchnąć dopiero w 1972 roku, gdy zajmująca się nim senacka komisja orzekła, iż, po pierwsze, usunięcie wraków zalegających Malloes Bay byłoby zbyt drogie, a po drugie, stały się one już częścią naturalnego środowiska rzeki. Końcowy raport wydany przez Subcommittee on Conservation and Natural Resources stwierdza m.in., że wraki “widziane z rzeki wyglądają jak małe wyspy. Niektóre z kadłubów widziane z powietrza wyglądają jak wielkie doniczki.” Wśród drzew i krzewów porośniętych te „wyspy” zaobserwowano gniazdujące żurawie, czaple a także kilka par amerykańskiego orła.

LITERATURA

1. SHOMETTE D.G., 1996: Ghost Fleet of Mallows Bay and Other Tales of the Lost Chesapeake. Centreville: Tidewater Publishers
2. LANGLEY S.B.M., 2003: Mallows Bay, w: „Submerged Cultural Resource Management,” red. J.D. Spirek. Nowy Jork: Kluwer Academic/Plenum Publishers
3. \$200,000,000 Bonfire To Finish War Fleet; Ford Bid Up Today. „Chicago Daily Tribune,” 4.08.1925
4. LBJ Aid Sought in Removing Sunken Ship Hulls, “The Washington Post,” 3.02.1965
5. Ship Hulks Ruled Part Of Scenery, „The Washington Post,” 18.12.1970

A SHIP GRAVEYARD AS NATURAL SANCTUARY

S u m m a r y

After the WWI, the US navy had several hundreds of redundant transport ships, mainly wooden hulk steamers. In 1925 they were transferred to Mallows Bay on Potomac River, 30 miles south of Washington, DC, and ordered to be burned down. Some unburned remains of the hulks have been disfiguring the bay since. After several decades and numerous attempts to clean the affected portion of the river, it was found out, that the post-military relics do not obstruct the navigation as it was stated, and moreover they became a part of environment. Today the hulks form dozens of strange shaped islands, covered with plants, which serve as a sanctuary for birds. The colonies of cranes and several nests of American bald eagle have been noted.

Key words: reclaiming by nature, landscape architecture, river, industrial heritage

SŁAWOMIR ŁOTYSZ*

ZIELONE MOŁO. REWITALIZACJA DAWNEGO NABRZEŻA PORTOWEGO NA PARK MIEJSKI

Streszczenie

Wiele miast portowych boryka się z problemem starych, nieużywanych nabrzeży. Niekiedy zostają one adaptowane na cele magazynowe, czasem służą jako parkingi. Ciekawy przykład adaptacji dawnego nabrzeża na park miejski pochodzi z Filadelfii. Inwestycja, którą rozpoczęto w 2009 roku, przyciąga uwagę jako przedsięwzięcie wyjątkowe.

Słowa kluczowe: rewitalizacja, miasto portowe, nabrzeże, park, architektura krajobrazu

Wiele miast portowych boryka się obecnie z problemem niewykorzystywanych, opuszczonych i niszczących nabrzeży przeładunkowych. Dotyczy to szczególnie ośrodków, które zostały najbardziej dotknięte ubocznymi skutkami globalizacji. Spadkowi znaczenia portu towarzyszyła zwykle degradacja samego miasta. Doskonałym przykładem takiego ośrodka jest Filadelfia. Miasto to niegdyś pretendowało do miana dominującego ośrodka kultury, nauki i przemysłu na kontynencie amerykańskim, przez kilka lat pełniło nawet funkcję stolicy Stanów Zjednoczonych. Dziś wprawdzie wciąż pozostaje jedną z ludniejszych metropolii tego kraju, jednak upadek przemysłu w latach 20. XX stulecia, jaki stał się jego udziałem, nie miał w USA precedensu. Również filadelfijski port, który w pierwszej połowie XVIII wieku pod względem wielkości i wartości przeładunku ustępował w świecie jedynie Londynowi, dziś plasuje się w drugiej setce. Częścią tego dumnego dziedzictwa jest rozbudowany system nabrzeży przeładunkowych wzdłuż Delaware River łączącej miasto z Oceanem.

Fatalny stan pozostałości infrastruktury portowej przez kilka ostatnich dekad zdawał się nie docierać do świadomości mieszkańców i władz Filadelfii. Miasto było praktycznie odwrócone od rzeki. Powodem było poprowadzenie w latach 70. międzystanowej autostrady I-95 wzdłuż Delaware River, co pod względem funkcjonalnym odcięło wybrzeże od miasta. Dopiero w 1991 roku, po przerzuceniu nad autostradą kilku kładek dla ruchu pieszego i kołowego, mieszkańcy

* Instytut Budownictwa, Uniwersytet Zielonogórski

zaczęli zapuszczać się w te okolice. Za nimi pojawili się tu inwestorzy. Wzdłuż wybrzeża zaczęto zakładać pierwsze restauracje i kluby, niektóre z nich na łodziach. Uruchomiono niewielkie mariny, a przy zacumowanym przy Penn's Landing krążowniku S.S. Olympia, okręcie flagowym admirała Deweya z czasu wojny amerykańsko-hiszpańskiej 1898 roku, rozrosły się kramy z pamiątkami. Sympatię najmłodszych zyskały organizowane stąd rejsy turystyczne amfibią, słynną Philly Duck Boat. Kilka razy dziennie, wypełniony turystami pojazd opuszcza rzekę tuż koło mostu Benjamina Franklina, by, ociekając wodą, ruszyć w dalszą trasę, tym razem już ulicami starej Filadelfii.

Miasto zatem zaczęło zwracać się w stronę rzeki, była to jednak oddolna inicjatywa mieszkańców. Od lat 90. można zaobserwować coraz większe zainteresowanie inwestorów tą, niejako odzyskaną przez miasto, dzielnicą. Do najmniej ambitnych inwestycji, nastawionych jedynie na doraźny (choć pokaźny) zysk, należy zaliczyć budowę kilku płatnych parkingów nie tylko na starych pomostach przeładunkowych, ale także – po uprzednim zasypaniu – na terenach pomiędzy nimi. Parkingi te obsługują nie tylko nowopowstałe mariny czy restauracje, ale służą też mieszkańcom spoza Interstate 95. Nie brak też przykładów wykorzystania obiektów pomagazynowych, często zajmujących całe pomosty i mola, na cele mieszkaniowe. Powstały w ten sposób atrakcyjne lofty, m.in. na wysokości Church Street. Do najbardziej charakterystycznych realizacji należy jednak zaliczyć budowę apartamentowca Dockside Apartments na Nabrzeżu nr 34. Budowa ruszyła w 2000 r., wzbudzając tyleż głosów entuzjazmu co sceptycyzmu. Uważano, że w Filadelfii nie będzie zapotrzebowania na luksusowe apartamenty, że zbyt wiele podobnych inwestycji podejmowanych w poprzednich latach zostało porzuconych itd. Zespół zaprojektowali architekci miejscowego biura Bower Lewis Thrower Architects nadając budynkowi formę okrętu, luksusowego transoceanicznego liniowca, jaki być może w przeszłości cumował, jeśli nie przy tym nabrzeżu, to przy sąsiednich. Forma architektoniczna może wprowadzić razić dosłownością, warto jednak wspomnieć o przesłankach, jakie przyświecały projektantom, i jak przebiegał proces społecznych konsultacji wokół tej inwestycji. Niezależnie od powierzchni każde z 240 mieszkań miało zostać – i zostało – wyposażone w tarasy i balkony. W najniższej kondygnacji powstał garaż na 370 samochodów. Całość inwestycji pochłonęła przeszło 75 milionów dolarów. Prace rozpoczęły się od wykonania nowego palowania – stare pale nośne nabrzeża były zbyt zniszczone, by utrzymać wielopiętrową konstrukcję. Schodkowa, i znacznie odsunięta od ulicy elewacja frontowa, to efekt kompromisu zawartego z właścicielami posesji po przeciwległej stronie South Front Street.

Proces rewitalizacji strefy nadrzecznej w Filadelfii postępuje. Jednym z tematów wzbudzających w ostatnich latach największe emocje jest przyszłość Nabrzeża Przeładunkowego nr 11, od pobliskiej ulicy nazywanego oficjalnie Race Street Pier. Pomysł zagospodarowania tego mola zrodził się jeszcze

w 2002 roku. W wyniku rozpisanego wówczas konkursu wyłoniono dziewięć finałowych firm... deweloperskich. Nie było wówczas mowy o poszukiwaniu wizji, która mogłaby stanowić zaczątek tak potrzebnej rewitalizacji wybrzeża Delaware. Gdyby nie przeciągające się postępowanie konkursowe, którego przebieg okraśliło postawienie przed sądem pod zarzutem wymuszenia jednego z jurorów, na mołu powstałby zapewne kolejny apartamentowiec, możliwe, że równie pretensjonalny w formie, co Dockside Apartments.



Rys. 1. Dockside Apartments (fot. Łotysz 2012)
Fig. 1. Dockside Apartments (phot. Łotysz 2012)

Po anulowaniu konkursu niewiele się tutaj działo. Jesienią 2007 r., ten odgródzony płotem i pokryty dziką roślinnością stary pomost zauroczył Autora podczas jednej z jego wędrówek po wschodniej, najstarszej części Filadelfii. Nabrzeże nr 11, zbudowane w 1916 r., wykorzystywane było głównie do rozładunku węgla. W 1922 r. to właśnie na tym mołu miały miejsce główne uroczystości inaugurujące budowę mostu Benjamina Franklina. Na pewno był tu wówczas obecny jego projektant i budowniczy, wielki inżynier polskiego pochodzenia, Rudolf Modrzejewski. Od lat 70. na pomoście funkcjonowała stacja policji rzecznej. Po tym, jak policjanci wyprowadzili się stąd w 1992 r., pomostem nr 11 zawładnęła natura.



Rys. 2. Nabrzeże nr 11 przed rewitalizacją (fot. Łotysz 2012)
Fig. 2. Race Street Pier as it was before revitalization (phot. Łotysz 2012)

Do dyskusji nad zagospodarowaniem Nabrzeża nr 11 powrócono po tym, jak w 2008 r. w Nowym Jorku podjęto decyzję o adaptowaniu starego, od lat nieczynnego wiaduktu kolejowego na park miejski.

Oczywiście skala tych zagadnień jest nieporównywalna – nowojorska tzw. High Line liczy sobie przeszło 2 km długości, podczas gdy filadelfijskie moło zaledwie 150 metrów. To nie zbieg okoliczności, że ledwie tydzień po otwarciu High Line na Manhattanie, w czerwcu 2009 r. w zabytkowym filadelfijskim ratuszu, miejska Komisja Planowania oraz Delaware River Waterfront Corporation, spółka zarządzająca terenami wzdłuż rzeki, zaprezentowały prace czterech finalistów ogłoszonego pół roku wcześniej konkursu.



Rys. 3. Projekt wykonany w biurze Andropogon
Fig. 3. Design by Andropogon

Jedna z koncepcji zakładała przekształcenie Nabrzeża w swego rodzaju pole doświadczalne demonstrujące najnowsze trendy w dziedzinie ekologicznej energetyki. Jose Alminana z lokalnej firmy Andropogon na niewielkiej powierzchni moła zaprojektował zestawy turbin wiatrowych i paneli słonecznych. Przestrzeń publiczna – a o nią przecież głównie organizatorom konkursu chodziło – stała się ledwie dodatkiem do funkcji edukacyjnej. Mottem projektanta było „...uchwycenie tego, co mamy za darmo – energii wody, energii miejsca, energii wiatru, energii słońca.” To zaklinanie najwyraźniej nie przekonało uczestników dyskusji, bowiem – odpierając ewentualne zarzuty, iż nie są wystarczająco proekologiczni – zdecydowanie odrzucili tę wizję. Kolejny z finalistów, Michael Van Valkenburgh z Brooklynu, zapomniał z kolei o ograniczonym budżecie inwestycji, określonym przez organizatorów na 3,5 mln dolarów

(dopiero później pulę tę powiększono do 5 mln). Za zbyt drogą w realizacji uznano jeszcze jedną propozycję pochodzącą z Nowego Jorku. Projektanci z „W Architecture” chcieli złamać schemat prostokątnego w rzucie mola, dokonując podziału starej struktury i wprowadzając nowe, niezwykle dynamiczne formy.

Zwycięstwo przypadło czwartej koncepcji. Jej autorem był arch. James Corner z Field Operations – tego samego biura, które zajmowało się projektowaniem zieleni na High Line. Sukces realizacji nowojorskiej – oddany w czerwcu 2009 r. do użytku High Line Park niemal od razu i jednogłośnie okrzyknięto sukcesem – zdawał się potwierdzać trafność wyboru. Poza tym za Jamesem Cornerem przemawiał jeszcze jeden argument: pochodzi z Filadelfii, jest profesorem na Uniwersytecie Pensylwanii, a od 2000 r. piastuje funkcję kierownika Zakładu Architektury Krajobrazu. Ewentualny sukces rewitalizacji Nabrzeża nr 11 byłby zatem wygraną Filadelfii. Ale czy inwestycja rzeczywiście ma szansę powtórzyć sukces High Line? Przekonamy się wkrótce, bowiem w Filadelfii ruszyły już prace budowlane. 9 listopada 2010 r. odbyła się uroczystość wbicia w ziemię pierwszej łopaty. Uczestniczył w niej burmistrz Filadelfii, Michael Nutter. To on, jeszcze w lutym 2009 r. zarezerwował w miejskim budżecie 5 milionów dolarów na tę inwestycję. Czy to wystarczy? Jeśli posłużyć się High Line jako przykładem, to rzeczywiście można mieć wątpliwości. W Nowym Jorku Michael Bloomberg lekką ręką wyłożył 152 mln dolarów na modernizację 200 arów wiaduktu. Filadelfia przeznaczyła na przywrócenie pięciokrotnie mniejszego Nabrzeża Przeładunkowego nr 11 zaledwie 5 milionów dolarów, czyli 30-krotnie mniej pieniędzy. A zatem na rewitalizację 1 ara Nowy Jork przeznacza przeszło 760 tysięcy dolarów, a w Filadelfii mają zrobić to samo za 125 tysięcy. A zmodernizować trzeba wszystko, poczynając od wymiany stuletnich pali wbitych w dno rzeki. To niemal budowanie od nowa. To z kolei rodzi pytanie o autentyczność. Tak jak na High Line, gdzie porosły przez lata dziką roślinnością wiadukt poddano gruntownemu remontowi – usunięto całą roślinność, warstwę wegetatywną, podkłady kolejowe i podsypkę. Dopiero później zasadzono wszystkie rośliny na nowo. Ten sam sposób działania znalazł zastosowanie w Filadelfii.

Filadelfijczycy zdają się jednak nie przejmować ani kwestią autentyczności, ani mizerią przyjętego budżetu inwestycji. Redaktorzy „Philadelphia Inquirer” zapewniają, że w ich parku nie będzie okładzin z południowoamerykańskiego drewna gatunku ipe (*Tabebuia Impetiginosa*) ani wykonywanych na zamówienie elementów posadzki, za to zaletą przyjętego do realizacji projektu jest „...mocna i wyrazista kompozycja, zdolna wydobyć maksimum dramaturgii z tej wąskiej, ograniczonej przestrzeni. Strategia atelier Field Operation jest miłym przypomnieniem idei, że o wartości projektu decyduje nie tyle wysokość budżetu, co rozmach wyobraźni.”

Projekt Jamesa Cornera zakłada formalny podział parku na dwie części przez ścieżkę biegnącą ukośnie po wznoszącym się lekko terenie. Stąd też tytuł projektu: „The Slice” - „Plasterek”, i porównanie do kawałka pizzy jest tu rzeczywiście najtrafniejsze. Obie części odróżniać będzie faktura i materiał. Położony nisko nad rzeką pomost będzie wykończony twardymi deskami. Łagodny stok powyżej ścieżki pokryty będzie miękką murawą. Po obu stronach będzie można swobodnie wypoczywać. Wzdłuż całego parku posadzonych zostanie 37 drzew. Przygotowywane są drzewa już dorosłe o pniach średnicy około 20 cm. Już dziś trwa ich symboliczna sprzedaż fundatorom. Każdy, kto wyłoży 2,500 dolarów stanie się „właścicielem” drzewa, o czym informować będzie stosowna tabliczka.



Rys. 4. Zwycięski projekt Jamesa Cornera i Field Operations
Fig. 4. The winning design of James Corner and Field Operations

„Plasterek” był jedną z trzech przygotowanych przez Field Operations idei. Realizowana koncepcja została wyłoniona w procesie społecznych konsultacji. Ocenia się że podczas kilku spotkań przeprowadzonych w latach 2009-2010, uczestniczyło w nich w sumie przeszło 4 tysiące osób. Podczas spotkań konsultowano kolejne etapy prac finałowych koncepcji, a po wyłonieniu zwycięzcy dyskutowano nad wyborem wariantu do realizacji. Zakończenie prac budowlanych i oddanie parku do użytku zaplanowano na późną wiosnę 2011 roku. Oczekiwania są ogromne. Podczas uroczystego rozpoczęcia inwestycji w listo-

padzie 2010 r. Tom Corcoran, prezes Delaware River Waterfront Corporation mówił: „... ten park ustanowi nowe standardy doskonałości w projektowaniu i społecznym współdecydowaniu, które wywrą efekt daleko wykraczający poza ten skrawek terenu.”



Rys. 5. Pierce Street Park kilka miesięcy po otwarciu (fot. Łotysz 2012)

Fig. 5. Pierce Street Park few months after opening (phot. Łotysz 2012)

W Filadelfii na zagospodarowanie czekają wciąż dziesiątki nabrzeży przeładunkowych. Niektóre z nich przejęła już w swe posiadanie przyroda. Które z tych obiektów zostaną przeznaczone na parkingi, a na których powstaną parki lub apartamentowce, pokaże przyszłość. Dużą rolę w procesie decyzyjnym odegrają sami Filadelfijczycy. Wiele pozytywnych przykładów dowodzi, że władze Filadelfii przywiązują ogromną wagę do opinii mieszkańców, a ci z kolei chętnie wykazują się inicjatywą i zaangażowaniem w kształtowanie otaczającej ich przestrzeni. Ewentualny sukces Race Street Park przysporzy zapewne zwolenników koncepcji zwrócenia się tego miasta z powrotem ku rzece, i przyspieszy realizację programu rewitalizacji wybrzeża w środkowym biegu rzeki Delaware.

LITERATURA

1. MILFORD M., 2000: On a Pier in Philadelphia, Luxury Apartments. „New York Times,” 24.12.2000.
2. BRENNAN C., 2008: Pier 11 coming back from the dead? „Philadelphia Daily News,” 7.07.2008
3. ALMINANA J., 2009: Wypowiedź dla stacji telewizyjnej „6 abc Action News,” emisja 17.06.2009.
4. SAFFRON I., 2009: The Philadelphia Inquirer Inga Saffron column: Changing Skyline: Four visions for creating a green gem on the riverfront. „Philadelphia Inquirer,” 26.06.2009.
5. ŁOTYSZ S., 2010: Adaptacja nieczynnego wiaduktu kolejowego na park miejski. W: Dziedzictwo postindustrialne i jego kulturotwórcza rola. cz. 2. Warszawa: Fundacja Hereditas, 139-146.
6. SAFFRON I., 2010: The Philadelphia Inquirer column: Changing Skyline: A peerless plan for a Philly pier. „Philadelphia Inquirer,” 19.02.2010.
7. ZEMTSEFF K., 2010: James Corner Field Operations led the team for NYC's High Line. Daily Journal of Commerce, 15.09.2010, (wydanie internetowe <http://www.djc.com/news/en/12021740.html>, dostęp 1.05.2012).
8. Delaware River Waterfront Corporation, 2012: Delaware River Waterfront Corporation Breaks Ground For The Race Street Pier, <http://www.delawareriverwaterfrontcorp.com/index.php?pageID=65&image=65a>, dostęp 10.11.2012.

GREEN WATERFRONT. REDEVELOPMENT OF AN OLD PIER INTO A CITY PARK

S u m m a r y

Many port cities in Europe and America face the problem of finding new uses for old, unused wharves. Sometimes they are adapted for the purpose of storage, sometimes they are used as car parks. An interesting example of turning the old waterfront into on the park comes from Philadelphia. The project, which began in 2009 is considered as innovative and of great importance for the revitalization of Philadelphia waterfront.

Key words: revitalization, landscape architecture, pier, waterfront, city park.

MARTA SKIBA*

KSZTAŁTOWANIE OBRAZU MIASTA. ROLA PRAWA I MECHANIZMÓW EKONOMICZNYCH

Streszczenie

Władze miast promując wydarzenia, hasła, loga, które identyfikują miasto z działaniami, kształtują aktywnie jego wizerunek. Czytelny obraz miasta może stać się np.: hasło: „Bielawa-modelowe miasto ekologiczne”, „Rowerowy Śrem”, „Poddębice-miasto słońca”, „Raciechowice-gmina ekologiczna”. Idea „smart cities”, „energie cities” lub też inna ogólna promocja np.: energooszczędności, finansowana z programów i środków wspólnotowych, umożliwia zmniejszenie obciążeń dla działań własnych miasta. Udział w tych programach, podobnie jak dobre sprecyzowanie celów polityki miejskiej, stają się koniecznością w sprawnym pozyskiwaniu środków unijnych, bez których miasta przestają się dynamicznie rozwijać..

Słowa kluczowe: obraz miasta, rozwój miasta, oszczędność energetyczna

OBRAZ MIASTA

Na obraz miasta składa się suma indywidualnych wrażeń (nie tylko wzrokowych), odbieranych zarówno przez jego mieszkańców jak i przyjezdnych. Pomimo tego, że obraz miasta jest efektem subiektywnego odbioru rzeczywistości, wiąże się z kilkoma czynnikami, które ten odbiór determinują. Przede wszystkim jest to wizualna strona miasta – prezentowanie się miejsca, które wynika wprost z lokalizacji i historycznego dziedzictwa kulturowego. Każde miejsce w mieście jest unikalne, posiada zestaw atrybutów, które to miasto identyfikują i odróżniają od innych. Drugim czynnikiem jest komunikacja, która nie tylko wiąże się układem krystalograficznym miasta, ale i z samym jego funkcjonowaniem. Rozpoznawalne wydarzenia charakteryzują miejsce, nadając mu indywidualny charakter.

* Zakład Architektury i Urbanistyki, Instytut Budownictwa Uniwersytetu Zielonogórskiego

Na obraz miasta wpływa także postawa i konkretne zachowania mieszkańców, a przede wszystkim jego reprezentantów. Pomimo, że pośród szeregu czynników odróżniających dane miejsce od innych, nadrzędną rolę pełni przestrzeń, pozwalająca je identyfikować, w oparciu o elementy stałe zmieniającej się rzeczywistości, to jednak wiele działań od których zależy aktualna sytuacja rynkowa miasta (obrane cele rozwojowe i prowadzona polityka) wpływa pośrednio na wybór działań władz. Ponieważ odbiór wrażeń jest całkowicie indywidualny i zależny od wykształcenia, samopoczucia, kondycji itp., wpływają na niego: kultura, także organizacyjna, wyrażająca się uznawaniem zespołu norm warunkowanych zaufaniem, potencjał intelektualny oraz zgromadzony na jego terenie kapitał (np.: społeczny, ale i również wartość rynkowa ziemi, nieruchomości czy infrastruktury). Kapitał społeczny oraz kapitał kulturowy są uwzględniane jako część ogólnej sieci powiązań i sił kształtujących aktywność społeczną bądź jako potencjał rozwojowy układów społecznych [Bartoszek 2003].

Jak już wspomniano obraz miasta w dużej mierze zależy od jego wartości wizualnych i naszej umiejętności patrzenia – percepcji. Zależy więc również od tego, co przez wieki (od czasu założenia miasta), kompozycyjnie i urbanistycznie ukształtowali kolejni architekci i urbaniści, którzy działali na zlecenie mieszkańców, w zgodzie z ich potrzebami, upodobaniami ale i możliwościami ekonomicznymi. Nasza percepcja i odbiór miasta, a co za tym idzie waloryzacja przestrzeni, zależy w dużym stopniu od tego co przywykliśmy uważać za piękne i wartościowe. Ta jednak składowa odbioru miasta wydaje się stała i niezależna od wpływu, jaki na jego odbiór ma sposób zarządzania nim i jego funkcjonowania. Te z kolei czynniki, zależą od sytuacji regionu i kraju oraz od prowadzonej (przez burmistrza lub prezydenta) polityki miejskiej [Harvey 2012].

Cele i zadania polityki miejskiej zawarte są w dokumentach strategicznych: strategii rozwoju miasta, studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, wpływają na zapisy planistyczne zawarte w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego. Dla obszarów pozbawionych aktualnych miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego wydawane są doraźne decyzje o ustaleniu warunków zabudowy i zagospodarowania terenu lub decyzje o lokalizacji inwestycji celu publicznego, które wcale nie muszą być zgodne z dokumentem strategicznym jakim jest studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, dlatego też w tym artykule te kwestie zostały pominięte.

STUDIUM UWARUNKOWAŃ I KIERUNKÓW ZAGOSPODAROWANIA PRZESTRZENNEGO MIASTA

Dokumentem, w którym znajdują się zapisy dotyczące bieżącej polityki i sposobów jej realizacji dla całego miasta jest studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego. Obowiązek sporządzenia wynika z art. 3 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (tekst jednolity Dz. U. z 2012 r. poz. 647, 951) z dnia 27 marca 2003 r. Dokument tworzony jest przez zespół pod kierunkiem osoby posiadającej odpowiednie kwalifikacje zawodowe: uprawnienia urbanistyczne oraz przynależącej do izby zawodowej. Zgodnie z art. 6 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów, prawo wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie oraz samodzielnego projektowania przestrzeni w skali regionalnej i lokalnej lub kierowania zespołem prowadzącym takie projektowanie przysługuje wyłącznie osobom wpisanym na listę członków właściwej izby samorządu zawodowego, tzn. izby urbanistów (Dz. U. z 2001 r. nr 5 poz. 42 tekst jednolity z późn. zmianami). Tworzą go najczęściej urbaniści i architekci. Ten dokument powinien determinować i ułatwiać wykreowanie odpowiedniego obrazu miasta.

Rada miasta jest inicjatorem powstania dokumentów strategicznych dla rozwoju przestrzennego. To w studium uwarunkowań i kierunków rozwoju, zgodnie z zapisem ustawy, powinny znaleźć się plany zagospodarowania przestrzennego uwzględniające standardy energetyczne, klimatyczne, środowiskowe (Art. 10 ust.1 i 2 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym z dnia 27 marca 2003 (tekst jednolity Dz. U. z 2012 r. poz. 647, 951), a także kierunki rozwoju systemów komunikacji i infrastruktury technicznej np.: ograniczanie ruchu samochodowego w centrach miast w powiązaniu z lokalną polityką transportową, parkingową oraz prorowerową.

Forma opracowywanych obecnie studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta ma jednak bardzo ogólny charakter i wydaje się, że jest niewystarczająca dla aktualnych celów porządkowania przestrzennego jak i weryfikacji zachodzących zmian przestrzennych i nie pozwala na kreowanie obrazu miasta. Ponadto brak hierarchii i kolejności uchwalania tworzonych aktów planistycznych jeszcze bardziej utrudnia prowadzenie spójnej (z dokumentami strategicznymi) polityki miejskiej. Przekłada się to bezpośrednio na brak koordynacji pomiędzy aktualnymi dokumentami planistycznymi a rzeczywistym zagospodarowaniem przestrzennym, prowadzi do uciążliwości inwestycyjnych i często chaosu przestrzennego.

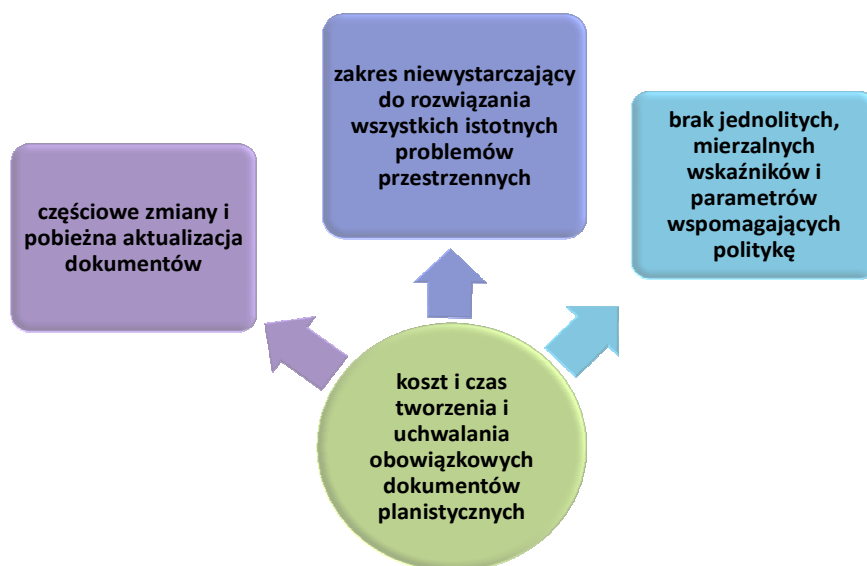
Obowiązki planistyczne są dla małych jednostek samorządowych – zbyt kosztowne. Skutkuje to wprowadzaniem częściowych zmian i pobieżną aktualizacją dokumentów. W Zielonej Górze częściowe aktualizowanie tego dokumentu doprowadziło do niezgodności założeń i celów strategicznych z zada-

niami polityki bieżącej [Skiba i Bazan-Krzywoszańska 2011]. Jednocześnie w dużych ośrodkach miejskich – gminach na prawach powiatu czy metropoliach – dokumenty, takie jak studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, zawierają informacje niewystarczające do rozwiązania wszystkich istotnych problemów przestrzennych. Brakuje w dokumentach planistycznych jednolitych, mierzalnych wskaźników i parametrów wspomagających politykę i umożliwiających przewidywanie i prognozowanie rozwoju osiedli, dzielnic i miast. Pomimo tego, że aktualne dokumenty planistyczne są zgodne z rozporządzeniami (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 28 kwietnia 2004 r. w sprawie zakresu projektu studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy (Dz. U. z 2004 r. nr 118 poz. 1233) oraz Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 26 sierpnia 2003 r. w sprawie wymaganego zakresu projektu miejscowego zagospodarowania przestrzennego (Dz. U. z 2003 r. nr 164 poz. 1587) nie ma obowiązku przedstawienia np.: bilansu powierzchni zabudowy netto. Dane (choćby z GUS) zbierane są dla obszarów nie przystających do jednostek przedstawianych w dokumentach planistycznych. Jedne dane są tylko deklarowane, inne podają powierzchnię w rozbićiu na funkcje, inne pochodzą z inwentaryzacji geodezyjnej, ale są jednostkami brutto. Brak konsekwencji za niewywiązanie się z obowiązku ustawowego spowodował, że wiele gmin nadal nie posiada metadanych – ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej (Dz. U. z 2010 r. nr 76 poz. 489). Nie umożliwia to, np.: zsumowania powierzchni zabudowy aby była wiarygodna i umożliwiała modelowanie (lub zwykłe bilansowanie) w jednostkach np.: strukturalnych dla których przyjmuje się parametry i wskaźniki urbanistyczne w dokumentach strategicznych.

Proces inwestycyjny jest dynamiczny i trwa nieprzerwanie. Zatem dokumenty planistyczne powinny ułatwiać określenie ram (decyzja o warunkach zabudowy i zagospodarowania przestrzennego) dla inwestycji, poprzez odpowiednie ustalanie cech fizycznych oraz warunków późniejszego funkcjonowania w środowisku każdej inwestycji. Temu właśnie powinny służyć parametry i wskaźniki urbanistyczne określające cechy zabudowy, cechy zagospodarowania terenu oraz wymagania związane z funkcjonowaniem inwestycji w istniejącym układzie przestrzennym, których zamieszczenie w dokumentach planistycznych jest wymagane ustawowo. Powinny umożliwiać takie określenie ram dla inwestycji, aby jej powstanie przyczyniło się do polepszenia już istniejących warunków mieszkania, handlu, transportu, rekreacji – jakości życia.

Obecnie, zawarte w dokumentach planistycznych określenia (podaje się maksymalne lub minimalne parametry i wskaźniki urbanistyczne) są trudno weryfikowalne. Jedną z przyczyn jest np.: brak daty wykonania bilansu zagospodarowania terenu przy ocenie stanu inwentaryzacji. Drugą, podawanie bilansu terenów i powierzchni zabudowy brutto. Trzecią przyczyną jest brak odniesienia do funkcji i zapotrzebowania na media (ogrzewanie, woda, energia, zrzut

ścieków, itp.) Z tego względu trudne lub niemożliwe jest późniejsze monitorowanie – śledzenie zmian (w oparciu o przyjęte brzegowe wartości parametrów i wskaźników urbanistycznych), ponieważ nie ma miejsca, od którego zaczyna się i na którym kończy się weryfikację wydanych decyzji. Nie wiadomo jaki jest stan np.: zainwestowania terenu w momencie powstania dokumentu, i w momencie wydawania nowej decyzji, ile zostało jeszcze „miejsca” oraz jakie są potrzeby ale i jakie możliwości zapewnienia przez media – właściwej wydajności (wody, gazu, ciepła i energii elektrycznej, lub odbioru dodatkowych ścieków) dla inwestycji w określonych jednostkach urbanistycznych. Niemożliwe jest zatem tak dokładne warunkowanie powstawania nowych inwestycji, parametrami i wskaźnikami ustawowo umieszczanymi w dokumentach planistycznych, aby poprawiały funkcjonowanie istniejącej już struktury urbanistycznej.



Rys. 1. Skutek obecnego sposobu i formy uchwalania dokumentów planistycznych
Fig. 1. The effect of the present method and form of adoption of planning documents

Wiele krajów wysokorozwiniętych zmierzyło się już z taką sytuacją, w której powstające nowe inwestycje wymuszały dalszą rozbudowę sieci przesyłowych (w tym gazu, ciepła i energii), która już nie była opłacalna i atrakcyjna dla firm dystrybucyjnych [Kopietz-Unger 2010]. Taka sytuacja, często możliwa do przewidzenia, prowadzi do nierównego traktowania podmiotów inwestycyjnych. Poszukuje się wtedy możliwości funkcjonowania nowych inwestycji w przestrzeni (w tym miejskiej), które w ograniczony sposób będą korzystały z istniejących mediów [Skiba 2011]. Zapisy warunkujące powstanie nowej inwestycji określają nie tylko jej cechy fizyczne (wysokość, powierzchnię zabudowy, kubaturę, materiał) ale i sposób funkcjonowania w środowisku już zainwestowanym (maksymalną wysokość poboru energii, ciepła, wody, zrzutu ścieków). Jeśli parametry warunkujące nową inwestycję są niewystarczające, inwestor poszukuje innych rozwiązań: źródeł energii odnawialnej, magazynowania wody opadowej, wykorzystywania wody szarej, zmniejszania energochłonności inwestycji, itp. Koszt dostosowania inwestycji do środowiska ponosi bezpośrednio inwestor. Dzięki takiemu rozumowaniu to mieszkańcy i sąsiedzi są beneficjentami i korzystają na powstawaniu nowych inwestycji (przy wytwarzaniu energii ze źródeł odnawialnych korzystają z nadwyżek; dzięki powstawaniu zbiorników wody opadowej zagospodarowuje się rekreacyjnie tereny lub dachy budynków, itp.) nie ponosząc dodatkowych kosztów (w postaci zwiększonych rachunków od dystrybutorów) za przebudowy sieci przesyłowych mediów, z których korzystają. Rozwinięte kraje Zachodniej Europy, w dużej mierze tak kształtują swą politykę przestrzenną, aby wzrost miast pociągający za sobą nowe inwestycje korzystające z wody, ścieków, ciepła i energii nadal był opłacalny ekonomicznie.

Dzięki odpowiednim zapisom umożliwiającym prowadzenie polityki przestrzennej miasta można tak określać warunki dla powstających inwestycji miejskich, że każda nowa inwestycja (wymagająca decyzji określającej warunki zabudowy i zagospodarowania terenu) może być szansą na poprawę istniejącej sytuacji, a nie zagrożeniem dla istniejącego stanu. Wystarczy odpowiednio zapisać warunki dla nowej inwestycji, tak jak to czynią niektóre kraje Zachodniej Europy (Niemcy, Holandia, Dania) i okaże się, że inwestorzy chętnie poszukują nowych rozwiązań dla swoich inwestycji, sprzyjających rozwojowi nie tylko miasta ale i regionalnej gospodarki [Kopietz-Unger 2010, Krenz 2011].

MONITOROWANIE ZMIAN W ZAGOSPODAROWANIU PRZESTRZENNYM MIASTA

Monitorowanie zmian (konieczność monitorowania zmian w planowaniu przestrzennym, była jednym z kluczowych problemów, w projekcie nowelizacji ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym poprzedniej kadencji

sejmu), zachodzących w zagospodarowaniu przestrzennym, uniemożliwiają dokumenty planistyczne, w których jednostki bilansowe nie pokrywają się obszaro. Wyznaczone w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego jednostki nie są zachowywane w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego. Analiza dokumentów planistycznych dla miast: Zielonej Góry, Lublina wykazała całkowitą niemożność zbilansowania terenów urbanistycznych (strategiczny projekt badawczy NCBiR „Warunki i możliwości oszczędzania energii za pomocą instrumentów polityki miejskiej”, wrzesień 2011). Z jednej strony nie pozwala na to skala, a z drugiej, z uwagi na koszty, ogranicza się obszar opracowania. Ponadto, bieżące zmiany dokonywane w dokumentach planistycznych, dotyczące często pojedynczych działek czy też samych wskaźników i parametrów urbanistycznych, całkowicie uniemożliwiają jakiegokolwiek sumowanie, porównywanie obciążeń sieci infrastruktury technicznej obsługującej te tereny i zwyczajne zarządzanie – prowadzenie racjonalnej polityki przestrzennej.

Dokumentację planistyczną aktualizuje się w oparciu o art. 32 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. z 2003 nr 80, poz. 717 z późn. zm.), który zakłada, że „wójt, burmistrz albo prezydent miasta dokonuje analizy zmian w zagospodarowaniu przestrzennym, ocenia postępy w opracowywaniu planów miejscowych i opracowuje wieloletnie programy ich sporządzania, w nawiązaniu do ustaleń studium, a wyniki analiz przekazuje radzie gminy przynajmniej raz w czasie kadencji rady”. Dokumentacja planistyczna z założenia jest mało elastyczna, a zważywszy długi czas procedur potrzebnych na wykonanie tej dokumentacji aż do jej uchwalenia – nie nadaje się do bieżącego wprowadzania zmian czyli monitorowania zagospodarowania przestrzennego.

Obowiązujące Prawo Energetyczne nakłada na gminy obowiązek opracowania projektu założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe dla obszaru gminy na okres 15 lat i aktualizowanego co 3 lata. Ustawodawca nie uwzględnił jednak zapisów o obligatoryjnych aktualizacjach miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, w okresach wynikających z Prawa Energetycznego. Gdyby nawet odnieść się do projektu nowelizacji ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym przyjętej 13 września 2010 roku, a tam do nowo wprowadzanego dokumentu określającego prognozę rozwoju gminy na okres 7 lat, w którym mogłyby być zawarte założenia inwestycyjne spójne z projektem założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe, to można stwierdzić brak zapisów o obligatoryjnych aktualizacjach miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, w okresach wynikających z Prawa Energetycznego. Skutkuje to tym, że zamiast jednego dokumentu strategicznego umożliwiającego rozwój miasta i gminy przy jednoczesnym kreowaniu jego obrazu i wizerunku, którym mogłoby być studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, aktual-

nych będzie kilka niezależnych dokumentów dotyczących tych samych obszarów działania (ciepło, energia elektryczna i paliwa gazowe).



Rys. 2. Zamiast jednego dokumentu strategicznego umożliwiającego rozwój miasta oraz kreowanie jego obrazu i wizerunku, będzie kilka

Fig. 2. Instead of a single strategic document allowing the development of the city and the creation of his image and likeness, there will be some

DZIAŁANIA MIASTA

W celu zdobycia dodatkowych środków finansowych na efektywne wykorzystanie energii w placówkach gminnych coraz powszechniejszy staje się udział w programach realizowanych: z Funduszy Europejskich, Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska, oraz przez stowarzyszenia krajowe i międzynarodowe. Projekty obecnie realizowane umożliwiają właściwie wszystkim władzom miast wybór innowacyjnych działań wspierających: „redukcję emisji CO₂”, „zwiększenie energoefektywności budynków”, „retencję wody opadowej dla oszczędności energii w systemach ściekowych”, „odtworzenie strat powierzchni zielonej związanej z intensywną zabudową”, „wzmocnienie kompetencji władz lokalnych w zakresie przekładania strategii zrównoważonego rozwoju energetycznego na działania”. Udział w tych programach można właściwie dopasować do obranych celów polityki miejskiej.

Niektóre miasta aktywnie włączyły się do tego nurtu i pozyskując środki na realizację projektów, świadomie kreują swój nowy wizerunek, np.: we wrześniu nastąpi wręczenie certyfikatu „Gmina z Klimatem” prezydentowi miasta Bielska-Białej, a w Dzierżoniowie właśnie rozpoczęto projekt ekologiczny „Akumulator Słoneczny”, którego celem będzie rozwój pionierskiej technologii energetycznej, w zakresie wykorzystania akumulacji energii słonecznej w wysokotemperaturowym złożu mineralnym. Projekt będzie realizowany w ramach LIFE+ - unijnego instrumentu finansowego koncentrującego się na ochronie

środowiska. LIFE+ współfinansuje przede wszystkim nowatorskie inicjatywy mające na celu realizację polityki ochrony środowiska oraz identyfikację i promocję nowych rozwiązań w zakresie ekologii. W niektórych miastach zabiega się o zmianę dotychczasowego modelu konsumpcji np.: energii, promując działania zwiększające efektywność energetyczną budynków, osiedli i dzielnic. Działanie takie może okazać się opłacalnym, zwłaszcza w świetle ustawy z dnia 15 kwietnia 2011 r. o efektywności energetycznej (Dz.U.2011.94.551), gdzie odpowiedzialność za oszczędność i zmniejszenie zużycia gazu, ciepła i energii elektrycznej ponoszą gminy (a tym samym większe miasta). Wciąż jednak brakuje przepisów wykonawczych do tej ustawy.

Aktywna polityka ekologiczną, w zakres której wchodzi termomodernizacja budynków publicznych, oszczędność energii cieplnej i elektrycznej, oświetlenie przestrzeni publicznych, ekologiczny transport publiczny, wykorzystanie biogazów z odpadów i ścieków, odnawialnych źródeł energii w gminnej energetyce cieplnej oraz lokalna polityka zamówień publicznych prowadzi do redukcji kosztów własnych gminy i miasta. W ten sposób wskazuje się również mieszkańcom kierunki działania. Nie bez znaczenia jest wprowadzenie bardziej efektywnych metod zarządzania oraz promocja i prezentowanie nowych technologii. Dobre efekty przynosi promowanie prośrodowiskowych rozwiązań poprzez zachęty w podatku od nieruchomości czy w innych opłatach lokalnych i odpłatności za usługi komunalne. Ważne jest również sporządzenie planów zaopatrzenia w media energetyczne, co właściwie wymusza art. 19 ust. 1 ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (Dz.U.2006.89.625 jednolity tekst z późn. zmianami).

Aby można było prowadzić aktywną politykę wspierania inwestycji proekologicznych, które można dofinansować ze środków zewnętrznych, zakładane są w miastach różne komórki, zespoły zajmujące się tym. W Bielsku-Białej jest to Biuro Zarządzania Energią, w Bielawie – Interaktywne Centrum Poszanowania Energii, itp., które opracowują pakiety działań, w tym te, które należy zawrzeć w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego i studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego. Dotychczasowe zadania biur planowania i rozwoju miasta przejmują różne wydziały urzędu. Zamiast jednego miejsca w którym byłyby zebrane wszystkie wytyczne rozwoju zabudowy i infrastruktury, miasta tworzą komórki umożliwiające pozyskanie środków z funduszy europejskich, prowadzenie inwestycji miejskich i odrębne dla różnych celów, w tym np.: działania pro ekologiczne, prowadzące do zmniejszenia energochłonności, zmniejszające globalne dla całego miasta zapotrzebowanie na ciepło, gaz i energię elektryczną, itp.

Zrównoważony rozwój miast wymaga zintegrowanych dokumentów i strategicznego wsparcia finansowego. Gminy realizują cele strategiczne i planistyczne określone ustawowo. Brak zapisu celów ustawowych (które określają i kształtują politykę przestrzenną), a także koniecznych działań na rzecz ochro-

ny klimatu i oszczędności energetycznej prowadzi do pomijania tego tematu w dokumentach strategicznych i planistycznych. Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego przestało być jedynym dokumentem strategicznym w mieście, skoro powstają inne zajmujące się także planowaniem inwestycji w przestrzeni miasta.

Aby zachęcić miasta do tworzenia instrumentów wspierających oszczędzanie energii i zmniejszanie jej zużycia przez mieszkańców, nie wystarczą same zmiany legislacyjne, brakuje także wymiernych zachęt ekonomicznych. Prowadzona przez samorząd polityka nastawiona głównie na uzyskanie dochodów budżetowych prowadzi do zachwiania systemu planowania przestrzennego. Oznacza to, że narzędzie kreowania obrazu miasta oraz zrównoważonego rozwoju w każdej dziedzinie funkcjonowania gminy zależy od wpływów do budżetu czyli czynnika ekonomicznego.

KREOWANIE OBRAZU MIASTA

W świetle powyższych rozważań wydaje się, że najodpowiedniejszym dokumentem sprzyjającym kreacji miasta powinno być studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego. Jednak tak nie jest, po części dlatego, że architekci i urbaniści w Polsce nieczęsto interesują się tematem i działaniami zmierzającymi do oszczędności i zmniejszenia np.: zużycia energii i wody bez uszczerbku na komforcie mieszkania. Po części również dlatego, że najczęściej plany urbanistyczne nie narzucają konieczności ograniczeń zużycia wody i energii przy realizacji inwestycji. W środowisku nie promuje się postawy i wzorca konsumpcji ograniczającego zużycie wody i energii. Rzadko też powstają budynki zero czy plus energetyczne, choć artykuł 9, ustęp 1, dyrektywy 2010/31 obowiązuje Państwa członkowskie, aby zapewniły:

- a) do dnia 31 grudnia 2020 r. wszystkie nowe budynki były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii; oraz
- b) po dniu 31 grudnia 2018 r. nowe budynki zajmowane przez władze publiczne oraz będące ich własnością były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii”.

Problem zainteresowania europejskich architektów i urbanistów tematyką dotyczącą zawodu w świetle zmieniającej się sytuacji gospodarczej, pt.: „Zawód Architekta w Europie” wydaje się szerszy, o czym świadczą zadane pytania w ankiecie utworzonej przez Radę Architektów Europy (ACE), a rozesłanej w tym roku przez Izbę Architektów. Ostatnie trzy pytania dotyczą umiejętności projektowania budynków niskoenergetycznych:

- W jakim stopniu zgadza się Pan/Pani z poniższym zdaniem: „Sprawność energetyczna jest obecnie kluczowym czynnikiem przy projektowaniu budynków”?

- W jakim stopniu uważa Pan/Pani, że jest kompetentny/-a do projektowania budynków pasywnych?
- Jak często jest Pan/Pani proszony/-a o stosowanie standardów dotyczących budynków pasywnych przez klientów lub w umowach?

Są to jednocześnie jedyne pytania w ankiecie odnoszące się do umiejętności zawodowych. Niestety, najczęściej w obecnych programach studiów ta problematyka nie jest zaakcentowana. Studenci kierunków architektura i urbanistyka nie są odpowiednio przygotowani do podjęcia pracy zawodowej.

Zarządzanie miastem, tworzenie jego obrazu i prowadzenie polityki przestrzennej jest wielodyscyplinarne i musi być zintegrowane. Architekci i urbaniści przewodząc dotychczas zespołom, które planują rozwój miast coraz częściej (i wydaje się, że na własne życzenie) tracą wpływy, na rzecz jednostek i komórek, które zajmują się udziałem w różnych programach, pozyskiwaniem środków unijnych i zrównoważonym ekonomicznie zarządzaniem miasta.

Istotą działań zmierzających do wykreowania wizerunku miejsca jest odpowiedni dobór celów rozwojowych w prowadzonej polityce miejskiej. Ma to prowadzić do „wydobycia” tożsamości miejsca oraz zakomunikowania poszczególnym odbiorcom tych jej elementów, które stanowią o jego odrębności i wyrazistości.

Zapis o obligatoryjnej oszczędności wody i energii oraz wzroście efektywności energetycznej powinien znaleźć się w każdym dokumencie strategicznym miasta, jako jeden z celów nowego zagospodarowania przestrzennego z obowiązkową implementacją do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. Podobnie jak obowiązek podawania zasobów i możliwości infrastrukturalnych. Takie informacje umożliwiłyby zbilansowanie zabudowy i infrastruktury w kwartałach, osiedlach i dzielnicach. Być może zahamowałyby także niekorzystne zjawisko (urban sprawl) „rozlewania się” i „rozproszczenia” zabudowy.

Dlatego dziś sprawą priorytetową stała się oszczędność energii, minimalizacja kosztów utrzymania obiektów, zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i ochrona powietrza. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europy zobowiązała kraje członkowskie do budowy po 31 grudnia 2020 r. budynków o niemal zerowym zużyciu energii. Większość nowych budynków w Austrii, Szwajcarii czy Niemczech już teraz ma charakter pasywny lub zeroenergetyczny.

W Polsce uchwalona w marcu 2011 r. ustawa o efektywności energetycznej przewiduje wzorcową rolę sektora publicznego w podnoszeniu efektywności energetycznej, co ma się przyczynić do zainteresowania budownictwem energooszczędnym, szczególnie wśród instytucji użyteczności publicznej.

Kadencyjność władz miasta, a co za tym idzie, krótkoterminowość podejmowanych decyzji i planowanych działań często powoduje, że chęć pozyskania jednorazowych znaczących wpływów do budżetu uniemożliwia racjonalną politykę miejską. Motywy działań, którymi włodarze miasta kierują się przy pozy-

skiwaniu dofinansowania niektórych projektów, są o wiele częściej ekonomiczne niż, z założenia proklimatyczne czy też środowiskowe. Wizja i kreowany obraz miasta władz i społeczności lokalnej, rozmija się, co jeszcze bardziej potęguje chaos legislacyjny.

LITERATURA

1. BARTOSZEK A., 2003: Kapitał społeczno-kulturowy młodej inteligencji wobec wymogów rynku, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, str. 20-32.
2. HARVEY D., 2012: Bunt Miast, Fundacja Nowej Kultury Bęc Zmiana, Warszawa.
3. KOPIETZ-UNGER J., 2010: Założenia planowania przestrzennego na rzecz ochrony klimatu i oszczędności energii, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra.
4. KRENZ A., 2011: Analiza wzrostu efektywności energetycznej w budownictwie duńskim Przegląd budowlany, nr 5, 68-73.
5. SKIBA M., 2011: Możliwość wdrożenia instrumentami polityki miejskiej celu krajowego efektywności energetycznej, Przegląd budowlany, nr 12, 65-68.

ROLE OF LAW AND ECONOMIC MECHANISMS IN THE FORMATION OF THE IMAGE OF A TOWN

S u m m a r y

In modern towns their image and identity are being formed in a more and more active way. Town authorities promote events, slogans, logos, which identify a town with actions and events. A clear image of a town can be i.e.: Bielawa – a model ecological town, Cycling Śrem, Poddębice – a sunny town, Raciechowice – an ecological administrative commune. The idea of “smart cities, “energy cities” or any other general promotion, i.e.: saving energy financed with money provided by programs of community initiatives makes it possible to reduce expenses on an administrative commune’s own projects. Participation in programs and specific goals of town policy are becoming a necessity in order to receive financial help from the EU, without which dynamic development of towns is not possible.

Key words: image of the city, city development, energy saving



**UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI
INSTYTUT INŻYNIERII ŚRODOWISKA**

ZAPRASZA DO PODJĘCIA STUDIÓW

**NA KIERUNKU INŻYNIERIA ŚRODOWISKA
ZE SPECJALNOŚCIAMI: SYSTEMY OCHRONY ŚRODOWISKA,
URZĄDZENIA SANITARNE, ZAOPATRZENIE W WODĘ,
UNIESZKODLIWIANIE ŚCIEKÓW I ODPADÓW**

Studia pierwszego stopnia **inżynierskie** odbywają się w formie studiów stacjonarnych (3,5-letnie) i niestacjonarnych (4-letnie).

Studia drugiego stopnia **magisterskie** odbywają się w formie studiów stacjonarnych (1,5-roczone) i niestacjonarnych (2-letnie).

Studia trzeciego stopnia **doktoranckie** odbywają się w formie studiów stacjonarnych (4-letnie).

Informacje o kierunku i specjalnościach znajdziecie Państwo na stronie:

http://www.wils.uz.zgora.pl/oferta_dydaktyczna.html#dwa

Dziekanat WILiŚ (pok. 101 i 102, bud. A-8) czynny: wtorek, środa, czwartek, piątek - w godzinach 10-13, sobota (w czasie zjazdów WILiŚ): w godzinach 8-12, nieczynny – poniedziałek.

Informacje na temat rekrutacji:

<http://rekrutacja.uz.zgora.pl/index.php?akt>

Strona internetowa Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska:

<http://www.wils.uz.zgora.pl/index.html>

Strona internetowa Instytutu Inżynierii Środowiska:

<http://www.iis.uz.zgora.pl/>



**UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI
INSTYTUT INŻYNIERII ŚRODOWISKA**

**ZAPRASZA
DO WSPÓŁPRACY**

Oferujemy wykonanie:

- ocen oddziaływania na środowisko i raportów środowiskowych, na rzecz opracowań środowiskowych i planistycznych;
- opracowań ekofizjograficznych na inne cele niż wyżej podane;
- projektów koncepcyjnych i wykonawczych rekultywacji terenów zdegradowanych;
- dokumentacji geologiczno-inżynierskich;
- operatów wodno-prawnych;
- badań właściwości wód powierzchniowych i podziemnych, w tym przeznaczonych do spożycia;
- badań ścieków komunalnych i przemysłowych, osadów ściekowych i odpadów;
- badań gleb i gruntów wraz z podaniem zaleceń uprawowych i rekultywacyjnych.