

**ZESZYTY NAUKOWE
UNIwersYTETU ZIELONOGÓRSKIEGO
NR 147**

INŻYNIERIA ŚRODOWISKA – 27

ZIELONA GÓRA • 2012

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

Marta Mazurkiewicz – Usuwanie związków azotu ze ścieków w oczyszczalni w Kostrzynie nad Odrą	5
Wojciech Naworyta, Szymon Sypniewski – Górnicze zagospodarowanie złoża węgla brunatnego Gubin – wybrane problemy dotyczące procesu projektowania nowej kopalni	16
Zbigniew Kasztelewicz, Maciej Zajączkowski, Mateusz Sikora – Potencjał wydobywczy złóż gubińskich ze szczególnym uwzględnieniem złoża Gubin-Zasieki-Brody	28
Ryszard Uberman, Wojciech Naworyta – Prognoza korzyści dla społeczności i gmin Gubin oraz Brody z zagospodarowania złoża węgla brunatnego Gubin	38
Robert Zielonka – Zrównoważony rozwój i bezpieczeństwo w obrębie ryzyka ekologicznego	49
Grzegorz Podruczny, Arkadiusz Rojna – Powodzie w rejonie Słubic i ich wpływ na kształtowanie procesów filtracji	53
Sylwia Myszograj – Hydroliza w biodegradacji odpadów organicznych	67
Sylwia Myszograj – Wpływ dezintegracji termicznej na szybkość biodegradacji odpadów organicznych	77
Teodor Kitzak, Henryk Czyż – Wpływ osadu komunalnego i kompostu z odpadów zieleni na jakość czterech mieszanek trawnikowych	86
Andrzej Greinert – Nowa industrializacja województwa lubuskiego – Czy nie przegapimy szansy?	95

MARTA MAZURKIEWICZ***USUWANIE ZWIĄZKÓW AZOTU ZE ŚCIEKÓW
W OCZYSZCZALNI W KOSTRZYNIE NAD ODRĄ***Streszczenie*

Efektywne oczyszczanie ścieków jest podstawowym priorytetem każdej oczyszczalni ścieków. Wymagania prawne zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska (Dz.U. 2009 nr 27 poz. 169) dotyczą nie tylko związków organicznych (BZT₅, ChZT) i zawiesin ogólnych ale również wysokoefektywnego usuwania związków biogennych: azotu i fosforu. W pracy przedstawiono ocenę efektywności pracy oczyszczalni ścieków komunalnych w Kostrzynie nad Odrą w zakresie usuwania zanieczyszczeń organicznych i związków azotu. Wykazano, że uzyskanie w ściekach oczyszczonych stężeń azotu ogólnego mniejszych od 10 mg/dm³ nie jest realizowane w klasycznym układzie nitryfikacja-denitryfikacja. Wyznaczone parametry takie jak: BZT₅/TKN w komorze denitryfikacji (0,9-2,7), N-NH₄/N-NO₃ (średnio 0,67) niskie stężenie tlenu oraz niska podaż substratu organicznego wskazują na przebieg procesu anaerobowego utleniania amoniaku.

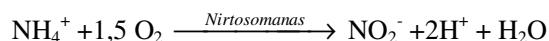
Słowa kluczowe: nitryfikacja, denitryfikacja, anaerobowe utlenianie amoniaku

WPROWADZENIE

Usuwanie związków azotu ze ścieków może być realizowane w klasycznym układzie: nitryfikacja i denitryfikacja lub z wykorzystaniem procesów niekonwencjonalnych typu: Anammox, Oland czy Sharon [Bernacka 1998, Klimiuk 2003, Sadecka 2010, Schmidt 2002].

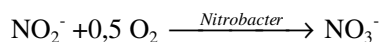
Biologiczna nitryfikacja jest procesem dwufazowym, w którym azot amonowy jest utleniany do azotynów a następnie do azotanów.

I etap zwany nitritacją można opisać równaniem:

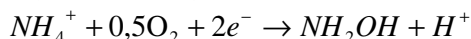


* studentka studiów doktoranckich Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska

II etap określany w literaturze jako nitratacja, można opisać równaniem;

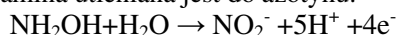


W procesie nitryfikacji, w której następuje zmiana wartościowości azotu z -3 do +5 powinny wystąpić jeżeli nie kilka, to co najmniej 2 związki pośrednie. Utlenianie azotu amonowego do azotynów (czyli I faza nitryfikacji) przebiega w dwóch etapach [Sadecka 2010]. Produktem pośrednim jest hydroksyloamina- NH_2OH powstająca zgodnie z reakcją:



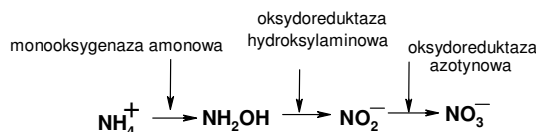
Reakcja ta ma charakter endotermiczny i jest katalizowana przez enzym zawierający miedź – monooksygenazę amonową (AMO).

Następnie hydroksyloamina utleniana jest do azotynu:



przy udziale oksydoreduktazy hydroksylaminy (HAO). Dane literaturowe [Klimiuk 2003] wykazują, że przebieg procesu utleniania hydroksylaminy nie jest jednofazowy i prawdopodobnymi produktami pośrednimi mogą być: (^1NOH) lub tlenek azotu (^+2NO) czy też N_2O .

II faza nitryfikacji czyli dalsze utlenianie azotynów do azotanów jest procesem jednostopniowym i zachodzi przy współudziale oksydoreduktazy azotynowej (NO_2^-). Uproszczony schemat utleniania azotu amonowego w procesie nitryfikacji przedstawia rys. 1.



Rys. 1 Uproszczony schemat utleniania azotu amonowego [Sadecka 2010]

Fig. 1. Simplified diagram of ammonium oxidation [Sadecka 2010]

Istotny dla rozwoju bakterii nitryfikacyjnych jest wiek osadu; im dłuższy, tym większa ilość dojrzałych bakterii nitryfikacyjnych [Bernacka 1998, Henze 2000, Klimiuk 2003]. Wymagany dla pełnej nitryfikacji minimalny wiek osadu wynosi 8-10 dób. Powolny przyrost nitryfikantów, będący konsekwencją naturalnie długiego czasu generacji sprawia, że zbyt krótki wiek osadu czynnego sprzyja wymywaniu tych mikroorganizmów z systemu oczyszczania.

W mieszanej populacji bakterii nitryfikacyjnych i heterotroficznych na szybkość wzrostu nitryfikatorów oprócz stężenia azotu amonowego i tlenu rozpuszczonego będą miały wpływ także inne parametry takie jak: iloraz związków organicznych do ogólnego azotu Kjeldaha (TKN) - BZT_5/TKN oraz temperatura i odczyn środowiska. Iloraz BZT_5/TKN mieszczący się w przedziale od 0,5 do 3, jest wartością typową dla wydzielonego procesu nitryfikacji.

Im wartość ilorazu BZT₅/TKN jest większa, tym udział nitryfikantów w mieszanej populacji osadu czynnego jest niższy. Gdy w systemie oczyszczania ścieków zachodzi utlenianie węgla organicznego i azotu amonowego wtedy iloraz BZT₅/TKN jest zazwyczaj większy niż 5, a udział nitryfikantów jest na poziomie < 0,083.

Znaczący wpływ na nitryfikację wywiera również pH środowiska, którego wartości optymalne dla procesu nitryfikacji wynoszą 7,2-9,0.

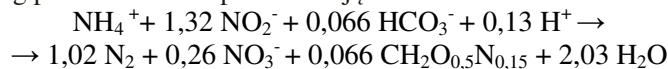
Szybkość procesu nitryfikacji zależy również od temperatury. Wraz z jej spadkiem szybkość nitryfikacji maleje. Od zmian temperatury zależy zarówno wartość maksymalnej szybkości wzrostu bakterii nitryfikacyjnych μ_{Nmax} jak również wartość stałej Michaelisa-Menten K_N dla azotu amonowego.

Z sumarycznej reakcji procesu nitryfikacji wynika, że zapotrzebowanie na tlen w procesie wynosi 4,57g O₂/g N-NH₄⁺.

Usprawnienie procesu usuwania związków biogenych ze ścieków polega głównie na zwiększeniu sprawności usuwania azotu. Najprostszą metodą zwiększenia sprawności usuwania związków azotu jest skrócenie procesu nitryfikacji. Dzięki temu zmniejsza się zapotrzebowania na tlen oraz na źródło węgla. Rosnące zainteresowanie tym problemem doprowadziło do opracowywania w latach 90-tych XX wieku nowych technologii. Skrócenie procesu nitryfikacji można uzyskać przez stosowanie wyselekcjonowanych szczepów bakterii *Nitrosomonas*, ograniczenie namnażania bakterii *Nitrobacter*, wykorzystanie zależności szybkości wzrostu bakterii utleniających azot amonowy i azotynowy od temperatury, bakterii utleniających azot amonowy i azotynowy czy też przez regulowany dopływ tlenu [Khin 2004, Podedworna 2002, Szatkowska 2005, Szewczyk 2005]. Kierując się wyżej wymienionymi możliwościami kontroli procesu nitryfikacji, wśród niekonwencjonalnych systemów usuwania azotu amonowego należy wymienić proces ANAMMOX (Anaerobic Ammonia Oxidation).

ANAMMOX w warunkach technicznych może być realizowany w dwóch etapach. W pierwszym etapie, w warunkach tlenowych azot amonowy zostaje częściowo utleniony do azotynów. Następnie w drugim, beztlenowym, amoniak utleniany jest powstałymi wcześniej azotynami do elementarnego azotu [Jetten 97, Schmidt 2002].

Przebieg procesu można opisać reakcją:



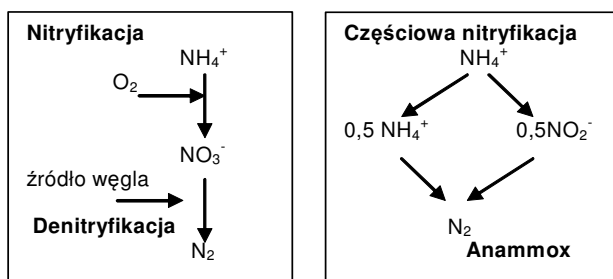
Bakterie prowadzące taki proces nazwano bakteriami anammox, które należą do rzędu *Planctomycetales*. Nie jest wymagane zewnętrzne źródło węgla; do wzrostu bakterii wystarcza obecność dwutlenku węgla. Inhibitorem procesu jest tlen, fosforany oraz azotyny w ilości 100g/m³ [Khin 2004].

Zasadniczym warunkiem przebiegu procesu jest wysokie stężenie biomasy. Proces ten wskazany jest do oczyszczania ścieków o wysokim stężeniu zwią-

ków amonowych. Stosunek jonu amonowego do azotynowego powinien wynosić 1:1,32 [Podedworna 2002, Sadecka 2010, Szewczyk 2005].

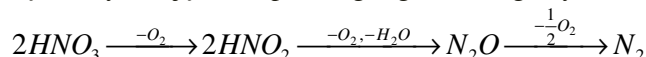
Szatkowska i in. jako istotną dla prawidłowego przebiegu procesu *ANAMMOX* podają wartość $\text{NO}_2^-/\text{NH}_4^+$ na poziomie 1,3 oraz zalecają kontrolę pH, ze względu na wpływ wodorowęglanów i spadek zasadowości w czasie nitryfikacji [Szatkowska 2005].

Mikroorganizmy autotroficzne odpowiedzialne za proces to wymienione powyżej bakterie należące do rzędu *Planctomycetales*, a wśród nich: *Brocadia ananoxidans* i *Kuenenia stuttgartiensis* również *Scalindua sp.* [Schmidt 2002]. Są one aktywne w warunkach niedoboru tlenu [Jetten 1997]. Największą aktywność tych mikroorganizmów obserwuje się w temperaturze od 4 do 20°C i przy pH od 6,4 do 8,3 [Khin 2004]. Przebieg klasycznej nitryfikacji i denitryfikacji w porównaniu do przemian związków azotu w procesie Anammox przedstawiono na rys.2.



Rys.2. Klasyczna nitryfikacja i denitryfikacja a proces ANAMMOX [Sadecka 2010]
Fig.2. Classical nitrification and denitrification and Anammox process [Sadecka 2010]

Klasyczną denitryfikację, która przebiega zgodnie z ogólnym równaniem:



przewodzą bakterie heterotroficzne z rodzaju *Bacillus*, *Pseudomonas stutzeri*, *Ps. aeruginosa*, *Ps. celcis*, *Achromobacter denitrificans*. Proces denitryfikacji zachodzi bez zakłóceń przy następujących parametrach:

iloraz $\text{BZT}_5:\text{N-NO}_3^- > 3,5$, temperatura 20°C, pH 6,5 do 7,5, stężenie tlenu w reaktorze biologicznym $< 0,5 \text{ g O}_2/\text{m}^3$ [Henze 2000].

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące wskaźników ścieków surowych i oczyszczonych, na podstawie których dokonano oceny pracy oczyszczalni ścieków szczególnie w zakresie usuwania związków azotu.

OBIEKT BADAŃ

Obiektem badań jest oczyszczalnia ścieków komunalnych w Kostrzynie nad Odrą, o przepustowości 6300 m³/d. Oczyszczalnia przyjmuje ścieki komunalne z miasta oraz ścieki przemysłowe i bytowe z pobliskich zakładów przemysłowych. Ścieki komunalne stanowią 58% wszystkich dopływających ścieków, ścieki przemysłowe – 42%, w tym 33% ścieki technologiczne i 11% ścieki bytowe z zakładów. Oczyszczalnia pracuje w układzie mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków, z biologiczną defosfatacją, denitryfikacją i nityfikacją z symultanicznym chemicznym strącaniem fosforu, oraz tlenową stabilizacją osadu.

METODYKA BADAŃ

Próbki ścieków pobierano wiosną, latem, jesienią i zimą w okresie od stycznia 2011 r. do maja 2012 r. Probki pobierano co najmniej trzy razy w każdym miesiącu w odstępie jedno, dwu - tygodniowym, zawsze o stałej godzinie 7:30.

Próbki ścieków surowych dopływających do oczyszczalni, próbki ścieków po poszczególnych urządzeniach technologicznych oraz próbki ścieków oczyszczonych pobierano zgodnie z Polską Normą PN – ISO 5667 – 10, „Jakość wody; Pobieranie próbek; Wytyczne pobierania próbek” z następujących punktów pomiarowych:

- P1 – ścieki surowe (z komory rozprężnej z pominięciem ścieków z ICT),
- P2 – ścieki po sitach (z kanału otwartego za budynkiem sit),
- P3 – ścieki po piaskowniku (z kanału otwartego za piaskownikiem),
- P4 – ścieki z komory beztlenowej,
- P5 – ścieki z komory denitryfikacji,
- P6 – ścieki po komorze nityfikacji (komora przelewowa),
- P7 – ścieki oczyszczone po osadniku wtórnym (ze stacji poboru próbek).

W próbkach wykonano oznaczenia fizyczno-chemiczne zgodnie ze stosowaną w Polsce metodyką. Zakres oznaczeń obejmował: temperaturę, odczyn, zawiesina og., BZT₅, ChZT, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, N_{og.}, TKN, P_{og.}. W próbkach ścieków surowych i sączonych przez sączek 0,45µm wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

Ocenę efektywności oczyszczania dokonano zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. oraz z z dnia 28 stycznia 2009 r. (Dz. U. 2006 nr 137 poz. 984) i Dz.U. 2009 nr 27 poz. 169).

Rzeczywiste parametry pracy reaktora biologicznego analizowano na podstawie obciążenia hydraulicznego (O_h), oraz obciążenia osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń (A). Dla osadu czynnego określano wiek osadu (WO).

Efektywność usuwania zanieczyszczeń obliczano jako iloraz różnicy ładunków na dopływie (C_0) i odpływie (C) z oczyszczalni do ładunków na dopływie (C_0) ze wzoru:

$$\eta = (C_0 - C) / C_0 * 100 \%$$

Wyniki badań opracowano statystycznie wyznaczając m.in. średnią arytmetyczną i odchylnie standardowe.

WYNIKI BADAŃ

W wyniku przeprowadzonych badań terenowych uzyskano średnie wartości parametrów pracy komory osadu czynnego:

- temperatura 22°C ,
- pH 6,5;
- stężenie tlenu rozpuszczonego 1,22 mg O₂/dm³;
- obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń organicznych – 0,06 gO₂/g smo·d;
- wiek osadu czynnego – 10 d.

Wyznaczone ładunki zanieczyszczeń w ściekach surowych i oczyszczonych oraz efektywność pracy oczyszczalni przedstawiono w tabeli 1.

Tab 1. Ładunki zanieczyszczeń w ściekach surowych i oczyszczonych w oczyszczalni ścieków w Kostrzynie (2011 r.)

Tab 1. Loads of pollutants in raw sewage and treated in wastewater treatment plant in Kostrzyn in 2011

Parametr	Ładunek założenia projektowe	Ładunek na dopływie	Ładunek w ściekach oczyszczonych	Stopień usuwania
BZT ₅	1544 kgO ₂ /d	1088,6 kgO ₂ /d - 70,5%	20,7 kgO ₂ /d - 20,68 kgO ₂ /d	98,1%
ChZT	3780 kgO ₂ /d	3452,6 kgO ₂ /d	178,5 kgO ₂ /d	94,8%
Zawiesina	1545 kg/d	1522,5 kg/d - 98,5%	23,1 kg/d	98,5%
Nog	328 kgN/d	321,4 kgN/d	40,3 kgN/d	87,4%
Pog	82 kgP/d	36,5 kgP/d	1,87 kgP/d	94,9%
N-NH ₄	-	174,9 kg N-NH ₄ /d	1,92 kg N-NH ₄ /d	98,9%
Q max	6300 m ³ /d	4972,2 m ³ /d - 78,9%	4797,9 m ³ /d	-

Wyznaczone w okresie badań ilorazy BZT₅/TKN oraz N-NH₄⁺/N-NO₃⁻ w ściekach surowych oraz w ściekach po poszczególnych etapach oczyszczania zestawiono w tabeli 2 i 3. Wartości ilorazu BZT₅/TKN ścieków surowych

(z komory rozprężnej) były porównywalne do ilorazu wyznaczonego dla odpływu z piaskownika (3,7-3,8). Iloraz BZT_5/TKN w ściekach po komorze osadu czynnego były w zakresach: po komorze beztlenowej od 0,5 do 2,9, po komorze denitryfikacji od 0,9 do 2,7 oraz w komorze nitryfikacji od 1,1 do 2,0.

Tab. 2. Iloraz BZT_5/TKN w ściekach surowych i w ściekach po poszczególnych etapach oczyszczania w oczyszczalni w Kostrzynie nad Odrą

Tab. 2. Quotient BZT_5/TKN in raw sewage and in sewage after certain treatment stages in wastewater treatment plant in Kostrzyn

BZT_5/TKN	Punkty poboru próbek						
	1	2	3	4	5	6	7
Styczeń 2012	5,3	4,2	4,6	2,9	2,5	1,9	1,2
Luty 2012	3,2	2,9	4,1	2,1	2,4	1,8	1,1
Marzec 2012	4,4	3,6	3,8	2,0	2,7	2,0	1,1
Kwiecień 2012	3,8	2,9	3,5	0,5	2,73	2,0	1,4
Maj 2012	5,2	2,5	1,9	1,7	2,2	1,9	0,8
Czerwiec 2011	0,4	3,0	3,0	1,8	0,9	1,3	0,8
Lipiec 2011	5,2	4,5	7,8	1,4	1,9	1,4	1,1
Sierpień 2011	3,2	3,8	3,6	0,6	1,4	1,6	0,7
Wrzesień 2011	3,2	3,6	3,6	1,8	1,9	1,6	0,6
Październik 2011	2,8	2,5	1,5	1,55	1,5	1,7	1,0
Listopad 2011	2,0	2,3	2,0	0,9	1,5	1,1	0,7
Grudzień 2011	2,4	2,6	6,0	2,1	1,8	2,1	0,9
Średnia	$3,7 \pm 1,2$	$3,2 \pm 0,7$	$3,8 \pm 1,8$	$1,6 \pm 0,7$	$1,9 \pm 0,6$	$1,7 \pm 0,3$	$0,9 \pm 0,2$

Największe wartości ilorazu $NH_4/N-NO_3^-$ wyznaczono dla ścieków surowych. W ściekach z części biologicznej: w komorze beztlenowej iloraz mieścił się w przedziale: 0,6-1,2; w komorze denitryfikacji: 0,5-0,9 oraz w komorze nitryfikacji: 0,2-0,6. Dla ścieków oczyszczonych ilorazy $N-NH_4/N-NO_3^-$ były mniejsze od 0,1.

Tab. 3. Iloraz $N-NH_4/N-NO_3^-$ w ściekach surowych i w ściekach po poszczególnych etapach oczyszczania w oczyszczalni w Kostrzynie nad Odrą

Tab. 3. Quotient $N-NH_4/N-NO_3^-$ in raw sewage and in sewage after certain treatment stages in wastewater treatment plant in Kostrzyn

$N-NH_4/N-NO_3^-$	Punkty poboru próbek						
	1	2	3	4	5	6	7
Styczeń 2012	11,80	17,90	21,20	0,60	0,50	0,30	0,02
Luty 2012	91,4	49,37	48,58	0,89	0,52	0,57	0,03
Marzec 2012	48,2	37,24	40,34	1,08	0,73	0,51	0,04
Kwiecień 2012	95,0	69,73	69,31	1,06	0,64	0,37	0,06
Maj 2012	37,1	39,13	52,5	1,22	0,66	0,3	0,01
Czerwiec 2011	113,00	13,01	6,10	1,02	0,77	0,57	0,16
Lipiec 2011	72,20	18,68	24,54	1,03	0,59	0,22	0,04
Sierpień 2011	69,50	22,85	31,20	0,81	0,69	0,40	0,03
Wrzesień 2011	71,70	23,3	32,3	0,82	0,65	0,41	0,03
Październik 2011	74,90	20,43	42,85	1,20	0,92	0,32	-
Listopad 2011	547,20	38,4	39,04	1,26	0,58	0,54	0,11
Grudzień 2011	208,00	34,61	26,75	2,11	0,83	0,36	0,08

DYSKUSJA

Parametry pracy oczyszczalni w Kostrzynie nad Odrą w porównaniu z optymalnymi parametrami procesu nitryfikacji oraz procesu *Anammox* zestawiono w tabeli 4.

Dane zestawione w tabeli wykazują, że w oczyszczalni ścieków w Kostrzynie nad Odrą stężenie tlenu rozpuszczonego w komorach osadu czynnego na poziomie $1,1 \text{ mg/dm}^3$ oraz zbyt niskie pH oraz niskie obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń organicznych nie zapewniają optymalnych warunków przebiegu klasycznego układu procesu nitryfikacji i denitryfikacji.

Iloraz ($N-NH_4/N-NO_3^-$) w ściekach szczególnie w biologicznej części oczyszczalni od 0,5 do 0,9 wskazuje, że usuwanie z wysoką efektywnością związków azotu w oczyszczalni (tab. 3) zachodzi dzięki samoczynnemu wykształceniu się warunków do przebiegu skróconego procesu nitryfikacji i denitryfikacji.

Tab.4. Porównanie parametrów pracy oczyszczalni w Kostrzynie i parametrów procesu nityfikacji

Tab. 4. Comparison of operating parameters of wastewater treatment plant in Kostrzyn and parameters of nitrification process

Nityfikacja		
Parametr/wskaźnik	Wartości parametrów [Makowska 2010, Sadecka 2010]	Wyniki z oczyszczalni
Iloraz BZT ₅ /TKN	0,5-3	1,1-2
Temperatura, °C	12-30 optimum 25-28	22
pH	7,2-9,0	6,5
Stężenie tlenu rozpuszczonego, mg O ₂ /l	1,5-3	1,1
Obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń organicznych , gO ₂ /g smo·d	0,1-0,2	0,06
Wiek osadu czynnego ,doba	minimum 8-10	10
Skrócona nityfikacja i denityfikacja		
Iloraz N-NH ₄ /N-NO ₃ ⁻		1,1±0,4 k. beztlenowa 0,7±0,1 k. denityfikacji 0,4±1,3 k. nityfikacji

Wnioski

Na podstawie przeprowadzanych badań można stwierdzić, że efektywność pracy oczyszczalni ścieków jest wysoka i mieści się w zakresie 87,4-98,9%. Parametry ścieków oczyszczonych spełniają wymagania stawiane w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. (Dz.U. 2009 nr 27 poz. 169) (tab. 5).

Wyznaczone stężenia tlenu rozpuszczonego w komorach osadu czynnego na poziomie 1,1 mg/dm³ zbyt niskie pH oraz niskie obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń organicznych nie zapewniają optymalnych warunków przebiegu klasycznego układu procesu nityfikacji i denityfikacji. Mimo tych warunków w oczyszczalni uzyskuje się wysokoefektywne usuwanie związków azotu. Stężenia azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych są poniżej 10 mg/ dm³.

Tab. 5. Wartości wskaźników zanieczyszczeń wg RMŚ oraz w ściekach oczyszczonych w oczyszczalni w Kostrzynie nad Odrą

Tab. 5. Value of contamination indicators RMŚ and in treated sewage in wastewater treatment plant in Kostrzyn

Nazwa wskaźnika	Wartość wskaźnika wg RMŚ	Wartość wskaźnika w ściekach oczyszczonych
Biochemiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT ₅ przy 20 °C), inhibitor nitrifikacji, mgO ₂ / dm ³	15	4,3
Chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT) (dwuchromian potasu), mgO ₂ / dm ³	125	37,2
Zawiesiny ogólne, mg/ dm ³	35	4,8
Azot ogólny (suma azotu Kjeldhala ((N _{Norg} + N _{NH4}), azotu azotynowego i azotu azotanowego), mg/ dm ³	15	8,4
Fosfor ogólny, mg P/ dm ³	2	0,4

**Stypendystka Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki
Urzędu Marszałkowskiego w Zielonej Górze
Poddziałanie 8.2.2. Regionalne Strategie Innowacji**

LITERATURA

1. BERNACKA J., KURBIEL J., PAWŁOWSKA L.: *Usuwanie związków biogenych ze ścieków miejskich: Podstawy teoretyczne, stan badań zastosowania w kraju*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.1998
2. HENZE M. , HARRAMOES P. : *Oczyszczanie ścieków. Procesy biologiczne i biochemiczne*. Wyd. Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce. 2000
3. JETTEN M.S.M, HOM S.J., VAN LOOSDRECHT M.C.M.: *Towards a more sustainable municipal wastewater treatment system*. Wat. Sci. Technol. 35, 171-180, 1997
4. KHIN T., ANNACHATRE A. P.: *Novel microbial nitrogen removal process*. Biotechnol. Adv. 22: 529-532. 2004
5. KLIMIUK E., ŁEBKOWSKA M.: *Biotechnologia w ochronie środowiska*. PWN, Warszawa 2003
6. MAKOWSKA M.: *Symultaniczne usuwanie związków węgla i azotu ze ścieków bytowych w reaktorach hybrydowych*. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 2010

7. ROZPORZADZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, (Dz.U. 2006 nr 137 poz. 984), (Dz.U. 2009 nr 27 poz. 169 z późn. zmianami)
8. SADECKA Z.: *Podstawy biologicznego oczyszczania ścieków*. Wyd. Seidel-Przywecki Sp. z o.o. Wydanie I. Warszawa. 2010
9. SCHMIDT I., SLIEKERS O., SCHMID M., CIRPUS J., STROUS M., BOCK E., KUENEN J. G., JETTEN M.S.M.: *Aerobic ammonia oxidizing bacteria – competitors or natural partners?* FEMS Microbiol. Ecol. 39: 175-181, 2002
10. SZATKOWSKA B., PŁAZA E., TRELA J., BOSANDER J., HULMAN B.: *Application of conductivity measurements for monitoring of nitrogen removal in the partial nitrification/ Anammox process*. W: IWA Specialized Conference Nutrient Management in Wastewater Treatment Process and Recycle Streams. LEMCHT Konsulting, Kraków: 717-724, 2005
11. PODEDWORNA J.: *Zintegrowane usuwanie azotu i fosforu w reaktorze SBR z długotrwałym dawkowaniem ścieków poprzez selektor*. Prace naukowe Politechniki Warszawskiej. Inżynieria środowiska. 41, 2002
12. SZEWCZYK K.: *Biologiczne metody usuwania związków azotu ze ścieków*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2005

REMOVAL OF NITROGEN COMPOUNDS IN WASTEWATER TREATMENT PLANT IN KOSTRZYN

Summary

Effective treatment of wastewater is a basic priority of each and every wastewater treatment plant. Legal requirements in accordance with the Decree of the Minister of the Environment (Journal of Laws 2009 No. 27, item. 169) include not only organic compounds (BOD_5 , COD) and general suspensions but also highly effective removal of nutrients: nitrogen and phosphorus. This paper presents an assessment of the efficiency of wastewater treatment plant in Kostrzyn in removal of organic and nitrogen compounds. It has been shown that the nitrogen concentrations <10 mg/l obtained in treated wastewater is not carried in the classical nitrification-denitrification system. The obtained parameters: BOD_5/TKN ratio in the effluent in denitrification chamber from 0.9 to 2.7, the average value $N-NH_4/N-NO_3 = 0.67$, low oxygen and low supply of organic substrate suggest anaerobic oxidation of ammonia.

Key words: nitrification, denitrification, anaerobic ammonium oxidation

WOJCIECH NAWORYTA*, SZYMON SYPNIEWSKI**

GÓRNICZE ZAGOSPODAROWANIE ZŁOŻA WĘGLA BRUNATNEGO GUBIN – WYBRANE PROBLEMY DOTYCZĄCE PROCESU PROJEKTOWANIA NOWEJ KOPALNI

Streszczenie

W artykule zaprezentowano wybrane zagadnienia dotyczące projektowania nowej kopalni odkrywkowej na złożu węgla brunatnego Gubin w gminie Gubin i Brody w województwie lubuskim. Przedstawiono ważniejsze cechy procesu projektowania oraz szczególne wymagania dla budowy kopalni odkrywkowej wynikające z uwarunkowań górniczych, środowiskowych, społecznych i formalno-prawnych. Zaprezentowano dotychczasowy stan zaawansowania prac i problemy, które wymagają rozwiązania w kolejnych etapach projektowania kopalni na złożu Gubin.

Słowa kluczowe: węgiel brunatny, złożo Gubin, projektowanie kopalń

WSTĘP

Zagospodarowanie złoża Gubin to przedsięwzięcie o znaczeniu krajowym. Projektowane wydobycie węgla brunatnego na poziomie 17 mln ton rocznie plasuje tę inwestycję pomiędzy kopalnią Turów a kopalnią Bełchatów. Złożo rozpoznano już w latach sześćdziesiątych XX wieku jednak ze względu na różne okoliczności nie zostało dotąd zagospodarowane. Zwiększone zainteresowanie jego górnictwem udostępnieniem nastąpiło po opublikowaniu rankingu złóż węgla brunatnego [Kasiński i in. 2006]. Ranking Polskiego Instytutu Geologicznego uwzględniał wszystkie ważne czynniki mające znaczenie dla zagospodarowania złóż w zmienionych warunkach społeczno-gospodarczych.

Dla zabezpieczenia możliwości eksploatacji złoża Gubin w strategicznych dokumentach rządowych pt. Polityka Energetyczna Kraju do 2030 roku [Polityka ... 2009] oraz Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju [Koncepcja ... 2012] wymieniono złożo Gubin jako bazę surowcową dla produkcji energii w celu zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju. Z kolei wo-

* Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

** Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN

jewództwo lubuskie, na obszarze którego znajduje się złożo wprowadziło do planu wojewódzkiego ochronę terenów złoża przed zabudową. Powyższe działania na poziomie kraju i województwa znacznie przybliżają realizację inwestycji.

Współcześnie budowa nowej kopalni i elektrowni na bazie węgla brunatnego to całkiem inne zadanie niż realizacja podobnego przedsięwzięcia jakim była budowa kopalni na złożu Bełchatów w latach 70-tych. W wyniku przeprowadzonej zmiany ustroju społeczno-gospodarczego i wstąpienia Polski do Unii Europejskiej uwarunkowania zewnętrzne dla budowy kopalni i elektrowni diametralnie się zmieniły.

W starszych podręcznikach do projektowania kopalń z okresu przed transformacją ustrojową nacisk położono na rozwiązania techniczne [m.in. Sulima-Samujło 1977, Wiśniewski 1971, Wiśniewski 1980]. Pominęto kontekst uwarunkowań formalno-prawnych, środowiskowych i społecznych. Współcześnie prawdziwym wyzwaniem, z jakim trzeba się zmierzyć jest przede wszystkim uzyskanie koncesji na wydobywanie kopaliny ze złoża. Powodzenie procesu koncesyjnego zależy od czynników społecznych, środowiskowych, stosunków międzynarodowych, wymagań UE, jak również od zmieniającego się klimatu politycznego.

1. CHARAKTERYSTYKA PROCESU PROJEKTOWANIA

Projektowanie dużego odkrywkowego zakładu górniczego to proces wielopłaszczyznowy, skomplikowany i długotrwały [Kennedy 1990]. Długi horyzont czasowy skłania do analizy problemu przez pryzmat zmieniających się warunków – ekonomicznych, społecznych, technicznych, a także energetycznych. Jest to inwestycja długoterminowa i kosztowna. Kopalnię wraz z elektrownią projektuje się na czas obejmujący kilkadziesiąt lat. Wraz z czasem budowy i późniejszej likwidacji kopalni okres ten przekracza pół wieku. Zatem na nowy projekt pod nazwą kompleks górniczo-energetyczny należy patrzeć jak na inwestycję długoterminową. Ocena opłacalności tej inwestycji jest trudna. Przy całym wachlarzu niepewności, jaki otacza budowę kopalni jedno jest niemal pewne: w nadchodzącym półwieczu energia elektryczna produkowana na bazie węgla brunatnego wciąż będzie towarem pożądanym i relatywnie tanim.

Na proces projektowania kopalni odkrywkowej składa się wiele etapów, które powiązane są siecią wzajemnych zależności [Hustrulid i Kuchta 2006]. Analiza złoża poprzedza jego okonturowanie, dobór maszyn wpływa na kształt wyrobiska, zasięg wyrobiska zależy od warunków geotechnicznych, kształt wyrobiska determinuje sposób jego odwadniania. Prognoza oddziaływania na środowisko opiera się na projekcie eksploatacji i jednocześnie w sposób zwrotny prognoza ta wpływa na zasięg i sposób eksploatacji. Elementy projektu powią-

zane są zależnościami szeregową, a więc długość całego procesu projektowania zależy od sumarycznego tempa realizacji poszczególnych jego etapów.

Po osiągnięciu pewnego stanu zaawansowania projektu często zachodzi konieczność weryfikacji przyjętych rozwiązań. Odnosi się to do każdego elementu projektu: zasięgu eksploatacji, okonturowania złoża, wyboru miejsca udostępnienia, kierunków postępu eksploatacji, kształtu wyrobiska, lokalizacji zwałowisk itp. Projektant musi być gotowy do bardzo drastycznych zmian już przyjętych i zaakceptowanych przez inwestora elementów opracowania. Szczególny wpływ na charakter projektowanej eksploatacji ma prognoza wpływu kopalni na środowisko. Często właśnie ze względu na przewidywane przekroczenia norm konieczne jest przeprowadzenie pewnych etapów projektowania od początku. Brak reakcji projektanta na wyniki prognozy oddziaływania na środowisko może skutkować fiaskiem inwestycji jeszcze na etapie ubiegania się o koncesję.

2. METODY PROJEKTOWANIA

Jedną z metod projektowania kopalni jest metoda wariantów. To oczywiste bo to samo złożo można eksploatować na wiele sposobów. Wariantowość odnosi się właściwie do każdego etapu projektowania – okonturowania złoża, lokalizacji wkopu, lokalizacji zwałowiska, systemów odwadniania itd. Pewnym zagrożeniem wynikającym ze stosowania rozwiązań wariantowych jest ich mnożenie w miarę wchodzenia w kolejne fazy projektu. Dla usprawnienia procesu projektowania należy na każdym etapie prac oceniać proponowane warianty i eliminować te, których zastosowanie jest mało prawdopodobne.

Do wybranych elementów kopalni można stosować schematy bazujące na rozwiązaniach stosowanych w dotychczasowej praktyce górniczej. Wykorzystuje się rozwiązania funkcjonujące w podobnych warunkach. Takie postępowanie określa się mianem metody empirycznej. Znacznie ułatwia i przyspiesza ona proces projektowania, jednak prowadzi do konserwowania utartych schematów, co może stanowić przeszkodę dla rozwiązań innowacyjnych. Stosowanie rozwiązań nowatorskich wymaga jednak odwagi od projektanta i wiąże się z określonym ryzykiem.

Proces zagospodarowania złoża (PZZ) to historia kolejnych przybliżeń. Począwszy od dokumentacji geologicznej, której kolejne kategorie – D, C₂, C₁ i B zbliżają się stopniowo do obrazu „prawdziwego złoża”, na ich bazie powstają prace studialne, koncepcje zagospodarowania, wstępne oceny opłacalności przedsięwzięcia. Projekt zagospodarowania złoża, mimo ogólnikowego i ramowego charakteru cechuje się już dużym stopniem szczegółowości. Plany ruchu wykonywane dla okresów kilkuletnich są uszczegółowieniem PZZ-tu. Dla pojedynczych elementów kopalni wykonywane są projekty techniczne. Każdy

z tych kolejnych etapów cechuje się coraz to większą dokładnością. Aż do zakończenia eksploatacji proces ten obciążony jest jednak pierwiastkiem niepewności wynikającym z braku pełnej wiedzy o złożu.

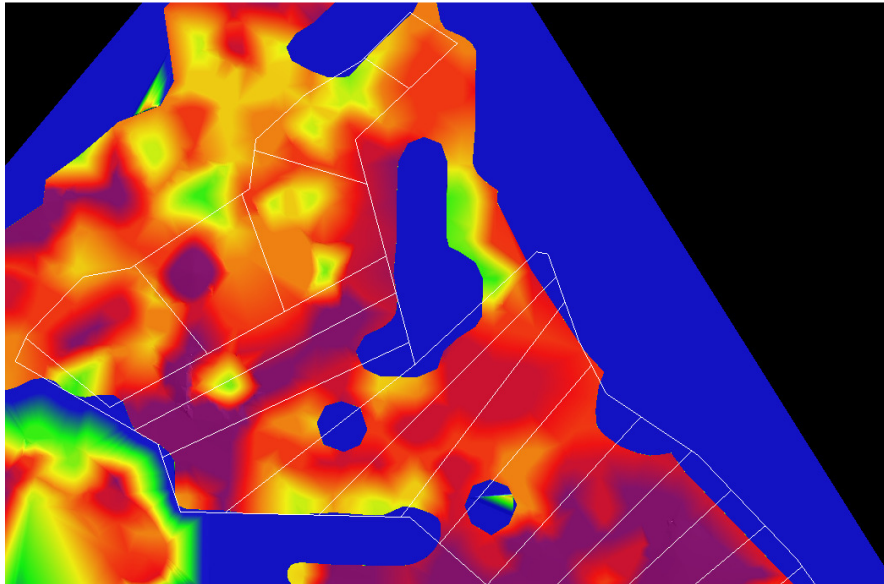
3. NARZĘDZIA WYKORZYSTYWANE W PROJEKTOWANIU

Nowoczesne narzędzia umożliwiają modelowanie numeryczne poszczególnych elementów kopalni – począwszy od modelu złoża przez model górotworu, model wyrobiska górniczego, modele układów technologicznych. Szczególne miejsce w projektowaniu ma modelowanie wpływu kopalni na środowisko – wizualizacja wpływu na krajobraz, model rozwoju leja depresji, wpływ układów technologicznych na klimat akustyczny albo modele emisji zanieczyszczeń. Nierzadko wykorzystuje się zaawansowane metody symulacji matematycznej szczególnie do modelowania zjawisk, w których występuje wiele czynników niepewności [Naworyta i Benndorf 2012, Woźniak i Jurdziak 2012].

Nowoczesne narzędzia (specjalistyczny software) bardzo ułatwiają pracę umożliwiając analizę różnych rozwiązań przy stosunkowo niewielkim nakładzie pracy.

Trudno dzisiaj wyobrazić sobie projektowanie kopalni węgla brunatnego bez korzystania z możliwości oferowanych przez nowoczesne narzędzia z rodziny CAD czy specjalistyczne programy dedykowane specjalnie dla górnictwa [Sypniewski 2012]. W przypadku niektórych zadań związanych z projektowaniem kopalni na złożu Gubin wykorzystano powszechnie znany i ceniony pakiet MicroStation (Bentley Systems). Analizę złoża przeprowadzono przy pomocy pakietu Isatis (Geovariances) - programu do analizy i modelowania danych geologicznych z użyciem metod geostatystycznych. Do budowy modelu trójwymiarowego złoża i górotworu, modelu zwałowiska, planowania długo- i krótkoterminowych zadań wydobywczych (postępy w okresach pięcioletnich i rocznych) zastosowano pakiet Surpac (Gemcom Software). Jedną z użytecznych funkcji tego programu jest możliwość automatyzacji niektórych czynności za pomocą makr, czyli samowykonujących się skryptów, oszczędzających użytkownikowi żmudnych, powtarzalnych czynności związanych przykładowo z wielokrotnym obliczaniem zasobów w obrębie zadanego konturu.

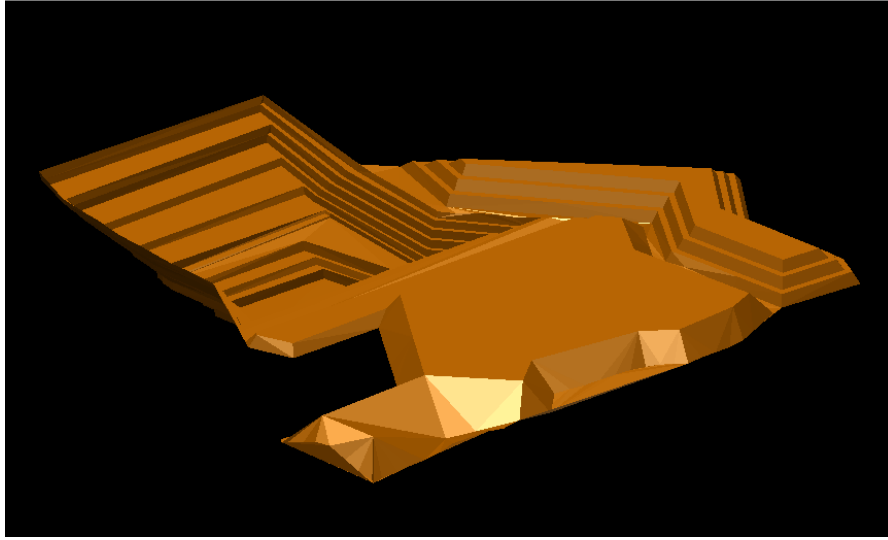
Dobrze przygotowany model znakomicie ułatwia obliczenia objętości utworów nadkładowych projektowanych do wydobycia w kolejnych etapach postępu frontów wydobywczych kopalni. Możliwość numerycznej symulacji zdejmowanych objętości nadkładu przydaje się szczególnie wtedy, gdy konieczne jest analizowanie kilku różnych wariantów eksploatacji.



Rys. 1. Fragment modelu miąższości złoża z konturami rocznych postępów eksploatacji
Fig. 1. Deposit thickness model with annual mining advances

Korzystanie z wysublimowanych funkcji programów komputerowych jest możliwe wtedy, gdy projektant ma do dyspozycji dane o charakterze pierwotnym w postaci informacji geologicznej, modelu terenu, zdjęć lotniczych, map sytuacyjno-wysokościowych. Wprowadzenie tych danych do programu jest czynnością pracochłonną, ale od jej dokładności zależy jakość i wiarygodność efektów projektowania. Błędy popełnione na tym etapie będą powielane w kolejnych fazach pracy i mogą prowadzić do nieprawidłowych i kosztownych decyzji.

Na rysunku 2 przedstawiono przykład modelu kopalni, na którym obok wyrobiska górniczego pokazano zwałowisko zewnętrzne i wewnętrzne. Przedstawiony model trójwymiarowy koresponduje z rysunkiem 4, na którym pokazano układy technologiczne kopalni.



Rys. 2. Trójwymiarowy model kopalni
Fig. 2. Three-dimensional model of the mine

4. WYBRANE PROBLEMY ZWIĄZANE Z PROJEKTOWANIEM EKSPLOATACJI WĘGLA BRUNATNEGO ZE ZŁOŻA GUBIN

4.1. Określenie wielkości wydobycia

Punktem wyjścia do projektowania kopalni jest określenie zapotrzebowania na surowiec pod względem ilości, jakości i czasu dostawy. W przypadku jednoodkrywkowej kopalni węgla brunatnego zadanie to jest relatywnie proste – zależy od przyjętej mocy elektrowni, która ma produkować energię na bazie wydobytego węgla. Ilość zasobów przewidzianych do eksploatacji powinna wystarczyć na okres potrzebny do pełnej amortyzacji bloków energetycznych i maszyn podstawowych zakładu górniczego. To nie wielkość złoża decyduje o mocy elektrowni, ale moc elektrowni decyduje o rocznym wydobyciu, czasie i zakresie projektowanej eksploatacji.

Moc elektrowni zależy od jej położenia w stosunku do potencjalnych odbiorców, prognozowanego zapotrzebowania na energię, od możliwości wyprodukowania mocy i wielu innych czynników, o których na podstawie osobnych analiz decyduje inwestor. Założenie parametrów elektrowni jest kluczowe i pierwotne dla procesu projektowania nowej kopalni węgla brunatnego.

4.2. Uwarunkowania złożowe i zewnętrzne ograniczenia dla projektowanej kopalni

Projektant kopalni powinien umieć wypracować kompromis pomiędzy racjonalnym (pełnym, kompleksowym) wykorzystaniem zasobów złoża a ograniczeniami zewnętrznymi, wśród których można wymienić czynniki geologiczno-górnictwa, środowiskowe, społeczne czy formalno-prawne. Sytuacja ta w szczególności dotyczy złóż dużych, jakim jest przedmiotowe złożo Gubin. Warto zauważyć, że na tle polskich złóż węgla brunatnego złożo Gubin jawi się jako relatywnie mało konfliktowe. Relatywnie, bo przy łącznej powierzchni około 8,5 tys. ha, jaką w 45-letnim okresie funkcjonowania kopalni przewiduje się objąć zakresem eksploatacji, trudno będzie uniknąć konfliktów wynikających ze zmiany obecnego sposobu zagospodarowania terenów.

Szczęśliwie tereny nad złożem charakteryzują się niską gęstością zabudowy, mało rozbudowaną infrastrukturą drogową. Mimo to projektant kopalni napotyka na wiele ograniczeń zewnętrznych, wśród nich można wymienić: zakole Nysy Łużyckiej, rzekę Lubszę, ciąg komunikacyjny i zabudowę mieszkaniową wzdłuż północno-wschodnich granic złoża, obszary Natura 2000 od południa i wschodu, obszary chronionego krajobrazu otaczające złożo ze wszystkich stron. Wymienione ograniczenia powodują, że projektant ma bardzo niewielkie możliwości manewru przy podejmowaniu ważnych decyzji w sprawie lokalizacji obiektów zakładu górnictwa – wyrobiska, zwałowiska zewnętrznego, zaplecza kopalni itp.

4.3. Wyznaczenie zasobów przemysłowych złoża

Czynnością pierwotną dla wyznaczenia granic eksploatacji jest analiza parametrów: jakościowych i strukturalnych złoża. Ze względu na ilość parametrów złoża i ich wpływ na proces wydobywania do analizy złoża przydatne są parametry syntetyczne oparte na algorytmach wiążących parametry jakościowe i strukturalne w syntetyczny parametr dający się łatwo interpretować [Naworyta i Mazurek 2010].

Dla właściwego okonturowania złoża równie istotne znaczenie mają ograniczenia przestrzenne wynikające z zagospodarowania terenów nad złożem tj. zabudowa powierzchni, infrastruktura drogowa, rurociągi, rzeki lub ograniczenia z tytułu ochrony cennych pod względem przyrodniczym obszarów.

Racjonalny i ekonomicznie uzasadniony wariant okonturowania złoża powinien być zgodny z zasadą maksymalnego wykorzystania dostępnych do wydobywania zasobów przy minimalnej ingerencji w cenne elementy środowiska.

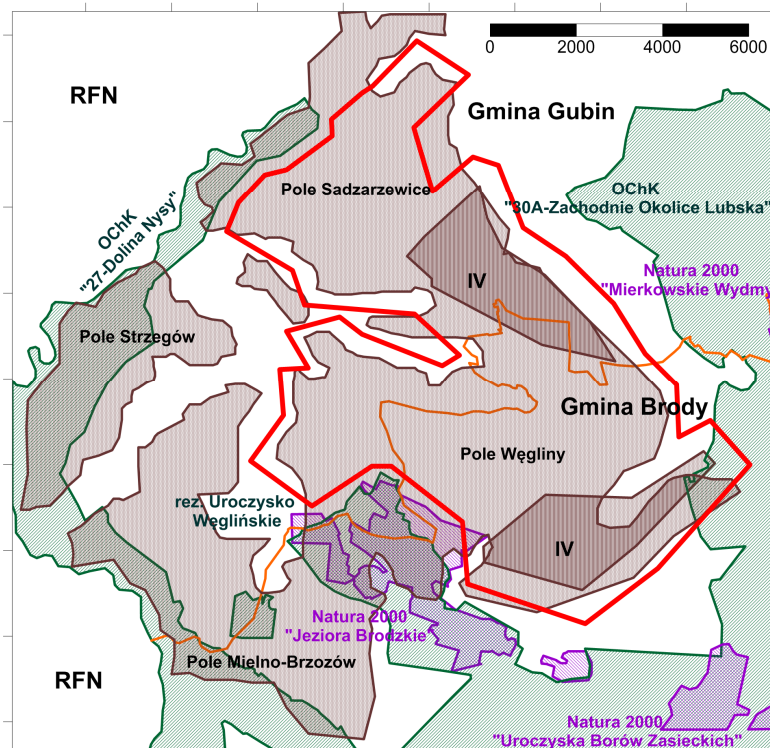
W przypadku złoża Gubin jedno z istotnych ograniczeń dla jego eksploatacji wynika z położenia obszaru ochrony siedlisk PLH 080052 Jeziora Brodzkie.

Obszar ten został zgłoszony do Komisji Europejskiej we wrześniu 2009 r., już po wykonaniu koncepcji zagospodarowania złoża [Prefeasibility Study ... 2009].

W celu wypracowania kompromisu pomiędzy eksploatacją i ochroną cennych siedlisk odsunięto granice wyrobiska od obszaru chronionego, a także zaprojektowano budowę ekranu szczelnego, mającego chronić cenne tereny podmokłe przed wpływem eksploatacji. Analizę uwięzionych zasobów w filarze obszaru Natura 2000 przedstawiono w osobnej publikacji [Naworyta 2011].

Kolejne przybliżenie projektowanych granic eksploatacji wynika z analiz warunków geotechnicznych. Jeżeli na podstawie obliczeń modelowych konieczne jest złagodzenie zboczy wyrobiska, a nie jest możliwe przesunięcie jego granic na zewnątrz ze względu na ograniczenia przestrzenne to modyfikacja zboczy implikuje uwięzienie zasobów przemysłowych i konieczność ponownego ich przeliczenia.

Wyniki prac związanych z okonturowaniem złoża pod kątem jego górnictwo wykorzystania zaprezentowano na rysunku 3.

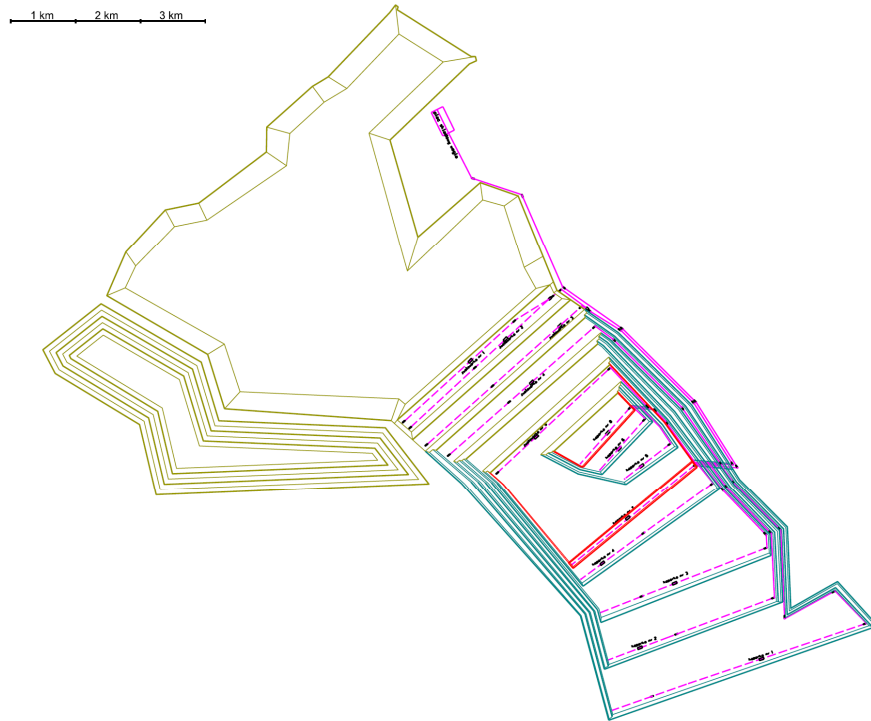


Rys. 3. Okonturowanie górnicze złoża Gubin
Fig. 3. The mining contours of Gubin lignite deposit

4.4. Lokalizacja wkopu udostępniającego i kierunek eksploatacji

W przedstawionych granicach okonturowania złoża Gubin w polach Sadzarzewice oraz Węgliny ze względu na kształt złoża w praktyce możliwe są tylko dwa warianty jego udostępnienia oraz determinowane miejscem wkopu dwa kierunki eksploatacji. Przy wyborze lokalizacji wkopu udostępniającego brano pod uwagę:

- kubaturę wkopu i czas dotarcia do pokładu węgla,
- miejsce zwałowania nadkładu,
- lokalizację elektrowni,
- możliwość rozwinięcia optymalnego kierunku eksploatacji,
- konieczność minimalizacji ryzyka oddziaływania transgranicznego,
- lokalizację wyrobiska końcowego,
- ograniczenie wpływu na obiekty przyrodniczo cenne,
- sposób zabezpieczenia wyrobiska przed napływem wód powierzchniowych.



Rys. 4. Przykładowy układ technologiczny – 22. rok eksploatacji
 Fig. 4. Example of a mining system – 22th year of exploitation

Na podstawie analiz zaproponowano wkop udostępniający w rejonie miejscowości Sękowice w pobliżu proponowanej lokalizacji elektrowni. Na rysunku 4 pokazano fragment wyrobiska z układami technologicznymi w 22 roku od rozpoczęcia procesu zdejmowania nadkładu.

4.5. Lokalizacja zwałowiska zewnętrznego nadkładu

Jednym z przykładów wpływu czynników zewnętrznych na proces projektowania może być wybór lokalizacji zwałowiska zewnętrznego. Złoże Gubin ma skomplikowaną budowę geologiczną – pola złożowe oddzielone są od siebie głębokimi wymyciami erozyjnymi, występują liczne obszary bezwęglowe, a granice poszczególnych pól są nieregularne, co utrudnia proces projektowania. Jednocześnie obowiązujące przepisy prawa geologicznego i górniczego nie pozwalają na lokalizację zwałowiska zewnętrznego na terenie nad udokumentowanym złożem o zasobach bilansowych. W pierwotnej koncepcji planowano budowę dwóch niewielkich zwałowisk zewnętrznych – jednego w przestrzeni rozmyć erozyjnych pomiędzy polami złożowymi – Sadzarzewice, Węgliny, Mielno-Brzozów i Strzegów [Prefeasibility Study ... 2009]. Drugie zwałowisko miało sąsiadować z elektrownią po wschodniej stronie wyrobiska. Analizy modelowe wpływu pracy zwałowarek na klimat akustyczny wykazały jednak niebezpieczeństwo przekroczenia dopuszczalnych poziomów hałasu w miejscowościach położonych w pobliżu projektowanego zwałowiska. Prognozy emisji hałasu zostały wykonane w ramach równolegle przygotowywanego raportu oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko. Na podstawie prognoz odstąpiono od lokalizacji zwałowiska w konfliktowym terenie i zaproponowano powiększenie zwałowiska zewnętrznego w rejonie rozmycia erozyjnego. Skutkiem tego konieczne było przeprojektowanie układów technologicznych w pierwszych latach pracy kopalni i ponowne wykonanie modelu propagacji hałasu dla nowych układów.

Problem lokalizacji zwałowiska zewnętrznego jest przykładem sprzężenia zwrotnego pomiędzy pozornie niezależnymi dokumentami – projektem zagospodarowania złoża i raportem oddziaływania na środowisko. W wyniku otrzymanych informacji konieczna była zmiana w obydwu dokumentach. Przywołany przykład potwierdza iteracyjny charakter procesu projektowania.

PODSUMOWANIE

Projekt zagospodarowania złoża, a także szereg opracowań z nim związanych - m.in. Raport oddziaływania na środowisko, dokumentacja hydrogeologiczna, inwentaryzacja przyrodnicza, ocena skutków społecznych – przygoto-

wywany jest przez specjalistów z całej Polski, reprezentujących takie dziedziny jak: geologia, geotechnika, hydrogeologia, ochrona środowiska, nauki przyrodnicze, nauki społeczne i inne.

Projektowanie wielkopowierzchniowej odkrywkowej kopalni węgla w obecnych uwarunkowaniach prawnych, społecznych i środowiskowych stanowi ogromne wyzwanie. Aby mu sprostać konieczne jest wykorzystanie wielu metod projektowania, a także użycie nowoczesnych narzędzi informatycznych, ułatwiających i usprawniających pracę projektantów.

Prace projektowe przebiegają wielopłaszczyznowo, wykonywane są dodatkowe badania mające zapewnić możliwie kompleksową wiedzę na temat złoża. Wśród opracowanych zagadnień wysoki priorytet mają metody minimalizacji wpływu kopalni na komponenty środowiska, w tym na obszary podlegające ochronie prawnej.

LITERATURA

1. HUSTRULID W., KUČHTA M.: *Open pit mine planning & design, Vol. 1 - Fundamentals*. Taylor&Francis Group, Londyn 2006
2. KASIŃSKI J.R., MAZUREK S., PIWOCKI M.: *Waloryzacja i ranking złóż węgla brunatnego w Polsce*. Prace Państwowego Instytutu Geologicznego Nr CLXXXVII. Warszawa 2006
3. KENNEDY BRUCE A.: *Surface Mining. 2nd Edition*. Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc. Colorado 1990
4. *Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030* – załącznik do Uchwały Nr 239 Rady Ministrów z dnia 13 grudnia 2011 r. Monitor Polski 2012, poz. 252.
5. MAZUREK S.: *Cena kopaliny jako główny parametr złożowy*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. t. 13, z. 1., 1997
6. NAWORYTA W.: *Analiza uwarunkowań geologiczno-górnich oraz ograniczeń zewnętrznych dla zagospodarowania złoża węgla brunatnego Gubin*, Polityka Energetyczna t. 14, z. 2, 2011
7. NAWORYTA W., BENNDORF J.: *Ocena dokładności geostatystycznych metod modelowania złóż pod kątem projektowania eksploatacji na podstawie jednego ze złóż węgla brunatnego*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. t. 28, z. 1, 2012
8. NAWORYTA W., MAZUREK S.: *Modelowanie cenowe złoża węgla brunatnego Gubin jako wstęp do właściwej gospodarki surowcowej*. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN nr 79, s. 299-314, 2010
9. NOWAK A., MODRZEJEWSKI S.: *Ogólna charakterystyka stanu zagospodarowania przestrzennego oraz uwarunkowań środowiskowych w rejo-*

- nie złoża węgla brunatnego Gubin. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego* Nr 138. Seria Inżynieria Środowiska 2010, Nr 18, 2010
10. *Polityka energetyczna Polski do 2030 roku*, Załącznik do uchwały nr 202/2009 Rady Ministrów z 10 listopada 2009 r.
 11. *Prefeasibility Study dla złoża węgla brunatnego „Gubin” i „Gubin-Zasieki-Brody”*, 2009 – Fundacja dla AGH, Kraków, nie publ.
 12. *Program rozwoju przemysłu węgla brunatnego w latach 1982–1990 i w dalszej perspektywie. Zrzeszenie Przedsiębiorstw Przemysłu Węgla Brunatnego*, Wrocław 1982
 13. *Projekt Zagospodarowania Złoża węgla brunatnego Gubin*, Etap I i II, 2012 – Fundacja dla AGH, Kraków, nie publ.
 14. SULIMA-SAMUJŁO J.: *Projektowanie kopalń odkrywkowych*, cz. 1 i 2. Wyd. AGH Kraków 1977
 15. SYPNIEWSKI Sz.: *Produkcja informatycznie zaplanowana*, Surowce i Maszyny Budowlane nr 1/2012.
 16. WIŚNIEWSKI S.: *Zasady projektowania kopalń. Część VIII - Zasady projektowania i budowy kopalń odkrywkowych*. Wydawnictwo "Śląsk", Katowice 1971
 17. WIŚNIEWSKI S.: *Projektowanie kopalń. Część I - Kopalnie odkrywkowe*. Wrocław 1980
 18. WOŹNIAK J., JURDZIAK L.: *Wpływ kosztów wykupu pozwoleń na emisję CO₂ na wzrost ryzyka poniesienia straty przy eksploatacji studialnego złoża węgla brunatnego*. *Polityka Energetyczna* t. 15, z. 1, 2012

MINING DEVELOPMENT OF GUBIN LIGNITE DEPOSIT – SELECTED ASPECTS OF MINE DESIGN

S u m m a r y

The article presents selected aspects related to the design of a new open-pit mine on Gubin lignite deposit, located in Gubin and Brody municipalities in Lubuskie voivodship. The most important characteristics of the design process have been described together with particular requirements for the building of a new open-pit mine which result from mining, environmental, social and legal conditions. Hitherto state of work and the problems that need solving in the next phases of design of the Gubin mine have also been presented.

Keywords: lignite, Gubin deposit, mine design

**ZBIGNIEW KASZTELEWICZ, MACIEJ ZAJĄCZKOWSKI,
MATEUSZ SIKORA***

**POTENCJAŁ WYDOBYWCZY ZŁÓŻ GUBIŃSKICH
ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM ZŁOŻA
GUBIN-ZASIEKI-BRODY**

Streszczenie

W pracy przedstawiono potencjał wydobywczy złóż gubińskich, do których zaliczono złożo „Gubin” oraz „Gubin-Zasieki-Brody”. Zaakcentowano przy tym nierównomierne rozpoznanie tych złóż, których wschodnia część udokumentowana jest w najniższej kategorii D. Wyznaczono więc nowe granice zasobów bilansowych złóż gubińskich, a ich potencjał określono uwzględniając Best Available Techniques, jakimi są obecnie bloki 1100 MW.

Słowa kluczowe: węgiel brunatny, złożo Gubin, złożo Gubin-Zasieki-Brody, zagospodarowanie złóż

WSTĘP

Złóża gubińskie należą do jednych z najzasobniejszych złóż węgla brunatnego w kraju. Są one kontynuacją rozległych obszarów węglonośnych, które rozciągają się na terenie Niemiec, od Saksonii i Brandenburgii, aż po zachodnią granicę Polski na terenie województwa lubuskiego.

Po stronie niemieckiej już od początku XX wieku istnieje kompleks górniczo-energetyczny oparty na zalegających tam zasobach węgla brunatnego. W chwili obecnej działają tam cztery kopalnie należące do Vattenfall Europe Mining AG. Firma ta, od lat, stawiana jest za wzór koncernu energetycznego prowadzącego zrównoważoną politykę w zakresie przyjaznych środowisku technologii produkcji energii elektrycznej z różnych źródeł, w tym także z OZE. Pomimo dużego udziału „zielonej” energii w portfolio tego koncernu, nie za-

* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Górnictwa Odkrywkowego

mierza on rezygnować w najbliższych kilkudziesięciu latach z korzyści płynących z wykorzystywania węgla brunatnego. Traktowany jest on jako stabilizator bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej oraz stabilizator cen tej energii na rynku energetycznym.

W najbliższym czasie polska elektroenergetyka stanie przed bardzo poważnymi zadaniami, związanymi z przestarzałymi mocami wytwórczymi jak również z wyczerpywaniem się zasobów w czynnych zagłębiach górniczych. Dlatego też, coraz większego znaczenia będą nabierały nowe obszary, nieobecne dzisiaj na mapie energetycznej Polski. Wśród nich może znaleźć się także kompleks górniczo-energetyczny oparty na złożach węgla brunatnego w rejonie Gubina. Konieczne więc staje się określenie potencjału wydobywczego tych złóż oraz możliwości ich wykorzystania do produkcji energii elektrycznej w przyszłości.

ZASOBNOŚĆ ZŁÓŻ WĘGLA BRUNATNEGO W REJONIE GUBINA

W rejonie gubińskim udokumentowano w zasadzie trzy złoża węgla brunatnego, które stanowią jeden kompleks węglonośny. W wyniku przeprowadzonych do tej pory badań geologicznych przyjęto umowne granice poszczególnych złóż i nazwano je „Gubin”, „Gubin-Zasieki-Brody” i „Lubsko”. Stopień rozpoznania tych złóż jest różny. Od kategorii B dla zachodniej części złoża „Gubin” po najniższą kategorię D dla pozostałych dwóch złóż. Oznacza to, że wschodnia część złóż gubińskich została rozpoznana tylko wstępnie i wymaga dalszych prac uszczegóławiających [Kasiński 2012].

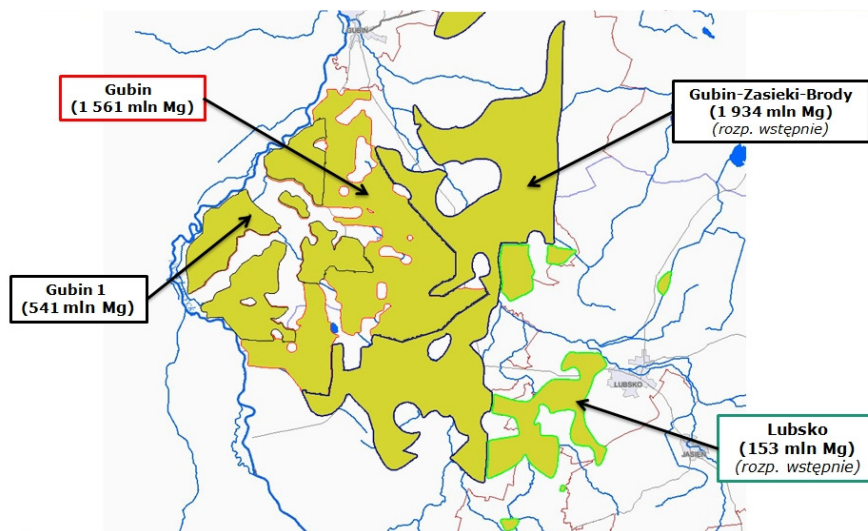
Niemniej jednak istniejące dokumentacje geologiczne umożliwiają określenie potencjału wydobywczego tych złóż, a dla złoża „Gubin” stworzenie szczegółowych planów eksploatacji.

Na rysunku 1 przedstawiono lokalizację poszczególnych złóż w rejonie gubińskim.

Jak widać na rysunku 1 w rejonie tym wydzielono także złożo „Gubin 1”, które w całości pokrywa się z częścią złoża „Gubin”. Było to wynikiem równoległej pracy nad dokumentacją geologiczną złoża „Gubin” dwóch firm oraz zatwierdzeniem ich dokumentacji przez Komisję Zasobów Kopalin.

Na rysunku 1 podano także określone w dokumentacjach geologicznych złóż gubińskich zasoby bilansowe. W tym miejscu należy zaznaczyć, że zasoby te określono dla tzw. II (łużyckiego) i IV (dąbrowskiego) pokładu węgla brunatnego. Jednak zasoby złóż „Gubin-Zasieki-Brody” i „Lubsko” mają charakter tylko przybliżony.

Zestawienie zasobów bilansowych w dotychczasowych dokumentacjach geologicznych złóż gubińskich przedstawiono w tabeli 1.



Rys. 1. Lokalizacja złóż węgla brunatnego w rejonie gubińskim
Fig. 1. Location of lignite deposits in Gubin region

Tab. 1. Zasoby bilansowe złóż gubińskich wg dotychczasowych dokumentacji geologicznych [Bogacz i in. 2009, Gruszecki 2009, Dyląg i in. 2010, Kasiński i in. 2010]

Tab. 1. Reserves of lignite deposits in Gubin region based on their geological documentations [Bogacz i in. 2009, Gruszecki 2009, Dyląg i in. 2010, Kasiński i in. 2010]

Nazwa złoża	Kategoria rozpoznania	Zasoby bilansowe [mln Mg]
„Gubin”	B+C1+C2	1561
„Gubin 1”*	B+C1	541
„Gubin-Zasieki-Brody”	D	1934
„Lubsko”	D	153

* złożo „Gubin 1” stanowi wydzieloną część ze złoża „Gubin”

Dlatego też, dla określenia potencjału wydobywczego złóż gubińskich dokonano ponownego okonturowania tych złóż, skupiając się na części złoża „Gubin” i „Gubin-Zasieki-Brody”. Z uwagi na małą ilość otworów wiertniczych na złożu „Lubsko” jak i coraz gorsze parametry geologiczno-górnice pokładów węgla brunatnego w tym rejonie pominięto te zasoby w dalszych rozważaniach.

OKREŚLENIE ZASOBÓW BILANSOWYCH I PRZEMYSŁOWYCH, MOŻLIWYCH DO ZAGOSPODAROWANIA GÓRNICZEGO

Wyznaczone kontury zalegania węgla brunatnego, obejmujące złoża „Gubin” i „Gubin-Zasieki-Brody”, umożliwiły wydzielenie łącznie 2152 mln Mg zasobów bilansowych w II pokładzie (łużyckim).

Następnie analizując uwarunkowania środowiskowe oraz infrastrukturalne występujące na obszarze zasobów bilansowych wyznaczono trzy pola eksploatacyjne: Sadzarzewice, Strzegów oraz Gębice.

Chcąc zminimalizować oddziaływanie potencjalnej eksploatacji na otaczające tereny wyznaczono szereg filarów ochronnych, obejmujących wybrane miejscowości oraz obszary przyrodnicze, które z uwagi na swoją lokalizację można ominąć. W rzeczywistości wyłączenie pewnych obszarów złożowych z ich zagospodarowania poprzedzone zostanie szczegółowymi analizami środowiskowymi oraz techniczno-ekonomicznymi uzasadniającymi ich pozostawienie. Zawsze należy dążyć do racjonalnej gospodarki złożami, które z racji tego, że są nieodnawialnym składnikiem środowiska powinny być kompleksowo wykorzystywane.

Dlatego też, dla określenia potencjału wydobywczego złóż gubińskich, wyznaczono szereg filarów ochronnych obejmujących obszary przyrodnicze Natura 2000 (OSO Jeziora Brodzkie, OSO Uroczyska Borów Zasieckich oraz OSO Mierkowskie Wydmy), miejscowości (Strzegów, Brzozów, Grabice i Starosiedle) oraz filar Nysy Łużyckiej.

Granice okonturowania pól eksploatacyjnych przedstawiono na rys. 2. Należy przy tym zaznaczyć, że obejmują one zarówno dolną jak i górną krawędź wyrobiska docelowego. Nie jest to równoznaczne z wielkością wyrobisk odkrywkowych, jakie powstaną podczas eksploatacji złoża.

Podstawowe parametry geologiczno-górnice w poszczególnych polach eksploatacyjnych przedstawiono w tab. 2.



Rys. 2. Wydzielone pola eksploatacyjne: Sadzarzewice, Strzegów i Gębice
[Kasztelewicz i in. 2011]

Fig. 2. Separated of exploitation panels: Sadzarzewice, Strzegów and Gębice
[Kasztelewicz i in. 2011]

Tab. 2. Podstawowe parametry geologiczno-górnice w poszczególnych polach eksploatacyjnych [Kasztelewicz i in. 2011]

Tab. 2. Basic mining-geological parameters of individual exploitation panels [Kasztelewicz i in. 2011]

Wyszczególnienie	Pole Strzegów	Pole Sadzarzewice	Pole Gębice
Objętość nakładu [mln m ³]	2 683,7	5 441,7	2 680,7
Masa węgla [mln Mg]	316,0	682,0	294,4
N:W _{przemysłowe} [m ³ /Mg]	8,5	8,0	9,1
Średnia miąższość węgla [m]	9,84	9,96	11,03
Zasoby operatywne (10% strat) [mln Mg]	284,4	613,8	264,9
N:W _{operatywne} [m ³ /Mg]	9,4	8,9	10,1

Jak wynika z tab. 2, najbardziej zasobnym polem eksploatacyjnym jest pole Sadzarzewice, gdzie wyznaczono 682 mln Mg zasobów przemysłowych. Dla pola Strzegów zasoby te wynoszą 316 mln Mg, a dla pola Gębice – 294 mln Mg.

Pole Sadzarzewice charakteryzuje się najlepszymi parametrami geologiczno-górnictwowymi, dlatego też w chwili obecnej jest ono w zasięgu zainteresowań przyszłego inwestora PGE Gubin sp. z o.o. [Naworyta, Sypniewski 2012].

Należy zwrócić uwagę, że złoża gubińskie charakteryzują się stosunkowo wysokim wskaźnikiem $N:W_{\text{przemysłowym}}$, który wynosi ok. 8:1 [m^3/Mg]. Dla porównania wskaźnik ten dla obecnie czynnych zagłębi górnictwo-energetycznych węgla brunatnego wynosi 4:1 [m^3/Mg].

Z drugiej jednak strony, największą zaletą złóż gubińskich, jest bardzo wysoka wartość energetyczna węgla brunatnego. Dla wszystkich wyznaczonych pól eksploatacyjnych wynosi ona średnio 9343 kJ/kg. Jest to wartość znacznie wyższa od obecnie eksploatowanych złóż węgla brunatnego w Polsce oraz tych planowanych do zagospodarowania w czynnych zagłębiach górnictwo-energetycznych. Dla porównania średnia wartość energetyczna dla złóż perspektywicznych rejonu konińskiego (tj. Piaski, Dęby Szlacheckie, Ościszów, Mąkoszyn Grochowiska) jest o 13% niższa i wynosi 8134 kJ/kg.

Pokład II (łużycki) węgla brunatnego składa się z dwóch ław (górnej i dolnej), co oznacza, że urabiany on będzie w sposób selektywny. Średnia miąższość górnej ławy wynosi 3 m, a dolnej 7 m. Ławy te rozdzielone są przerostem skał płonnych o grubości 5 m. Powodować to może wyższy współczynnik strat eksploatacyjnych, który może osiągnąć ok. 10%.

Dlatego też, dla określenia potencjału wydobywczego złóż gubińskich, przyjęto zasoby operatywne na poziomie 1174 mln Mg. Zaznaczyć przy tym trzeba, że w przypadku włączenia zasobów pod filarami ochronnymi (np. po ustaniu konieczności ochrony obiektów, dla których zostały one ustanowione) i rozszerzeniem wschodnich granic tych złóż (o złożo „Lubsko”) wielkość może wzrosnąć nawet o dodatkowe 800 mln Mg.

BEST AVAILABLE TECHNIQUES (BAT) WYKORZYSTANIA WĘGLA BRUNATNEGO DO PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Niemcy są niekwestionowanym liderem wydobycia węgla brunatnego i produkcji z tego paliwa energii elektrycznej. Wydobycie węgla brunatnego w tym kraju w 2011 r. wyniosło 176,5 mln Mg (w Polsce: 62,7 mln Mg) i posłużyło do produkcji 151 TW·h energii elektrycznej (w Polsce: 53 TW·h) w elektrowniach wykorzystujących to paliwo o mocy 21759 MW (w Polsce: 9654 MW) [www.debriv.de, www.ppwb.pl].

Jak wynika z przedstawionych danych, niemieckie górnictwo węgla brunatnego jest 3 razy większe od tej branży w Polsce. Kraj ten, mając świadomość

strategicznej roli tego surowca energetycznego, w najbliższej przyszłości nie zamierza rezygnować z jego wydobycia. Cały czas prowadzone są intensywne prace badawcze nad jeszcze lepszym wykorzystaniem tego paliwa do produkcji energii elektrycznej z uwzględnieniem polityki klimatycznej UE.

Dla określenia potencjału wydobywczego złóż gubińskich uwzględniono najnowocześniejsze obecnie bloki energetyczne, jakimi są bloki F/G BoA 2&3 w elektrowni Neurath. Bloki te, zostały oddane do użytku w czerwcu 2012 r.

Podstawowe parametry bloków F/G BoA 2&3 w elektrowni Neurath przedstawiono w tab. 3.

Tab. 3. Podstawowe parametry bloków F/G BoA 2&3 w elektrowni Neurath [www.rwe.com]

Tab. 1. Basic parameters of F/G BoA 2&3 units in Neurath power station [www.rwe.com]

Wyszczególnienie	Wielkość
Paliwo	Węgiel brunatny
Moc brutto	2 x 1100 MW
Sprawność netto	>43%
Zużycie węgla	800-1200 Mg/h
Nakłady inwestycyjne	2,6 mld Euro

W Polsce, na przestrzeni ostatnich kilku lat, oddano do eksploatacji dwa nowe bloki energetyczne opalane węglem brunatnym: Pątnów II o mocy 464 MW oraz blok 858 MW w elektrowni Bełchatów i sprawności netto 41,7%. Zaliczają się one przy tym, do jednych z najnowocześniejszych jednostek wytwórczych w kraju.

Uwzględniając wstępny harmonogram zagospodarowania złóż gubińskich na rok 2030 można z dużym prawdopodobieństwem zakładać, że w niedalekiej przyszłości bloki energetyczne osiągną sprawność na poziomie 50%. Wyższa sprawność przekładała się będzie także na wyraźną redukcję emisji CO₂.

Nie należy przy tym zapominać o innych obiecujących technologiach przyszłości jak elektrownie IGCC oraz naziemne zgazowanie węgla.

POTENCJAŁ WYDOBYWCZY ZŁÓŻ GUBIŃSKICH

Mając określone zasoby operatywne węgla brunatnego na 1174 mln Mg oraz najlepszą dostępną technikę ich wykorzystania w blokach o mocy 1100 MW można było określić potencjał wydobywczy złóż gubińskich i możliwość produkcji energii elektrycznej na bazie tych złóż w przyszłości.

Uwzględniając roczne zapotrzebowanie jednego bloku na poziomie 6,5 mln Mg węgla brunatnego określono czas eksploatacji w zależności od wielkości elektrowni. Wielkości te zostały przedstawione w tab. 4.

Tab. 4. Potencjał wydobywczy złóż gubińskich

Tab. 4. The extraction potential of lignite deposits in Gubin region

Wydobycie węgla [mln Mg/rok]	Moc elektrowni [MW]	Czas eksploatacji [lata]	Uwagi
6,5	1 x 1100	ok. 180 lat	kopalnia jednoodkrywkowa
13,0	2 x 1100	ok. 90 lat	kopalnia jednoodkrywkowa
19,5	3 x 1100	ok. 60 lat	kopalnia jednoodkrywkowa
26,0	4 x 1100	ok. 45 lat	kopalnia wieloodkrywkowa

W przypadku budowy jednego bloku energetycznego zasoby złóż gubińskich wystarczą na ok. 180 lat. Natomiast w przypadku maksymalnym, a więc budowy elektrowni o mocy 4x1100 MW konieczna będzie eksploatacja wieloodkrywkowa, a czas eksploatacji wyniesie 45 lat. Jest to racjonalny okres pełnego zamortyzowania się podstawowych środków produkcyjnych, zarówno w elektrowni jak i w kopalni.

Przy tak określonym potencjale wydobywczym złóż gubińskich, uwzględnieniu parametrów jakościowych węgla brunatnego oraz sprawności elektrowni można wyznaczyć jednostkową produkcję energii elektrycznej na poziomie 0,81-0,90 kg/kWh. Dla porównania w obecnie czynnych elektrowniach opalanych tym paliwem wskaźnik ten wynosi 1,07 kg/kWh. A więc budowa elektrowni wg BAT w rejonie gubińskim umożliwiłaby 20% wzrost efektywności produkcji energii elektrycznej oraz zmniejszenie emisji CO₂ na podobnym poziomie. W ostatecznym rozrachunku roczna produkcja energii elektrycznej ze złóż gubińskich, przy założeniu budowy elektrowni o mocy 4x1100 MW, może wynieść 30,6 TW·h/rok.

Porównując to z obecnym zapotrzebowaniem na energię elektryczną w Polsce wynoszącym średnio 160 TW·h/rok, stanowiłoby to 20% udział w krajowym bilansie energetycznym.

Wielkość ta może odegrać niebagatelną rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego Polski w przyszłości. Dlatego też, potencjał wydobywczy złóż gubińskich czyni je strategicznym surowcem energetycznym Polski.

PODSUMOWANIE

- Złóża węgla brunatnego w rejonie gubińskim należą do jednych z najzasobniejszych złóż w Polsce.
- Należą one do jednej platformy złożowej obejmującej część Łużyc po stronie niemieckiej a po stronie polskiej złoża „Gubin”, „Gubin-Zasieki-Brody” i „Lubsko”.
- Znaczenie przemysłowe ma głównie pokład II łużycki, który na przeważającym obszarze rozdzielony jest na dwie ławy (górną i dolną).
- Uwzględniając uwarunkowania infrastrukturalne i środowiskowe określono potencjał wydobywczy złóż „Gubin” i „Gubin-Zasieki-Brody” na 1 292 mln Mg zasobów przemysłowych.
- Wielkość ta może zostać zwiększona o dodatkowe 800 mln Mg po lepszym rozpoznaniu wschodnich rejonów i zagospodarowaniu zasobów pod wyznaczonymi filarami ochronnymi.
- Wyznaczono trzy potencjalne pola eksploatacyjne: Sadzarzewice (682 mln Mg), Strzegów (316 mln Mg) i Gębice (294 mln Mg).
- Biorąc po uwagę BAT, jaką są bloki F i G w elektrowni Neurath, założono wykorzystanie węgla brunatnego w blokach energetycznych o mocy 1100 MW.
- Przy różnych wariantach rocznego wydobycia węgla zasoby złóż gubińskich mogą stać się krajowym źródłem energii na kolejne 45, a nawet ponad 100 lat!
- Potencjał wydobywczy złóż gubińskich czyni je strategicznym surowcem energetycznym Polski.

LITERATURA

1. BOGACZ A., SAWICKA K., SOKOŁOWSKI M., KWAŚNIEWSKA S.: *Dodatek nr 1 do kompleksowej dokumentacji geologicznej złoża węgla brunatnego "Gubin" w kat.B+C1+C2 w miejsc. Sadzarzewice, Strzegów, Mielno, Brzozów, Węgliny Sieńk, Koło, Datyń, Jasienica, Grodziszczce*. Przeds. Geol. S.A., Kraków 2009
2. DYLAĞ K., SZCZYGIELSKI W., KASIŃSKI J., URBAŃSKI P: *Dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego "Gubin-Zasieki-Brody" w kat. D*, Państwowy Instytut Geologiczny, 2010
3. GRUSZECKI J.: *Dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego "Gubin I" w kat. B+C1*. Przeds. Geol. Proxima S.A., Wrocław 2009
4. KASIŃSKI J.: *Złoże węgla brunatnego „Gubin” jako rezerwa zasobowa dla nowego zagłębia górnictwo-energetycznego*. Węgiel brunatny 3/80, 2012

5. KASIŃSKI J., SATERNUS A., URBAŃSKI P: *Dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego "Lubsko" w kat. D w miejsc. Lubsko, Rębarz, Budziechów, Chełm Żarski, Dłużek, Dłużek Kolonia, Górzyn, Mierków, Nowa Rola*. Państwowy Instytut Geologiczny, 2010
6. KASZTELEWICZ Z., KLICH J., ZAJĄCZKOWSKI M.: *Główne czynniki przemawiające za zagospodarowaniem złóż z rejonu Nadodrza*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego nr 137. Seria: Inżynieria Środowiska, Zielona Góra, 2010
7. KASZTELEWICZ Z., ZAJĄCZKOWSKI M., PTAK M., MUCHA J., WASILEWSKA-BŁASZCZYK M., KOZIOŁ W., KLICH J., HAŁADUS A., KULMA R., ZDECHLIK R., POLAK K., FLISIAK J., CZOPEK K., SYPNIEWSKI S.: *Uwarunkowania zagospodarowania perspektywicznych złóż węgla brunatnego na przykładzie planowanej wieloodkrywkowej kopalni Gubin-Mosty-Brody*. Wydawnictwa Naukowe AGH, 2011
8. NAWORYTA W., SYPNIEWSKI S.: *Zagospodarowanie złoża węgla brunatnego Gubin – wybrane problemy projektowania kopalni*. Polityka Energetyczna, tom 15, zeszyt 3, Kraków, 2012
9. ZASOBY INTERNETOWE: www.vattenfall.com, www.rwe.com, www.debrive.de, www.ppwb.pl

THE EXTRACTION POTENTIAL OF LIGNITE DEPOSITS IN GUBIN REGION WITH SPECIAL REGARD TO GUBIN- ZASIEKI-BRODY LIGNITE DEPOSIT

S u m m a r y

The thesis presents extraction potential of lignite deposits in Gubin region which include 'Gubin' and 'Gubin-Zasieki-Brody' lignite deposits. Irregular recognition of a deposits has accepted. Documentation of the eastern part of deposits has been done at the least accurate recognition category 'D'. The new boundary of balance coal reserves in 'Gubin' deposits was defined and their potential taking into account Best Available Techniques which are 1100MW power units.

Key words: lignite, Gubin lignite deposit, Gubin-Zasieki-Brody lignite deposit, utilization of deposits

RYSZARD UBERMAN^{*}, WOJCIECH NAWORYTA^{}**

**PROGNOZA KORZYŚCI DLA SPOŁECZNOŚCI I GMIN
GUBIN ORAZ BRODY Z ZAGOSPODAROWANIA ZŁOŻA
WĘGLA BRUNATNEGO GUBIN**

Streszczenie

Budowa nowej kopalni węgla brunatnego jaką jest kopalnia odkrywkowa na złożu Gubin to inwestycja, która w odbiorze społecznym budzi wiele kontrowersji. Obawy społeczności lokalnej związane są z koniecznością relokacji z terenów złoża, przebudową infrastruktury i zmianą sposobów zagospodarowania terenów. Tymczasem inwestycja górnicza wiąże się z pozytywnymi zmianami, które mają charakter wymiernych korzyści ekonomicznych. W artykule na bazie obowiązujących przepisów przedstawiono prognozę korzyści ekonomicznych dla społeczności oraz dla gmin Gubin i Brody wynikających z projektowanego przedsięwzięcia górniczo-energetycznego

Słowa kluczowe: korzyści ekonomiczne, kopalnia węgla brunatnego, złożo Gubin

WSTĘP

O potrzebie i zasadności zagospodarowania złoża węgla brunatnego Gubin decyduje w pierwszej kolejności bilans paliwowo-energetyczny kraju, który w najbliższym okresie wskazuje na konieczność zastąpienia starych i zamortyzowanych jednostek wytwórczych w elektrowniach konwencjonalnych. Eksploatacja złoża Gubin ma znaczenie ponadregionalne, czego wyrazem jest ujęcie jej w krajowych dokumentach strategicznych – w Polityce Energetycznej Polski do 2030 roku [Polityka ... 2009] oraz w koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju [KPZK 2030]. Wpływ na wybór złoża Gubin spośród wielu udokumentowanych złóż węgla brunatnego oprócz uwarunkowań geologiczno-złożowych miały korzystne wyniki analiz i ocen techniczno-ekonomicznych wykazujące opłacalność tej inwestycji.

^{*} Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie

^{**} Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

Zgodnie z obowiązującymi w Polsce przepisami prawa uruchomienie procesu inwestycyjnego wymaga akceptacji społeczeństwa. Wyraża się to w uprawnieniach samorządów do uchwalania miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, w opiniowaniu oraz wydawaniu decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych.

Często społeczność lokalna szczególnie w początkowej fazie planowania jest niechętna lokowaniu inwestycji na własnym terenie. Dotyczy to nie tylko inwestycji górniczo-energetycznych ale generalnie wszystkich inicjatyw o znaczeniu ponadlokalnym tj. lokalizacja autostrady, budowa farm wiatrowych czy spalarni śmieci itp. W odniesieniu do górnictwa w społeczeństwie panuje przekonanie o jego szczególnie negatywnym wpływie na środowisko. Argument ten jest często nadużywany szczególnie przez strony mające konkurencyjny pomysł na zagospodarowanie terenów złożowych. Z budową i funkcjonowaniem kopalni oczywiście wiąże się ingerencja w środowisko naturalne, jednak jest to ingerencja przestrzennie ograniczona i tymczasowa. Po zakończeniu działalności górniczej w wyniku rekultywacji tereny odzyskują swoje przyrodnicze i użytkowe cechy. Niejednokrotnie wartość krajobrazowa, przyrodnicza i użytkowa zrehabilitowanych terenów poeksploatacyjnych jest wyższa niż przed zagospodarowaniem złoża.

Wśród komponentów środowiska, na które kopalnia wywiera wpływ jest również komponent ludzki – społeczność lokalna. Pomijając niektóre niedogodności jakie wiążą się z dużą inwestycją, szczególnie w okresie jej budowy, wpływ ten jest przede wszystkim pozytywny. Niektóre z ewidentnych korzyści związane z zagospodarowaniem złoża węgla brunatnego Gubin jakie na mocy obowiązujących przepisów może uzyskać społeczność lokalna zostały wyszczególnione poniżej. Wykaz ten nie obejmuje korzyści makroekonomicznych i makrospołecznych, w tym płatności publiczno-prawnych. Analiza taka może być przedmiotem odrębnych prac.

Celem górniczego zagospodarowania złoża węgla brunatnego Gubin jest dostarczanie surowca do produkcji energii w elektrowni konwencjonalnej, która zostanie wybudowana w najbliższym sąsiedztwie kopalni na terenie gminy Gubin. W niniejszym artykule ograniczono się wyłącznie do przedstawienia korzyści związanych z budową i funkcjonowaniem kopalni. Należy jednak mieć na uwadze, że istnienie obok kopalni dużego zakładu przemysłowego jakim będzie nowa elektrownia o dużej mocy będzie generować strumień korzyści finansowych dla społeczeństwa, gmin i Skarbu Państwa porównywalne do tych związanych z funkcjonowaniem kopalni.

KORZYŚCI DLA SPOŁECZNOŚCI GMIN GUBIN I BRODY

Złoże Gubin zalega na terenie dwóch gmin – Gubin oraz Brody. Udostępnienie złoża projektuje się w rejonie miejscowości Sękowice w granicach administracyjnych gminy Gubin. Eksploatacja będzie kontynuowana w kierunku południowo-wschodnim obejmując stopniowo swoim zasięgiem także tereny gminy Brody. Wyrobisko końcowe będzie usytuowane częściowo na terenie gmin Gubin a częściowo na terenie gminy Brody. Ze względu na położenie złoża oraz projektowany zasięg wyrobiska obydwie gminy będą miały podobny udział w korzyściach płynących z jego eksploatacji.

Korzyści z zagospodarowania złoża węgla brunatnego Gubin mają charakter bezpośredni jak i pośredni. Większość z nich ma wymiar pieniężny.

Główne wymierne korzyści dla społeczności wymienionych gmin wynikają z dwóch powodów, a mianowicie:

- wzrostu zatrudnienia i to zarówno w fazie inwestycyjnej jak i eksploatacyjnej,
- tzw. efektu mnożnikowego, czyli z faktu, że dochody zatrudnionych przełożą się na wzrost popytu na usługi świadczone przez lokalne podmioty, co z kolei zwiększy ich przychody.

Budowa kopalni, a po zakończeniu procesu inwestycyjnego jej funkcjonowanie wymagać będzie utrzymania ruchu zakładu górniczego. Przyjmując, że przeciętne zatrudnienie w kopalni wynosić będzie ok. 2 tys. osób, a przeciętne wynagrodzenie w branży górnictwa węgla kamiennego i brunatnego w 2010r. wynosiło 5 836,68 zł/m-c [GUS 2011], to dochody z tytułu płac kształtować się będą na poziomie 140 mln zł/rok.

Sytuacja ta trwać będzie przez około 45 lat funkcjonowania kopalni. Do tego należy dodać dochody z tytułu wynagrodzenia zatrudnionych w procesie inwestycyjnym (ok. 15 lat) jak i w procesie likwidacji kopalni (ok. 10 lat).

Korzyści wynikające z dochodów ludzi zatrudnionych w kopalni należy powiększyć o wartość wspomnianego wcześniej efektu mnożnikowego. Przyjmując jego wysokość na poziomie 1, co zgodnie z zaleceniami Unii Europejskiej odnoszącymi się do obliczania społecznych korzyści z realizacji projektów inwestycyjnych jest wartością najbardziej konserwatywną, dochody społeczności lokalnej z tytułu budowy, funkcjonowania i likwidacji kopalni wyniosą szacunkowo 280 mln zł/rok przez okres ok. 70 lat.

Istotną korzyścią dla miejscowej ludności będzie możliwość zatrudnienia w firmach budujących kopalnię i elektrownię lub w kopalni, elektrowni i innych firmach obsługujących te dwa podstawowe podmioty po okresie inwestycyjnym. W branży górniczej i energetyce ze względu na specyfikę produkcji zatrudnia się specjalistów jednak firmy te potrzebują przede wszystkim pracowników o kwalifikacjach niespecjalistycznych. W kopalniach węgla brunatnego zatrudniani są pracownicy reprezentujący zawody nie związane ściśle z górnictwem.

twem tj. kierowca, kierowca samochodu ciężarowego, operator koparki jedno-
naczyniowej, operator dźwigu, operator spycharki, operator przenośnika, elek-
tryk, mechanik, ślusarz jak również robotnicy niewykwalifikowani. Dla zaspoko-
jenia potrzeb kadrowych kopalnie we własnym zakresie prowadzą szkolnic-
two zawodowe i kursy dające uprawnienia do wykonywania wielu zawodów.

Obecnie gminy Gubin i Brody cechują się wysokim bezrobociem, które mo-
że ulec widocznemu zmniejszeniu po wybudowaniu zespołu górniczo-
energetycznego, a teren gmin i tereny przyległe zostaną zaktywizowane gospo-
darczo i społecznie. Inwestycja górniczo-energetyczna nie tylko stworzy nowe
miejsca pracy dla przyjezdnych, ale przede wszystkim stworzy możliwość za-
trudnienia dla ludności miejscowej. Spowoduje też potrzebę funkcjonowania
wielu inwestycji, firm i obiektów o charakterze kulturalnym, usługowo-
handlowym, co w sposób istotny wpłynie na ożywienie regionu, który obecnie
znajduje się w stadium stagnacji [Naworyta i Badera 2012].

KORZYŚCI DLA BUDŻETÓW GMIN GUBIN I BRODY

Aby pozostać tylko przy konkretnych, wymiernych korzyściach, jakie mogą
być udziałem gmin w wyniku eksploatacji złoża węgla brunatnego Gubin, wy-
mienić należy następujące:

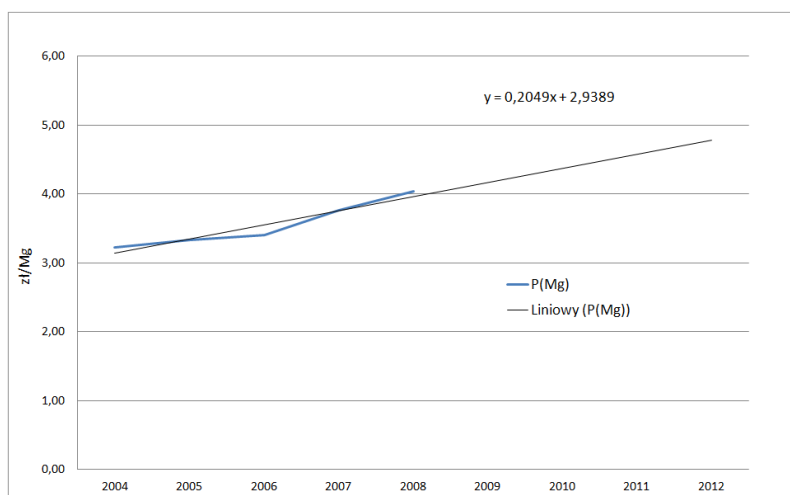
- wpływy z podatku od nieruchomości i środków transportowych,
- partycypowanie gmin we wpływach z opłaty eksploatacyjnej,
- partycypowanie gmin we wpływach z podatku dochodowego od osób praw-
nych,
- partycypowanie gmin we wpływach z podatku dochodowego od osób fi-
zycznych,
- partycypowanie gmin we wpływach z opłat za korzystanie ze środowiska.

Wymienione dochody gmin usankcjonowane są ustawowymi przepisami, i
tak:

- gmina otrzyma całość podatku od nieruchomości zgodnie z ustawą z dnia 12
stycznia 1991 r. o podatkach i opłatach lokalnych (Dz. U. Nr 2010.95.613 ze
zm.). Dla przykładu podatek od nieruchomości gruntowej użytkowanej na
cele gospodarcze za 2012 r. może osiągnąć maksymalną wartość 0,84 zł za
m²;
- udział gminy w opłacie eksploatacyjnej wynosi 60% (art. 141 pkt 1 ustawy
z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze, Dz. U. Nr
2011.163.981);
- udział gminy w podatku dochodowym od osób prawnych wynosi 6,71% (art.
4 pkt 3 ustawy z dnia 13 listopada 2003 r. o dochodach jednostek samorządu
lokalnego, Dz. U. Nr 2003.203.1996 ze zm.);

- udział gmin w podatku od osób fizycznych wynosi 36,49% (art. 4 pkt 2 z uwzgl. art. 89 ustawy z dnia 13 listopada 2003 r. o dochodach jednostek samorządu lokalnego, Dz. U. Nr 2003.203.1966 ze zm.);
- gmina otrzyma całość podatku od środków transportowych, którego wartość reguluje wymieniona wyżej ustawa o podatkach i opłatach lokalnych;
- gminy partycypują także w opłatach za gospodarcze korzystanie ze środowiska (pobór wód, odprowadzanie wód i ścieków, składowanie odpadów, co regulują przepisy ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. Nr 2001.62.627). Wpływy z tych opłat stanowią przychody NFOŚiGW, wojewódzkich funduszy ochrony środowiska oraz w pewnej części dochody budżetu powiatów i gmin.

Szacunkowe roczne wpływy z tytułu wymienionych wyżej podatków tylko z kopalni eksploatującej węgiel brunatny ze złoża Gubin mogą osiągnąć poziom 81,3 mln zł rocznie (na poziomie cen z 2012 r.). Kwota ta została oszacowana na podstawie informacji o opłatach i podatkach na rzecz gmin z polskich kopalń węgla brunatnego za lata 2004-2008 [Informacja ... 2009]. Do jej obliczenia zastosowano wskaźnik wysokości łącznych opłat i podatków dla gmin w przeliczeniu na tonę wydobycia węgla $P(Mg)$, wynikający z danych historycznych i linii trendu, w wysokości 4,78 zł/Mg (rys. 1) oraz planowaną wielkość wydobycia węgla ze złoża Gubin na poziomie 17 mln Mg.



Rys. 1. Wskaźnik $P(Mg)$ wysokości opłat i podatków na rzecz gmin w branży górnictwa węgla brunatnego w Polsce w latach 2004-2008 z linią trendu do roku 2012 w odniesieniu do wielkości wydobycia węgla (na podstawie [Informacja ... 2009])

Fig. 1. The $P(Mg)$ Factor of fees and taxes paid by Polish lignite mines to municipalities between 2004 and 2008 with trend line till 2012 in relationship to lignite production (based on [Informacja ... 2009])

Oszacowane dochody gmin wynikające z zagospodarowania złoża Gubin są realne do osiągnięcia. Wiarygodność szacunków potwierdzają budżety trzech wybranych gmin, w granicach których prowadzona jest eksploatacja węgla brunatnego – Kleszczów (KWB Bełchatów), Bogatynia (KWB Turów), Kleczew (KWB Konin). Udział poszczególnych podatków i opłat w dochodach łącznych w 2010 r. kształtował się następująco:

- podatek od nieruchomości od osób prawnych stanowił od 37 do 55%,
- wpływy z opłaty eksploatacyjnej od 9 do 20%,
- podatek od osób prawnych od 1 do 7%,
- podatek od osób fizycznych od 2 do 13% [Uchwały RG: LXII/372/10, XL/408/10, XXXIII/346/09].

Kopalnia eksploatująca złoża Gubin będzie kopalnią dużą usytuowaną w granicach dwóch gmin, zatem korzyści ludności i samorządów powinny być porównywalne z korzyściami jakie odnoszą gminy Kleszczów, Bogatynia i Kleczew.

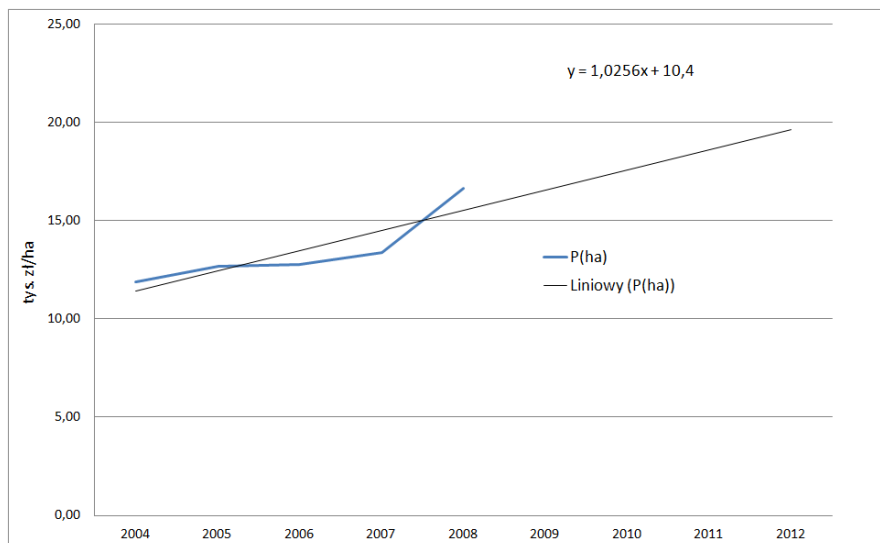
Z przedstawionych wyżej danych o strukturze dochodów gmin wynika, że największy udział w budżetach stanowią przychody z tytułu podatków od nieruchomości (37-55%), dopiero na drugim miejscu znajdują się wpływy z tytułu opłaty eksploatacyjnej (9-20%). Nie jest to zaskakujące – kopalnie węgla brunatnego w zależności od charakteru złóż i wielkości wydobywania zajmują duże powierzchnie terenu od 2500 do 6500 ha. Na łączny areal składają się nie tylko tereny czynnej eksploatacji (wytwarzisko, zwałowisko) ale również tereny przedpola kopalni, tereny podlegające rekultywacji i tereny zaplecza.

Z informacji o strukturze dochodów gmin wynika konieczność weryfikacji przedstawionej wyżej prognozy opartej na wskaźniku odnoszącym się do rocznego wydobywania P(Mg). Prognozę alternatywną można wykonać w oparciu o wskaźnik opłat i podatków jednak w odniesieniu do powierzchni terenu zajmowanego przez kopalnię P(ha). Kształtowanie się wskaźnika P(ha) w latach wraz z trendem liniowym i prognozą na rok 2012 przedstawiono na rys. 2.

Samo wytwarzisko eksploatacyjne w projektowanej kopalni węgla na złożu Gubin w zależności od stadium eksploatacji będzie zajmowało powierzchnię od 1200 do 2800 ha. Biorąc jednak pod uwagę konieczność zajęcia terenu pod zwałowisko, infrastrukturę, przedpole odkrywki oraz tereny znajdujące się w procesie bieżącej rekultywacji stan posiadania terenów w kopalni będzie się wahał między 3500 a 4500 ha rocznie. Jest to areal odpowiadający kopalni dużej, porównywalny z kopalnią Konin, Turów czy Bełchatów. Na podstawie tych założeń wykorzystując wskaźnik P(ha), który w roku 2012 przyjmuje wysokość 19,63 tys. zł/ha (rys. 2), można oszacować wielkość dochodów gmin z tytułu funkcjonowania kopalni na poziomie od 68,7 do 88,3 mln zł rocznie (poziom cen z 2012 r.).

Wyniki prognoz dochodów gmin z tytułu eksploatacji węgla ze złoża Gubin oparte o wskaźnik odniesiony do wielkości wydobywania P(Mg) i wskaźnik odnie-

siony do wielkości zajmowanego terenu $P(\text{ha})$ są podobne. Na ich podstawie z dużym prawdopodobieństwem można szacować łączne wpływy do budżetów gmin Gubin i Brody na poziomie poziom 70-80 mln zł rocznie.



Rys. 2. Wskaźnik $P(\text{ha})$ wysokości opłat i podatków na rzecz gmin w branży trendu górnictwa węgla brunatnego w Polsce w latach 2004-2008 z linią trendu do roku 2012 w odniesieniu do zajmowanej powierzchni (na podstawie [Informacja ... 2009])
 Fig. 2. The $P(\text{ha})$ Factor of fees and taxes paid by Polish lignite mines to municipalities between 2004 and 2008 with trend line till 2012 in relationship to occupied area (based on [Informacja ... 2009])

INNE KORZYŚCI

Za budową kopalni i elektrowni na złożu Gubin przemawiają też inne argumenty o charakterze makroekonomicznym i makrospołecznym. Wśród nich wymienić należy między innymi płatności publiczno-prawne uiszczane na podstawie obowiązujących przepisów. Do tych płatności należą:

- podatek od osób prawnych i fizycznych na rzecz Skarbu Państwa,
- podatek VAT,
- ubezpieczenia społeczne, zdrowotne,
- Fundusz Gwarantowanych Świadczeń Pracowniczych i Fundusz Pracy,
- część opłaty eksploatacyjnej i opłat za korzystanie ze środowiska na rzecz NFOŚiGW, wojewódzkich funduszy ochrony środowiska, powiatów itd.

Kopalnie i elektrownie zatrudniające w sumie kilka tysięcy osób są dużymi płatnikami należności publiczno-prawnych. Do niedawna wszystkie kopalnie węgla brunatnego jako spółki Skarbu Państwa zasilają budżet wypłatami dywidend. Należy podkreślić, że branża węgla brunatnego po okresie transformacji należała przez cały czas do branż niedeficytowych.

Szczegółowa wycena korzyści z zagospodarowania złoża węgla brunatnego Gubin zwłaszcza w skali makro wykracza poza ramy niniejszego artykułu i wymaga oddzielnej pracy.

OPŁATY Z TYTUŁU ZAJMOWANIA PRZEZ KOPALNIE TERENÓW ROLNYCH I LEŚNYCH

Przy okazji omawiania celowości zagospodarowania złóż węgla brunatnego zachodzi potrzeba obalenia mitu, eksponowanego często w polemikach, na temat strat w plonach i drzewostanach spowodowanych zajęciem terenów rolnych i leśnych pod wyrobisko odkrywkowe. Pomija się przy tym wysokie opłaty jakie wnoszone są przez kopalnie na mocy ustawy z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz. U. Nr 1995.16.78 ze zm.). Opłaty za wyłączenie z produkcji gruntów rolnych stanowią dochód budżetu województwa i są gromadzone na odrębnym rachunku bankowym. Zgodnie z wymienioną ustawą ze środków tych finansowane są: ochrona, rekultywacja i poprawa jakości gruntów rolnych. Dotyczy to jednak tylko tych gruntów, które utraciły bądź zmniejszyły wartość użytkową wskutek działalności nieustalonych osób (kopalnia na mocy ustawy swoje grunty rekultywuje sama z własnych środków). W pierwszej kolejności realizuje się zadania w gminach, w których powstają te dochody. Podobne postępowanie dotyczy gruntów leśnych.

Niezależnie od wyżej wymienionych opłat z tytułu zmiany sposobu użytkowania, za pozyskiwane na drodze umów cywilno-prawnych nieruchomości gruntowe kopalnie płacą właścicielom nieruchomości kwoty równe cenom rynkowym.

Dla zobrazowania proporcji strat z tytułu zaniechania upraw rolnych w stosunku do wielkości opłat ponoszonych przez kopalnie przeprowadzono prostą symulację.

Przykładowo – z 1 ha średniej klasy gruntu można uzyskać rocznie ok. 2,4 ton żyta [Wynikowy szacunek ... 2011], co przy cenie jednostkowej 741,8 zł/t [Komunikat ... 2011] stanowi przychód w wysokości 1 780 zł. Przez założony na potrzeby przykładu okres wyłączenia gruntów z produkcji rolnej wynoszący 11 lat przychód z uprawy żyta wyniesie 19 580 zł/ha.

W przypadku trwałego zajęcia terenów np. pod eksploatację węgla opłata za wyłączenie z produkcji rolnej 1 ha średniej klasy gruntu (przyjęto klasę bonitacyjną IIIb) wyniesie jednorazowo 262 305 zł/ha (jest to tzw. należność). Przez

10 kolejnych lat inwestor zobowiązany jest uiszczać opłatę roczną w wysokości 10% należności czyli 26 230 zł/ha. Przez 11 lat opłaty z tytułu wyłączenia 1 ha średniej klasy gruntu z produkcji rolnej wyniosą zatem 524 610 zł. Kwota ta przewyższa niemal 30-krotnie obliczony wyżej przychód z tytułu uprawy żyta. A zatem suma należności i opłat w wymiarze finansowym pokrywa z ogromną nadwyżką straty wynikające z wykorzystania gruntów rolnych na cele eksploatacji górniczej.

Ponieważ środki jakie kopalnia wnosi z tytułu wyłączenia gruntów z produkcji rolnej lub leśnej przeznaczane są na cele rolnicze i leśne, można zaryzykować twierdzenie, że bilans po stronie ekologiczno-rolniczej nie tylko w wymiarze finansowym ale również w wymiarze rzeczowym jest wyraźnie dodatni.

Należy też podkreślić, że mimo wyżej wymienionych opłat kopalnie na mocy przepisów ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych są zobowiązane do przywrócenia lub nadania wartości użytkowych gruntom zdegradowanym lub zdewastowanym w wyniku prowadzonej eksploatacji czyli do ich rekultywacji. Prawnym i finansowym zabezpieczeniem wykonania obowiązków rekultywacyjnych jest Fundusz Likwidacji Zakładu Górniczego tworzony obowiązkowo na mocy Prawa geologicznego i górniczego jako coroczny odpis w wysokości nie mniejszej niż równowartość 10% opłaty eksploatacyjnej (Art. 128 Prawa geologicznego i górniczego). Samorządy terytorialne uzgadniając koncesję na wydobywanie kopaliny ze złoża mają możliwość decydowania o wysokości tego odpisu, by zapewnić naprawę skutków działalności górniczej po zakończeniu eksploatacji.

W świetle powyższego nie ma żadnych podstaw aby brak akceptacji dla eksploatacji kopaliny ze złoża argumentować stratami w plonach upraw rolnych i leśnych. Wieloletnie doświadczenia i obecna praktyka branży górnictwa węgla brunatnego pokazują również, że w wielu przypadkach gruntom zajęтым pod eksploatację udaje się przywrócić a nawet zapewnić wyższą klasę bonitacyjną niż ta, którą cechowały się one przed rozpoczęciem eksploatacji. Na części terenów pogórnich stworzono nowe wartości użytkowe oczekiwane przez społeczeństwo, na które i tak należałoby zająć bezpowrotnie grunty w tym czy innym miejscu.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Eksploatacja węgla brunatnego i produkcja energii elektrycznej są w polskich warunkach niezbędne dla rozwoju gospodarczo-społecznego kraju. Działalność ta nie jest obojętna dla środowiska i wywołuje straty, które w większości udaje się z powodzeniem naprawić.

Bilans korzyści i strat spowodowanych budową i funkcjonowaniem zespołu górniczo-energetycznego opartego o węgiel brunatny jest dodatni, zarówno w skali makro jak i mikroekonomicznej.

W artykule wyszczególniono ewidentne korzyści w wymiarze pieniężnym, jakie mogą uzyskać mieszkańcy i samorządy gmin z faktu budowy i funkcjonowania kopalni i elektrowni na ich terenie. W szczególności:

- zwiększy się zatrudnienie,
- wzrosną dochody bezpośrednie i dochody ludności z tzw. efektu mnożnikowego,
- wyraźnie wzrosną dochody budżetów gmin,
- wzrosną też dochody budżetu Państwa z tytułu płatności publiczno-prawnych,
- należności i opłaty roczne za wyłączenie gruntów z produkcji rolnej i leśnej oraz środki na likwidację kopalni i rekultywację terenów po działalności górniczej w odkrywkowych kopalniach węgla brunatnego są zabezpieczone od strony prawnej i finansowej.

Wykazane korzyści dla społeczności lokalnej i samorządów w połączeniu z efektywnością ekonomiczną inwestycji górniczo-energetycznej opartej o węgiel brunatny ze złoża Gubin przemawiają za celowością budowy kopalni i elektrowni.

LITERATURA

1. Informacja Porozumienia Producentów Węgla Brunatnego za lata 2004-2008, 2009
2. Komunikat Prezesa Głównego Urzędu Statystycznego z dnia 19 października 2011r. w sprawie średniej ceny skupu żyta za okres pierwszych trzech kwartałów 2011 r.
3. KPZK, Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030. Załącznik do Uchwały Nr 239 Rady Ministrów z dnia 13 grudnia 2011 r., Monitor Polski 2012, poz. 252
4. NAWORYTA W., BADERA J.: *Diagnoza uwarunkowań społeczno-gospodarczych dla projektowanego zagospodarowania złoża Gubin*, Polityka Energetyczna, IGSMiE PAN, Kraków 2012
5. NAWORYTA W., SYPNIEWSKI SZ.: *Zagospodarowanie złoża węgla brunatnego Gubin – wybrane problemy projektowania kopalni*, Polityka Energetyczna, IGSMiE PAN, Kraków 2012
6. Polityka energetyczna Polski do 2030 roku, Załącznik do uchwały nr 202/2009 Rady Ministrów z 10 listopada 2009r.
7. GUS, Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej, 2011 r., Rok LXXI, Warszawa

8. UBERMAN R., NAWORYTA W.: *Eksploracja złóż węgla brunatnego w warunkach ograniczeń przestrzennych i ekologicznych, studium przypadku złoża Gubin*, Polityka Energetyczna, IGSMiE PAN, Kraków 2012
9. Uchwała nr LXII/372/10 Rady Gminy i Miasta Bogatynia z dnia 29 stycznia 2010 r. w sprawie uchwalenia budżetu Gminy i Miasta Bogatynia na 2010 r.
10. Uchwała nr XL/408/10 Rady Gminy Kleszczów z dnia 6 stycznia 2010 r. w sprawie uchwalenia budżetu Gminy Kleszczów na 2010 r.
11. Uchwała nr XXXIII/346/09 Rady Miejskiej w Kleczewie z dnia 29 grudnia 2009 r. w sprawie budżetu Gminy Kleczew na 2010 r.
12. Wynikowy szacunek produkcji głównych ziemiopłodów rolnych i ogrodnich w 2011 r. Główny Urząd Statystyczny, Portal Informacyjny, data publikacji 19 grudnia 2011 r.

PROGNOSIS OF ECONOMIC BENEFITS RESULTING FROM THE PLANNED MINING AND ENERGY INVESTMENT FOR THE COMMUNITY AND FOR GUBIN AND BRODY MUNICIPALITIES

S u m m a r y

Construction of a new lignite mine, like the planned open-pit mine located on Gubin lignite deposit, is an investment that in society's reception is highly controversial. The local community's fears are related to relocation from the deposit's area, reconstruction of the infrastructure and alteration of previous functions of the land. Meanwhile, the mining investment is associated with positive changes which have the character of measureable economic benefits. Basing on the laws currently in force, a prognosis of economic benefits resulting from the planned mining and energy investment for the community and for Gubin and Brody municipalities has been presented

Key words: economic benefits, lignite mine, Gubin deposit

ROBERT ZIELONKA***ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ I BEZPIECZEŃSTWO
W OBRĘBIE RYZYKA EKOLOGICZNEGO***Streszczenie*

Zrównoważony rozwój nie ma jednoznacznej definicji i jest różnie rozumiany, choć w większości odnoszony jest do środowiska. Koniecznym wydaje się takie wykorzystywanie zasobów naturalnych, aby szedł za nim postęp gospodarczy i jednocześnie jak najmniejszy uszczerbek dla otoczenia naturalnego. Rozwój dla dobrobytu ludzi jest niezbędny, należy dążyć by był zrównoważony, choć proces ten nie jest łatwy.

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, ochrona środowiska

WPROWADZENIE

Koncepcja zrównoważonego rozwoju jest dość młodą, patrząc historycznie, lecz odgrywa coraz większą rolę w postrzeganiu przyszłych zależności między człowiekiem a środowiskiem w którym żyje. W ogólnej postaci jako „trwały i zrównoważony rozwój” przedstawiona została w tzw. Raporcie Brundtland

Światowej Komisji Środowiska i Rozwoju ONZ w 1987 r. [Kosmicki 2007], gdzie definiuje się ją następująco: „Trwały rozwój służy zaspokojeniu potrzeb bieżących bez ponoszenia ryzyka, że przyszłe pokolenia nie będą mogły zaspokajać swoich potrzeb”. W dalszym ciągu aktualne są zaproponowane przez H. Daly'ego „reguły zarządzania” dla zrównoważonego rozwoju [Kosmicki 2007]:

1. stopa wykorzystania odnawialnych zasobów nie powinna przekraczać ich stopy regeneracji;
2. stopa wykorzystania nieodnawialnych surowców nie powinna przewyższać odbudowy odnawialnych surowców;
3. stopa emisji szkodliwych substancji nie powinna przewyższać naturalnej pojemności w zakresie absorpcji szkodliwych substancji.

* Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny

Odrębnym zagadnieniem jest ich wprowadzenie i przestrzeganie w życiu, co jak widzimy w obecnym świecie nie znajduje miejsca. Wynika to z prozaicznego powodu chęci bogactwa i wysokiego standardu życia, aby go osiągnąć trzeba zużywać bogactwa naturalne, przez co tworzymy odpady. Jak stwierdził J. S. Mill [Mill 1965] – możliwe jest zmuszenie sił przyrody do służenia w coraz większym stopniu fizycznemu i moralnemu dobru. Wybitny znawca międzynarodowej polityki ochrony środowiska z King's College twierdzi [Papuźński 2011]: Od czasów pionierskich rozważań Komisji Brundtland, wyrażenie „zrównoważony rozwój” było stosowane na różne sposoby, w zależności czy używano go w kontekście akademickim, planowania, biznesu czy polityki środowiskowej. W wyniku tego, w ciągu ostatnich dwudziestu lat mogliśmy spotkać się z kilkoma dyskusjami na temat zrównoważonego rozwoju, z których część wzajemnie się wyklucza. Widzimy zatem, że pogodzenie dobra człowieka, a dobra przyrody nie jest łatwe, człowiek jednak by to osiągnąć stosuje różne interpretacje zrównoważonego rozwoju.

W województwie lubuskim, jak i w wielu rejonach kraju większy rozwój gospodarczy jest pożądanym, jedną z branż mogących na niego wpłynąć jest branża wydobywcza [Strategia rozwoju województwa lubuskiego 2020; 2012], bazująca na naturalnych złożach – pokłady węgla brunatnego (Gubin, Brody), ropa naftowa, gaz ziemny (północna część województwa). W takich branżach największym ryzykiem jest ryzyko ekologiczne, choć nie mniej ważne są gospodarcze, zdrowotne czy przestrzenne.

Zrównoważony rozwój oznacza więc proces prowadzący do ukształtowania się stacjonarnego stanu gospodarki i społeczeństwa, który uwzględnia podstawowe wymogi ekonomiczne i społeczno-kulturowe przy zachowaniu przyrodniczych podstaw gospodarki i społeczeństwa [Kosmicki 2007]. Trafnie ujęte słowo-podstaw, gdyż obecnie podejmowane działania np. sukcesywnie rekultywacja terenów pogórnich i ich zagospodarowanie pozwala nadawać tym terenom nowe funkcje (fot.1) [Mrówczyńska i in. 2009], choć oczywiście inne niż pierwotnie i nie tak szybko jakbyśmy tego oczekiwali. Dyskusje na temat zrównoważonego rozwoju trwają wiele lat, a ciągle nie ustalono wspólnych zasad i definicji na tle międzynarodowym, wynika to z faktu odmiennych interesów i wychodzenia od innych założeń.

Górnictwo odkrywkowe węgla brunatnego zdecydowanie wpływa na zmiany stosunków wodnych, dlatego też ochrona środowiska [Mrówczyńska i in. 2009] uwzględniana jest na etapie prac koncepcyjnych i projektowych przyszłej eksploatacji oraz przedsięwzięć inwestycyjnych, dzięki czemu minimalizuje się niekorzystne skutki. Podstawowe cele ochrony przyrody [Siuta 2005] to, m.in. utrzymanie procesów ekologicznych i stabilności ekosystemów, zapewnienie ciągłości istnienia gatunków roślin, zwierząt i grzybów wraz z ich siedliskami, zachowanie bioróżnorodności, ochrona walorów krajobrazowych, zieleni w miastach i wsiach oraz edukacja ekologiczna.



*Fot. 1. Zrekultywowane zwałowisko zewnętrzne kopalni Turów
[Mrówczyńska i in. 2009]*
*Phot. 1. Remediated dumping ground of Turow external coalmine
[Mrówczyńska et al. 2009]*

Kolejnym problemem do rozwiązania jest zrównoważone wykorzystanie materiałów, wody i energii. Stabilność środowiska jest zagrożona, a warunkiem co najmniej utrzymania obecnego stanu środowiska jest racjonalne wykorzystywanie jego zasobów. Miasta mają programy ochrony środowiska i tak np. miasto Zielona Góra jako nadrzędny cel obrało *[Program Ochrony Środowiska Miasta Zielona Góra]: Zmierzanie do zrównoważonego rozwoju Zielonej Góry, który sprzyja harmonizacji rozwoju gospodarczego i społecznego miasta z ochroną zasobów środowiska naturalnego*. To ogólne stwierdzenie, jednakże zawiera ważne słowa o rozwoju społecznym, a nie tylko gospodarczym, gdyż powinniśmy ponosić częściowe negatywne skutki, tylko i wyłącznie z myślą o dobru dla ogółu społeczeństwa zamieszkującego dany obszar. Wśród impulsów rozwojowych dla województwa lubuskiego [Greinert 2012] na szczególną uwagę zasługuje powstanie dużego lokalnego dostawcy energii elektrycznej i ciepłej. Wszystko to implikuje ryzyka w obrębie poczynionych działań, ważnym jest staranność w planowaniu inwestycji z zachowaniem zrównoważonego rozwoju.

Przedstawiono ogólną koncepcję zrównoważonego wzrostu, przeciwstawiając jej obecne doświadczenia, dochodząc do wniosku, iż nie jest ona jednoznaczna, a implementacja niektórych założeń może być kosztowna i długotrwała (np. rekultywacja terenów). Po mimo tego, stosowanie zrównoważonego rozwoju jest niezbędne dla równomiernego i długookresowego rozwoju, który jest potrzebny w wielu rejonach kraju, w tym w woj. lubuskim. Wydaje się, że należy podjąć działania prorozwojowe, choć obarczone ryzykiem, niosą pozytywne dochodowe skutki dla lokalnych mieszkańców.

LITERATURA

1. GREINERT A.: *Węgiel brunatny szansą dla rozwoju województwa lubuskiego*, <http://www.ppwb.org.pl/wb/80/4.php> (10.11.2012)
2. KOSMICKI E.: *Koncepcja zrównoważonego rozwoju a idea „stanu stacjonarnego”*, Optimum – Studia Ekonomiczne nr 2 (34), 2007
3. MILL J. S.: *Zasady ekonomii politycznej i niektóre jej zastosowania do filozofii społecznej*, t. I, Warszawa 1965
4. MRÓWCZYŃSKA H. i inni: *Działania PGE KWB Turów S.A. ograniczające niekorzystne oddziaływanie na środowisko w kontekście polityki zrównoważonego rozwoju*, Mat. Symp. . Bogatynia 2009
5. PAPUZIŃSKI A.: *Realizacja zrównoważonego rozwoju*, Problemy Ekoro-zwoju, 1/2011
6. Program Ochrony Środowiska Miasta Zielona Góra, załącznik do uchwały nr NR XXX/281/04 z dnia 28 września 2004 r. Rady Miasta Zielona Góra.
7. SIUTA J.: *Kształtowanie i ochrona środowiska. Uwarunkowania przyrodnicze, techniczne i społeczno-ekonomiczne*, Inżynieria ekologiczna nr 11, Warszawa 2005

SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND SAFETY OF THE ENVIRONMENTAL RISK

S u m m a r y

Sustainable development has not a clear definition and is understood in different ways, although most of it refers to the environment. It seems essential to use natural resources *so that* economic progress can follow *and at the same time* little damage to the natural environment could be done. Development for human well-being *is* necessary, *but we must remember it should also be sustainable*, although the process is not easy.

Key words: sustainable development, environmental protection

GRZEGORZ PODRUCZNY*, ARKADIUSZ ROJNA**

**POWODZIE W REJONIE SŁUBIC I ICH WPŁYW
NA KSZTAŁTOWANIE PROCESÓW FILTRACJI**

Streszczenie

Artykuł ma celu przedstawienie wybranych zagadnień związanych występowaniem powodzi w rejonie Frankfurtu nad Odrą i Słubic. W aspekcie historycznym przedstawiono genezę rozwoju doliny Odry i koryta rzecznego na przestrzeni ostatnich tysiącleci. Ukazano także wezbrania powodziowe od XVIII ÷ XXI w., wpływ fali powodziowej i miejsca uszkodzeń obwałowań.

Słowa kluczowe: powódzie, Słubice, wezbranie powodziowe

HISTORIA POWODZI

Powódzie w rejonie Słubic występowały zawsze. Świadczą o tym zapisy historyczne, chociaż miasto Słubice widniało w nich pod różnymi nazwami:

- do 1945 r. – jako Frankfurt nad Odrą i dzielnica Dammvorstadt,
- od 1945 r. – jako Słubice.

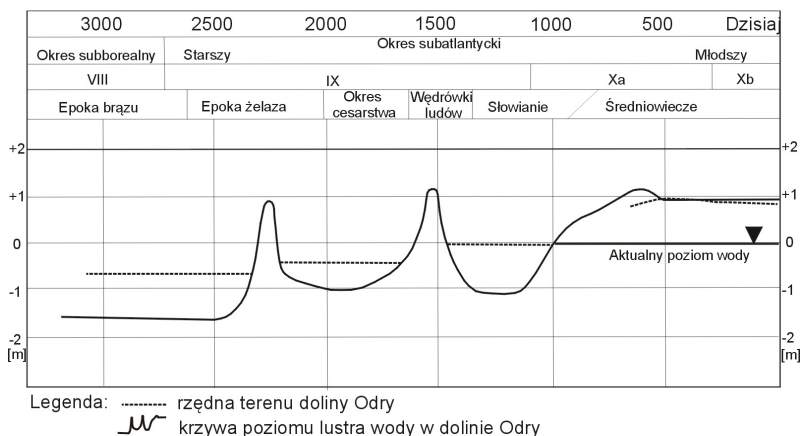
W analizowanym rejonie nie byłoby zagrożenia powodziowego, gdyby nie historyczna lokacja miasta nad Odrą – wskutek znacznego rozwoju gospodarczego Frankfurt uzyskał prawa miejskie w lipcu 1253 r. [Sachse 1830, Targiel 1994]. Poziom wody w Odrze wielokrotnie się tutaj zmieniał (rys. 1). Rzeka albo płynęła całą szerokością doliny, albo ową dolinę wypełniały liczne mokradła, bagna i strumienie [Huth 1975].

Mieszkańcy regionu sukcesywnie dokonywali umacniania brzegów Odry, m. in. w celu zbudowania przyczółku pod przeprawę łodziami, a następnie – pod drewniany most [Targiel 1994]. Zadanie to rozpoczęto poprzez mozolne i stopniowe formowanie nasypów z gruntów antropogenicznych, szczególnie na wschodnim brzegu Odry, w rejonie dzisiejszego mostu granicznego. Dowodem

* Collegium Polonicum, Słubice

** doktorant inżynierii środowiska; Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

tych działań jest stwierdzenie w aktualnych badaniach podłoża gruntowego licznych gruntów antropogenicznych.



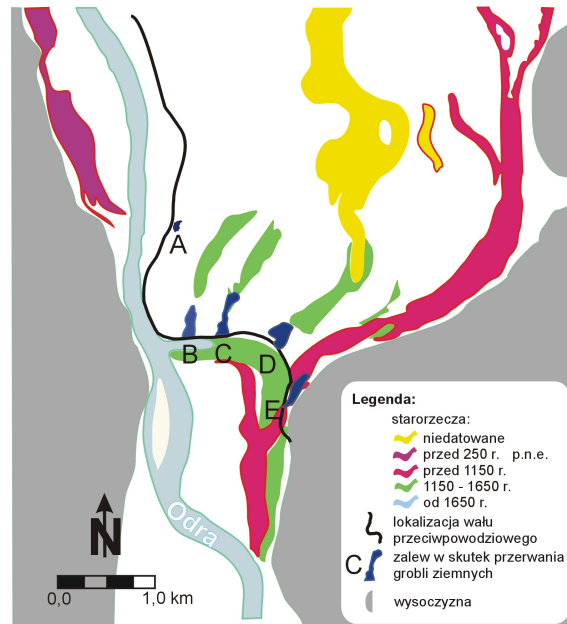
Rys. 1. Wahania poziomu Środkowej Odry na przestrzeni ostatnich tysiącleci
 [opracowano wg Brose 1998]

Fig. 1. Water level fluctuation in Middle Odra over the last millennia
 [prepared by Brose 1998]

Wyraźne rozdzielanie wałami przeciwpowodziowymi starorzecza i zarazem starego koryta Odry można datować na ok. 1200 r., a obecne umiejscowienie koryta rzeki na ok. 1650 r. [Brose 1988]. Na podstawie analizy zapisów historycznych należy wnioskować, że Odra sukcesywnie próbowała odzyskać dostęp do swoich pra-koryt i szerokiego, naturalnego rozlewiska. I tak rzeka ciągle dawała o sobie znać podczas każdej powodzi, uszkadzając lub przerywając wały przeciwpowodziowe, jakie człowiek zbudował w tym obszarze dla powiększenia swojego terytorium siedliskowego. Najczęstsze przerwania wałów ochronnych (rys. 2) miały miejsce w punktach, gdzie wały zostały posadowione na starorzeczach [Kołodziejczyk 2002].

Sytuacja ta dotyczyła w szczególności kolejnych wezbrań powodziowych, jakie miały miejsce w 1701 r., 1736 r. i 1785 r. [Spiegelberg 1999].

Podczas wiosennej powodzi w kwietniu 1785 r. pęknięciu uległ fragment obwałowania chroniącego przedmieście Frankfurtu i zalaniu uległa cała prawobrzeżna dzielnica miasta (dzisiejsze Słubice). W efekcie przerwania wałów Odra przetransportowała i nagromadziła wówczas warstwę różnoziarnistych piaskówo mączszości ponad 1,8 m [Schulz 1998 za Seidel 1785 i Hausen 1785]. Wskutek wysokiej fali wezbraniowej nastąpiło także obsunięcie się zachodniego zbocza krawędzi Wysoczyzny Lubuskiej (w pobliżu aktualnej lokalizacji stadionu przy ul. Sportowej wzdłuż wału letniego, w kierunku N od wału zimowego).



Rys. 1. Rozwój koryta Odry na przestrzeni ostatnich 2.200 lat w rejonie Stubic
[wg Brose 1998, uzupełniony przez autorów]

Fig. 2. Development of Odra riverbed over last 2.200 years near Stubic
[by Brose 1998, supplemented by authors]

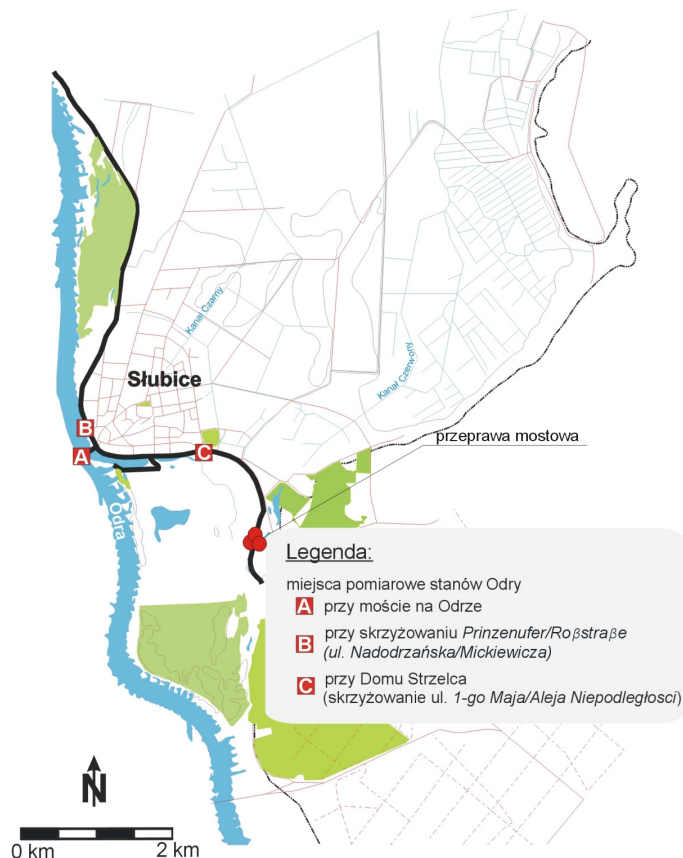
Odbudowa miasta i usuwanie skutków wiosennej powodzi z 1785 r. zostały ukończone dopiero 20 lat później, tj. w 1805 r. [Schulz 1998]. W oparciu o zgromadzone dokumentacje geotechniczne i geologiczne można przypuszczać, że główną przyczyną tych awarii była obecność w podłożu wałów gruntów nasypowych (o miąższości przekraczającej miejscami 5,0 m) lub starorzeczy z XII–XVII w. [Kołodziejczyk 2002, Hannemann 2005].

W rezultacie licznych wezbrań powodziowych stopniowo likwidowano wszelkie luki w systemie obwałowań.

I tak, w 1770 r. zasypano jedną z przepraw mostowych zlokalizowaną u podnóża zachodniej krawędzi Wysoczyzny, tworząc tym sposobem jednolity wał na prawym brzegu Odry, o długości 6,0 km (rys. 3).

System ochrony przeciwpowodziowej w omawianym rejonie rozwijał się wraz z najnowszymi myślami technicznymi, ale przede wszystkim – po wystąpieniu katastrofalnych powodzi. Począwszy od pierwszych obiektów przeciwpowodziowych z XIII w. [Schulz 1998] obwałowania przechodziły swoistą ewolucję. Wczesne budowle były prymitywne i niestarannie wykonane. Jednak z czasem, ich kształt i rozmiar pozwalał skutecznie opierać się siłom natury.

Wał letni był na ogół niższy od zimowego – jego względna wysokość nie przekraczała 4,6 m, a szerokość podstawy 6,0-8,0 m (rys. 4).



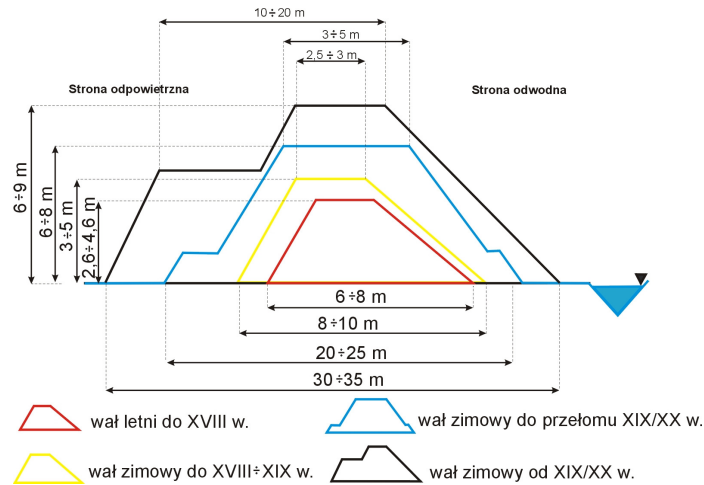
Rys. 3. Lokalizacja punktów pomiarowych w rejonie Słubice w sytuacjach powodziowych w latach 1810÷1945

Fig. 3. Measurement points localization near Słubice in the floods case years 1810÷1945

W kolejnej powodzi, jaka miała miejsce w czerwcu 1804 r., dla ratowania przeprawy przez most dokonano planowego przerwania wału w miejscu dawnego starorzecza Odry – przy dzisiejszym skrzyżowaniu dróg w kierunku Zielonej Góry i Gorzowa Wielkopolskiego. Dopiero w 1903 r. zakończono całkowitą odbudowę uszkodzonego fragmentu wału [Targiel 2010].

Powódź w 1891 r., o wysokości wody 5,77 m (powyżej zera wodowskazu) spowodowała silne zniszczenia wału w rejonie dzisiejszych ulic *Szczecińskiej*

i Ogrodowej. Wkrótce potem analizowany odcinek obwałowań został odbudowany i umocniony za pomocą faszyny [Stadtarchiv FFO, BA I, G. XV nr 363, Bl. 76].



Rys. 4. Przekrój poprzeczny przez konstrukcje wałów przeciwpowodziowych budowanych na przestrzeni wieków w rejonie Stubic

Fig. 4. Cross section of flood embankments built over last centuries near Stubice

W 1901 r. ówczesny dyrektor zakładu wodociągów zaopatrujących mieszkańców Frankfurtu, Schmeltzer, w swoich notatkach dotyczących projektowania systemu odprowadzania ścieków komunalnych pisał, że na terenie prawobrzeżnej dzielnicy Frankfurtu rzędne wysokościowe prawie wszystkich ulic znajdują się znacznie poniżej średnich stanów rocznej wody, co potęgować będzie dodatkowe trudności wykonawcze [Schneider 2002] i eksploatacyjne [Ćwiakła i Rojna 2009].

Pierwszym poważnym zagrożeniem w XX w. dla prawobrzeżnej dzielnicy Frankfurtu były wydarzenia z lipca 1903 r., kiedy to w okolicach skrzyżowania ul. 1-go Maja/Kościuszki/Alei Niepodległości (Crossener Strasse/ Blumen Strasse/Am Schützenhaus) – rys. 5, doszło do awarii polegającej na rozmyciu podstawy wałów przeciwpowodziowych. Przesiąk ten został niemal natychmiast usunięty – wał od strony odpowietrznej uszczelniono gliną i wzmocniono faszyną oraz workami z piaskiem. Wkrótce po tym zdarzeniu poddano przebudowie i wzmocnieniu odcinek obwałowania o długości ok. 380,0 m, przebiegający od dzisiejszej Al. Niepodległości (Am Schützenhaus) do ul. Folwarcznej (Vorwerksweg) – rys. 5. Dodatkowo, zalecono obserwacje odcinka wału znajdującego się powyżej mostu granicznego – od ul. Mickiewicza (Roßstrasse) do ul. Ogrodowej (Lagower Strasse) – rys. 5 [Preiss i in. 2003].

Jednak dopiero 12.VIII.1905 r. ówczesny Rząd Cesarstwa Niemieckiego uchwalił ustawę o ochronie powodziowej [https://www.frankfurt-oder.de/data/stadtarchiv/download/pdf/chr2007.pdf]. Na podstawie zapisów tej Ustawy zostały wówczas wybudowane nowe fragmenty wałów ochronnych, zlikwidowano liczne przewężenia oraz zaplanowano wybudowanie przelewu powodziowego i kanału ulgi, umożliwiającego obniżenie wysokości fali wezbraniowej [Spiegelberg 1999, Targiel 2010].

Podczas kolejnej powodzi w 1915 r. największe przesiąki przez wały zaobserwowano przy skrzyżowaniu ul. *1-go Maja/Aleja Niepodległości*, przy ul. *Mickiewicza 4* oraz przy ul. *Sportowej* (Bazar) – rys. 5. Napór wody na konstrukcję wału przeciwpowodziowego, przy stanie wody 5,0 m trwał wówczas 10 dni (13÷22.X.1915 r.), a 4,0 m – 19 dni (10÷28.X.1915 r.).

Począwszy od powodzi z 1915 r., rozważano trzy możliwe scenariusze wydarzeń, które mogły realnie zagrozić prawobrzeżnej części miasta Frankfurtu wskutek długotrwałego wezbrania powodziowego:

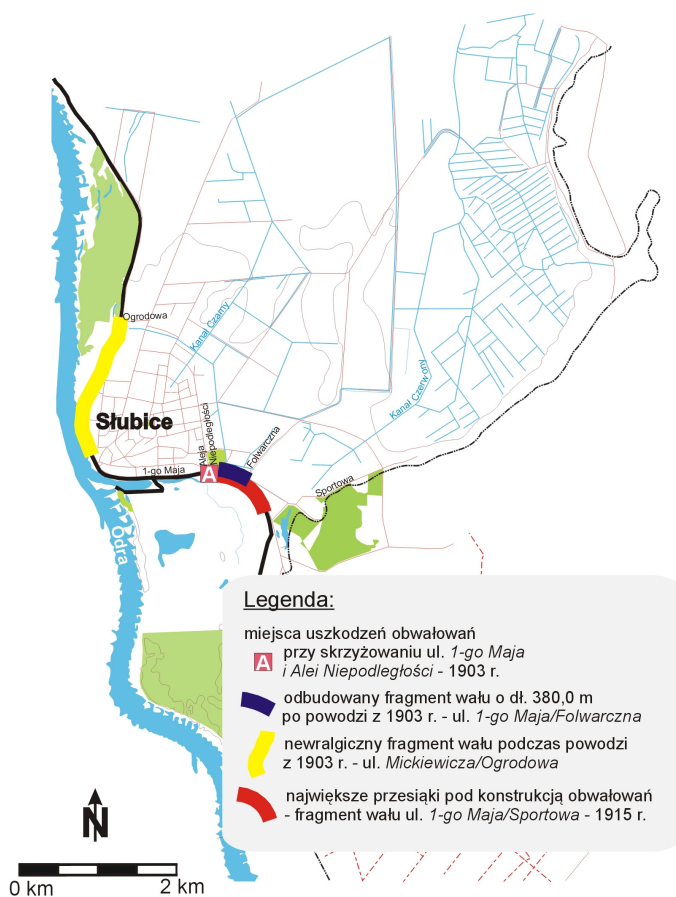
- przelanie się wody przez górną krawędź korony wału, której wysokość na całej długości miejskiego odcinka wynosiła ok. 23,50÷24,60 m n.p.m.,
- możliwość rozmycia wału u jego podstawy w wyniku przesiąków wody przez przepuszczalne podłoże gruntowe (o wyższej wartości współczynnika filtracji k niż korpus wału),
- pęknięcie korpusu wału wskutek naporu wody.

Rzędna korony wałów przeciwpowodziowych w prawobrzeżnej dzielnicy Frankfurtu nie była wówczas jednakowa na całej ich długości.

Od strony południowej, obecnie ul. *1-go Maja* (*Crossener Strasse*), wysokość wału nie przekraczała rzędnej 24,60 m n.p.m., po czym wzrastała stopniowo w kierunku mostu na Odrze do ok. 27,00 m n.p.m. i obniżała do ok. 23,50 m n.p.m. na wysokości ul. *Szczecińskiej* (*Küstriner Oderdamm*) – rys. 6.

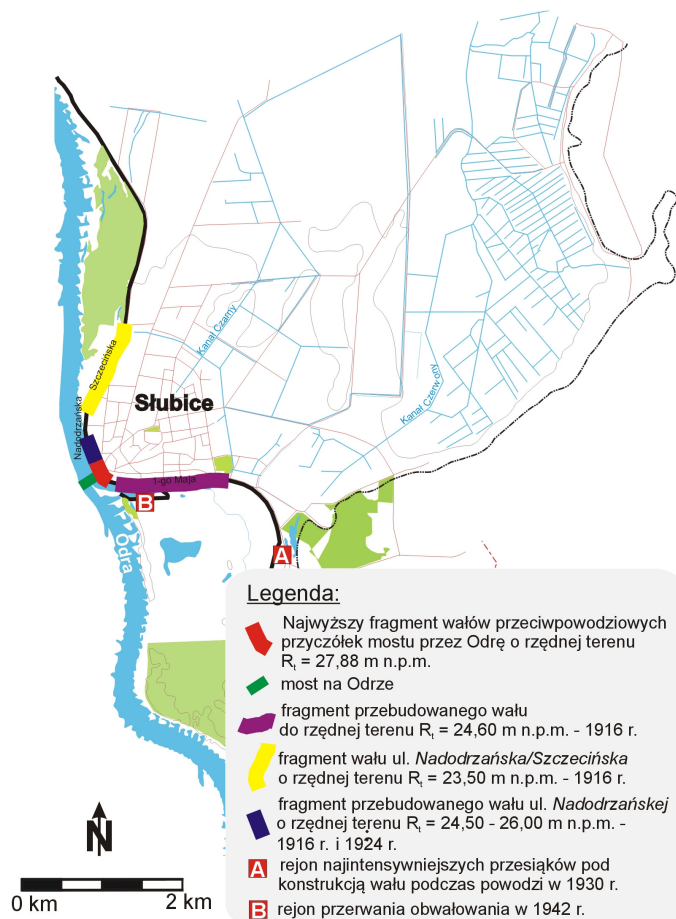
Najwyższy punkt wysokościowy został utworzony pod koniec XIX w., tj. w latach 1892÷1895 r., kiedy to został wybudowany kamienny most przejazdowy przez Odrę [Schneider 2002, Ćwiąkała i Rojna 2010]. Most ten istniał do 1945 r.

W 1916 r. został podwyższony fragment wału w rejonie ul. *Nadodrzańskiej Prinzenufer*) – rys. 6. Wtedy też wzmocniono konstrukcję wału nieprzepuszczalną ścianką z gliny o wysokości ok. 1,50 m i miąższości 0,6 m [Targiel 2010]. W 1924 r. dokonano wzmocnienia fragmentu wału przy ul. *Nadodrzańskiej* – poprzez usypanie od strony odpowietrznej wału dodatkowego nasypu (półki) o wysokości 2,0 m.



Rys. 5. Miejsca uszkodzeń obwałowań podczas wezbrań powodziowych w latach 1903÷1915

Fig. 5. Damage places of flood embankments during floods years 1903÷1915



Rys. 6. Zmiany konstrukcyjne i uszkodzenia obwałowań w latach 1916÷1942

Fig. 6. Constructional changes and damages in flood embankments years 1916÷1942

Podczas kolejnego wezbrania powodziowego, jakie miało miejsce w dniach 6÷7.11.1930 r., przy stanie wody w Odrze 6,00 m (względem zera wodowskazu), w okolicach dzisiejszego rozwidlenia dróg w kierunku Gorzowa Wlkp. i Zielonej Góry (rys. 6) doszło do intensywnego przesiąku wody przez wał. Ta fala powodziowa charakteryzowała się bardzo dynamicznym przyrostem: fala o wysokości przekraczającej 6,0 m (powyżej zera wodowskazowego – rzędna 23,45 m n.p.m.) trwała trzy dni, powyżej 5,0 m (rzędna 22,45 m n.p.m.) – 17 dni, a powyżej 4,0 m (rzędna 21,45 m n.p.m.) – 38 dni.

Występujące w okresie 1900÷1942 kolejne wezbrania powodziowe na Odrze powodowały zalewanie niżej położonych terenów i ulic. Największym proble-

mem było zagrożenie dla studni głębinowych oraz instalacji służących do ujmowania i przetłaczania wody pitnej dla miasta [Kind 1941]. Podczas tego wezbrania powodziowego, w 1942 r., wał awaryjny (równoległy do wału zimowego, zlokalizowany przy przystani) uległ przerwaniu na odcinku 15,0 m (od ul. 1-go Maja – rys. 6). Do tych uszkodzeń wału przyczynił się nie tylko wysoki stan Odry ($4,0 \div 6,3$ m powyżej zera wodowskazowego), ale – przede wszystkim – niesiona rzeką kora.

Zima z 1946/47 r. była wyjątkowo surowa. Mróz (-20°C) utrzymujący się wówczas przez wiele tygodni i gęste opady śniegu doprowadziły do skucia lodem Odry oraz gruntu na głębokość poniżej 1,0 m. Spowodowało to niebezpieczeństwo wystąpienia zimowego, lodowego, wezbrania powodziowego, które realnie zagrażało prawobrzeżnemu miastu – Słubicom. W wyniku spływającej kry rzeką, poniżej Słubic doszło do spiętrzenia lodowego, który uniemożliwił spływ wody. Wiosenna powódź w dniu 23.03.1947 r. spowodowała podniesienie się w godzinach porannych poziomu Odry do wysokości 6,1 m, przy grubości pokrywy lodowej – 0,60 m. W wyniku naporu lodu zniszczeniu uległy wały przeciwpowodziowe po obu brzegach Odry, w rejonie miejscowości Górzycy (ok. 20,0 km na północ od Słubic). Zator lodowy utworzony poniżej Słubic udało się zlikwidować dzięki pomocy stacjonujących w pobliżu wojsk Związku Socjalistycznych Republik Radzieckich, które zdetonowały w tym celu 8 bomb. W wyniku wiosennej powodzi przerwaniu uległ wyłącznie wał po stronie niemieckiej (lewobrzeżny wał) [<http://www.wsv.de/wsaebw/wir-ueberuns/wasserstrassen/dieoder/hochwasserberichte/47und97/>].

Ogromnym zagrożeniem dla miast Słubic i Frankfurtu n/Odrą była powódź w 1997 r., kiedy zostały przekroczone dotychczasowe maksymalne stany pomiarowe na wielu wodowskazach, zlokalizowanych wzdłuż Odry. Do Słubic pierwsza fala powodziowa dotarła już 13.07.1997 r. Tego dnia został przekroczony obowiązujący stan ostrzegawczy, ustalony na 340 cm. Zaledwie jeden dzień wystarczył, aby przekroczony został również stan alarmowy – 370 cm. Największy wzrost poziomu Odry miał miejsce pomiędzy 17 i 18.07.1997 r., gdy wynosił $139\text{ cm}\cdot\text{d}^{-1}$. Maksymalny stan został osiągnięty w dniach 26 i 27 lipca 1997 r. na wodowskazie we Frankfurcie odnotowano wówczas 657 cm powyżej zera wodowskazowego, a w Słubicach zmierzono 636 cm – za pomocą przenośnych urządzeń pomiarowych (wg danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Poznaniu) i 637 cm (wg danych Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Szczecinie). Dodatkowym problemem okazało się nałożenie drugiej fali wezbraniowej, jaka przetaczała się przez omawiany region w dniach 18÷22 lipca 1997 r.

24.07.1997 r. po stronie niemieckiej, w odległości ok. 9,0 km powyżej Frankfurtu, w wyniku rozerwania obwałowań zalaniu uległy tereny dolinne w rejonie Aurith i Ziltendorf. Pod wodą znalazło się łącznie ok. 5.500 ha. Na

północ od Frankfurtu wystąpiło zagrożenie przerwania wału poniżej Lebus (Lubusz) oraz poniżej Kostrzyna nad Odrą.

Prawobrzeżna część Odry (Słubice), głównie dzięki heroicznej postawie mieszkańców i pomocy wojska, wytrzymała napór wód powodziowych.

Kolejnym wyzwaniem dla analizowanego regionu była powódź w 2010 r. Pierwszym symptomem świadczącym o nadchodzącym wezbraniu Odry było wówczas wypełnienie polderu powodziowego (fot. 1), gdzie przy poziomie Odry 340÷370 cm, nastąpiło całkowite zalanie terenu do rzędnych 22,72 m n.p.m (rys. 8). Miejsca pojawienia się podsiąków wód gruntowych, spowodowanych wystąpieniem wezbrania powodziowego w okresie V÷VI.2010 r., podano w tab. 1.

Tab. 1. Miejsca pojawienia się podsiąków wód gruntowych w Słubicach podczas powodzi w 2010 r.

Tab. 2. Miejsca pojawienia się podsiąków wód gruntowych w Słubicach podczas powodzi w 2010 r.

Punkt (według rys. 8)	Lokalizacja	Data	Rzędna [m n.p.m.]		Głębokość Odry [m]
			terenu	zwierciadła wody w Odrze	
A	polder zalewowy	21.05.10	19,07÷20,3	20,85÷21,15	3,40÷3,70
B	ul. Kościuszki /1-go	26.05.10	21,60	21,69	4,24
C	ul. Sienkiewicza	26.05.10	20,48	21,65	4,20
D	ul. Różana / Ma-	26/27.05.10	20,70	21,65÷22,75	4,20÷5,30
E	ul. Szczecińska	21.05.10	20,60	21,07	3,62
F	ul. Kościuszki /	27.05.10	21,10	22,75	5,30
G	ul. 1-go Maja	24.05.10	19,70	21,18	3,73
H	Ogródki działkowe „ZORZA”	26/27.05.10	-	21,65÷22,75	4,20÷5,30
I	Osiedle Krasińskie-	-	19,50	19,40	3,95
J	ul. Nadodrzańska - Szpital Powiatowy	26.05.10	23,00	22,45	4,90
K	ul. Konstytucji 3-go	19.05.10	21,00	20,69	3,24
L	ul. Rzepińska	-	19,90	22,35	4,90
M	ul. Sportowa / Fol-	-	20,30	21,45	4,00



*Fot. 1. Panorama polderu zlokalizowanego na południe od Stubic, 22.05.2010 r.
(punkt A – rys. 8) - fot. A. Czernenko*

*Phot. 1. Flood polder panorama located towards south of Stubic, 22.05.2010 r.
(point A – fig. 8) - phot. A. Czernenko*



*Rys. 8. Miejsca pojawiania się przesiaków pod konstrukcją wałów podczas wezbrania
powodziowego w V÷VI.2010 r.*

Rys. 8. Appearing places under embankments during flood in V÷VI.2010 r.

Przy stanie Odry 362 cm uwidoczniły się lokalne, niewielkie przesiąki w okolicach garaży za byłym ZPO „KOMES”, a przy 370 cm – w okolicach Bazaru przy ul. *1-go Maja/Kupieckiej/Sportowej* (pkt G na rys. 8), gdzie doszło do intensywnych przesiąków wody pod stopą wału. Po przekroczeniu stanu 400 cm woda pojawiła się w okolicach wałów przeciwpowodziowych oraz – w coraz większej ilości – w piwnicach domów sąsiadujących z wałem, w rejonie szpitala (pkt J na rys. 8), w podziemiach domów położonych przy ul. *Konstytucji 3-go Maja* (pkt K na rys. 8), a także – wzdłuż długiego rowu obniżającego poziom zwierciadła wody w zachodniej części miasta.

Przy stopniowym wzroście poziomu Odry, na powierzchni terenu, w dosyć bliskiej odległości od podstawy wałów, zaczynały się uwidaczniać nowe przesiąki. Wystąpiły one m.in. w rejonie: ul. *1-go Maja, Kościuszki i Wrocławskiej*, gdzie – w kierunku N od centrum miasta na powierzchnię terenu – przesączała się woda gruntowa (punkty D i H na rys. 8).

Jeśli prześledzi się miejsca pojawienia się przesiąków lub rejonów wystąpienia wód gruntowych powyżej poziomu terenu, wtłoczonych pod konstrukcję obwałowań podczas wezbrania powodziowego z 2010 r., to stwierdzić można, że prędkość pojawienia się w poszczególnych okolicach miasta punktów wypływu wód podziemnych jest w pełni uzależniona od charakteru i wartości współczynnika filtracji k gruntu. Również kształt obwałowania oraz wykonane dotychczasowe prace inżynierskie (wykonane po powodzi z 1997 r.) mają znaczący wpływ na obniżenie poziomu zwierciadła wody gruntowej.

Realna głębokość występowania zwierciadła wody gruntowej, w zależności od odległości od wału przeciwpowodziowego, wynosiła $0,3 \div 0,7$ m p.p.t.

Z wahaniem stanów Odry bezpośrednio związane są liczne podtopienia obiektów budowlanych. W związku z tym, na przełomie miesiąca V÷VI 2010 r., służby miejskie i prywatni zarządcy nieruchomości dokonali w Słubicach przeglądu budynków zagrożonych zalaniem.

W blisko dwustu obiektach stwierdzono podtopienie piwnic do wysokości 0,60 m powyżej poziomu posadzki [Kołodziejczyk i Rojna 2011], przy czym:

- w budynkach przedwojennych, gdzie nie wykonywano izolacji przeciwwilgociowej (pionowej i poziomej), zalane zostało 67% obiektów,
- w obiektach niespełna 30 letnich, w tym również – budynkach jedenasto kondygnacyjnych, poziom wody w piwnicach wahał się pomiędzy $0,12 \div 0,20$ m powyżej poziomu posadzki.

Podtopieniu nie oparły się również najniżej położone kondygnacje w Szpitalu Powiatowym w Słubicach [Kołodziejczyk 2011], obiekty użyteczności publicznej (Szkoły Podstawowe Nr 1 i Nr 2) oraz sieci systemu sanitarnego.

LITERATURA

1. BROSE F.: *Genese holozäner Flußauen, dargestellt am Beispiel des unteren Odertales*. Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg 1/98, Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, Kleinmachnow, 1998
2. ĆWIAKAŁA M., ROJNA A.: *Rekonstrukcja kanalizacji sanitarnej na przykładzie ul. Piłsudskiego w Ślubicach*. Zielona Góra, 2009
3. HANNEMANN M.: *Der Bad Freienwalde – Frankfurter Stauchungszug und die Entstehung der Oderbruchdepression*. Landesamt für Geowissenschaften Und Rohstoffe Brandenburg 1/2, Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, Kleinmachnow, 2005
4. HUTH E. W.: *Die Entstehung Und Entwicklung der Stadt Frankfurt (Oder) Und ihr Kulturbild vom 13 bis zum frühen 17 Jahrhundert auf Grund archäologischer Befunde*. Akademie Verlag GmbH, Berlin, 1975
5. KIND O.: *Wasserwerk II (Pfarrwinkel) der Stadt Frankfurt Oder – Lageplan der Wasserwerkes*. Otto Kind Beratender Ingenieur VBI Berlin Grunewald, Blatt 8, Berlin, 1941
6. KOŁODZIEJCZYK U., ROJNA A.: *Sytuacja powodziowa w rejonie Ślubic w 2010 r.* - artykuł w druku, 2010
7. KOŁODZIEJCZYK U.: *Geologiczno-inżynierskie badania wałów przeciwpowodziowych i ich podłoża : jako metoda prognozy zagrożeń powodziowych na lubuskim odcinku Odry*. Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2002
8. PREISS S., HENGELHAUPT U., GROBLICA S., WILLE A., ORAMUS D.: *Ślubice, historia – topografia – rozwój (Geschichte – Topografie – Entwicklung)*, Ślubice, 2003
9. SACHSE F. W. G.: *Geschichte der Stadt Frankfurth an der Oder – topographisch, statistischen Bemerkungen über dieselbe und Beschreibung ihrer vorzüglichsten Merkwürdigkeiten*, Frankfurth a. O., 1830,
10. SCHNEIDER H.G.: *Die Geschichte des Wasserwerkes Frankfurt (Oder) 1872÷1921, Frankfurt Oder*. Frankfurter Wasser- und Abwasser- Gesellschaft mbH, 2002
11. SCHULZ R.: *Aus der Geschichte der Oderhochwasser*. Frankfurter Jahrbuch, wydanie 1, Verlag Die Furt 1998
12. SPIEGELBERG K.: *Zur Geschichte des Dammbaues an der Oder*. Frankfurter Jahrbuch, wydanie 1, Verlag Die Furt 1999
13. TARGIEL R. R.: *Frankfurt Oder - So wie es war*. Droste, Düsseldorf, 1994
14. TARGIEL R. R.: *Zapiski historyczne Stadtarchiv Frankfurt Oder*. niepublikowane, maszynopis, 2010
15. <http://www.wsv.de/wsaebw/wirueberuns/wasserstrassen/dieoder/hochwasserberichte> 47und97/

FLOODS IN THE REGION IN SLUBICE AND THEIR INFLUENCE ON THE FILTRATION PROCESS

S u m m a r y

The aim of this article present is selected issues relating with floods near Frankfurt Oder and Slubice. In the historical aspect present is genesis development in the Odra valley and riverbed over the last millennia. Also presented is floods since XVIII÷XXI century, their influence and places of failures.

Key words: flood, Slubice, flood increase

SYLWIA MYSZOGRAJ*

HYDROLIZA W BIODEGRADACJI
ODPADÓW ORGANICZNYCH*Streszczenie*

W artykule przedstawiono podstawowy opis matematyczny reakcji hydrolizy substratów organicznych. Zestawiono przykładowe wartości stałych hydrolizy enzymatycznej (k_h) i biodegradacji (k_b) dla osadów ściekowych oraz dla wybranych odpadów.

Słowa kluczowe: hydroliza, osady ściekowe, odpady komunalne

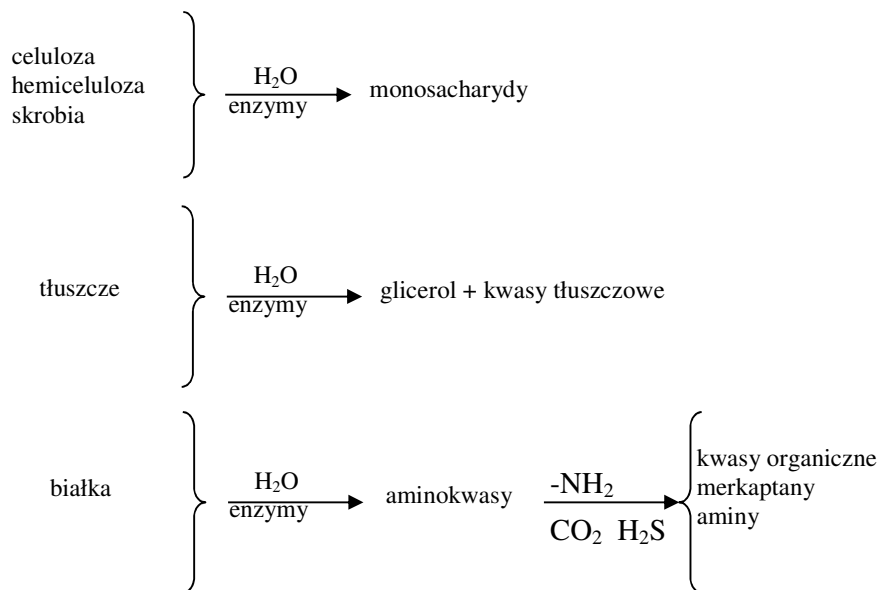
WPROWADZENIE

Hydroliza jest reakcją chemiczną podwójnej wymiany, między wodą i rozpuszczoną w niej substancją. Proces ten ma duże znaczenie w przemianach związków organicznych, gdzie poza hydrolizą estrów (reakcja odwracalna) obejmuje procesy nieodwracalne jak inwersja cukrów, rozpad białek czy zmydlanie tłuszczów. Niektóre związki: alkanany, alkeny, benzen, bifenol, wielopierścieniowe związki aromatyczne (np. PAH, PCB), alkohole i ketony są niepodatne na hydrolizę [Leeuwen i Vermeire, 2007].

Rozkład substratów organicznych w procesach mikrobiologicznych to reakcje **hydrolizy enzymatycznej** nieupłynnionych węglowodanów, białek i tłuszczów do monocukrów, aminokwasów i długo łańcuchowych kwasów tłuszczowych, które mogą być transportowane przez ściany komórkowe bakterii. Dotyczy to zarówno zawiesin jak i substancji rozpuszczonych. Proces ten prowadzony jest przez bakterie, które poprzez enzymy zewnątrz komórkowe (hydrolazy i liazy) działają na związki organiczne umożliwiając migrację rozpuszczonej substancji organicznej i wymianę materii z otoczeniem. Hydrolazy katalizujące reakcje hydrolizy z udziałem wody to esterazy, glikozydazy, peptydazy i amidazy. Natomiast liazy to enzymy, które odwracalnie lub nieodwracalnie katalizują odłączenie grup od substratu bez udziału wody. Należą tu enzymy katalizujące rozerwanie wiązania -C-C-, np. dekarboksylazy aminokwasów lub inne rozkładające wiązania typu C-O, C-N, C-S [Kączkowski, 1996].

* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska

Ogólny schemat procesu enzymatycznej hydrolizy białek, tłuszczu i węglowodanów można przedstawić następująco:



Szybkość procesu składającego się z sekwencji powiązanych ze sobą reakcji, jest zdeterminowana przez najwolniejszą reakcję. Z punktu widzenia kinetyki procesu hydroliza jest fazą ograniczającą szybkość np. fermentacji metanowej substratów z dużą zawartością frakcji stałych [Pavlostathis, 1991]. Podczas fermentacji odpadów stałych tylko ok. 50% substancji organicznych ulega rozkładowi. Dla pewnej części związków organicznych hydroliza jest końcowym etapem rozkładu, gdyż tylko część substancji rozkłada się dalej do produktów gazowych. Pozostała ilość złożonych substancji organicznych nie ulega biodegradacji z powodu niedostępności właściwych enzymów depolimeryzujących oraz wielkości hydrolizowanych cząstek [Jędrzak, 2007].

SZYBKOŚĆ REAKCJI HYDROLIZY - OPIS MATEMATYCZNY

Hydroliza polega na wprowadzeniu grup hydroksylowych, przez co tworzone są związki polarne, rozpuszczalne i mniej liofilowe od związku macierzystego. Ponieważ stężenie jonów wodorowych $[\text{H}^+]$ i hydroksylowych $[\text{OH}^-]$ wpływa na zmiany pH roztworu, szybkość hydrolizy chemicznej zależy od pH i opisana jest równaniem I - rzędu:

$$\frac{-dC}{dt} = k_h \cdot C \quad (1)$$

gdzie:

-dC/dt - zmiana stężenia związków podatnych na hydrolizę w czasie

C - stężenie

k_h - szybkość reakcji hydrolizy przy stałym pH

Hydroliza często przebiega w obecności katalizatorów: kwasów, zasad i enzymów. W przypadku gdy woda jest obecna w nadmiarze i nie wpływa na przebieg hydrolizy, stałą hydrolizy można opisać równaniem:

$$k_h = k_k \cdot [H^+] + k_z \cdot [OH^-] + k_n \quad (2)$$

gdzie:

k_k - stała reakcji II-rzędu katalizowanej kwasami

k_z - stała reakcji II-rzędu katalizowanej zasadami

k_n - stała reakcji II-rzędu przy odczynie neutralnym

W praktyce można doświadczalnie wyznaczyć wartość stałej k_h, uwzględniając zmiany stężenia hydrolizowanych związków w czasie, przy określonym pH. Zgodnie z równaniem (1) stężenie związków chemicznych zmniejsza się eksponentalnie z czasem:

$$\ln C_t = \ln C_0 - k_{obs} \cdot t \quad (3)$$

gdzie:

C_t - stężenie związku w czasie t

C₀ - początkowe stężenie związku

k_{obs} - obserwowana szybkość reakcji I-rzędu

Wartości stałych reakcji II-rzędu, k_k i k_z, mogą być wyznaczone na podstawie k_{obs} i molowych stężeń [H⁺] i [OH⁻] przy odpowiednich zmianach pH.

Stałą hydrolizy dla równania pierwszego rzędu (k_h) dla podstawowych grup związków organicznych zestawiono w tabeli 1.

Szybkość hydrolizy zależy od kilku czynników takich jak: temperatura, odczyn, stężenie hydrolizującej biomasy i rodzaj cząsteczkowej materii organicznej [Pavlostathis i Giraldo-Gomez, 1991]. Proces ten z zasady jest bardzo powolny, co może spowodować, że biodegradacja może być wolniejsza w układach, do których doprowadzona jest duża ilość zawiesin organicznych.

Tab. 1 Stała hydrolizy enzymatycznej (k_h) dla równania pierwszego rzędu dla podstawowych grup związków organicznych

Tab. 1 Enzymatic hydrolysis constant (k_h) for the first-order equations for the basic groups of organic compounds

Substrat	k_h (d ⁻¹)	T (°C)	Autorzy badań
węglowodany	0,025-0,200	55	Christ i in., 2000
	0,5-2,0		Garcia-Heras, 2003
	0,2404		Borges i in., 2009
białka	0,015-0,075	55	Christ i in., 2000
	0,25-0,80		Garcia-Heras, 2003
	0,0997		Borges i in., 2009
tłuszcze	0,005-0,010	55	Christ i in., 2000
	0,1-0,7		Garcia-Heras, 2003
	0,76		Shimizu i in., 1993
	0,0272		Borges i in., 2009
	0,63	25	Masse i in., 2002
celuloza	0,04-0,13		Gujer i Zehnder, 1983
	0,066	35	Liebetrau i in., 2004
	0,1	35	Noike i in., 1985

Najprostszym i najczęściej wykorzystywanym modelem opisu szybkości hydrolizy enzymatycznej jest kinetyka reakcji pierwszego rzędu uwzględniająca wieloprocessowy rozkład zawiesin biodegradowalnych [Eastman i Ferguson, 1981]. Równanie Monoda może być również stosowane do charakterystyki hydrolizy organicznych frakcji stałych [Lin, 1991]:

$$v_h = v_{max} \cdot \frac{S}{K_s + S} \cdot X$$

(4)

gdzie:

v - szybkość hydrolizy,

X - stężenie biomasy,

v_{max} - maksymalna szybkość hydrolizy

K_s - stała hydrolizy w stanie nasycenia,

S - stężenie substratu,

Hobson [1983] zaproponował modyfikację równania Monoda przez dodanie składników uwzględniających w substratach udział frakcji wolno- i niebiodegradowalnych. Chen i Hashimoto [1980], a następnie Mata-Alvarez [1989]

i Vavilin [1996] opracowali rozszerzone modele opisu hydrolizy na podstawie modelu Contois [1959]:

$$v_h = v_{max} \cdot \frac{S}{B \cdot X + S} \quad (5)$$

gdzie:

v - szybkość hydrolizy

v_{max} - maksymalna szybkość hydrolizy

S - stężenie substratu

X - stężenie biomasy

K_S - stała hydrolizy w stanie nasycenia

B - współczynnik kinetyczny (g ChZT/ g biomasy)

Szybkości reakcji hydrolizy są zazwyczaj mniejsze w porównaniu z szybkościami reakcji innych procesów. Fazy rozkładu takie jak dezintegracja, upłynianie i enzymatyczna hydroliza traktowane są jako reakcje pierwszego rzędu [Batstone, 2002]. W odniesieniu do zawiesin lub substancji rozpuszczonych szybkość hydrolizy enzymatycznej można wyznaczyć ze wzoru:

$$v_h = k_{h1} \cdot X_s \quad \text{lub} \quad v_h = k_{h2} \cdot S_s \quad (6)$$

gdzie:

v_h - szybkość hydrolizy

k_{h1}, k_{h2} - stała hydrolizy

X_s - stężenie frakcji zawiesinowej substratu podlegające hydrolizie

S_s - stężenie substancji rozpuszczonych substratu

Należy zaznaczyć, że wartości stałych hydrolizy k_{h1} i k_{h2} są różne [Henze, 2002].

W modelowaniu procesów biochemicznych stosuje się bardziej rozbudowane równania opisujące szybkość hydrolizy enzymatycznej w stanie nasycenia np. w postaci [Mata - Alvarez, 2003]:

$$v_h = k_h \cdot \frac{\frac{X_S}{X_B}}{K_X + \left(\frac{X_S}{X_B} \right)} \cdot X_B \quad (7)$$

gdzie:

K_X - stała hydrolizy w stanie nasycenia,

X_B - stężenie biomasy

W tabeli 2 zestawiono wartości stałej hydrolizy substratów organicznych w warunkach tlenowych, anoksycznych i beztlenowych.

Tab.2 Stała hydrolizy substratów organicznych a akceptor wodoru

Tab.2 Constant of hydrolysis of organic substrates and the hydrogen acceptor

Akceptor wodoru	Stała hydrolizy k_h , d^{-1}			
	substancji rozpuszczonych	zawiesin	kg ChZT/kg ChZT _B · d	stała nasycenia kg ChZT/kg ChZT _B
warunki tlenowe (tlen)	3-20	0,6-1,4	0,6-1,4	0,02-0,05
warunki anoksydacyjne (azotany)	1-15	0,15-0,4	0,15-0,4	0,02-0,05
warunki beztlenowe (związki organiczne)	2-20	0,3-0,7	0,3-0,7	0,02-0,05

Wyznaczanie stałych kinetycznych bioodpadów jest trudne, ponieważ należy uwzględnić m.in. udział poszczególnych związków, stopień rozdrobnienia i rozmiar cząstek [Mata-Alvarez, 2003]. Przykładowe wartości stałej hydrolizy enzymatycznej dla osadów ściekowych oraz dla wybranych odpadów przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 3 Stała hydrolizy wybranych odpadów oraz osadów ściekowych

Tab.3 Constant hydrolysis of selected waste and sewage sludge

Substrat	k_h (d^{-1})	T (°C)	Autorzy badań
Odpady			
odpadki kuchenne	0,34	35	Liebetrau, 2004
	0,55	37	Vavilin i in., 2004
	0,1	37	Vavilin i Angelidaki, 2005
bioodpady	0,12	35	Liebetrau, 2004
odpady komunalne	0,10	15	Bolzonella, 2005
	0,03-0,15	20	Veeken i Hamelers, 1999
	0,081-0,177	-	Zeeman i in., 1999
obornik	0,13	55	Vavilin, 2007
	0,25	55	Angelidaki i in., 1993
odchody świńskie	0,1	28	Vavilin i in., 1997
	0,25	20	Hill i Barth, 1977
żelatyna	0,65	55	Flotats i in., 2006
papier biurowy	0,036	35	Vavilin i in., 2004

karton	0.046	35	Vavilin i in., 2004
papier gazetowy	0,057	35	Vavilin i in., 2004
zboże i odpady	0.009–0.094	35	Lehtomaki i in., 2006
odpady z rzeźni	0.35	35	Lokshina i in., 2003
Osady ściekowe			
osad wstępny	0,4-1,2	35	O' Rourke, 1968
	0,99	35	Ristow, 2004
osad wtórny	0,17-0,6	35	Ghosh, 1981
osad mieszany	0,25	35	Siegrist, 1992
	0,1216	35	Borges, 2009

PODSUMOWANIE

Dostępność zhydrolizowanych łatwo przyswajalnych związków organicznych, a zwłaszcza lotnych kwasów tłuszczowych dla mikroorganizmów prowadzących procesy jednostkowe jest jednym z czynników decydujących o sprawności procesów fermentacji metanowej, rozkładu tlenowego, czy denitryfikacji i defosfatacji. Dlatego też przyspieszenie hydrolizy związków organicznych zawartych w osadach i odpadach w formy rozpuszczalne powoduje znaczną poprawę efektywności przebiegu tych procesów. Najwięcej uwagi w ostatnich latach poświęca się badaniom optymalizacji procesu fermentacji metanowej. Pozytywny wpływ dezintegracji osadów nadmiernych i biofrakcji odpadów komunalnych na proces fermentacji metanowej rozpatruje się głównie w następujących aspektach:

- hydrolizy frakcji cząsteczkowej,
- produkcji lotnych kwasów tłuszczowych,
- pozostałej nieupłynnionej frakcji stałej, która jest łatwo hydrolizowana przez mikroorganizmy procesu fermentacji metanowej.

Czas trwania rozkładu beztlenowego limitowany jest m.in. przez fazę hydrolizy, dlatego też przyspieszenie upłynniania związków organicznych zawartych w substratach w formy rozpuszczalne powoduje optymalizację przebiegu następnych faz beztlenowej stabilizacji. Fermentacja odpadów po wstępnej hydrolizie przebiega znacznie szybciej, niż w systemach konwencjonalnych; wyższy jest stopień rozkładu substancji organicznych i w konsekwencji wyższa produkcja biogazu.

LITERATURA

1. ANGELIDAKI I., ELLEGAARD L., AHRING B.K.: *A mathematical model for dynamic simulation of anaerobic digestion of complex substrates: focusing on ammonia inhibition*. Biotechnol. Bioeng., 42, 159-166, 1993
2. BATSTONE D.J., KELLER K., ANGELIDAKI I., KALYUZHNYI S.V., PAVLOSTATHIS S.G., ROZZI A., SANDERS W.T.M., SIEGRIST H., VAVILIN V.A.: *Anaerobic Digestion Model No. 1*. Scientific and Technical Report No. 13, IWA Publishing, Cornwall, UK, 2002
3. BOLZONELLA D., PAVAN P., FATONE F., CECCHI F.: *Anaerobic fermentation of organic municipal solid wastes for the production of soluble organic compounds*. Industrial & Engineering Chemistry Research, 44 (10), 3412-3418, 2005
4. BORGES E.S.M., CHERNICHARO C.A.L.: *Effect of thermal treatment of anaerobic sludge on the bioavailability and biodegradability characteristics of the organic fraction*. Brazilian J. of Chem. Engineering, 26 (3), 469-480, 2009
5. CHEN Y.R., HASHIMOTO A. G.: *Substrate utilization kinetic model for biological treatment processes*, Biotechnol. Bioengn., 22, 2081-2095, 1980
6. CHRIST O., WILDERER P.A., ANGERHÖFER R., FAULSTICH M.: *Mathematical modelling of the hydrolysis of anaerobic processes*. Wat. Sci. Tech., 41(3), 61-65, 2000
7. CONTOIS D.E.: *Kinetics of bacterial growth: Relationship between population density and specific growth rate of continuous cultures*. Journal of General Microbiology, 21, 40-50, 1959
8. EASTMAN J.A., FERGUSON J.F.: *Solubilization of particulate organic carbon during the acid phase of anaerobic digestion*. Journal WPCF, 53, 352-366, 1981
9. FLOTATS X., PALATSI J., AHRING B.K., ANGELIDAKI I.: *Identifiability study of the proteins degradation model, based on ADM1, using simultaneous batch experiments*. Wat. Sci. Tech., 54(4), 31-39, 2006
10. GARCIA-HERAS J.L.: *Reactor sizing, process kinetics and modeling of anaerobic digestion of complex wastes*. w: Mata-Alvarez, J. (Ed.), Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes. IWA Publishing, London, UK. 2003
11. GHOSH S., KLASS D.L.: *Advanced digestion process development for methane production from biomass wastes*. w: Klass D.L. red. Biomass as a nonfossil fuel source. American Chemical Society, Washington 1981
12. GUJER W., ZEHNDER A.J.B.: *Conversion process in anaerobic digestion*. Wat. Sci. Technol. 15, 127-167, 1983
13. HENZE M., HARREMOES P., JANSEN J.L.C., ARVIN E.: *Wastewater Treatment*. Springer, Berlin 2002

14. HILL D.T., BARTH C.L.: *A dynamic model for simulation of animal waste digestion*. J. Water Pollution Con. Fed., 10, 2129-2143, 1977
15. HOBSON P. N.: *The Kinetics of Anaerobic Digestion of Farm Wastes*. J. Chem. Technol. Biotechnol. 33, 1, 1983
16. JĘDRCAK A.: *Biologiczne przetwarzanie odpadów*. PWN, Warszawa, 2007
17. KĄCZKOWSKI J.: *Podstawy biochemii*. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1996
18. LEEUWEN C.J., Vermeire T.G.: *Risk assessment of chemicals, an introduction*. Springer, 2007
19. LEHTOMÄKI A., BJÖRNSSON L.: *Two-stage anaerobic digestion of energy crops; methane production, nitrogen mineralisation and heavy metal mobilisation*. Environ. Techn. 27 (2), 209-218, 2006
20. LIEBETRAU J., KRAFT E., BIDLINGMAIER W.: *The Influence of the Hydrolysis Rate of Co-Substrates on Process Behavior*. w: Guiot, S.G. Proceedings of the Tenth World Congress on Anaerobic. Canadian Association on Water Quality, Montreal, 1296-1300, 2004
21. LIN G.-Y.: *Anaerobic digestion of landfill leachate*. Water SA, 17, 301-306, 1991
22. LOKSHINA L.YA., VAVILIN V.A.: *Kinetic analysis of the key stages of low temperature methanogenesis*. Ecol. Modell. 117, 285-303, 1999
23. MASSE L., MASSÉ D.I., KENNEDY K.J.: *Neutral fat hydrolysis and long-chain fatty acid oxidation during anaerobic digestion of slaughterhouse wastewater*. Biotech. Bioeng., 79 (1), 43-52, 2002
24. MATA-ALVAREZ J., CECCHI F.: *Kinetic models applied to the anaerobic biodegradation of complex organic matter*. w: Biotechnology and Biodegradation, red. Kamely D., Chakrabarty A., Omenn G.S. Portfolio: The Woodlands, TX, 317-344, 1989
25. MATA-ALVAREZ J.: *Biomethanization of the organic fraction of municipal solid waste*, IWA Publishing, 2003
26. NOIKE T., ENDO G., CHANG J.E., YAGUCHI J.I., MATSUMOTO J.I.: *Characteristics of carbohydrate degradation and the rate limiting step in anaerobic digestion*. Biotechnol. Bioeng., 27, 1482-1489, 1985
27. O'ROURKE J.T.: *Kinetics of anaerobic waste treatment at reduced temperatures*. Ph. D. thesis, Stanford University, California, 1968
28. PAVLOSTATHIS S.G., GIRALDO-GOMEZ E.: *Kinetics of Anaerobic Treatment*. CRC Critical Reviews in Environmental Control, 21, 411-490, 1991
29. RISTOW N.E.: *The effects of hydraulic retention time and feed COD concentration on the rate of hydrolysis of primary sewage sludge*. 10th World Congress Montreal, Canada, 629 - 635, 2004

30. SHIMIZU T., KENZO K., YOSHIKAZU N.: *Anaerobic waste-activated sludge digestion-a bioconversion mechanism and kinetic model*. Biotechnol. Bioeng. 41, 1082-1091, 1993
31. SIEGRIST H., TSCHUI M.: *Interpretation of experimental data with regard to the activated sludge model no. 1 and calibration of the model for municipal wastewater treatment plants*. Wat. Sci. Techn. 25(6), 167-183, 1992
32. VAVILIN V. A., RYTOV S. V., LOKSHINA L. Ya.: *A description of hydrolysis kinetics in anaerobic degradation of particulate organic matter*. Biores.Technol. 56, 229-237, 1996
33. VAVILIN V., LOKSHINA L., RYTOV S., KOTSYURBENKO O., NOZHEVNIKOVA A., PARSHINA S.: *Modelling methanogenesis during anaerobic conversion of complex organic matter at low temperatures*. Wat. Sci. Techn. 36 (6-7), 531-538, 1997
34. VAVILIN V.A., LOKSHINA L.Y., JOKELA J., RINTALA J.: *Modeling Solid Waste Decomposition*, Biores. Techn. 94(1), 69-81, 2004
35. VAVILIN V. A., ANGELIDAKI I.: *Anaerobic degradation of solid material: importance of initiation centers for methanogenesis, mixing intensity, and 2D distributed model*. Biotechnol. Bioeng. 89 (1), 113-122, 2005
36. VEEKEN A., HAMELERS B.: *Effect of temperature on hydrolysis rates of selected biowaste components*. Biores. Techn. 69, 249 - 254, 1999
37. ZEEMAN G., LETTINGA G.: *The role of anaerobic digestion of domestic sewage in closing the water and nutrient cycle at community level*. Wat. Sci. and Technol., 39(5), 187-194, 1999

HYDROLYSIS IN BIODEGRADATION OF ORGANIC WASTE

Summary

The paper presents the basic mathematical description of the hydrolysis reaction of organic substrates. It was examples of enzymatic hydrolysis (k_h) and biodegradation (k_b) constant values for sewage sludge and for selected waste summarized.

Key words: hydrolysis, sewage sludge, municipal waste

SYLWIA MYSZOGRAJ*

WPLYW DEZINTEGRACJI TERMICZNEJ NA SZYBKOŚĆ
BIODEGRADACJI ODPADÓW ORGANICZNYCH*Streszczenie*

Dezintegracja jest fizyczno-chemicznym upłynnianiem złożonych substratów organicznych do produktów w postaci cząsteczkowych cukrów, białek i tłuszczu oraz frakcji nierozkładalnych. W literaturze ten etap rozkładu najczęściej nazywany jest hydrolizą. W artykule przedstawiono wyniki badań na podstawie których wyznaczono stałą szybkości biodegradacji dla surowej biofrakcji odpadów komunalnych oraz po dezintegracji termicznej.

Słowa kluczowe: hydroliza, odpady komunalne, dezintegracja termiczna

WPROWADZENIE

Pierwszym etapem podczas rozkładu substratów organicznych, który ma umożliwić transport substancji odżywczych do wnętrza komórki jest **depolimeryzacja** makromolekularnych frakcji stałych do monomerów. Biopolimery naturalne to polinukleotydy (polimery kwasów rybonukleinowych DNA i RNA), poliwęglowodany (polisacharydy: celuloza, skrobia, chityna, pektyna, glikogen, inulina, guma arabska), polipeptydy (białka) i inne (kaczuk naturalny, lignina, melaniny). Depolimeryzacja to proces, w którym jedynym produktem są wyjściowe monomery. Jeżeli proces rozkładu polimeru przebiega z wytworzeniem innych produktów nazywany jest degradacją. Degradacja polimerów może być powodowana różnymi czynnikami m.in. światłem, temperaturą, działaniem mechanicznym czy chemicznym i prowadzi zawsze do istotnych zmian ich właściwości fizyczno-chemicznych. Degradacji biopolimerów może towarzyszyć ich **upłynnianie**.

W opisie reakcji zachodzących w procesach technologicznych przetwarzania odpadów i unieszkodliwiania osadów ściekowych w warunkach tlenowych i beztlenowych (modele ASM i ADM1) etap ten nazywany jest dezintegracją.

* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska

Dezintegracja, zasadniczo nie jest procesem biochemicznym i dotyczy fizyczno-chemicznego upłynniania substratów takich jak np. obumarłe mikroorganizmy, osad wstępny, osad czynny i osad nadmierny, biofrakcja odpadów komunalnych do produktów w postaci cząsteczkowych cukrów, białek i tłuszczu oraz frakcji nierozkładalnych (inertnych). W literaturze etap ten najczęściej nazywany jest hydrolizą. Jednak hydroliza jest tylko jednym z mechanizmów degradacji polimerów. Obok procesów fizyczno-chemicznych jedną z metod dezintegracji jest również mechaniczne rozdrabnianie substratów. Badania przeprowadzone przez Kima [1999] wykazały, że rozmiar cząstek jest jednym z głównych czynników decydujących o szybkości reakcji biodegradacji. Jest to zależność pośrednia, ponieważ zmniejszenie rozmiarów cząstek i związane z tym zwiększenie powierzchni właściwej powoduje wzrost szybkości hydrolizy i procesu degradacji.

Metody dezintegracji dzieli się na:

- dezintegrację termiczną, w zakresie temperatur od 40 do 180°C, która powoduje hydrolizę węglowodanów i tłuszczu co zwiększa ich podatność na degradację, a białka są pozbawiane enzymatycznej ochrony ściany komórkowej.
- dezintegrację chemiczną z użyciem ozonu, kwasów lub zasad.
- dezintegrację mechaniczną z wykorzystaniem ultradźwięków, młynów, homogenizatorów.
- dezintegrację biologiczną, czyli procesy autolitycznej hydrolizy pod wpływem enzymów wydzielanych przez mikroorganizmy lub enzymów dozowanych zewnętrznie.
- zamrażanie i roztapianie osadów, powoduje nieodwracalnie zmiany struktury kłaczków, przez zwiększenie objętości wody podczas zamarzania.
- zaawansowane procesy utleniania.

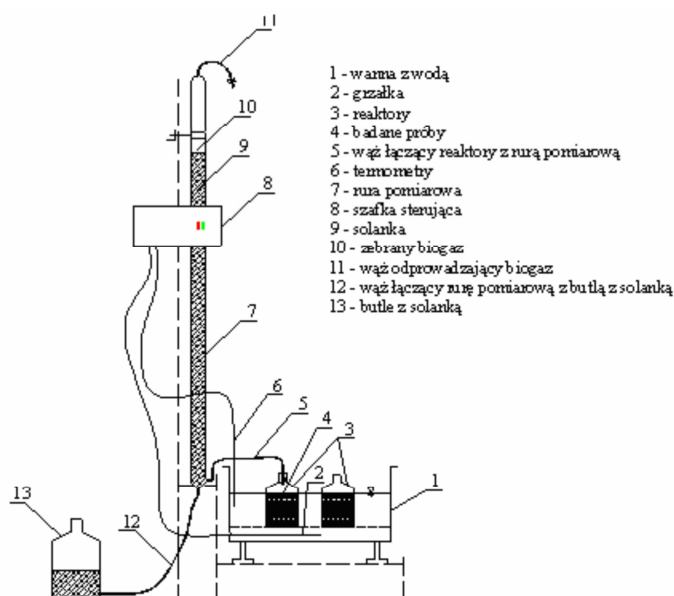
Granica między klasycznymi metodami przeróbki, a metodami dezintegracyjnymi nie jest precyzyjnie określona. Niektórzy autorzy przypisują temperaturze działanie katalizujące hydrolizę np. w procesie fermentacji termofilowej [Ferrer i in., 2008; Song i in., 2004]. Niektóre techniki wykorzystujące jednocześnie różne czynniki katalizujące hydrolizę, jak np. temperaturę, alkalizację, ultradźwięki, trudno jest zaliczyć do jednej grupy metod.

W artykule przedstawiono wyniki badań, których celem było wyznaczenie wartości stałej szybkości biodegradacji k_b dla surowej biofrakcji odpadów komunalnych. Analizie poddano również wpływ dezintegracji termicznej substratu na zmianę wartości tego parametru.

METODYKA I ZAKRES BADAŃ

Zakres badań obejmował proces dezintegracji termicznej i proces mezofilowej (36°C) fermentacji metanowej. Substratem była biofrakcja odpadów komunalnych. Substrat poddano obróbce w temperaturach: 115 , 135 , 155 oraz 175°C w czasie 1 godziny. Obróbkę termiczną prowadzono w autoklawie Zipperclave 1.0 firmy Autoclave Engineers.

Następnie w bioreaktorach do fermentacji umieszczono biofrakcję odpadów w postaci surowej i po dezintegracji termicznej. Badania wykonano, w skali laboratoryjnej, w 12 stanowiskowym „fermentatorze” do fermentacji okresowej. Każde stanowisko składa się z trzech elementów: komory fermentacyjnej – butla o pojemności 1 dm^3 , biurety gazowej do pomiaru ilości wyprodukowanego biogazu oraz butli z nasyconym roztworem chlorku sodu do wyrównywania ciśnień (rys. 1). Reaktory po napełnieniu surowcem, łączono szczelnie z biuretami gazowymi i ustawiano w wannie fermentatora (termostacie). Termostat stanowiła metalowa wanna wypełniona wodą. W wannie zamontowano pompy do cyrkulacji wody oraz dwa termometry kontaktowe połączone z urządzeniem sterującym, które w zależności od wskazań termometrów kontrolowało pracę grzałek. Termostat zapewniał utrzymywanie temperatury mieszaniny w reaktorach z dokładnością 1°C .



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego
Fig. 1. Scheme of the digester

Ilość substratów przyjęto tak, aby obciążenie bioreaktorów (o obj. 1 dm³) masą organiczną było porównywalne i wynosiło ok. 25 g s.m.o./ dm³. Substraty zaszczipiono osadem przefermentowanym z oczyszczalni w Gubinie (700 cm³). W reaktorach z odpadami objętość próbek uzupełniono wodą do 1 dm³. W każdym dniu procesu mierzono ilość biogazu. W biogazie oznaczano zawartość metanu, ditlenku węgla, amoniaku i siarkowodoru analizatorem gazu firmy Geox 2000.

CHARAKTERYSTYKA SUBSTRATÓW DO BADAŃ

Odpady komunalne zostały pobrane z osiedla wielorodzinnego o nowej zabudowie. Do oceny składu morfologicznego i chemicznego odpadów przyjęto frakcję 0-80 mm, po wstępnym wyselekcjonowaniu szkła, tworzyw sztucznych, tekstyliów, metali i odpadów niebezpiecznych. W próbce reprezentatywnej 61% stanowiły odpadki kuchenne (20-80 mm), 26% frakcja 0-20 mm, 12% papier i patyczki drobne 1%. Odpady przed procesem dezintegracji termicznej i fermentacji metanowej zostały rozdrobnione do wielkości frakcji poniżej 2,5 cm. Skład chemiczny odpadów wykorzystanych w badaniach zestawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Skład odpadów wykorzystanych w badaniach

Tab. 1. The composition of wastes used in the experiment

parametr	wartość
wilgotność	59,8 % s.m.
azot ogólny (TKN)	1,4 % s.m.
fosfor ogólny	7,1 % s.m.
ogólny węgiel organiczny (OWO)	25,4 % s.m.
straty prażenia (substancje org.)	62,0 % s.m.
białka	8,75 % s.m.
Stosunek C:N	18,1

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Summaryczną produkcję biogazu i metanu dla odpadów surowych w 1, 3, 5, 9, 15, 20 dobie procesu w przeliczeniu na kg suchej masy organicznej zestawiono w tabeli 2. Proces fermentacji surowej biofrakcji odpadów komunalnych przebiegał z dużą nierównomiernością produkcji biogazu. W piątej dobie uzyskano 48% całkowitej ilości biogazu wyprodukowanego podczas dwudziestodobowej fermentacji. W pierwszej dobie uzyskano biogaz w ilości 28,6 dm³/g s.m.o., w trzeciej dobie produkcja była 3,5 razy większa (101,3 dm³/g s.m.o.), natomiast w piątej dobie produkcja biogazu była 6,1 razy większa (175,4 dm³/g s.m.o.). W kolejnych dobach testu ilość produkowanego biogazu malała. W 20

dobie procesu potencjał biogazowy biofrakcji odpadów komunalnych wynosił 367,6 dm³/g s.m.o. Udział procentowy metanu w biogazie na początku procesu wynosił 40,7% i wzrastał w czasie trwania fermentacji do 62,8% (tabela 2).

Tab. 2. Potencjał biogazowy i metanowy surowych odpadów komunalnych
Tab.2. Biogas and methane potentials for raw municipal wastes

Doba procesu	biogaz	metan	
	dm ³ /g s.m.o.	dm ³ /g s.m.o.	%
1	28,6	11,7	40,7
3	101,3	47,4	46,8
5	175,4	90,6	51,6
9	240,6	122,5	50,9
15	350,7	211,7	60,4
20	367,6	231,0	62,8

Sumaryczną produkcję biogazu i metanu w 1, 3, 5, 9, 15, 20 dobie procesu w przeliczeniu na kg suchej masy organicznej odpadów po dezintegracji termicznej zestawiono w tabeli 3. Wyniki badań wskazują na wpływ obróbki termicznej na wzrost potencjału biogazowego i metanowego odpadów. Całkowita produkcja biogazu w próbkach po dezintegracji termicznej w porównaniu z próbką odpadów surowych rosła w zakresie od 7% (115°C) do 24% (155°C). Dla próbki dezintegrowanej w temperaturze 175°C stwierdzono zmniejszenie ilości produkowanego biogazu do 395,2 dm³/g s.m.o. (wzrost o 8%). Dla próbek upłynnianych w temperaturach od 135 do 175 °C w piątej dobie procesu fermentacji uzyskano około 65% całkowitej produkcji biogazu. Udział procentowy metanu w biogazie na początku procesu wynosił około 25% i wzrastał w czasie trwania fermentacji do ponad 70% (tabela 3). Termiczna obróbka biofrakcja odpadów wpłynęła również na wzrost potencjału metanowego odpadów, który wzrósł w zakresie od 26% (175°C) do 48% (155°C).

Sumaryczna produkcja metanu może być podstawą wyznaczenia szybkości biodegradacji substratów, która jest opisana równaniem reakcji I- rzędu:

$$CH_{4(t)} = CH_{4(max)} \cdot (1 - e^{-k_b \cdot t}) \quad (1)$$

gdzie:

CH_{4(t)} - sumaryczna produkcja metanu po czasie t (dm³/kg s.m.o.)

CH_{4(max)} - maksymalna sumaryczna produkcja metanu (dm³/ kg s.m.o.)

k_b- stała szybkości biodegradacji substratu (d⁻¹)

t - czas procesu (d)

Tab. 3. Potencjał biogazowy i metanowy odpadów dezintegrowanych termicznie
 Tab. 3. Biogas and methane potentials for thermally disintegrated municipal wastes

Doba procesu	115°C			135°C		
	Biogaz	Metan		Biogaz	Metan	
	dm ³ /g s.m.o.	dm ³ /g s.m.o.	%	dm ³ /g s.m.o.	dm ³ /g s.m.o.	%
1	95,5	23,9	25,0	105,0	22,1	21,0
3	104,9	46,4	44,2	182,1	103,2	56,7
5	186,3	105,8	56,8	286,0	166,2	58,1
9	256,4	176,1	68,7	336,3	216,7	64,5
15	368,2	273,6	74,3	396,0	282,3	71,3
20	392,1	309,0	78,8	445,4	324,0	72,8
Doba procesu	155°C			175°C		
	Biogaz	Metan		Biogaz	Metan	
	dm ³ /g s.m.o.	dm ³ /g s.m.o.	%	dm ³ /g s.m.o.	dm ³ /g s.m.o.	%
1	115,2	28,8	25,0	102,4	27,6	27,0
3	194,7	127,9	65,7	154,2	97,6	63,3
5	299,4	203,9	68,1	245,3	167,3	68,2
9	354,6	248,6	70,1	312,5	218,1	69,8
15	402,3	300,1	74,6	375,5	266,2	70,9
20	454,7	341,0	75,0	395,2	291,7	73,8

Wartości stałych szybkości biodegradacji wyznaczono metodą estymacji nie-liniowej (poziom ufności 95%, alfa 0,05) i zestawiono w tabeli 4.

Stała szybkości biodegradacji biofrakcji surowych odpadów komunalnych wyznaczona w procesie fermentacji mezofilowej (36°C) wynosiła 0,036 d⁻¹. Przygotowanie substratów do stabilizacji beztlenowej przez poddanie ich działaniu wysokiej temperatury spowodowało wzrost szybkości rozkładu, a wartości stałej k_b zwiększyły się od 47% (115°C) do 118% (155°C).

Wyznaczone wartości stałych szybkości biodegradacji mieściły się w bardzo szerokich zakresach wartości prezentowanych w literaturze [Komilis i in., 2006]. Komilis i in., wyznaczyli wartości stałej szybkości hydrolizy dla wybranych odpadów z określeniem udziału frakcji szybko, umiarkowanie i wolno hydrolizujących (tabela 5). Wartości te dla odpadów kuchennych zmieniają się w zakresie od 0,05 d⁻¹ do 0,1 d⁻¹.

Tab. 4. Stała szybkości biodegradacji biofrakcji odpadów komunalnych (36°C)
 Tab. 4. First order constant of biodegradation rate for biofraction of municipal wastes (36°C)

Stała szybkości biodegradacji k_b , d^{-1}				
Odpady surowe	temperatura dezintegracji, °C			
	115°C	135°C	155°C	175°C
0,0359 ±0,0015 R^2 0,99	0,0528 ±0,0021 R^2 0,99	0,0652 ±0,0043 R^2 0,98	0,0783 ±0,0079 R^2 0,96	0,0598 ±0,0057 R^2 0,95

Tab. 5. Stałe szybkości hydrolizy wybranych odpadów wyznaczone przez Komilisa [Komilis i in., 2006]

Tab. 5. First order constant of specific hydrolysis rate for municipal wastes by Komilis [Komilis et al., 2006]

Stałe szybkości	Odpady papiernicze	Odpady zielone	Odpady kuchenne	Liscie	Gałęzie	Trawa
Skład morfologiczny						
SHFW, %	8,5	25	14	0	0	0
UHFW, %	43	67	44	28	16	90
WHFW, %	45	0	31	70	82	0
Stałe hydrolizy						
K_{hs} , d^{-1} Frakcja szybko hydrolizująca	0,06	0,09	0,1	0	0	0
K_{hu} , d^{-1} Frakcja wolno hydrolizująca	0,005	0,008	0,05	0,031	0,06	0,03

SHFW - szybko hydrolizująca frakcja odpadów, UHFW- umiarkowanie hydrolizująca frakcja odpadów, WHFW- wolno hydrolizująca frakcja odpadów

Wyznaczone w badaniach oraz podawane w literaturze wartości stałych szybkości hydrolizy i biodegradacji potwierdzają istotny wpływ składu chemicznego oraz wielkości cząstek odpadów stałych poddawanych fermentacji metanowej. Zmiana struktury cząstek stałych i wysokie upłynnienie odpadów po obróbce termicznej spowodowały intensyfikację procesu fermentacji, czego potwierdzeniem jest wzrost wartości stałych szybkości biodegradacji i zwiększenie produkcji biogazu. Dla próbek odpadów surowych w piątej dobie procesu fermentacji uzyskano 48% (175,4 dm^3/g s.m.o) całkowitej produkcji biogazu, natomiast w próbkach upłynnionych termicznie w tym samym czasie procesu około 65% (max. 299,4 dm^3/g s.m.o dla 155°C).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania laboratoryjne oraz interpretacja uzyskanych wyników pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Potencjał biogazowy dla badanych surowych odpadów organicznych wynosił $367,6 \text{ dm}^3/\text{kg s.m.o.}$, a udział procentowy metanu w biogazie ok. 63%. Uzyskane ilości biogazu i udział metanu w biogazie są zgodne z danymi eksploatacyjnymi w skali technicznej.
2. Wartość stałej szybkości biodegradacji dla odpadów surowych, wyznaczona w procesie fermentacji metanowej (36°C) wynosi $0,036 \text{ d}^{-1}$ i mieści się w zakresach podawanych w literaturze.
3. Dezintegracja termiczna w zakresie temperatur od 115°C do 175°C wpłynęła na wzrost potencjału biogazowego (o 24%, 155°C) i metanowego odpadów (o 48%, 155°C).
4. Na uzyskany stopień biodegradacji, mierzony efektywnością produkcji biogazu (metanu) z biofrakcji odpadów komunalnych istotny wpływ obok charakterystyki fizyko-chemicznej substratów ma ich stopień rozdrobnienia. Zmniejszenie wielkości cząstek stałych w procesie dezintegracji termicznej spowodowało zwiększenie dostępności związków organicznych dla mikroorganizmów i w efekcie intensyfikację procesu fermentacji.
5. Wysoki stopień upłynnienia odpadów po obróbce termicznej spowodował skrócenie czasu hydrolizy i wzrost stałej szybkości biodegradacji odpadów z $0,036 \text{ d}^{-1}$ (odpady surowe) do $0,078 \text{ d}^{-1}$ (dezintegracja w temperaturze 155°C).

LITERATURA

1. FERRER I., PONSAB S., VAZQUEZC F., FONT X.: *Increasing biogas production by thermal sludge pretreatment prior to thermophilic anaerobic digestion*. Biochemical Engineering Journal, 42, 186-192, 2008
2. KIM S., KIM D. H., HYUN S.-H.: *Effect of particle size, sodium concentrations on anaerobic thermophilic food waste digestion*. Proceedings of the II International symposium on Anaerobic Digestion of Solid Waste. Barcelona, vol. II, 13-16, 1999
3. KOMILIS D.P., HAM R.K., STEGMANN R.: *The effect of landfill design and operation practices on waste degradation behavior: a review*. Waste Management, 20-26, 2006
4. SONG Y.CH., KWON S.J., WOO J.H.: *Mesophilic and thermophilic temperature co-phase anaerobic digestion compared with single-stage mesophilic- and thermophilic digestion of sewage sludge*, Water Research, 38, 1653-1662, 2004

INFLUENCE OF THERMAL DISINTEGRATION ON RATE OF ORGANIC WASTE BIODEGRADATION

S u m m a r y

Disintegration is the physical-chemical liquefaction of complex organic substrates to molecular products in the form of sugars, proteins and fats and persistent fractions. In the literature, this phase of degradation is commonly called hydrolysis. This paper presents the results of determining of the rate constant for the biodegradation of raw biofraction of municipal waste and thermally disintegrated fraction.

Key words: hydrolysis, municipal waste, thermal disintegration

TEODOR KITCZAK, HENRYK CZYŻ*

**WPŁYW OSADU KOMUNALNEGO I KOMPOSTU
Z ODPADÓW ZIELENI NA JAKOŚĆ
CZTERECH MIESZANEK TRAWNIKOWYCH**

S t r e s z c z e n i e

Doświadczenia dwuczynnikowe założono wiosną 2004 roku w układzie Split-splot, na poletkach o powierzchni 6 m² w trzech replikacjach. Osad komunalny i kompost stosowano doglebowo jesienią (20 t ha⁻¹) pod orkę zimową. Do oceny wartości nawozowej osadu i kompostu wykorzystano cztery mieszanki trawnikowe typu: *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra*, *Lolium perenne* i *Poa pratensis*. Na badanych trawnikach dokonano oceny zadarnienia i aspektu ogólnego trawnika wg metody Prończuka (1993) oraz składu florystycznego runi metodą botaniczno-wagową. W badanych warunkach siedliskowych trawniki obsiane mieszanką typu *Poa pratensis* charakteryzowały się lepszymi ocenianymi parametrami (zadarnieniem, aspektem ogólnym oraz składem florystycznym) niż trawniki obsiane mieszanką typu: *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea*, a zwłaszcza *Lolium perenne*.

Słowa kluczowe: aspekt ogólny, grunt rodzimy, podłoże z kompostem, podłoże z osadem, mieszanki traw, zadarnienie

WSTĘP

W oczyszczalniach ścieków komunalnych powstaje rocznie znaczne ilości osadów. Ilość ta corocznie wzrasta w związku z postępującą budową kanalizacji i oczyszczalni ścieków. Osady ściekowe są bogatym źródłem organicznych i mineralnych składników niezbędnych dla roślin. Zdaniem Murzyńskiego i in. [1994], Siuty i in. [1997], Krzywego i Wołoszyka [1996], Krzywego i in. [1998], komposty z udziałem różnych odpadów organicznych np. osadów ściekowych, odpadów pochodzenia rolniczego, z przetwórstwa rolno-spożywczego, z pielęgnacji zieleni, itd., mogą być wykorzystywane do rekultywacji biologicznej i użyźniania gleb. Także Niedźwiecki i in. [1998] wskazują na pozytywny wpływ osadów ściekowych na rozwój gatunków traw użytych do zakła-

dania trawników. Jakość trawników w dużym stopniu zależy od odpowiedniego doboru komponentów do przygotowania podłoża [Czyż i in. 2003; Grabowski i in. 1999].

Celem badań była ocena wpływu dogłębowego stosowania osadów komunalnych i kompostu z pielęgnacji zieleni miejskiej na rozwój wybranych mieszanek trawnikowych.

METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono w latach 2004-2009 na gruncie rodzimym – piasek słabo gliniasty, pochodzenia antropogenicznego. Doświadczenie dwuczynnikowe założono w układzie split-split, na poletkach o powierzchni 6 m², w trzech replikacjach. Badanymi czynnikami były:

Czynnik I – rodzaj masy organicznej stosowanej do podłoża: grunt rodzimy (piasek słabo gliniasty) – kontrola, osad komunalny, kompost z pielęgnacji zieleni miejskiej.

Czynnik II – mieszanki trawnikowe typu: *Festuca arundinacea* (*Festuca arundinacea* odm. „Asterix” – 60% + *Festuca rubra* odm. „Areta” – 15% + *Lolium perenne* odm. „Pimperal” – 10% + *Poa pratensis* odm. „Opal” – 15%), *Festuca rubra* (*Festuca rubra* odm. „Areta” – 60% + *Lolium perenne* odm. „Pimperal” – 20% + *Poa pratensis* odm. „Opal” – 20%), *Lolium perenne* (*Lolium perenne* odm. „Pimperal” – 60% + *Festuca rubra* odm. „Areta” – 20% + *Poa pratensis* odm. „Opal” – 20%), *Poa pratensis* (*Poa pratensis* odm. „Opal” – 60% + *Festuca rubra* odm. „Areta” – 20% + *Lolium perenne* odm. „Pimperal” – 20%).

Osad i kompost dogłębowo stosowano jesienią 2003 roku, w dawce 20 t ha⁻¹ (powietrznie suchej masy) pod orkę przedzimową. Nasiona traw wysiewano w pierwszej dekadzie kwietnia 2004 roku, stosując normę wysiewu 2 kg na 100 m². W roku założenia doświadczenia nie stosowano nawożenia mineralnego. W kolejnych latach prowadzenia doświadczenia (2005-2009) na wszystkich poletkach stosowano nawozy mineralne, w dawkach: 60 kg N (30 kg wczesną wiosną oraz 30 kg w III dekadzie czerwca), 40 kg P₂O₅ i 60 kg K₂O – wczesną wiosną.

Na badanych powierzchniach określano po wschodach obsadę roślin (szt. m²). Zadarnienie i aspekt ogólny (uwzględnia: pokrój roślin, barwę, porażenie roślin, itp.) trawników oceniano corocznie jesienią wg metody Prończuka [1993], w skali 1-9 (1 – cecha wybitnie zła, 5 – dostateczna, 9 – wysoce pożądana). Skład florystyczny mieszanek trawnikowych określono metodą botaniczno-wagową.

Analizy chemiczne gruntu i gruntu z osadem komunalnym i kompostem z pielęgnacji zieleni miejskiej obejmowały zawartości: masy organicznej, azotu ogólnego, węgla, fosforu i potasu przyswajalnego oraz pH_{KCl}. Odczyn gleby

określono potencjometrycznie w roztworze 1 M KCl, węgiel organiczny – metodą Tiurina, azot ogólny – metodą Kiejdahla, fosfor i potas przyswajalny – metodą Egnera-Riehma.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Analizowany grunt rodzimy charakteryzował się średnią zawartością substancji organicznej, niską – azotu i fosforu oraz średnią - potasu. Dodatek osadu i kompostu przyczynił się do zwiększenia zawartości masy organicznej w podłożu odpowiednio o 40,7 i 25,5%. Zawartość azotu wzrosła z 1,01 g kg⁻¹ – na gruncie rodzimym do 4,57 g kg⁻¹ – na gruncie wzbogaconym w osad. Dodatek osadu i kompostu spowodował wzrost zawartości fosforu do poziomu średniego, a potasu – do wysokiego (tab. 1).

Tabela 1. Właściwości chemiczne wierzchniej warstwy podłoża trawnikowych
Table 1. Chemical properties of surface lawn subsoils

Podłoże - Substratum	Subst. org. (%)	N og. (g kg ⁻¹)	C/N	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	pH _{KCl}
Grunt rodzimy - native ground	4,27	1,01	25,0	1,42	11,9	7,6
z osadem – with waste	6,01	4,57	16,8	4,69	15,8	7,1
z kompostem - with compost	5,36	2,68	18,7	2,97	13,6	6,9

Najliczniejsze wschody traw (1253,8 roślin na 1 m²), oceniane po 30 dniach od siewu, stwierdzono na obiekcie kontrolnym, gdzie nie stosowano osadu, czy kompostu (tab. 2). Wprowadzenie do podłoża osadu ściekowego i kompostu z pielęgnacji zieleni wpłynęło na zmniejszenie liczby skiełkowanych nasion, a obsada roślin, w porównaniu do obiektu kontrolnego – grunt rodzimy, była mniejsza o 41,4% - na podłożu z udziałem osadu komunalnego oraz o 29,1% na obiektach gdzie do podłoża wprowadzono kompost z pielęgnacji zieleni. Niezależnie od rodzaju podłoża najlepszą obsadę roślin uzyskano na obiektach obsianych mieszanką typu *Lolium perenne*, na których obsada była większa o: 3,4%, 6,9% i 9,1%, w porównaniu do obiektów obsianych mieszankami typu: *Poa pratensis*, *Festuca rubra* o i *Festuca arundinacea*.

Tabela 2. Obsada roślin po wschodach (szt. m²)
 Table 2. Density of plant after emergence (on. m²)

Podłoże - Substratum	Mieszanka typu - Mixture of type				Średnia Mean
	<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Festuca rubra</i>	<i>Lolium perenne</i>	<i>Poa pratensis</i>	
Grunt rodzimy - native ground	1220,5	1238,1	1258,9	1297,8	1253,8
z osadem – with waste	681,6	710,4	831,2	713,6	734,2
z kompostem - with compost	845,5	866,8	934,0	910,4	889,2
Średnia - Mean	915,9	938,4	1008,0	973,9	

Analiza składu florystycznego wykonana jesienią w latach badań wykazała, że na obiektach z mieszanką typu *Poa pratensis* udział dominanta w kolejnych latach badań był zbliżony do przyjętego w metodyce, a stwierdzone wartości kształtowały się w przedziale 45,6-59,4 % (tab. 3). Oceniany gatunek (*Poa pratensis*), charakteryzował się dużą stabilnością i zbliżonym udziałem we wszystkich typach mieszanek. Na obiektach z mieszanką typu *Lolium perenne* udział dominanta w ocenie jesiennej 2004 roku kształtował się w granicach 56,0-63,1 %, a więc także był zbliżony do wartości przyjętej w metodyce. W kolejnych latach badań jej udział zmniejszał się, uzyskując wartości w przedziale od 21,6 do 29,1% w ostatnim roku badań. Dotyczyło to wszystkich analizowanych obiektów i typów mieszanek. Ubytkowi *Lolium perenne* towarzyszył wzrost udziału roślin gatunków nie wysiewanych w mieszankach, a najczęściej były to: *Trifolium repens*, *Chenopodium album*, *Medicago lupulina*, *Elymus repens*, *Polygonum aviculare*, *Bromus mollis*, *Poa annua*. Jeżeli chodzi o *Festuca rubra* to jej udział w mieszankach wykazywał na wszystkich obiektach tendencję wzrostową w kolejnych latach badań, szczególnie jako komponenta uzupełniającego mieszanek typu: *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne* i *Poa pratensis*. Dość stabilny w mieszance był udział *Festuca arundinacea* (od 43,2 do 49,2%) do czwartego roku użytkowania trawników, w kolejnych latach badań jej udział zmniejszał się do poziomu 29,6-35,8%. Czyż i Kiteczak [2007] w swoich badaniach stwierdzili, że *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea* i *Poa pratensis*, odznaczają się dużą trwałością i stabilnością udziału w szacie roślinnej trawników na podłożach wzbogaconych masą organiczną.

Tabela 3. Skład botaniczny runi badanych mieszanek (%)
 Table 3. Botanic composition of tested mixtures sward (%)

Mieszanka typu Mixsture of type	Gatunek Species	Lata - Years					
		2004	2005	2006	2007	2008	2009
Grunt rodzimy – Native ground (kontrola - control)							
<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Festuca arundinacea</i>	44,6	46,4	48,2	49,2	39,6	35,8
	<i>Festuca rubra</i>	12,9	14,7	15,2	16,3	19,6	20,5
	<i>Lolium perenne</i>	24,8	20,9	14,7	11,1	4,1	4,6
	<i>Poa pratensis</i>	15,1	17,2	18,2	18,8	26,1	27,3

	<i>Inne – inner*</i>	2,6	0,8	3,7	4,6	10,6	11,8
<i>Festuca rubra</i>	<i>Festuca rubra</i>	44,2	46,5	48,5	53,2	44,1	42,6
	<i>Lolium perenne</i>	38,2	31,4	18,9	12,6	4,7	3,9
	<i>Poa pratensis</i>	17,6	19,8	21,8	22,7	36,2	37,4
	<i>Inne – inner*</i>	-	2,3	10,8	11,5	15,0	16,1
<i>Lolium perenne</i>	<i>Festuca rubra</i>	21,0	23,8	27,3	29,1	36,0	37,2
	<i>Lolium perenne</i>	56,0	47,2	32,1	26,1	14,1	11,7
	<i>Poa pratensis</i>	21,7	23,8	24,7	26,2	26,1	27,3
	<i>Inne – inner*</i>	1,3	5,5	15,9	18,6	23,8	23,8
<i>Poa pratensis</i>	<i>Festuca rubra</i>	21,7	23,1	23,7	27,3	27,1	27,6
	<i>Lolium perenne</i>	30,0	25,1	22,1	22,1	6,6	4,6
	<i>Poa pratensis</i>	47,0	51,6	53,2	46,4	46,8	45,6
	<i>Inne – inner*</i>	1,3	0,2	1,0	4,2	20,5	22,2
Podłoże z osadem - Soil with waste							
<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Festuca arundinacea</i>	46,7	43,2	43,8	45,4	29,7	29,6
	<i>Festuca rubra</i>	21,4	16,7	18,7	20,7	25,4	26,7
	<i>Lolium perenne</i>	10,9	23,7	19,8	12,5	5,6	5,9
	<i>Poa pratensis</i>	20,1	14,8	16,4	19,8	37,9	31,2
	<i>Inne – inner*</i>	0,9	1,6	1,3	1,6	1,4	6,6
<i>Festuca rubra</i>	<i>Festuca rubra</i>	42,3	44,7	50,1	52,7	56,1	56,9
	<i>Lolium perenne</i>	37,6	33,6	22,1	17,8	6,1	5,9
	<i>Poa pratensis</i>	17,3	18,9	24,9	26,8	29,0	28,7
	<i>Inne – inner*</i>	2,8	2,8	2,9	2,7	8,8	8,5
<i>Lolium perenne</i>	<i>Festuca rubra</i>	17,5	19,8	21,6	26,7	27,6	28,7
	<i>Lolium perenne</i>	63,3	53,4	36,8	24,8	18,3	16,4
	<i>Poa pratensis</i>	19,0	22,7	32,6	37,8	36,5	37,4
	<i>Inne – inner*</i>	0,2	4,1	9,0	10,7	17,6	17,5
<i>Poa pratensis</i>	<i>Festuca rubra</i>	18,0	19,3	21,6	20,9	25,3	27,4
	<i>Lolium perenne</i>	31,5	28,2	19,2	14,8	1,3	2,6
	<i>Poa pratensis</i>	49,5	51,2	52,3	56,7	59,4	54,8
	<i>Inne – inner*</i>	1,0	1,3	6,9	7,6	14,0	15,2
Podłoże z kompostem - Soil with compost							
<i>Festuca arundinacea</i>	<i>Festuca arundinacea</i>	44,9	46,4	47,5	48,4	36,1	34,2
	<i>Festuca rubra</i>	14,2	14,9	15,8	17,1	26,2	27,3
	<i>Lolium perenne</i>	22,8	20,9	14,7	11,1	5,4	5,1
	<i>Poa pratensis</i>	16,8	17,3	19,7	21,3	24,8	25,6
	<i>Inne – inner*</i>	1,3	0,5	2,3	2,1	7,5	7,8
<i>Festuca rubra</i>	<i>Festuca rubra</i>	43,7	44,6	47,9	51,6	49,6	48,6
	<i>Lolium perenne</i>	36,4	33,7	22,6	15,4	5,6	5,5
	<i>Poa pratensis</i>	19,6	20,7	23,4	26,7	36,0	35,8
	<i>Inne – inner*</i>	0,3	1,0	6,1	6,3	8,8	10,1
<i>Lolium perenne</i>	<i>Festuca rubra</i>	16,7	21,8	29,4	31,6	30,3	31,3
	<i>Lolium perenne</i>	65,8	52,4	29,7	19,7	12,2	11,7
	<i>Poa pratensis</i>	17,3	22,1	32,5	33,4	46,9	45,6
	<i>Inne – inner*</i>	0,2	3,7	8,4	15,3	10,6	11,6
<i>Poa pratensis</i>	<i>Festuca rubra</i>	17,9	20,7	22,3	25,4	27,6	28,2

	<i>Lolium perenne</i>	36,1	31,4	23,1	16,8	1,4	3,6
	<i>Poa pratensis</i>	45,8	47,3	48,6	53,9	53,1	52,8
	Inne - inner*	0,2	0,6	6,0	3,9	17,9	15,4

* Inne gatunki: *Trifolium repens*, *Chenopodium album*, *Medicago lupulina*, *Elymus repens*, *Polygonum aviculare*, *Bromus mollis*, *Poa annua*

Układ wyników, obrazujących zadarnianie powierzchni trawnikowych, po 30 dniach od pełni wschodów wskazuje, że wynosiło ono 76,6% (6,9 w skali 9-stopniowej) na obiekcie kontrolnym (grunt rodzimy), a najniższe było – 64,4% (5,8 w skali 9-stopniowej) na kombinacji z osadem stosowanym doglebowo. Jest to zgodne z relacjami między obsadami roślin po wschodach, stwierdzonych na tych obiektach. W tym samym roku badań (2004) zadarnienie oceniane jesienią (tab. 4) na obiekcie kontrolnym wynosiło średnio 89,8%, natomiast na obiektach nawożonych osadem – 79,4% oraz kompostem – 78,9%. Mieszanki zapewniały podobne zadarnienie na gruncie rodzimym (kontrola), natomiast na poletkach traktowanych osadem, stwierdzono mniejsze zadarnienie na powierzchniach obsianych mieszanką typu *Lolium perenne* (tab. 4). W kolejnych latach badań (2005-2009) rodzaj podłoża nie miał wyraźnego wpływu na jakość zadarniania. Na wszystkich podłożach najlepsze zadarnienie stwierdzono na powierzchniach obsianych mieszanką typu *Poa pratensis* (84,5%, tj. 7,6 w skali 9 –stopniowej), a najgorsze na obiektach obsianych mieszanką typu *Lolium perenne* (75,3%, tj. 6,7 w skali 9-stopniowej). Czyż i Kitczak [2007] stwierdzili w swoich badaniach, że w siedlisku uboższym składniki pokarmowe lepszym zadarnieniem odznaczała się powierzchnia obsiana mieszanką typu *Festuca rubra*, a w siedlisku bogatszym – powierzchnia obsiana mieszanką typu *Lolium perenne*.

Tabela 4. Zadarnienie i aspekt ogólny trawników w latach badań

Table 4. Plant cover sodding in general aspect of years researches

Mieszanka typu Mixsture of type	Zadarnienie Sodding			Aspekt ogólny General aspect		
	2004	2009	2004- 2009	2004	2009	2004- 2009
Grunt rodzimy – Native ground (kontrola - control)						
<i>Festuca arundinacea</i>	8,0	6,8	7,33	6,7	6,8	6,83
<i>Festuca rubra</i>	7,8	6,8	7,33	6,7	6,8	6,96
<i>Lolium perenne</i>	8,2	6,3	6,77	7,2	6,3	6,57
<i>Poa pratensis</i>	8,3	6,9	7,52	6,7	6,9	7,20
Średnia - Mean	8,08	6,70	7,24	6,83	6,68	6,89
Podłoże z osadem - Soil with waste						
<i>Festuca arundinacea</i>	7,3	6,8	7,48	7,2	6,8	7,22
<i>Festuca rubra</i>	7,2	7,0	7,48	7,2	7,0	7,25
<i>Lolium perenne</i>	6,7	6,1	6,75	7,5	6,1	6,83

<i>Poa pratensis</i>	7,4	7,3	7,73	7,8	7,3	7,79
Średnia - Mean	7,15	6,79	7,36	7,43	6,79	7,27
Podłoże z kompostem - Soil with compost						
<i>Festuca arundinacea</i>	7,2	6,8	7,38	7,3	6,8	7,10
<i>Festuca rubra</i>	7,0	7,0	7,30	7,2	7,0	7,15
<i>Lolium perenne</i>	7,0	6,5	6,80	7,6	6,5	6,63
<i>Poa pratensis</i>	7,2	7,3	7,56	7,5	7,3	7,43
Średnia - Mean	7,10	6,89	7,26	7,40	6,89	7,11

W ocenie trawników ważny jest ogólny aspekt trawników [Domański 2002; Prończuk i Prończuk 2003; Shlidrick 1992; Smith i in. 1993]. W badaniach własnych aspekt ogólny ocenianych trawników zależał od rodzaju podłoża, typu mieszanki i roku użytkowania (tab. 4). Wprowadzenie do podłoża osadu komunalnego i kompostu z pielęgnacji zieleni miejskiej przyczynił się średnio do zwiększenia aspektu ogólnego ocenianych trawników o 13,1% (tj. 0,9 punktu w skali 9-stopniowej) – na obiektach z osadem i 3,% (tj. 0,22 punktu w skali 9-stopniowej) – na obiektach z kompostem. Z analizowanych mieszanek najwyższe noty uzyskał trawnik obsiany mieszanką typu *Poa pratensis* (tab. 4).

WNIOSKI

- Wprowadzenie do podłoża 20 t ha⁻¹ osadu ściekowego, bądź kompostu z pielęgnacji zieleni miejskiej, wpłynęło korzystnie na właściwości chemiczne gruntu rodzimego – piasku słabo gliniastego oraz rozwój roślin, wyrażony ogólnym aspektem trawników.
- W badanych warunkach siedliskowych trawniki obsiane mieszanką typu *Poa pratensis* charakteryzowały się lepszymi parametrami niż trawniki obsiane mieszanką typu *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea*, a zwłaszcza *Lolium perenne*.
- Zastosowane mieszanki zapewniały w badanych latach dużą stabilność zadarniania i aspektu ogólnego, co świadczy o ich przydatności do zadarniania gruntów.

LITERATURA

1. CZYŻ H., KITCZAK T.: *Przydatność mieszanek trawiastych do rekultywacji gruntów bezglebowych*. Zesz. Nauk. Uniwersytet Zielonogórski, 133 (Inżynieria Środowiska - 13), 68-75, 2007
2. CZYŻ H., ROGALSKI M., GOS A., KITCZAK T.: *Biologiczna rekultywacja hałd popioło-żużli*. W: Człowiek i Środowisko Przyrodnicze Pomorza

- Zachodniego pod red. Stanisławy Rogalskiej i Józefa Domagały. Oficyna IN PLUS, 72-75, 2003
3. DOMAŃSKI P.: *Gatunki i odmiany traw w mieszankach na trawniki i boiska sportowe*. Przegl. Nauk., XI, 1 (24), 83-105, 2002
 4. GRABOWSKI K., GRZEGORCZYK S., BENEDYCKI S., KWIETNIEWSKI H.: *Ocena wartości użytkowej wybranych gatunków i odmian traw gazonowych do obsiewu nawierzchni trawiastych*. Folia Univ. Agric. Steninesis, 197, Agricultura (75), 81-88, 1999
 5. KRZYWY E., WOŁOSZYK Cz.: *Charakterystyka chemiczna i możliwości wykorzystania do produkcji kompostów osadów ściekowych z miejskich oczyszczalni*. Zesz. Nauk. AR Szczec., Rol. 62, 265-271, 1996
 6. KRZYWY E., WOŁOSZYK Cz., GŁOWACKA A.: *Studia nad nawozowym wykorzystaniem niektórych odpadów przemysłowych i komunalnych*. Pr. Nauk. Polit. Szczec. 547. 39-42, 1998
 7. MURZYŃSKI J., GÓRECKI H., HOFFMAN J., PAWEŁCZYK A., KARLESZKO P.: *Doświadczenie polowe w produkcji i stosowaniu nawozów mineralno-organicznych*. Prace Nauk. TTN I NM Politechnika Wrocławska 40, 22, 33-39, 1994
 8. NIEDŹWIECKI E., PROTASOWICKI M., CZYŻ H., CIERESZKO W., ŚLIWIŃSKI P., NOWAK Z.: *Wykorzystanie osadów ściekowych przy zakładaniu trawników na glebie piaszczystej*. Prace Nauk. Pol. Szczec. ITN, 547, 256-259, 1998
 9. PROŃCZUK S.: *System oceny traw gazonowych*. Biul. IHAR nr 186, 127-132, 1993
 10. PROŃCZUK S., PROŃCZUK M.: *Zmienność cech u odmian *Poa pratensis* w umiarkowanie intensywnym użytkowaniu trawnikowym*. Biul. IHAR, nr 225, 265-276, 2003
 11. SHLIDRICK J.: *Turf grass manual, the sport*. Research Institute Bingley, England: ss. 60, 1992
 12. SIUTA J., WASIAK G., Parafiniuk D.: *Studium możliwości przyrodniczego użytkowania osadu z oczyszczalni ścieków „Czajka”*. W: Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych. II Konf. Nauk.-Techn. Puławy – Lublin – Jezioro, 57-71, 1997
 13. SMITH D.A., BARA R., DICKSON W.K., CLARKE B.C., FUNK C.R.: *Leaf spot on Kentucky bluegrass cultivars evaluation trial at Rutgers University*. Rutgers Turf grass. Proc. of the New Jersey Turf grass Expo, december 7-9 Atlantic City, 116-137, 1993

EFFECT OF MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE AND COMPOST FROM GREEN AREAS WASTES ON THE QUALITY OF LAWN COMPOUND

Summary

Two-factor experiment was assumed in spring 2004 in the Split-plot system on plots with an area of 6 m² in three replications. Sewage sludge and compost applied to soil in autumn in amount of 20 t ha⁻¹, for the winter plowing. To evaluate the fertilizer value of sewage sludge and compost used four lawn mixture: *Festuca arundinacea* (*Festuca arundinacea* var. „Asterix” – 60% + *Festuca rubra* var. „Areta” – 15% + *Lolium perenne* var. „Pimperal” – 10% + *Poa pratensis* var. „Opal” – 15%), *Festuca rubra* (*Festuca rubra* var. „Areta” – 60% + *Lolium perenne* var. „Pimperal” – 20% + *Poa pratensis* var. „Opal” – 20%), *Lolium perenne* (*Lolium perenne* var. „Pimperal” – 60% + *Festuca rubra* var. „Areta” – 20% + *Poa pratensis* var. „Opal” – 20%) i *Poa pratensis* (*Poa pratensis* var. „Opal” – 60% + *Festuca rubra* var. „Areta” – 20% + *Lolium perenne* var. „Pimperal” – 20%). On the tested lawns the sodding and general aspect of the lawn were assessed by the Prończuk [1993] method. Also the floristic composition of the sward was assessed using the botanical-weight method. In the studied habitat conditions lawns which were seeded by the lawn mixture called: *Poa pratensis* was characterized by the higher parameters (sodding, the general aspect and the floristic composition) than lawns seeded with a mixture called: *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea*, and particularly *Lolium perenne*.

Key words: general aspect, grass mixtures, ground native, sodding, soil of compost, soil of supplement.

ANDRZEJ GREINERT***NOWA INDUSTRIALIZACJA WOJEWÓDZTWA LUBUSKIEGO
– CZY NIE PRZEGAPIMY SZANSY?***Streszczenie*

Region lubuski nigdy nie odznaczał się wysokim poziomem industrializacji. Tym niemniej, w większości miast regionu istniały zakłady przemysłowe stanowiące podstawę bytu ich mieszkańców. Zakłady te jako rozproszone, z utrudnioną kooperacją oraz produkujące na małą skalę, nie wytrzymały presji ekonomiczno-gospodarczej początku transformacji ustrojowej. W sposób nagły pojawił się problem wysokiego bezrobocia. Po 20 latach od tego czasu nadal jest ono wyższe niż średnia krajowa – w październiku 2012 r. stopa bezrobocia rejestrowanego w województwie lubuskim wyniosła 14,9% wobec 12,5% w kraju. Możliwość budowy „dużego przemysłu” w oparciu o znaczące zasoby węgla brunatnego, obecnie w gminach Gubin i Brody jest szansą na nową industrializację regionu. Ponieważ eksploatacja jest kalkulowana na minimum 50, a może nawet trwać ponad 100 lat, działanie to postawić może region w nowej sytuacji. Możliwy byłby znaczący przyrost PKB, który na dzisiaj kształtuje się w okolicach 2,3 PKB Polski (najniższy wynik w kraju) oraz rozwój demograficzny, społeczny, ekonomiczny i edukacyjny regionu.

Słowa kluczowe: wydobywanie węgla brunatnego, industrializacja regionu lubuskiego, przemiany gospodarcze

ANALIZA STANU OBECNEGO

Obecny teren województwa lubuskiego przeszedł w swojej historii typową drogę rozwoju, z wyraźnym zaznaczeniem industrializacji wieku XIX i pierwszej połowy XX. Tym niemniej położenie tego terenu i rozpoznane zasoby, a także demografia nigdy nie predestynowały go do pełnienia roli wiodącego terenu przemysłowego [Łotysz 2006]. Przed II wojną światową był to peryferyjny teren wschodni zlokalizowany w obrębie państwa niemieckiego, głównie na obszarach Brandenburgii i Dolnego Śląska. Po II wojnie światowej, w ra-

* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska, Zakład Ochrony i Rekultywacji Gruntów

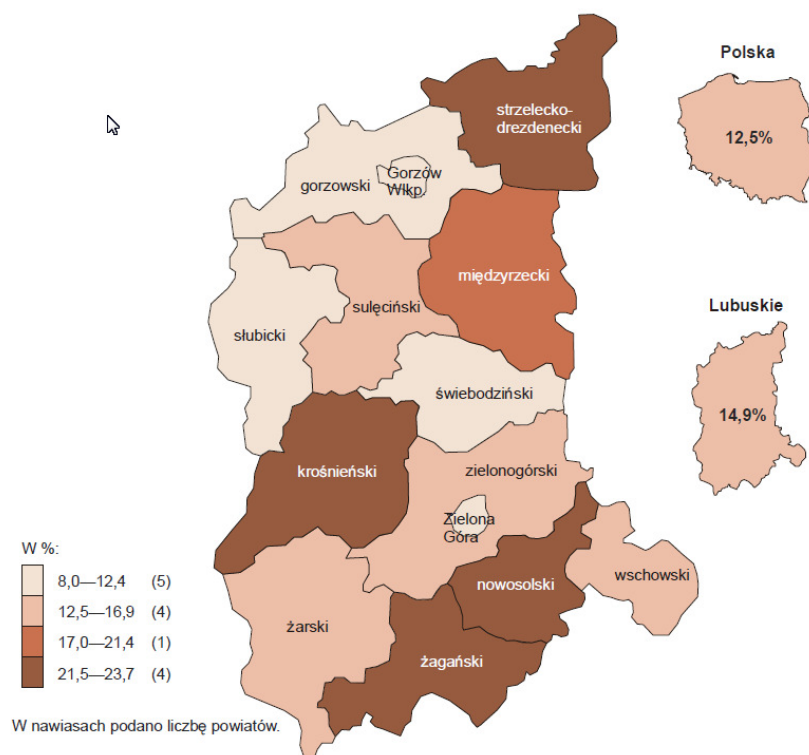
mach państwa polskiego jest peryferyjnym terenem zachodnim. Tym niemniej już na przełomie XIX i XX w. istniały tutaj m.in.:

- przemysł wydobywczy – kopalnie węgla brunatnego ok. Buczyny-Lubrzy, Cybinki, Gubina, Kożuchowa, Łęknicy, Międzyrzecza, Ośna-Sulęcina, Sieniawy, Zielonej Góry, Żar [Kołodziejczyk 2010]
- przemysł metalowy – Gorzów Wlkp., Nowa Sól, Zielona Góra, Żary
- przemysł tekstylny – Gorzów Wlkp., Lubsko, Nowa Sól, Słubice, Zielona Góra, Żagań, Żary
- przemysł drzewny – rozproszony w regionie
- przemysł spożywczy – duże zakłady w Zielonej Górze, mniejsze w większości ośrodków regionu, np. w Kostrzynie, Nowej Soli, Witnicy, Żaganiu
- przemysł materiałów budowlanych – lokalne cegielnie w licznych lokalizacjach
- przemysł elektrotechniczny – Gorzów Wlkp., Zielona Góra, Żagań
- przemysł papierowy – Kostrzyn, Żagań

W końcu roku 2010 w rejestrze REGON zarejestrowanych było w województwie lubuskim 106110 podmiotów, z czego w przemyśle 8972 (w tym 8323 w przetwórstwie przemysłowym). Dodatkowo zarejestrowanych było 7428 spółek handlowych i 78324 osoby fizyczne prowadzące działalność gospodarczą. W tej ostatniej grupie US w Zielonej Górze wyszczególnił 5878 osób w przetwórstwie przemysłowym i 11216 w budownictwie [US 2011a].

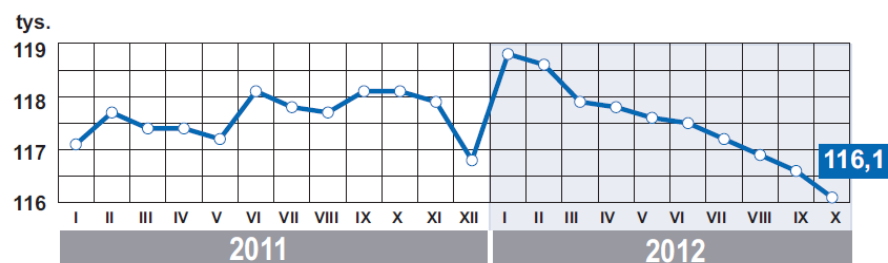
Opisywany obszar należy administracyjnie od 01. stycznia 1999 r. do województwa lubuskiego. Według danych Urzędu Statystycznego w Zielonej Górze [2012b], powierzchnia województwa lubuskiego wynosi 13.988 km² (4,5% pow. kraju), a liczba ludności na koniec września 2012 r.: 1023 tys. (2,7% ogółu ludności Polski), co daje wskaźnik gęstości zaludnienia 73 osoby/km² (Polska 122 osoby/km²). Produkt krajowy brutto woj. lubuskiego za rok 2009 – 30,4 mld zł, co stanowiło 2,3% PKB Polski.

Na koniec października 2012 r. stopa bezrobocia rejestrowanego wyniosła w województwie lubuskim 14,9% i wykazywała spadek w porównaniu z poprzednim miesiącem o 0,2% i wzrost o 0,5% w stosunku do października ubiegłego roku [US 2012a]. Analizując sytuację roku 2012 w odniesieniu do roku 2011, jedynie w styczniu 2012 bezrobocie było niższe niż przed rokiem. We wszystkich kolejnych miesiącach wskaźnik ten był wyższy, a wyraźnie pogorszył się od czerwca. Uwagę zwraca obecna sytuacja powiatu krośnieńskiego, obejmującego swoim zasięgiem gminę Gubin, ze stopą bezrobocia 23,3% w końcu października 2012 r. wobec 22,8% przed rokiem (+0,5%). W powiecie żarskim odnotowano w ujęciu rocznym spadek wskaźnika o 0,2%.



Rys. 1. Stopa bezrobocia rejestrowanego według powiatów w 2012 r.
(stan w końcu października) [US 2012a]

Fig. 1. The registered unemployment rate by districts in 2012
(end of October) [US 2012a]



Rys. 2. Przeciętne miesięczne zatrudnienie w sektorze przedsiębiorstw,
w przedsiębiorstwach o liczbie pracujących powyżej 9 osób [US 2012d]

Fig. 2. Average monthly employment in the corporate sector,
in companies employing more than 9 persons [US 2012d]

Przeciętne wynagrodzenie brutto w sektorze przedsiębiorstw wyniosło w październiku 2012 r. 3194,78 zł, a przeciętny miesięczny dochód rozporządzalny na 1 osobę nieco powyżej 1100 zł. W skali kraju odnotowano nieco wyższy niż średni, dodatkowo wykazujący tendencję zwyżkową wskaźnik ubóstwa wynoszący 20,8% w 2005 i 23,3% w 2010 (20,5 / 17,6% w Polsce) [US 2012b].

Produkcja sprzedana przemysłu w woj. lubuskim wyniosła 24,1 mld zł, co stanowiło zaledwie 2,3% produkcji przemysłu Polski. W porównaniu do października roku 2011, w analogicznym miesiącu roku 2012 odnotowano spadek w produkcji sprzedanej budownictwa, w tym działaniach budowlano-montażowych. Zauważalny jest trend spadkowy wobec nakładów inwestycyjnych w regionie, w tym na budynki i budowlę o 16,2%, na środki transportu o 4,9%, na maszyny, urządzenia techniczne i narzędzia o 7,7% [US 2012a].

Niekorzystne zmiany, szczególnie na tle uprzednio ukazanych wskaźników ekonomiczno-gospodarczo-społecznych ukazuje prognoza liczby ludności w wieku nieprodukcyjnym wobec tych w wieku produkcyjnym:

- 2012 – 1023 tys. – 52 os. nieprod. / 100 os. w wieku prod.
- 2015 – 1010 tys. – 59 os. nieprod. / 100 prod.
- 2020 – 1008 tys. – 69 os. nieprod. / 100 prod.
- 2025 – 999 tys. – 74 os. nieprod. / 100 prod.
- 2030 – 984 tys. – 74 os. nieprod. / 100 prod.
- 2035 – 963 tys. – 74 os. nieprod. / 100 prod.

Wiele obserwowanych w województwie lubuskim do dnia dzisiejszego skutków transformacji ustrojowej znajduje swoje odpowiedniki w skali całego kraju, niektóre jednak wydają się typowymi dla terenów ułokowanych peryferyjnie względem głównych ośrodków administracyjnych.

Generalnie można mówić o skutkach w postaci:

- eliminacji dużego przemysłu w początku lat 90. XX w.;
- rozproszeniu małej i średniej wytwórczości w lokalnych strefach miejskich;
- powstaniu dużych obszarów problemowych na terenach po PGR-owskich;
- niedostatku strategicznych, ponadregionalnych inwestycji infrastrukturalnych;
- bardzo słabo rozwiniętej sieci drogowej i kolejowej;
- braku lokalnych znaczących producentów energii;
- braku inwestycji w infrastrukturę sieciową;
- pauperyzacji społeczności regionu;
- marginalizacji regionu w planistycie i strategiach ogólnokrajowych.

Należy przy tym zauważyć istnienie wielu obiektywnych czynników hamujących możliwość wielosektorowego rozwoju regionu, co każe myśleć o nim raczej jako o terenie bardziej wąsko ukierunkowanych działań, jak:

- obecność dużych powierzchni porolnych o niskiej bonitacji;

- obecność dużych powierzchni leśnych;
- niskie zaludnienie;
- niskie wskaźniki wykształcenia i scholaryzacji.

Na tym tle wskazuje się szereg koniecznych zmian, które mogą przynieść skutek w postaci impulsu prorozwojowego dla regionu:

- budowa kolei wielkich prędkości z centralnym przebiegiem przez teren województwa;
- powstanie dużego lokalnego dostawcy energii elektrycznej i ciepłej;
- budowa magistralnych linii przesyłowych;
- budowa potencjału regionalnego w oparciu o inwestycje celu ogólnokrajowego;
- konieczność zbudowania rynku pracy z szeroką i stabilną ofertą;
- konieczność podniesienia stopnia zamożności (siły nabywczej) mieszkańców regionu.

Gmina Brody

Ulokowana w województwie lubuskim, powiecie żarskim, zajmująca powierzchnię 240 km², z czego lasy stanowią 65,66%, użytki rolne 26,29%, a drogi, wody i tereny zabudowane 8,05% [US 2003]. Większe miejscowości opisywanej gminy to Brody (1017 mieszk.), Koło, Biecz, Datyń i Zasieki. Ludność gminy w roku 2002 stanowiły 3586 osoby, zamieszkujące 15 sołectw i 19 miejscowości. Gospodarstwa rolne obecne były w liczbie 608, w tym: 297 do 1 ha, 207 1-5 ha, 37 5-10 ha, 37 10-15 ha, 40 >15 ha. Udział bezrobotnych zarejestrowanych w liczbie ludności w wieku produkcyjnym wynosił 14,8%. Ludność zamieszkiwała mieszkania w liczbie 965, z tego 770 zbudowanych przed rokiem 1945 oraz budynki mieszkalne w liczbie 641, z tego 565 zbudowanych przed rokiem 1945. Wskaźniki wyposażenia lokali w instalacje ilustrują liczby: ludność korzystająca z instalacji: wodociągowej – 74%, kanalizacji – 28%, gazowej – b.d.

Gmina Gubin

Ulokowana w województwie lubuskim, powiecie krośnieńskim, zajmująca powierzchnię 380 km², z czego lasy stanowią 57,2%, użytki rolne 33,0%, a drogi, wody i tereny zabudowane 9,8% [POŚ dla Gminy Gubin 2004]. Większe miejscowości to Chlebowo (640 mieszk.), Bieżyce, Czarnowice, Grabice, Jaromirowice, Starosiedle i Wałowice. Ludność liczyła na koniec 2011 roku 7411 osób [GUS 2012], zamieszkujących 19 sołectw i 21 miejscowości. Na terenie gminy istniało 1184 gospodarstw rolnych, w tym: 489 do 1 ha, 441 1-5 ha, 90 5-10 ha, 65 10-15 ha, 99 >15 ha. Udział bezrobotnych zarejestrowanych w liczbie ludności w wieku produkcyjnym wynosił 16,8%. Z instalacji wodociągowej korzystało 70% mieszkańców, z kanalizacji – 10%, a z sieci gazowej – 4% [US 2011a, US 2012c].

Analizując lokalizację kompleksu wydobywczo-energetycznego na pierwszy plan, co jest poza jakąkolwiek dyskusją wysuwa się lokalizacja złóż surowców energetycznych. Tym niemniej, w dobie paneuropejskiej polityki energetycznej początku XXI wieku oraz polityki wyrównywania szans regionów, należy przedstawić także inne aspekty funkcjonowania konkretnych miejsc, będących areną przyszłych działań przemysłowych.

NOWA INDUSTRIALIZACJA W OPARCIU O ZASOBY WĘGLA BRUNATNEGO

Polska, wybierając drogę stałego wzrostu gospodarczego, zdecydowała się na wzrost konsumpcji energii – wzrost finalnego zużycia energii elektrycznej o 55%, gazu o 29%, ciepła sieciowego o 50%, produktów naftowych o 27%, energii odnawialnej bezpośredniego zużycia o 60%. Istnieje tym samym konieczność znaczącego wzrostu obecnej produkcji energii elektrycznej w Polsce do roku 2030 [MG 2009]. Współcześnie Polska wytwarza energię korzystając z depozytów węgla kamiennego i brunatnego, ropy naftowej i gazu ziemnego, biomasy (w tym w postaci drewna) oraz przemiany energii wiatru, wód i ciepła wnętrza ziemi. Energia ze spalania węgla brunatnego ma udział w obecnym wytwarzaniu energii w Polsce prawie 31,5% [Pietraszewski 2011]. Depozyty większości surowców energetycznych mają podstawową wadę – są nieodnawialne. Jednak nie wszystkie z rozpoznanych złóż są obecnie eksploatowane. Jesteśmy w stanie przewidzieć, że bez uruchomienia nowych złóż węgla brunatnego, nastąpi spadek produkcji energii z tego paliwa za około 20 lat, drastycznie nasilając się w latach kolejnych.

Wśród dotychczas nie eksploatowanych złóż szczególnie ciekawymi z uwagi na szacowane zasoby są te w okolicach Legnicy, Gubina i Brodów. Kasztelewicz i Zajączkowski [2008] ocenili zasoby w złożach: Gubin, Gubin-Zasieki-Brody i Lubsko (bilansowe udokumentowane oraz prognostyczne) na 3230 mld Mg węgla. Według tych autorów, wydobywanie ze złoża Gubin-Mosty-Brody powinno się kształtować na poziomie około 25 mln Mg na rok a docelowo około 50 mln Mg rok, co zabezpieczy pracę elektrowni o mocy około 4600 MW (9000 MW) i o sprawności ponad 48% netto.

Perspektywicznie około roku 2050 mogłoby nastąpić przejęcie roli producenta energii na bazie węgla brunatnego przez rejony Legnica i Gubin-Mosty-Brody, a działanie tych nowych rejonów wydobywczo-przetwórczych powinno trwać minimum 50-100 lat. W stosunku do pierwszej dekady XXI wieku zmieni to rozmieszczenie przestrzenne miejsc wytwarzania energii. Według zapisów KPZK do roku 2030, rozproszenie źródeł pozwoli na optymalne wykorzystanie możliwości terenów naszego kraju i na zracjonalizowanie kosztów przesyłu energii z miejsc produkcji do obszarów wykorzystania [M.P. poz. 252/2012]. Posiłkując się zapisami Krajowej Strategii Rozwoju Regionalnego 2010-2020,

celem strategicznym polityki regionalnej Polski jest umożliwienie jak najszerszego wykorzystania przez regiony ich potencjałów rozwojowych dla osiągnięcia celów rozwoju kraju [KSRR 2010-2020]. Dla województwa lubuskiego i ościennych te zapisy wiążą się m.in. z otwarciem nowej perspektywy rozwojowej, związanej ze złożami węgla brunatnego w gminach Gubin i Brody (powiaty krośnieński i żarski). W ślad za zapisami dokumentu rangi krajowej, poszły zapisy dokumentów regionalnych – Planu Zagospodarowania Przestrzennego Województwa Lubuskiego i Strategii Rozwoju Województwa Lubuskiego do roku 2020.

Innym elementem rozważań w tym miejscu powinno być wskazanie konieczności dostępu energii elektrycznej na teren województwa lubuskiego z oddalonych od niego elektrowni. Na koniec roku 2010 moc zainstalowana elektrowni lubuskich wynosiła zaledwie 484,1 MW, z czego 120,8 MW w elektrowniach wodnych i 363,3 MW w elektrowniach cieplnych [GUS 2011].

Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju do roku 2030:

Złoża węgla kamiennego i brunatnego, zaliczone do złóż o strategicznym znaczeniu dla bezpieczeństwa energetycznego kraju, są chronione przed nadmierną zabudową na powierzchni przy jednoczesnym utrzymaniu gotowości do uruchomienia wydobywania. Ochronie w szczególności podlegają obszary zalegania złóż: „Legnica”, „Gubin” i „Gubin 1”, „Złoczew” oraz złoża węgla kamiennego „Bzie-Dębina”, „Śmiłowice”, „Brzezinka”. „Nawet jeśli z powodów ekonomicznych, społecznych lub innych niektóre znane złoża surowców energetycznych pozostają nieeksploatowane, powinny być traktowane jako trwałe zasoby naturalne szczególnego rodzaju, który musi podlegać szczególnej ochronie prawnej przed różnego typu działalnością człowieka, w tym zwłaszcza inwestycyjną (osadnictwo, budowa infrastruktury transportowej). Dotyczy to obszarów zalegania złóż węgla kamiennego (na terenie województw śląskiego i lubelskiego) oraz węgla brunatnego (m.in. na obszarze legnickim i gubińskim)”.

Plan Zagospodarowania Przestrzennego Województwa Lubuskiego (uchw. 21.03.2012 r.):

Zgodnie z Koncepcją Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030, Zmiana PZPWL przedstawia tereny potencjalnej eksploatacji złóż węgla brunatnego „Gubin” i „Gubin 1” oraz lokalizacji elektrowni o mocy 3000 MW w rejonie zagłębia węgla brunatnego położonego w okolicach Gubin, Lubsko i Brody.

Strategia Rozwoju Województwa Lubuskiego do roku 2020 (19.11.2012 r.):

Szanse dla rozwoju gospodarki regionu wiążą się także z eksploatacją kopalni energetycznych, w szczególności węgla brunatnego, m.in. w okolicach Gubina. Istotnym czynnikiem mogącym mieć znaczący wpływ na rozwój regionu

są złoża surowców, szczególnie węgla brunatnego w okolicach gmin: Gubin, Lubsko i Brody. Wydobycie surowca łączy się z budową kopalni odkrywkowej węgla brunatnego na terenie gmin Gubin i Brody oraz elektrowni wykorzystującej wydobywany węgiel. Eksploatacja złóż niesie za sobą zagrożenia rozwoju, szczególnie w zakresie zapewnienia równowagi między wydobyciem surowca, a zachowaniem środowiska przyrodniczego i kulturowego. Dopisano do listy inwestycji kluczowych dla województwa jako nr 4 „Budowa kompleksu wydobywczo-energetycznego Gubin-Brody wraz z infrastrukturą towarzyszącą”.

SZANSE DLA WOJEWÓDZTWA

Analiza obecnej sytuacji województwa lubuskiego każe dostrzec wiele mankamentów, które odpychają od perspektywy zamieszkiwania na jego terenie zwłaszcza przedstawicieli młodego pokolenia. Standardem jest pozostawanie absolwentów szkół usytuowanych w ośrodkach miejskich poza województwem, w ich nowych środowiskach. Wzmocnienie sektora przemysłowego, opartego o nowo tworzony kompleks wydobywczo-energetyczny wywołałoby postęp w kilku kluczowych sektorach, związanych z jakością życia mieszkańców województwa:

- miejsca pracy:
 - utworzenie miejsc pracy u stabilnego dużego pracodawcy
 - miejsca pracy u kooperantów; możliwość znalezienia się na rynku pracy w roli kooperanta
 - podniesienie stopnia technicznego wykształcenia mieszkańców regionu
 - możliwość rozwoju myślenia o regionie jako docelowym miejscu zamieszkiwania
- infrastruktura:
 - rozwój sieci drogowej
 - rozwój sieci kolejowej
 - rozwój infrastruktury przesyłowej
- podniesienie rangi regionu:
- nabierający z latami znaczenia obszar wydobycia strategicznego surowca i produkcji energii w kraju
- lokalizacja centrum administracyjnego kompleksem
- wzrost siły nabywczej ludności:
- lepiej płatne miejsca pracy
- zmniejszenie poziomu bezrobocia
- poprawa warunków życia ludności – miejsca zamieszkania, usługowe i inne, zgodne ze współczesnymi standardami
- wzrost zamożności gmin – podatki, opłaty
- poprawa kształcenia:

- rozwój edukacji na wszystkich poziomach
- większa możliwość stymulacji młodych ludzi do zdobywania wykształcenia technicznego
- zahamowanie niekorzystnych trendów demograficznych

SZANSE DLA SPOŁECZNOŚCI LOKALNYCH

Szanse wynikające dla społeczności lokalnych z funkcjonowania dużego podmiotu gospodarczego na terenie prezentowanych gmin w dużej mierze są zgodne z tymi opisanymi dla województwa. Należy jednak postawić wyraźny akcent na nowe perspektywy zamieszkania i zatrudnienia. Z analizy stanu obecnego wynika znaczący stopień zaniedbania opisywanego rejonu, co wiąże się w dużej mierze z przyczynami politycznymi, ale także gospodarczo-społecznymi i demograficznymi. Konieczność przeniesienia mieszkańców terenu przyszłych odkrywek oznacza dla nich, poza czasowymi utrudnieniami, także możliwość zamieszkania w domach i mieszkaniach budowanych według obecnie akceptowanych standardów. Przekłada się także na konieczność wybudowania dróg i doprowadzenia mediów, zgodnie z obecnie obowiązującymi normami. To niewątpliwie istotna zmiana względem obecnego stanu zagospodarowania i wyposażenia. Powstanie miejsc pracy dla dużej grupy ludzi pozwoli także inaczej myśleć o przyszłości swojej i następnych pokoleń. W jakiejś części perspektywa pewnego i korzystnego ekonomicznie zatrudnienia może wpłynąć na zahamowanie odpływu ludzi z do tej pory peryferyjnych ośrodków i miejsc bytowania do dużych miast regionu i kraju.

ZAGROŻENIA ŚRODOWISKOWE I MOŻLIWOŚCI ICH MINIMALIZACJI

Odkrywkowe wydobywanie węgla brunatnego jest jednym z większych sprawców wilkopowierzchniowej degradacji powierzchni ziemi. Wiąże się to z koniecznością uzyskania dostępu do depozytu węglowego oraz przemieszczeniem znacznych mas ziemnych i ich składowaniem w nowych miejscach w sposób inny niż pierwotny. Dodatkowo, na czas eksploatacji teren traci dotychczasową funkcjonalność, co poza kwestiami gospodarczymi, oznacza także dotkliwe dla mieszkańców zmiany społeczno-kulturowe.

Po dziesięcioleciach prowadzenia odkrywkowego wydobywania surowców nauczyliśmy się przeciwdziałać wielu szkodom środowiskowym, głównie poprzez świadome planowanie zakresu prowadzonych prac wydobywczych. Obszary szczególnie cenne mogą być w ten sposób wyłączone spod eksploatacji wraz z pozostawieniem terenu zapewniającego pewnego rodzaju bufor od strony

eksploatowanej odkrywki. W pewnej mierze może dotyczyć to także ochrony zasobów kulturowych, aczkolwiek cenne obiekty są zazwyczaj przenoszone na nowe miejsca.

Głównym elementem minimalizacji strat środowiskowych jest rekultywacja terenów powydobywczych. W tym przypadku należy się oczywiście liczyć ze stosunkowo długim czasem trwania procedur rekultywacyjnych jako takich, a także potrzebnym do stabilizacji środowiska przyrodniczego po okresie rekultywacji. Tym niemniej znane są techniki i technologie prowadzące do zagospodarowania rolniczego, leśnego, wodnego i specjalnego opisywanych przestrzeni.

LITERATURA

1. GUS: *Rocznik statystyczny województw*. Warszawa 2011
2. GUS: *Ludność w gminach według stanu w dniu 31.12.2011 r.; bilans opracowany w oparciu o wyniki NSP'2011*, http://www.stat.gov.pl/gus/5840_13211_PLK_HTML.htm, Zielona Góra 2012
3. KASZTELEWICZ Z., ZAJĄCZKOWSKI M.: *Energetyka na węglu brunatnym – szanse i zagrożenia*, Problemy Bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w polskim górnictwie, WUG – SITG, Mysłowice 2008
4. KOŁODZIEJCZYK U.: *Charakterystyka złóż węgla brunatnego w województwie lubuskim*. Zeszyty Naukowe UZ 137 Inżynieria Środowiska 17, Zielona Góra 2010, 169-179
5. KSRR: *(Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego) 2010-2020: Regiony, Miasta, Obszary wiejskie*. Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa 13 lipca 2010 r.
6. ŁOTYSZ S.: *O ochronę zabytków techniki na Ziemi Lubuskiej*. Rocznik Lubuski, tom 32, cz. 1, Zielona Góra 2006, 155-161
7. M.P. (Monitor Polski Dziennik Urzędowy R.P.) poz. 252/2012, Uchwała Nr 239 Rady Ministrów z dnia 13 grudnia 2011 r. w sprawie przyjęcia Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030, data ogłoszenia 27 kwietnia 2012 r.
8. MG (Ministerstwo Gospodarki): *Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku*, Załącznik 2. do „Polityki energetycznej Polski do 2030 roku”, Warszawa 10 listopada 2009 r., Warszawa 2009
9. PIETRASZEWSKI A.: *Polskie górnictwo węgla brunatnego – 2010 rok*, Węgiel Brunatny nr 1/74, <http://www.ppwb.org.pl/wb/74/4.php>, 2011
10. POŚ (Program Ochrony Środowiska) dla Gminy Gubin na lata 2005-2008 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2009-2012, Gubin, grudzień 2004

11. US (Urząd Statystyczny w Zielonej Górze): *Podstawowe informacje ze spisów powszechnych 2002, gmina wiejska Brody, powiat żarski, województwo lubuskie*, Zielona Góra, grudzień 2003
12. US (Urząd Statystyczny w Zielonej Górze): *Statystyczne Vademecum Samorządowca, gmina wiejska Gubin, powiat krośnieński*, Zielona Góra 2011a
13. US (Urząd Statystyczny w Zielonej Górze): *Województwo lubuskie - Podregiony, powiaty, gminy*. Zielona Góra 2011b
14. US (Urząd Statystyczny w Zielonej Górze): *Komunikat o sytuacji społeczno-gospodarczej województwa lubuskiego, nr 10*, Zielona Góra, listopad 2012a
15. US (Urząd Statystyczny w Zielonej Górze): *Raport o sytuacji społeczno-gospodarczej województwa lubuskiego 2011*, Zielona Góra, kwiecień 2012b
16. US (Urząd Statystyczny w Zielonej Górze): *Powiaty i gminy w województwie lubuskim w 2009 r., powiat krośnieński*, Zielona Góra, 2012c
17. US (Urząd Statystyczny w Zielonej Górze): *Sytuacja gospodarcza w województwie lubuskim w październiku 2012 r.*, Zielona Góra, 2012d

NEW INDUSTRIALIZATION OF THE LUBUSKIE REGION – DO NOT MISS THIS CHANCE?

S u m m a r y

Lubuskie Region never possessed a high level of industrialization. However, in most cities in the region, there were factories that form the economic basis of their inhabitants. These establishments as scattered, with hindered co-operation and producing on a small scale, did not withstand the economic pressure of the transformation system. In a sudden there was a problem of high unemployment. After 20 years since then, it is still higher than the national average - in October 2012, the registered unemployment rate in Lubuskie was 14.9% compared to 12.5% in the country. The possibility of building the "big industry" based on significant coal resources in the locality of Gubin and Brody is an opportunity for the new industrialization of the region. Because the operation is calculated on a minimum of 50, and may even take more than 100 years, this action could put the region in a new situation. Possible would be a significant increase in GDP, which today is around 2.3 Polish GDP (the lowest score in the country) and the demographic, social, economic and educational development of the region.

Key words: coal mining, industrialization of the Lubuskie region, economic changes



**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.