

UNIwersYTET ZIELONOGÓRSKI
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

Seria: Inżynieria Środowiska - nr 34

zeszyty
naukowe



**ZESZYTY NAUKOWE
UNIwersYTETU ZIELONOGÓRSKIEGO
NR 154**

INŻYNIERIA ŚRODOWISKA – 34

ZIELONA GÓRA • 2014

REDAKCJA ZESZYTU NAUKOWEGO:

dr hab. inż. Andrzej Greinert, prof. nadzw. (*Redaktor Naczelny*)
dr hab. Urszula Kołodziejczyk, prof. nadzw., dr inż. Magda Hudak, dr
inż. Jakub Kostecki, dr inż. Sylwia Myszograj, dr inż. Róża Wasylewicz
Redaktorzy tematyczni:
prof. dr hab. inż. Andrzej Jędrzak, prof. dr hab. inż. Tadeusz Kuczyński,
dr hab. Michał Drab, prof. nadzw., dr hab. Urszula Kołodziejczyk,
prof. nadzw., dr hab. Zygmunt Lipnicki, prof. nadzw., prof. nadzw., dr
hab. Marlena Piontek, prof. nadzw., dr hab. inż. Nguyen Thi Bich Loc,
prof. nadzw., dr hab. Zofia Sadecka
Sekretarz:
dr inż. Magda Hudak

RADA WYDAWNICZA:

dr hab. inż. Andrzej Pieczyński, prof. UZ (*Przewodniczący*),
mgr Ryszard Błazyński (*Sekretarz*),
Członkowie: prof. dr hab. inż. Marian Adamski, prof. dr hab. Beata Gabryś,
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 Halczak,
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

Mateusz Cuske, Łukasz Szałata – Modelowanie rozprzestrzeniania zanieczyszczeń w powietrzu na przykładzie projektowanej kwatery składowiska odpadów.....	5
Włodzimierz Czamara, Dorota Olearczyk, Radosław Stodolak, Łukasz Pardela – Możliwości wykorzystania historycznych danych topograficznych, hydrologicznych i hydraulicznych w procesie modelowania przepływu na przykładzie rzeki Ślęzy i Widawy	13
Marta Gortych, Arkadiusz Gortych – Projekt stanowiska eksperymentalnego do badania krzepnięcia w przestrzeni walcowej	22
Magdalena Czarna – Zimowe utrzymanie dróg w świetle prawa polskiego.....	30
Aleksandra Janicka – Projekt zagospodarowania basenu północnego w Świnoujściu	37
Marta Przewocka, Janusz Rosada – Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb na pograniczu byłej strefy ochronnej Huty Miedzi „Głogów”	45
Monika Suchowska-Kisielewicz – Produkcji biowodoru z odpadów w warunkach fermentacji	55
Marta Przewocka – Wapnowanie jako metoda immobilizacji metali ciężkich w glebach	65
Monika Domanowska – Odnowa terenów zieleni w Miniprogramach Rewitalizacji Dzielnicy Warszawy	74
Andrzej Greinert – Węgiel brunatny – czy będzie polskim surowcem energetycznym XXI wieku?	87

MATEUSZ CUSKE*, ŁUKASZ SZALAŁA**

**MODELOWANIE ROZPRZESTRZENIANIA
ZANIECZYSZCZEŃ W POWIETRZU NA PRZYKŁADZIE
PROJEKTOWANEJ KWATERY SKŁADOWISKA ODPADÓW**

Streszczenie

Artykuł przedstawia metodyczne aspekty oraz różne podejścia do modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu przy użyciu pakietu Operat FB. W pracy przedstawiono wyniki emisji zanieczyszczeń typowych z projektowanej kwatery składowiska. Przeprowadzone analizy wykazały, iż w zależności od zastosowanych danych wyjściowych, stężenia maksymalne i średnioroczne zanieczyszczeń są różne.

Słowa kluczowe: modelowanie, zanieczyszczenie powietrza, składowisko odpadów

WSTĘP

Składowanie odpadów to najbardziej rozpowszechniona metoda utylizacji odpadów komunalnych w Polsce. Takie ukierunkowanie działań jest podyktowane przede wszystkim czynnikami ekonomicznymi. Pomimo to, metoda ta wywiera największą presję na środowisko. Potencjalne oddziaływanie spowodowane składowaniem odpadów uwidacznia się na poziomie wszystkich komponentów środowiska. Do najczęściej występujących, a zarazem najbardziej niebezpiecznych czynników mających wpływ na stan środowiska należą: migracja zanieczyszczeń obecnych w odciekach przez grunt do wód podziemnych, emisja odorów, a także gazu składowiskowego, w którego skład wchodzi m. in. metan, siarkowodór, dwutlenek węgla, merkaptany [Berleć i in. 2009, Jurkiewicz i in. 1998].

Obecnie stosowane metody utylizacji odpadów poprzez ich składowanie uwzględniają potrzeby ochrony środowiska i mogą skutecznie ograniczyć bądź wręcz całkowicie wyeliminować ryzyko zaistnienia szkody w środowisku. Ważną rolę w tym procesie odgrywa jednak etap wdrożenia poszczególnych

* Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

** Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Politechnika Wrocławska

technologii, co powoduje, że już na etapie projektowania i planowania instalacji należy jednocześnie zaplanować sposoby ograniczania negatywnych efektów środowiskowych wynikających z planowanej działalności.

Prawnym narzędziem związanym z oceną ryzyka jest procedura oceny oddziaływania na środowisko wynikająca bezpośrednio z zaimplementowanej w prawie polskim Dyrektywy Rady 85/337/EWG z dnia 27 czerwca 1985 r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko naturalne. Na tym etapie następuje ocena oddziaływania planowanej instalacji na środowisko oraz projektowanie konkretnych rozwiązań mających na celu maksymalne ograniczenie tych oddziaływań.

Narzędziem pomocniczym w tego typu analizach jest zastosowanie modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu za pomocą programów matematycznych, zgodnych z obecnie obowiązującymi normami. Niemniej jednak jest to jedynie element wspomagający, niemający żadnego ułożenia prawnego. Dlatego istotne jest to, aby tworzenie baz danych oraz sam proces modelowania były wykonywane rzetelnie, zgodnie z metodykami opracowywanymi przez odpowiednie organy administracji publicznej [El-Fadel i in. 1996, Rogalski i Rzepka 2011, Staszewska i Pawłowska 2011].

Niniejszy artykuł prezentuje wyniki modelowania rozprzestrzeniania się wybranych zanieczyszczeń w powietrzu, dla projektowanej kwatery składowiska odpadów. W modelowaniu przyjęto dwa różne warianty emisji zanieczyszczeń, a wyniki poddano krytycznej analizie.

OBIEKT BADAWCZY

Analizie poddano projektowaną kwaterę, jednego z Zakładów Unieszkodliwiania Odpadów zlokalizowanych na terenie południowo-zachodniej Polski. Projektowana kwatera ulokowana ma być w wyrobisku poeksploatacyjnym pospółki. Otoczenie kwatery, to pola uprawne odizolowane pasami zieleni. Powierzchnia dna planowanej kwatery wynosi 5853 m^2 , powierzchnia czaszy: $14\,800 \text{ m}^2$, a całkowita pojemność: $379\,046 \text{ m}^3$. Maksymalną rzędną eksploatacyjną zaplanowano na 342 m n.p.m., przy czym dno kwatery ulokowane jest na poziomie około 330 m n.p.m. Na kwaterze przyjmuje się wykonanie uszczelnienia syntetycznego w postaci folii PEHD o grubości 2,0 mm. Na uszczelnieniu planuje się wykonanie drenażu płytkowego, wykonanego z materiału żwirowo-piaszczystego o współczynniku filtracji większym od $1 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ i miąższości 0,5 m. W warstwie drenażowej zostanie ułożony system drenażu liniowego odcieków, na który składają się: kolektor główny oraz sączki wykonane z rur PE. Powstające odcieki zostaną odprowadzone do zbiorników, w których będą wstępnie podczyszczane, a następnie do istniejącego systemu kanalizacji.

Dno kwatery zostanie ukształtowane z uzyskaniem spadku 1,0% oraz spadków poprzecznych 2,5-3,0%, skarpy natomiast ukształtowane zostaną na spadek 1:2. Roczną depozycję odpadów zaplanowano na około 40 000 Mg.

METODYKA BADAŃ

Prognozowanie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń wykonano za pomocą pakietu Operat FB, służącego do modelowania zanieczyszczeń z emitorów punktowych, liniowych i powierzchniowych, zgodnie z metodyką zawartą w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie wartości odniesienia niektórych substancji w powietrzu (Dz.U. 2010 nr 16 poz. 87). Program posiada atest Instytutu Ochrony Środowiska w Warszawie. Wykonano obliczenia stężeń maksymalnych dla emitorów punktowych oraz zastępczych, a także dokonano oceny zakresu obliczeń, stężeń maksymalnych, średniorocznych i częstości przekroczeń określonych wartości (D1).

Z racji tego, iż emisja zanieczyszczeń na składowiskach ulega wysokim wahaniom w przeciągu eksploatacji kwatery, przeprowadzono modelowanie dla średniej ilości produkowanego gazu składowiskowego przez określoną ilość odpadów komunalnych w ciągu roku. W metodyce oszacowano emisję gazu składowiskowego z zaprojektowanych studni odgazowujących (wariant najbardziej prawdopodobny, przy sprawnym działaniu systemu odgazowującego i przy systematycznym stosowaniu warstw przykrywająco-izolujących) [Zawieja 2010]. W tym celu wyznaczono sześć emitorów punktowych, o wysokości 1,5 m i średnicy przekroju 1 m. Przyjęto współczynnik szorstkości terenu dla pól uprawnych (0,035).

Dla porównania przeprowadzono szacunkowe modelowanie emisji nieorganizowanej ze złoża odpadów. W tym celu wyznaczono emitor powierzchniowy, o wysokości 0,1 m, z zastępczymi emitorami w siatce receptorów.

Złoże odpadów potraktowano, jako źródło gazu składowiskowego, w ilości $100 \text{ kg} \cdot \text{Mg}^{-1}$ zdeponowanych odpadów, w rozłożeniu na 20 lat emisji. Z racji tego, iż skład gazu składowiskowego jest bardzo zróżnicowany, przeprowadzono modelowanie dla czterech, typowych zanieczyszczeń emitowanych w trakcie składowania odpadów (metan, aceton, merkaptany, siarkowodór) [Dz.U. 2012 nr 0 poz. 1031]. Tabela 1 przedstawia główne parametry wymienionych składników oraz ich średnia emisję [Lewicki 2010].

Tab. 1. Podstawowe właściwości substancji oraz roczna emisja [obliczenia własne na podst: Lewicki 2010]

Tab. 1. Basic properties of the substances and the annual emissions [calculations based on: Lewicki 2010]

Lp.	Rodzaj zanieczyszczenia	Oznaczenie CAS	Zawartość procentowa w biogazie	Roczna emisja, kg·h ⁻¹
1.	Metan	74-82-8	52	0,012
2.	Aceton	67-64-1	0,01	0,000003
3.	Merkaptany	-	0,012	0,000004
4.	Siarkowodór	7783-04-4	0,01	0,000003

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone modelowanie wskazało, iż w żadnym wariancie nie zostaną przekroczone wartości graniczne dla analizowanych zanieczyszczeń, określone w rozporządzeniu [Dz.U. 2010 nr 16 poz. 87]. Tabela 2 prezentuje zestawienie emisji maksymalnej, rocznej i średniej dla obydwóch wariantów modelowania.

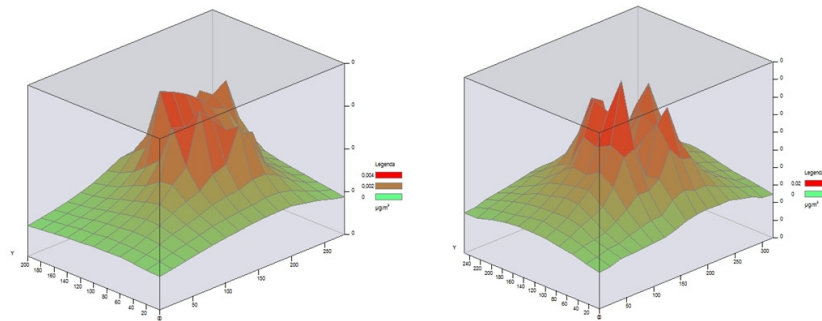
Tab. 2. Zestawienie emisji maksymalnej, rocznej i średniej

Tab. 2. Maximum, annual and average emission

Wariant modelowania	Zanieczyszczenie	Emisja max. kg·h ⁻¹	Emisja roczna Mg	Emisja średnia kg·h ⁻¹
Złoże	metan	0,072	0,631	0,072
	aceton	3,00E-6	0,00002628	3,00E-6
	merkaptany	4,00E-6	0,000035	4,00E-6
	siarkowodór	3,00E-6	0,00002628	3,00E-6
Studnie	metan	0,012	0,1051	0,012
	aceton	3,00E-6	0,00002628	3,00E-6
	merkaptany	4,00E-6	0,000035	4,00E-6
	siarkowodór	3,00E-6	0,00002628	3,00E-6

Wykazano natomiast istotne różnice pomiędzy wynikami modelowania w różnych wariantach (w szczególności w przestrzennym rozmieszczeniu stężeń maksymalnych i średniorocznych dla wszystkich zanieczyszczeń). W zależności od przyjęcia wariantu, rozprzestrzenianie zanieczyszczeń w powietrzu następuje w różnoraki sposób. Koncentracja najwyższych stężeń w przypadku modelowania emisji z czaszy składowiska ma miejsce w centralnej części kwatery. Stężenie wszystkich zanieczyszczeń zmniejsza się wraz z odległością od środka kwatery (rys. 1). W przypadku wizualizacji stężeń średniorocznych (które

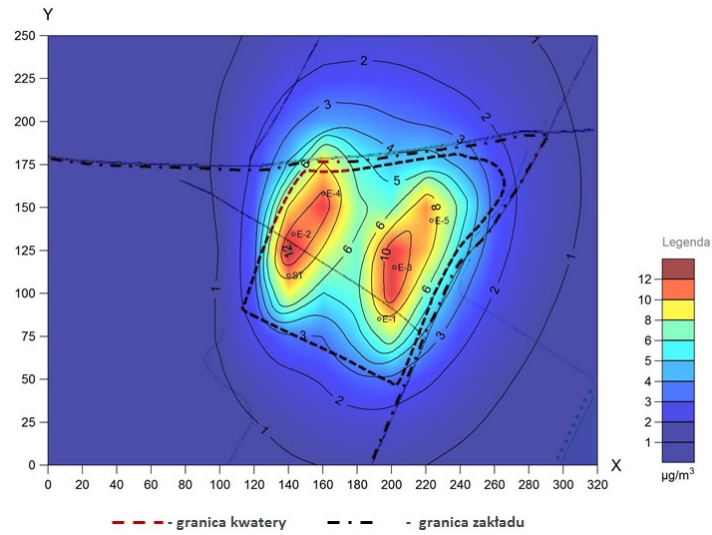
to stanowią istotę w prawnym odniesieniu oddziaływania instalacji na środowisko), zauważalne jest wyraźne natężenie emisji w rzędach studni odgazowujących (modelowanie w wariantcie ze studzienkami odgazowującymi – rys. 2). W wariantcie modelowania niezorganizowanej emisji z czaszy składowiska zauważalna jest tendencja opisana jak w przypadku stężeń maksymalnych (rys. 3). Zarówno stężenia maksymalne, jak i średnioroczne stężenia wszystkich zanieczyszczeń (a w szczególności metanu) są wyższe w wariantcie uwzględniającym działalność systemu studni odgazowujących. Spowodowane jest to koncentracją zanieczyszczeń u wylotu studni (emitorów punktowych) oraz podwyższonej prędkości wylotowej gazów w tych miejscach [Gaj i Cybulska 2002].



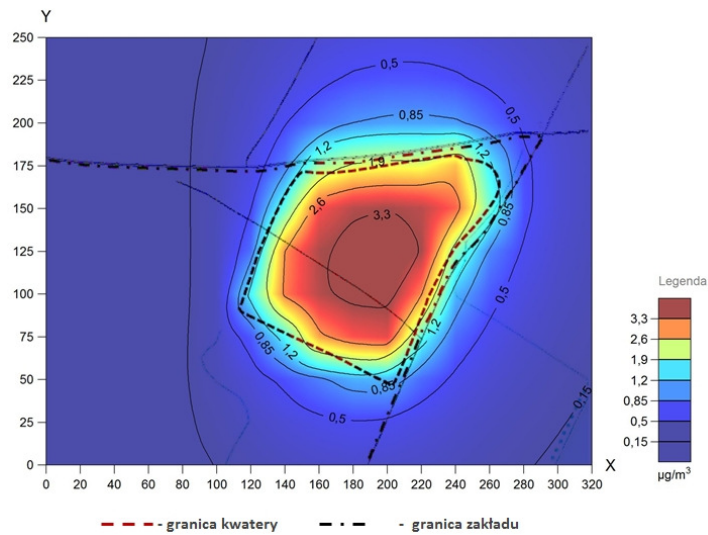
*Rys. 1. Stężenia maksymalne metanu w dwóch wariantach
(emisja ze złoża i emisja ze studzienek)*

*Fig. 1. Maximum concentrations of methane in two variants
(emissions from deposit of waste and emissions from wells)*

Ze względu na charakter emisji niezorganizowanej (emisja zróżnicowana w czasie, nieznaczna prędkość emitowanych gazów, rozcieńczanie zanieczyszczeń przez powietrze, a zarazem znaczna powierzchnia emisji), wyniki modelowania wskazują na niższą koncentrację zanieczyszczeń w powietrzu. Należy zauważyć, iż modelowanie emisji niezorganizowanych powoduje wiele problemów metodycznych, a obliczenie samej emisji, w wielu przypadkach jest uwarunkowane wieloma zmiennymi. Skutkuje to obarczeniem ostatecznych wyników wysokim błędem bądź nawet niemożnością ich uzyskania.



Rys. 2. Stężenia średnioroczne metanu - modelowanie emisji ze złoża odpadów
 Fig. 2. Average methane concentrations in the variant for modeling
 of emissions from well-aeration



Rys. 3. Stężenia średnioroczne metanu - modelowanie emisji ze złoża odpadów
 Fig. 3. Average methane concentrations in the variant for modeling
 of emissions from waste deposits

Dlatego modelowanie emisji niezorganizowanych zanieczyszczeń gazowych z emitatorów powierzchniowych nie powinno być jedynym elementem decydującym o stopniu oddziaływania instalacji na środowisko, tym bardziej, że obecnie obowiązujące przepisy w prawie polskim nie obligują przedsiębiorcy do monitorowania tego typu emisji [Stefanicka 2013].

Mając na uwadze powyższe należy stwierdzić, że najbardziej obiektywnym wariantem modelowania jest symulacja uwzględniająca działalność studni odgazowujących. Wyniki niniejszego modelowania są zbliżone do warunków mogących rzeczywiście wystąpić w okresie funkcjonowania instalacji. Należy jednak zaznaczyć, że wyniki te powinny zostać zweryfikowane rzeczywistymi pomiarami wykonanymi po uruchomieniu instalacji

WNIOSKI

- Emisja zanieczyszczeń z projektowanej kwatery składowiska nie przekracza wartości określonych w rozporządzeniu MŚ w sprawie wartości odniesienia niektórych substancji w powietrzu [Dz.U. 2010 nr 16 poz. 87].
- Wskazano na istotne różnice w przestrzennym rozmieszczeniu i koncentracji zanieczyszczeń w powietrzu w zależności od przyjętej metodyki modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń.
- Modelowanie emisji niezorganizowanej gazów z emitatora powierzchniowego obciążone jest wysokim błędem. Tego typu symulacja może być jedynie elementem wspomagającym ocenę oddziaływania na środowisko.
- Wyniki modelowania zanieczyszczeń z emitatorów punktowych, mogą stanowić rzetelną informację o możliwości rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń gazowych i ich wpływie na otaczające środowisko.

LITERATURA

1. BERLEĆ, K.; BUDZIŃSKA, K.; SZEJNIAK, B.; KUŁAKOWSKA, A.; 2009. Ocena oddziaływania składowiska odpadów komunalnych na wybrane parametry mikrobiologiczne powietrza. *Roczniki Ochrony Środowiska*, Tom 11, 1317-1328.
2. EL-FADEL M.; FIDIKAKIS A.N.; LECKIE J.O.; 1996. Transport of gas and heat In sanitary land fill I, Model formulation. *Waste Management*: 483-504.
3. GAJ, K.; CYBULSKA, H.; 2002. Modelowanie emisji biogazu ze składowisk odpadów komunalnych. Część 1. Podstawy modelowania, analiza wybranych modeli i zakresy stosowanych parametrów. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna*, Vol. 9, nr 1, 91-100.

4. JURKIEWICZ, G.; MARKIEWICZ, P.; SKORUPSKI, W.; 1998. Zorganizowane składowisko odpadów komunalnych jako źródło zanieczyszczeń powietrza. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna*, Vol. 5, nr 7, 583-593.
5. LEWICKI, R.; 2010. Wytoczne w zakresie kontroli i monitoringu gazu składowiskowego. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
6. ROGALSKI, L.; RZEPKA, J.; 2011. Określenie emisji biogazu ze składowiska odpadów komunalnych. *Inżynieria Ekologiczna*, Nr 27, 184-190.
7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz.U. 2012 nr 0 poz. 1031).
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2010 nr 16 poz. 87).
9. STASZEWSKA, E.; PAWŁOWSKA, M.; 2011. Characteristics of emissions from municipal waste landfill. *Environment Protection Engineering*, Vol. 37, Nr 4, 119-130.
10. STEFANICKA, M.; 2013. Techniczne metody ograniczania zapylenia w zakładach kruszyw i ocena ich skuteczności. *Mining Science* vol. 20, 71-85.
11. ZAWIEJA, I.; WOLSKI, P.; WOLNY, L.; 2010. Pozyskiwanie biogazu z odpadów deponowanych na składowiskach. *Proceedings of ECOpole*, Vol 4, No. 2, 535-539.

SIMULATION OF THE POLLUTION SPREADING IN THE AIR BASIS OF PLANNED CELL FOR WASTE

S u m m a r y

The paper presents methodological issues and different ways to modeling of pollutants spreading in the air using an Operat FB program. Showed the results of typical emissions from planned cell for waste of landfill. The analyzes showed that the maximum and average concentrations of pollutants are different, depending on the used input data.

Key words: modeling, air pollution, landfill

**WŁODZIMIERZ CZAMARA, DOROTA OLEARCZYK,
RADOSŁAW STODOLAK*, ŁUKASZ PARDELA****

**MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA HISTORYCZNYCH
DANYCH TOPOGRAFICZNYCH, HYDROLOGICZNYCH
I HYDRAULICZNYCH W PROCESIE MODELOWANIA
PRZEPŁYWU NA PRZYKŁADZIE RZeki ŚLĘŻY I WIDAWY**

Streszczenie

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z modelowaniem historycznym przepływów, dzięki któremu możliwe jest odtworzenie zasięgu zalewów na rzekach Ślęży i Widawie, na skutek piętrzenia na tzw. wojskowych zaporach wodnych. Problematyka ta dotyczy fortyfikacji lekkiej Wrocławia na przełomie XIX/XX, która związana była z kształtującą się w tym czasie siecią rzeczną Wrocławia.

Słowa kluczowe: historyczne modelowanie hydrologiczne i hydrauliczne, zasięg oddziaływania jazów fortecznych, nowożytnie fortyfikacje II Twierdzy Wrocław

WPROWADZENIE

W skomplikowanym i zmiennym układzie Wrocław – Odra, od najwcześniejszych czasów osadnictwa rzeka wraz ze swoimi licznymi ramionami oraz głównymi dopływami w obrębie miasta: Oławą, Ślężą, Bystrzycą i Widawą, a także mniejszymi potokami, spełniała ważną rolę. Obok funkcji bytowych, gospodarczych czy rekreacyjnych, należy podkreślić jej funkcje obronne i strategiczne. System sieci rzecznej przez stulecia stwarzał sprzyjające warunki do obronności miasta, a rozległe podmokłe tereny w dolinach rzek stanowiły przeszkodę trudną do przebycia dla nieprzyjaciela. W kolejnych epokach historycznych stosowano różnorodne rozwiązania fortyfikacyjne w powiązaniu z siecią

* Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska, Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej

** Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Architektury Krajobrazu, Zakład Inżynierii i Ochrony Krajobrazu

rzeczną. Jedną z ciekawszych koncepcji obrony Wrocławia była koncepcja opracowana na przełomie XIX i XX wieku, wykorzystująca rozwiązania hydrotechniczne w połączeniu z topograficznymi właściwościami terenu [Małachowicz 1993]. W rozwiązaniu tym specjalną rolę nadano jazom, które oprócz swoich podstawowych funkcji miały spełniać również funkcję militarną. Jazy te, nazywane umownie wojskowymi zaporami wodnymi lub jazami fortecznymi, w momencie zagrożenia ze strony wroga miały służyć do zalania terenów znajdujących się na przedpolu zewnętrznego pierścienia II Twierdzy Wrocław, istniejącej w latach 1890-1914. Podstawowym jej celem było stawienie oporu zgrupowaniom kawalerii i atakowi oddziałów wojsk uzbrojonych w środki polowe.

Ponieważ zagadnienia dotyczące historii powstania, kształtowania i funkcjonowania wrocławskich fortyfikacji nowożytnych w powiązaniu z rzeką Odrą i jej dopływami stanowią mało znaną część historii Wrocławia, o czym świadczy fakt, że historycy zajmujący się dziejami nowożytnymi również nie znają tego etapu w rozwoju miasta, powstało intrygujące pytanie o skuteczność tej koncepcji, na wypadek konieczności prowadzenia działań obronnych. Niestety, nie zachowała się żadna dokumentacja wskazująca na to, czy system wojskowych zapór wodnych kiedykolwiek zadziałał i tym samym potwierdzająca skuteczność ich działania.

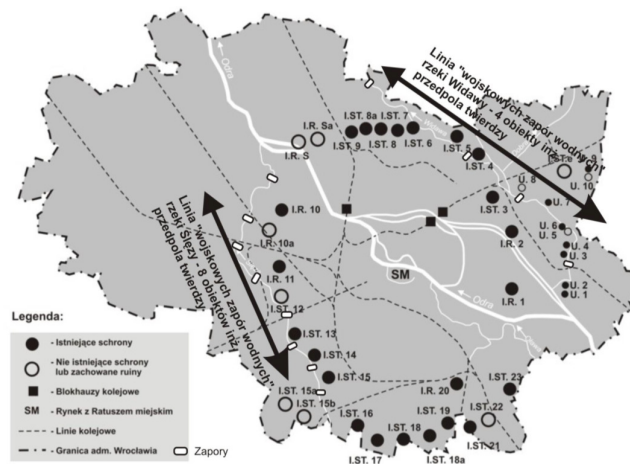
Badania nad efektywnością działania tzw. wojskowych zapór wodnych usytuowanych na rzekach Ślęzie i Widawie stały się niejako wyzwaniem dla interdyscyplinarnego zespołu badawczego, w skład którego wchodził specjalista zajmujący się zagadnieniami modelowania hydrologicznego i hydraulicznego oraz architektury krajobrazu.

SYSTEM TZW. WOJSKOWYCH ZAPÓR WODNYCH

Budowa nowożytnych fortyfikacji we Wrocławiu, które z czasem miały niepostrzeżenie wpisać się w zastany krajobraz, następowała sukcesywnie od 1890 roku. Sztuczne przeszkody wodne wykorzystujące budowle hydrotechniczne weszły wraz z okołomieskimi fortyfikacjami oraz cywilną infrastrukturą miasta w skład wrocławskiej twierdzy. Jazy forteczne stanowiły, obok budynków militarnych takich jak schrony i forty piechoty, schrony mobilizacyjne i amunicyjne, blokhauzy artyleryjskie, stanowiska obserwacyjne i obiekty zaplecza, bardzo ważny element w systemie obronnym miasta.

Większość projektowanych jazów fortecznych usytuowana była na rzekach Lohe (Ślęza) i Weide (Widawa) i znalazła się w zasięgu wymienionych budynków militarnych, bądź na ich styku. System ten obejmował łącznie 13 jazów, w tym na Lohe (Ślęzie) znajdowało się 8 obiektów, natomiast na Weide (Widawie) – 5. Prawdopodobnie w koncepcji obrony miasta, jazy na jednej rzece

mogły pracować niezależnie od siebie, spiętrzając wodę na wskazanych odcinkach rzeki, w zależności od ewentualnych potrzeb obronności. Jazy na rzece Lohe miały skutecznie bronić dostępu do Wrocławia z kierunku południowo-zachodniego i zachodniego na odcinku ok. 12 km przy współpracy wszystkich obiektów, natomiast jazy na rzece Weide miały utrudnić dostęp do miasta od strony północno-wschodniej, na odcinku ok. 21 km. Pierwsze jazy na tych rzekach wybudowano w latach 1912-1915. Lokalizacje wojskowych zapór wodnych w systemie obronnym twierdzy Wrocław na przełomie XIX i XX wieku przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Lokalizacja wojskowych zapór wodnych w systemie obronnym twierdzy Wrocław powstałym na przełomie XIX i XX w. (sytuacja w 2008 roku)

Fig. 1. Location of military dams in Wrocław fortress defense system, created at the turn of nineteenth and twentieth century (state in 2008)

Na podstawie dokumentacji znajdującej się w archiwach krajowych i zagranicznych, głównie w Niemczech i Szwajcarii, wykazano istnienie trzech rodzajów jazów: Dammbalkenwehr (polska nazwa z tego okresu – jaz belkowy), Schützenwehr (jaz zasuwowy) oraz Nadelwehr (jaz iglicowy). Informacja dotycząca typu poszczególnych obiektów ma znaczenie w modelowaniu hydraulicznym zasięgu zalewu.

WYKORZYSTANIE DANYCH HISTORYCZNYCH

Problematyka związana z tzw. modelowaniem historycznym przepływów, dzięki któremu możliwe jest odtworzenie zasięgu zalewów na rzekach Ślęzy i Widawie, na skutek piętrzenia na wojskowych zaporach wodnych, wymaga odtworzenia warunków, które panowały na obszarze badań ponad 100 lat temu. Niezbędne, zatem było opracowanie bazy danych historycznych, zarówno hydrologicznych jak i hydraulicznych, a także topograficznych. Ilość tych danych oraz ich jakość i wiarygodność rzutować będzie na wyniki obliczeń symulacyjnych zasięgu zalewów przedpola twierdzy Wrocław, w tym na rzędne zwierciadła wody i głębokości wody na zalanych terenach.

Dane topograficzne

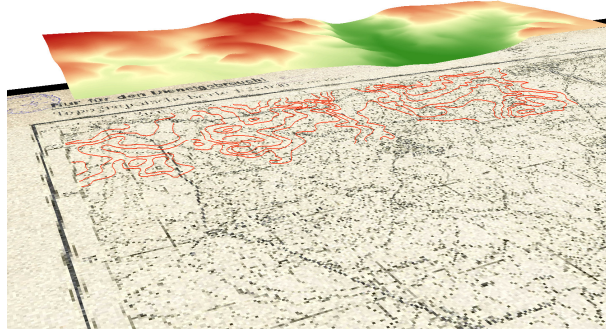
Pierwszy etap prac obejmował odtworzenie układu sieci hydrograficznej w obrębie węzła wodnego Wrocławia na przełomie XIX i XX wieku oraz odtworzenie układu wysokościowego. Rozpoznanie sieci rzecznej Ślęzy i Widawy tego okresu w obrębie Wrocławia przeprowadzono na podstawie historycznych map topograficznych (tzw. Mastischblatt w skali 1:25000) i wojskowych oraz archiwalnych zdjęć lotniczych, na których widoczne są analizowane elementy sieci rzecznej. Następnie przeprowadzono wektoryzację map topograficznych i opracowano numeryczny model terenu 3D w programie ArcGIS. Ten etap prac polegał na edycji danych wektorowych i stworzenie geobazy opartej na regułach topologicznych i domenach wartości. Sposób tworzenia NMT na podstawie map Mastischblatt przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Sposób tworzenia NMT na podstawie map Mastischblatt
Fig. 2. Method of creating DTM based on the Mastischblatt maps

Przy opracowywaniu NMT wykorzystano proces tzw. digitalizacji ekranowej, który poprzedza skanowanie map, a następnie dokonano digitalizacji warstw na ekranie komputera przy użyciu narzędzi GIS. Linia warstwicy definiowana jest jako ciąg punktów o zadanej wysokości równej wysokości warstwicy. Uzyskane w ten sposób dane wysokościowe przekształca się wykorzystując narzędzia komputerowe do docelowej postaci NMT. Należy w tym miej-

scu podkreślić, że jakość uzyskanego zobrazowania zależy w znacznej mierze od jakości przedstawienia rzeźby terenu na mapach źródłowych. Na pewno sposób opracowywania map topograficznych na przełomie XIX/XX wieku odbiegał znacznie od dzisiejszego, to jednak należy przyznać, że dokładność map Mastischblatt w skali 1:25000 jest stosunkowo zadowalająca. Widok produktu powstałego w wyniku digitalizacji i wektoryzacji fragmentu arkusza mapy historycznej w skali 1:25000 przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Widok produktu powstałego w wyniku digitalizacji i wektoryzacji fragmentu arkusza mapy historycznej w skali 1:25000

Fig. 3. View of product resulting from digitization and vectorization of fragment of the historical map sheet of scale 1:25000

Dane hydrauliczne

Rozpoznanie sieci rzecznej obejmowało również poszukiwanie informacji o przekrojach poprzecznych i profilach podłużnych rzek Ślęzy i Widawy, które mają decydujące znaczenie w modelowaniu hydraulicznym przepływów. Analiza zasobów Komisji Regulacji Rzeki Odry z przełomu XIX/XX wieku oraz Archiwum RZGW we Wrocławiu i DZMiUW wykazała, że dokumentacja dotycząca tych rzek jest bardzo uboga. Uzyskano pojedyncze przekroje poprzeczne oraz profile podłużne na krótkich odcinkach rzek. Na ich podstawie wnioskowano o parametrach koryt tych rzek na obszarze Wrocławskiego Węzła Wodnego. Niewystarczająca informacja zmusza do przyjęcia pewnych uogólnień i uproszczeń. Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, że przeszkody wodne nigdy nie sprawdziły się w rzeczywistości, więc nie ma żadnej dokumentacji dotyczącej zasięgu zalewu na tych obiektach. W celu uzupełnienia bazy danych hydraulicznych, zebrano dodatkowe informacje o przekrojach poprzecznych rzek Ślęzy i Widawy z okresu bezpośrednio po II Wojnie Światowej, które znajdują się we wspomnianych archiwach. Założono na tym etapie pozyskiwania danych, że koryta rzeczne nie uległy znacznej zmianie od przeprowadzonej na początku XX wieku ich regulacji i można będzie w pewnym stopniu dokonać

porównania parametrów koryt i dolin tych rzek z okresem przedwojennym a także ewentualnie uzupełnić parametry koryt rzecznych na podstawie informacji z początku XX wieku.

Do przeprowadzenia obliczeń hydraulicznych przepływu wody w korycie i dolinie rzeki niezbędna jest także informacja o współczynniku szorstkości. Z uwagi na skąpe materiały źródłowe został on opracowany na podstawie zdjęć lotniczych Luftwaffe z okresu przedwojennego oraz planów i map.

Baza danych hydraulicznych powinna zawierać informację o obiektach hydrotechnicznych znajdujących się na modelowanym odcinku rzeki. W tym celu dokonano przeglądu typowych konstrukcji obiektów hydrotechnicznych, głównie jazów, z przełomu XIX i XX wieku, bazując przy tym na rozwiązaniach stosowanych w Niemczech oraz opracowaniach przeglądowych [Matakiewicz 1920]. Materiały archiwalne, takie jak mapy, plany, litografie i fotografie lotnicze, pozyskano z archiwów w Berlinie i Genewie oraz Archiwum Państwowego we Wrocławiu, DZMiUW i RZGW we Wrocławiu. Równocześnie przeprowadzono inwentaryzację zachowanych relikwów 13 jazów, opisując ich konstrukcję i stan techniczny. Charakterystyka jazów fortecznych obejmowała: rodzaj jazu, stan obiektu (użytkowany, nieużytkowany), wysokość piętrzenia, wysokość progu przelewowego, elementy jazu, takie jak filary i przyczółki, fundamenty, progi i płyty, ubezpieczenia dna powyżej i poniżej budowli, ubezpieczenie skarp i fakt istnienia wałów przeciwpowodziowych.

Dane hydrologiczne

Zebrane dane hydrologiczne stanowiły podstawę do przeprowadzenia szczegółowej analizy hydrologicznej, polegającej na określeniu charakterystyk hydrologicznych na posterunkach wodowskazowych na rzekach Ślęży i Widawie oraz opracowaniu historycznych krzywych natężenia przepływu.

Na rzece Odrze oraz jej głównych dopływach obserwacje stanów wody i pomiary hydrometryczne prowadzone są od ponad stu lat. Sieć pomiarowa na rzekach Wrocławskiego Węzła Wodnego została założona przez Państwową Sieć Pruską pod koniec XIX wieku. Dane o stanach wody i przepływach pozyskano z dwóch kluczowych dla projektu badawczego posterunków wodowskazowych, założonych w 1892 roku [Jahrbuch... 1901-1940, Wodowskazy... 1969]:

- na rzece Lohe (Ślęza) w przekroju Neukirch (Żerniki) w km 6+000, przeniesiony w 1904 roku do km 5+000 (zachowując ciągłość obserwacji); wodowskaz zamykał zlewnię o powierzchni 971 km²,
- na Weide (Widawa) w przekroju Krichener Mühle (Krzyków Młyn k. Wieściszowa) w km 30+000; wodowskaz zamykał zlewnię o powierzchni 1070 km².

Na wodowskazach tych prowadzono obserwacje stanów wody, sporadycznie dokonywano również pomiarów natężenia przepływu. Wyniki pomiarów hy-

drometrycznych, obejmujące: stan wody, przepływ, pole przekroju poprzecznego oraz prędkość, zostały opublikowane w rocznikach hydrologicznych [Jahrbuch... 1901-1940]. Dla wodowskazu Neukirch na rzece Lohe (Ślęza) w rocznikach opublikowano codzienne stany wody dla lat 1901-1913 oraz 1931-1940, natomiast w latach 1915-1930 opublikowano charakterystyczne stany wody. Ponadto w roczniku z 1910 roku znajduje się informacja o wykonanym pojedynczym pomiarze hydrometrycznym stanu wody i odpowiadającym mu przepływie, zaś w roczniku z 1903 roku podano wyniki 2 pomiarów na odcinku rzeki powyżej obecnych granic Wrocławia. Dla wodowskazu Krichener Mühle na rzece Weide (Widawa) w rocznikach z lat 1901-1909 zamieszczona jest informacja o codziennych stanach wody. W latach 1910-1913, 1918, 1922-1930 opublikowano tylko charakterystyczne stany wody. W pozostałych latach brak jest jakiegokolwiek informacji hydrologicznej; wynika to najprawdopodobniej z zaprzestania obserwacji na skutek prowadzonych prac regulacyjnych na tym odcinku rzeki. W rocznikach opublikowano również wyniki pomiarów hydrometrycznych: w 1925 roku – 15 pomiarów przepływów i 1 pomiar w 1927 roku. Ponadto, w ujściowym odcinku Widawy (km 4+320), podano wielkości pomierzonych 3 przepływów w roku 1905, natomiast w 1909 roku 3 pomiary przepływów maksymalnych.

Z uwagi na niewystarczającą liczbę pomiarów przepływów w okresie przedwojennym posłużono się dodatkową informacją dotyczącą wyników pomiarów przepływu z lat powojennych, tj. z wielolecia 1957-1965 dla posterunków wodowskazowych: Żerniki na rz. Ślęzy (km 6+500, powierzchnia zlewni 971 km²) i Psie Pole na rz. Widawie (km 17+000, powierzchnia zlewni 1375 km²). Na tym etapie należało dokonać następującego założenia, tj. że w zlewniach rzek Ślęzy i Widawy oraz ich korytach i dolinach w obrębie Wrocławskiego Węzła Wodnego, we wczesnym okresie powojennym nie zaszły, bądź nastąpiły w niewielkim stopniu zmiany warunków kształtowania się przepływów.

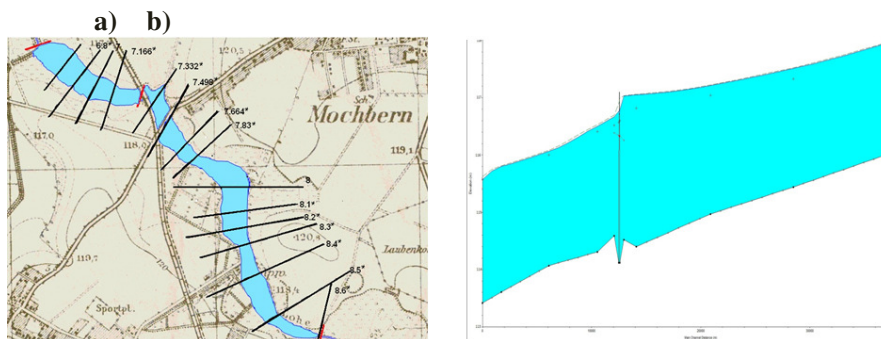
Obliczenia charakterystyk hydrologicznych, tj. stanów i przepływów charakterystycznych odnoszą się do wartości średnich, zwyczajnych i najdłuższej trwających, wychodząc z założenia, iż w wieloleciu najczęściej panują warunki zbliżone do przeciętnych. Oszacowanie warunków ekstremalnych mogłoby być obarczone większym błędem.

Pozyskane dane hydrologiczne pozwoliły na odtworzenie warunków hydrologicznych, jakie przypuszczalnie mogły panować na przełomie XIX i XX wieku i które mogły zaważyć na przyjętych założeniach projektowych.

Na podstawie zebranych materiałów opracowane zostały bazy danych topograficznych, hydrologicznych i hydraulicznych, które posłużyły do wyznaczenia zasięgów zalewów na wojskowych zaporach wodnych. Na podstawie znajomości warunków terenowych oraz sytuacji hydrologicznej możliwe stało się rozpoznanie warunków pracy wojskowych zapór wodnych, w szczególności zaś

możliwości takiego piętrzenia wody, w wyniku którego utworzony zalew utrudniłby przemarsz wojska nieprzyjaciela.

Na rys. 4a przedstawiono wygenerowaną strefę zalewu wodami spiętrzonymi przez jazach fortecznych na odcinku rzeki Ślęzy, natomiast na rys. 4b przedstawiono model jazu Muchobór Mały (km 7+180).



Rys. 4a. Zasięg zalewu między jazami Stauwehr VIII - Stauwehr IX - Stauwehr X (Jaz Nowy Dwór - Jaz Muchobór Mały - Jaz Muchobór Wielki); b). Hydrauliczny model piętrzenia na jazu Stauwehr IX (Jaz Muchobór Mały)

Fig. 4a. Flood extent between weirs Stauwehr VIII - Stauwehr IX - Stauwehr X (weir Nowy Dwór - weir Muchobór Mały - weir Muchobór Wielki); b). Hydraulic model of damming on weir Stauwehr IX (Muchobór Mały weir)

PODSUMOWANIE

Pomimo licznych trudności wynikających, m.in. z niedostatecznej ilości materiału źródłowego, udowodniono dużą przydatność danych archiwalnych. Po ich przetworzeniu, przy zastosowaniu nowoczesnych technik komputerowych uzyskano cenny zasób informacji, który z powodzeniem może być stosowany we współczesnym procesie modelowania hydraulicznego.

*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010-2013,
jako projekt badawczy nr NN 305 363738*

LITERATURA

1. CZAMARA W., OLEARCZYK D., STODOLAK R., PARDELA Ł.; 2014. Wpływ sieci rzecznej Wrocławia na kształtowanie fortyfikacji miejskich na przełomie XIX/XX w. ze szczególnym uwzględnieniem wojskowych zapór wodnych. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu; maszynopis
2. Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. 1901-1940. Berlin
3. MAŁACHOWICZ M.; 1993. Twierdza Wrocław przełomu XIX/XX w. Problemy rozplanowania i architektury obiektu. Rozprawa doktorska, Politechnika Wrocławska, Wrocław
4. MATAKIEWICZ M.; 1920. Budowa jazów. Biblioteka Politechniczna, Tom XXXVII. Zakład Narodowy Imienia Ossolińskich, Lwów
5. Wodowskazy na rzekach Polski. Cz. I. Wodowskazy w dorzeczu Odry i na rzekach Przymorza między Odrą i Wisłą. 1969. Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny. Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa
6. ŻBIKOWSKI A.; 1961. Małe budowle wodne. Część I Jazy i zapory. PWN, Warszawa

**POSSIBILITIES OF HISTORICAL TOPOGRAPHICAL,
HYDROLOGICAL AND HYDRAULIC DATA USE IN FLOW
MODELLING ON EXAMPLE OF ŚLĘZA I WIDAWA RIVERS***S u m m a r y*

The paper presents the problems related to historical modeling of discharges, through which it is possible to recreate the range of flooding on the Ślęza River and the Widawa River, as a result of damming on fortress weirs. This issue relates to the Wrocław fortifications at the turn of the nineteenth and twentieth, which was associated with the river network forming at this time in Wrocław.

Key words: historical hydrological and hydraulic modelling, range of influence of fortress weirs, modern fortifications of II Fortress Wrocław

MARTA GORTYCH*, ARKADIUSZ GORTYCH**

**PROJEKT STANOWISKA EKSPERYMENTALNEGO
DO BADANIA KRZEPNIĘCIA W PRZESTRZENI WALCOWEJ**

Streszczenie

W pracy przedstawiono projekt stanowiska eksperymentalnego do badania procesu krzepnięcia wokół powierzchni cylindrycznej. Scharakteryzowano proces konwekcji swobodnej i proces krzepnięcia wokół walca poziomego i pochylonego. Przedstawiono rozkład lokalnych wartości współczynnika przejmowania ciepła przy opływie poprzecznym walca poziomego. Przedstawiono połączenie zjawiska krzepnięcia i konwekcji swobodnej cieczy wokół przestrzeni walcowej.

Słowa kluczowe: proces krzepnięcia, konwekcja swobodna, powierzchni walcowa

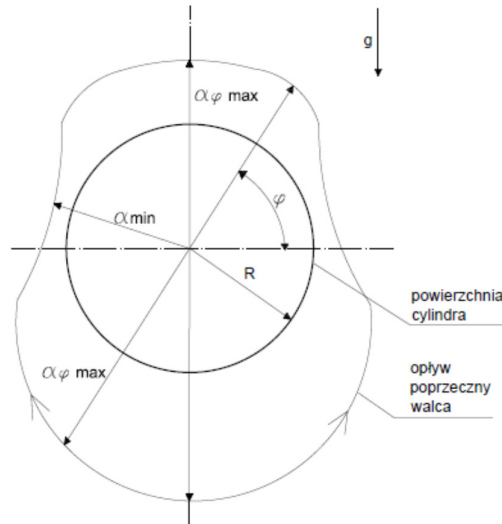
KONWEKCJA SWOBODNA WOKÓŁ WALCA POZIOMEGO

Poziomy walec znajdujący się w polu grawitacyjnym mający temperaturę niższą niż temperatura otaczającego płynu, wywołuje krzepnięcie i przepływ płynu, który nazywany jest konwekcją swobodną. Jeżeli otaczającym płynem jest woda to kierunek przepływu jest inny niż dla płynów standardowych. Spowodowane to jest anomalią wody w pobliżu temperatury krzepnięcia. Konwekcji swobodnej towarzyszy przejmowanie ciepła od płynu do walca. Przejmowanie ciepła jest złożoną formą wymiany ciepła pomiędzy ciałem stałym a omywającym je płynem. Przepływający płyn generuje złożone mechanizmy przewodzenia ciepła. Ruch płynu w pobliżu walca zwiększa ilościowo wymianę ciepła, utrudnia też jej opis [Domański, 1990; Diez, 1989; Wiśniewski, 1994]. Parametrem makroskopowym uogólniającym i opisującym ilościowo wymianę ciepła jest współczynnik przejmowania ciepła.

* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Lądowej i Środowiska, Zakład Hydrologii i Geologii Stosowanej

** student kierunku Telekomunikacja, Politechnika Poznańska, Wydział Elektroniki i Telekomunikacji

Rozkład lokalnych wartości współczynnika przejmowania ciepła wokół poziomego walca przedstawiono na rysunku 1. Wartość współczynnika przejmowania ciepła, przy opływie poprzecznym, zależy od liczby Reynoldsa Re i kąta φ [Pudlik 2012].



Rys. 1. Rozkład lokalnego współczynnika przejmowania ciepła przy opływie walca [Pudlik 2012]

Fig. 1. Distribution of the local heat transfer coefficient at round cylinder [Pudlik 2012]

Analiza konwekcji swobodnej opiera się o następujące założenia: badana ciecz jest newtonowska i nieściśliwa a gęstość cieczy zależy tylko od temperatury.

W badaniach teoretycznych wymiany ciepła współczynnik przejmowania ciepła oblicza się korzystając z teorii podobieństwa przez określenie liczby Nusselta,

$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda}, \quad (1)$$

gdzie α jest współczynnikiem przejmowania ciepła, d średnicą walca a λ współczynnikiem przewodzenia ciepła cieczy.

Liczbę Nusselta nazywa się też w literaturze bezwymiarowym współczynnikiem przejmowania ciepła.

Dla konwekcji swobodnej liczbę Nusselta określa równanie

$$Nu = f(GrPr), \quad (2)$$

przedstawiające zależność od liczby Grashofa Gr i Prandtla Pr . Liczbę Grashofa istotną w procesie konwekcji swobodnej określa równanie

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot d^3}{\nu^2}, \quad (3)$$

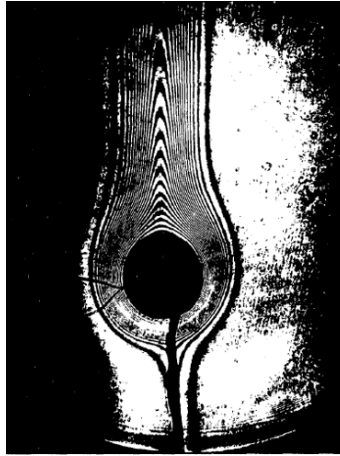
gdzie g jest przyspieszeniem ziemskim, d jest średnicą walca, β jest współczynnikiem rozszerzalności objętościowej płynu, ΔT jest charakterystyczną różnicą temperatur a ν jest lepkością kinematyczną płynu.

Iloczyn liczby Prandtla $Pr = \nu/a$ i Grashofa nazywany jest liczbą Rayleigha

$$Ra = Pr \cdot Gr \quad (4)$$

gdzie a jest współczynnikiem dyfuzji ciepła cieczy.

Przykładową konwekcję swobodną dookoła walca poziomego przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Konwekcja swobodna płynu wokół poziomego walca [Diez i in. 1989]
Fig. 2. Free convection around the horizontal cylinder [Diez et al 1989]

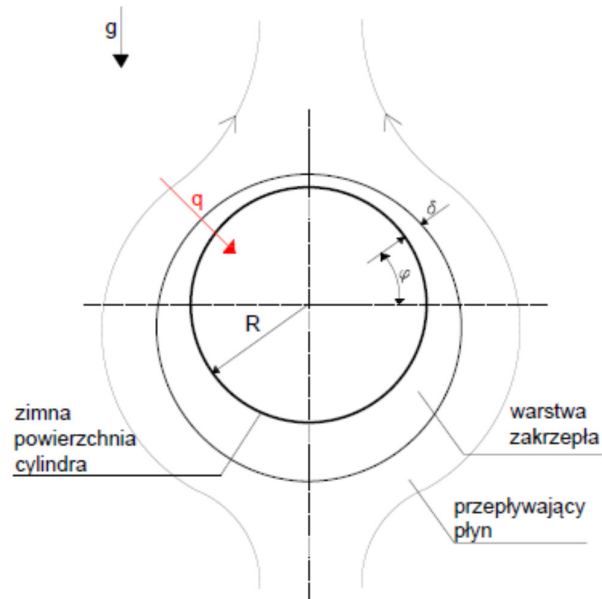
KRZEPNIĘCIE I KONWEKCJA WOKÓŁ WALCA POZIOMEGO

Planowane badania dotyczą dwóch zjawisk zachodzących równocześnie, konwekcji swobodnej i krzepnięcia cieczy. Proces krzepnięcia określa bezwymiarowa liczba Stefana

$$Ste = \frac{c_p (T_0 - T_F)}{L} \quad (5)$$

gdzie c_p jest ciepłem właściwym płynu, L jest ciepłem krzepnięcia płynu, T_0 jest temperaturą płynu daleko od ścianki walca a T_F jest temperaturą krzepnięcia płynu.

Na rysunku 3 przedstawiono połączenie zjawiska krzepnięcia i konwekcji swobodnej cieczy wokół poziomego walca o promieniu R .



Rys. 3. Krzepnięcie wokół walca poziomego
Fig. 3. Solidification around the horizontal cylinder

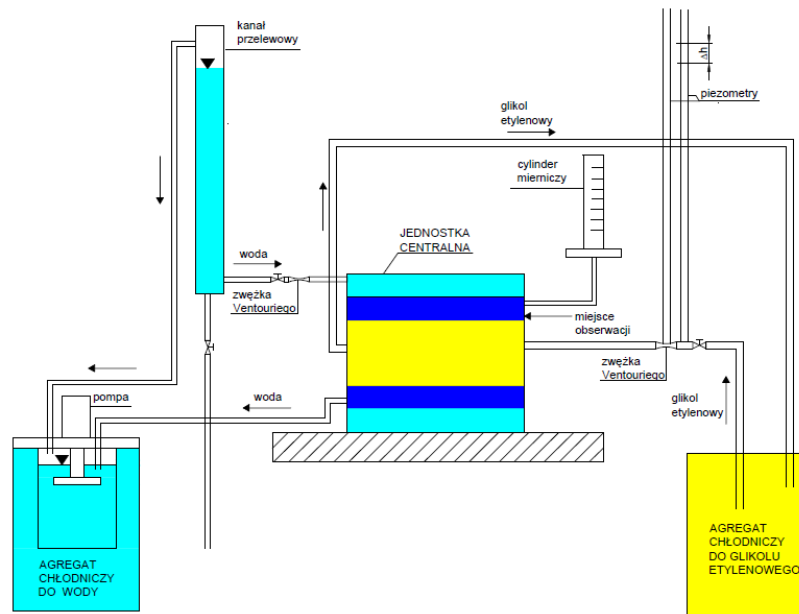
Warstwa zakrzepła o grubości δ przemieszcza się od zimnej powierzchni walca w kierunku cieczy powiększając obszar fazy stałej. Na powierzchni war-

stwy zakrzepłej generowane jest ciepło przemiany fazowej $\dot{q}$, które przepływa do wnętrza walca. Grubość warstwy zakrzepłej zależy od kąta φ , ponieważ intensywność wymiany ciepła jest funkcją położenia. Z literatury naukowej wiadomo, że opływ walca wynikający z konwekcji swobodnej, charakteryzuje się zależnością współczynnika przejmowania ciepła od kąta (rys. 2).

Badania krzepnięcia na powierzchni walcowej dla walców ułożonych w pozycji pionowej przeprowadzane były analitycznie i eksperymentalnie przez Lipnickiego i Weiganda [Lipnicki i Weigand, 2012]. Proponowane w pracy badania eksperymentalne będą dotyczyły krzepnięcia na zimnej powierzchni poziomych i pochylonych do poziomu walców.

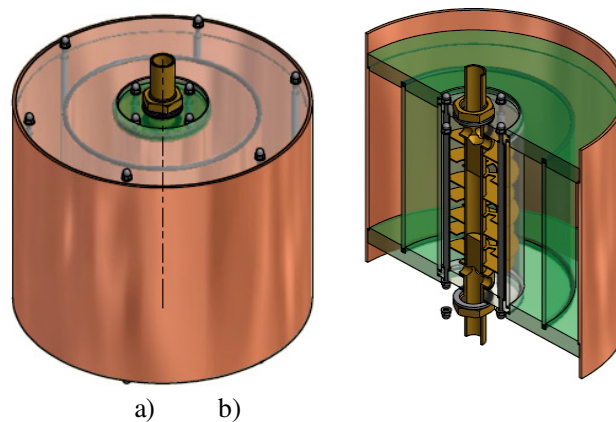
STANOWISKO BADAWCZE DO BADANIA KRZEPNIĘCIA NA POWIERZCHNI WALCOWEJ

Schemat aparatury badawczej do wywołania i obserwacji procesu krzepnięcia badanej cieczy w przestrzeni walcowej przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Schemat stanowiska badawczego
Fig. 4. Scheme of the test apparatus

Stanowisko doświadczalne składa się z części testowej (jednostka centralna, w której zachodzi proces krzepnięcia), dwóch jednostek chłodniczych (agregat wody, agregat płynu chłodzącego) i dwóch obiegów wody i płynu chłodzącego, którym jest wodny roztwór glikolu etylenowego. Jeśli temperatura tego roztworu spadnie poniżej -75°C , krystalizują wtedy oba składniki substancji. Do doświadczenia zostanie wykorzystany 50% roztwór glikolu etylenowego i wody, dla którego temperatura krzepnięcia wynosi -35°C . Jednostka centralna zbudowana jest z trzech koncentrycznych cylindrów o średnicy odpowiednio 300, 200 i 100 mm zamocowanych współosiowo względem siebie, co przedstawia rysunek 5. Pierścienie te wykonane będą z rur miedzianych o grubości ścianki 5 mm.



Rys. 5. Jednostka centralna, a) widok ogólny, b) przekrój przez jednostkę centralną
Fig. 5. The Central Unit, a) general view, b) section by the Central Unit

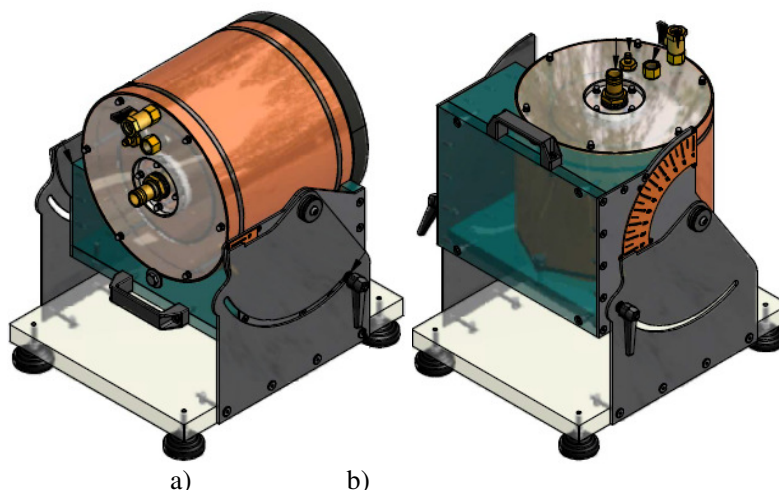
W celu zbadania wpływu położenia jednostki centralnej na zmianę parametrów krzepnięcia, jednostka centralna zamocowana jest na mechanizmie przegubowym. Zmiana kąta nachylenia badanego materiału zmienno-fazowego odbywać się będzie w zakresie od $0-90^{\circ}$ (od położenia poziomego do pionowego), jak przedstawiono na rysunku 6.

Cylinder wewnętrzny – centralny (służy do schłodzenia badanego materiału PCM), w cylindrze tym umieszczone są pierścienie powodujące burzliwy charakter przepływającego glikolu etylenowego (rys. 5b).

Przez wewnętrzny cylinder przepływa glikol etylenowy o temperaturze nieprzekraczającej -35°C , w kolejnym cylindrze (środkowym) znajduje się badany materiał PCM, który otoczony jest płaszczem wody chłodzącej.

Cylindry miedziane w jednostce centralnej zamocowane są pomiędzy dwiema tarczami wykonanymi z przezroczystej płyty plexi. Tarcza plexi zamonto-

wana na spodzie jednostki centralnej jest podświetlana, w celu dokładnej wizualizacji zachodzącego procesu krzepnięcia. Określanie grubości warstwy zakrzepłej będzie wykonywane dwiema metodami. Pierwsza metoda będzie polegać na wizualizacji procesu krzepnięcia – będą wykonywane zdjęcia przyrastającej grubości warstwy zakrzepłej. Druga metoda polegać będzie na wykorzystaniu różnicy gęstości pomiędzy wodą a przyrastającą warstwą lodu. Powstająca w czasie doświadczenia warstwa zakrzepła wyprze wodę, której objętość będzie można odczytać w cylindrze mierniczym podłączonym i zamontowanym nad jednostką centralną. Zmiana objętości w cylindrze mierniczym będzie wykorzystana do przeliczania warstwy grubości lodu oraz pomiaru przyrastającej warstwy lodu. Pomiar przyrastającej warstwy zakrzepłej za pomocą cylindra mierniczego został zaproponowany po raz pierwszy przez Lipnickiego i Weiganda [Lipnicki i Weigand, 2012].



Rys. 6. Jednostka centralna z możliwością zmiany położenia,
a) położenie poziome i b) położenie pionowe

Fig. 6. The Central Unit with the ability to change the position,
a) horizontal position and b) vertical position

Ze względu na konieczność badania wpływu temperatury przepływających cieczy na proces konwekcji stanowisko zostało opomiarowane odpowiednimi czujnikami temperatury. Monitoringowi będzie podlegać temperatura glikolu etylenowego i wody chłodzącej na wejściu i wyjściu z jednostki centralnej oraz temperatura materiału PCM (woda badana). W jednostce centralnej zostaną zamocowane symetrycznie 24 czujniki pomiaru temperatury (PT 1000) w taki sposób, aby monitorowana była temperatura czynnika badanego od strony płaszcza chłodniczego i cylindra z glikolem etylenowym. Wszystkie czujniki do

rejestracji temperatury podłączono do dedykowanego rejestratora temperatury. Rejestrator został zaprojektowany do obsługi stanowiska w taki sposób, aby automatycznie zapisywał dane z czujników na komputerze w celu ich dokładnej analizy.

Oprócz pomiaru temperatury mierzony będzie również przepływ cieczy w dwóch obiegach – wodnym (płaszcz chłodzącego) i glikolu etylenowego, pomiar wykonywany będzie za pomocą zainstalowanych zwężek Venturiego.

W badaniach stosowana będzie woda destylowana jako materiał PCM, której właściwości będą wykorzystywane do opisanie teoretycznego zjawiska krzepnięcia.

LITERATURA

1. DIEZ, R., DIEZ, M., BELDA, R., HERRAEZ, J.V., BUENDIA, M.; 1989. Free convection around a horizontal circular cylinder. A dimensional empirical equations. Scientific Research 46, 365-378.
2. DOMANSKI, R.; 1990. Magazynowanie energii cieplnej. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa, ss. 212.
3. HOBLER, T.; 1986. Ruch ciepła i wymienniki. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, ss. 810.
4. LIPNICKI, Z.; WEIGAND, B.; 2012. An experimental and theoretical study of solidification in a free convection flow inside a vertical annular enclosure. International Journal Heat Mass Transfer, nr 55/2012, 655-664.
5. PUDLIK, W.; 2012. Wymiana i wymienniki ciepła. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 336.
6. WIŚNIEWSKI, S.; WIŚNIEWSKI, T.; 1994. Wymiana ciepła. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, ss. 544.

THE TEST STAND PROJECT TO ANALYSIS SOLIDIFICATION IN CYLINDER SPACE

S u m m a r y

The paper presents an experimental design to test the position of the solidification process around the cylindrical surface. Characterized the convection and solidification process around the horizontal cylinder and inclined. The distribution of the local heat transfer coefficient of the flow around a transverse horizontal cylinder. A combination solidification phenomena and convection of the liquid around the cylindrical surface.

Key words: solidification process, free convection, cylindrical space

MAGDALENA CZARNA***ZIMOWE UTRZYMANIE DRÓG W ŚWIETLE
PRAWA POLSKIEGO***Streszczenie*

Do podstawowych działań, jakie prowadzą służby drogowe w ramach zimowego utrzymania dróg, zalicza się usuwanie śniegu oraz śliskości zimowej. Działania te są prowadzone przy wykorzystaniu materiałów uszarniających lub topników do odladzania jezdni, albo – z wykorzystaniem obydwu metod łącznie. Z uwagi na narastające w okresie zimowym zagrożenia, wynikające z oblodzenia, zaśnieżenia ulic oraz chodników i związane z tym koszty zimowego utrzymania, w tym również – koszty środowiskowe (utrzymanie zieleni przydrożnej) – zagadnienia związane z zimowym utrzymaniem dróg reguluje szereg aktów prawnych.

Słowa kluczowe: zimowe utrzymanie dróg, akty prawne, środki chemiczne

WSTĘP

W ciągu ostatnich kilku lat służby drogowe podjęły wiele działań, aby poprawić stan techniczny dróg oraz zwiększyć ich ilość. Wg danych GUS sieć drogowa w Polsce pod koniec 2012 r. liczyła 412.263,7 km, z czego 4,6% stanowiły drogi krajowe, 6,9% drogi wojewódzkie, 31,0% drogi powiatowe i 57,5% drogi gminne.

Drogami krajowymi zarządza Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, wojewódzkimi – Zarząd Dróg Wojewódzkich, powiatowymi – zarząd powiatu, a gminnymi – wójt, burmistrz lub prezydent miasta.

Zgodnie z przyjętą Strategią Rozwoju Transportu do 2020 roku, jednym z głównych celów polityki transportowej w naszym kraju ma być osiągnięcie zrównoważonego systemu transportowego, m.in. poprzez stworzenie warunków dla sprawnego, bezpiecznego poruszania się po drodze (również w okresie zi-

* studentka studiów doktoranckich na kierunku Inżynieria Środowiska, Wydział Inżynierii Łądowej i Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

mowym) oraz poprawę dostępności komunikacyjnej (budowa i modernizacja dróg).

Zimowe utrzymanie dróg w Polsce obejmuje wiele działań, mających na celu zmniejszenie zakłóceń ruchu drogowego wywołanych czynnikami atmosferycznymi. Do działań tych zalicza się usuwanie śliskości zimowej (gołoledź, lodowica, śliskość pośniegowa), za pomocą jednej z trzech metod: zapobiegawczą, likwidacyjną lub zwiększania szorstkości. Metody te generalnie polegają na pokryciu jezdni środkami chemicznymi, niechemicznymi (piasek, kruszywo naturalne, sztuczne), lub jednoczesnym zastosowaniu środków chemicznych i niechemicznych [Czarna i Kołodziejczyk 2012]. Istotną rolę odgrywa tutaj znajomość zagadnień wzniosu kapilarnego wody nasyconej poszczególnymi środkami chemicznymi, jakie są stosowane w zimowym utrzymaniu dróg [Kołodziejczyk 2007; Kołodziejczyk 2008; Ćwiąkała, Kołodziejczyk i Rafalski 2012].

ZIMOWE UTRZYMANIE DRÓG W PRAWODAWSTWIE POLSKIM

Za szczególnie ważne akty prawne, regulujące zagadnienia związane z zimowym utrzymaniem dróg, należy uznać: rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 października 2005 r. w sprawie rodzajów i warunków stosowania środków, jakie mogą być używane na drogach publicznych oraz ulicach i placach (Dz. U. z 2005 r., Nr 230, poz. 1960), ustawę z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (t.j. Dz. U. z 2013 r., poz. 627 z późn. zm.), ustawę z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (tj. Dz. U. z 2012 r., poz. 145 z późn. zm.), ustawę z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (tj. Dz. U. z 2013 r., poz. 1399 z późn. zm.), ustawę z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (tj. Dz. U. z 2013 r., poz. 260 z późn. zm.) oraz ustawę z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (tj. Dz. U. z 2013 r., poz. 21, z późn. zm.).

Utrzymanie dróg zgodnie z art. 4, pkt 20 ustawy o drogach publicznych (tj. Dz. U. z 2013 r., poz. 260 z późn. zm.) obejmuje wykonywanie robót konserwacyjnych, porządkowych, odśnieżanie oraz zwalczanie śliskości zimowej, w celu zwiększenia bezpieczeństwa oraz wygody ruchu. Za te działania odpowiadają zarządcy poszczególnych kategorii dróg (krajowych, wojewódzkich, powiatowych i gminnych), którzy w celu usunięcia śliskości zimowej, po wcześniejszym mechanicznym usunięciu śniegu, stosują środki: niechemiczne (piasek o średnicy cząstek od 0,1 do 1 mm, kruszywo naturalne lub sztuczne o uziarnieniu do 4 mm), chemiczne – w postaci stałej oraz zwilżonej (NaCl, CaCl₂, MgCl₂) oraz mieszaniny środków chemicznych i niechemicznych. Środki te należy stosować zgodnie z wytycznymi opisanymi w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie rodzajów i warunków stosowania środków, jakie mogą być używane na drogach publicznych oraz ulicach i placach (Dz. U.

z 2005 r., Nr 230, poz. 1960), tak aby nie pogarszały stanu środowiska przyrodniczego, ale jednocześnie zapewniały bezpieczne poruszanie się po drodze.

Kontrowersyjny wydaje się zapis o jednoczesnym spełnieniu powyższych warunków tzn. nie pogorszenia stanu środowiska przyrodniczego oraz zapewnienie bezpiecznego poruszania się po drodze, gdyż każdy środek chemiczny dopuszczony do stosowania w zimowym utrzymaniu dróg w Polsce wpływa negatywnie na środowisko przyrodnicze. Dotyczy to w szczególności chlorku sodu, który notabene w wielu krajach europejskich nie jest stosowany, z uwagi na prawny zakaz stosowania tej soli. Wobec tego należałoby wprowadzić zmiany w wyżej wymienionym rozporządzeniu, które obligowałyby służby drogowe do ograniczenia stosowania tych środków na korzyść środków alternatywnych tj. mocznik, melasa czy mrówczan sodu, które to z powodzeniem stosowane są w wielu krajach europejskich i co najważniejsze są bezpieczniejsze dla środowiska przyrodniczego.

Ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (tj. Dz. U. z 2013 r., poz. 1399 z późn. zm.) wskazuje, między innymi, zadania gminy oraz obowiązki właścicieli nieruchomości związane z utrzymaniem czystości oraz porządku. Do postępowania ze śniegiem oraz lodem zastosowanie ma art. 3 ust. 2 pkt 11, zobowiązujący gminę do zapobiegania zanieczyszczeniu ulic, placów oraz terenów otwartych, w głównej mierze poprzez zbieranie i pozbywanie się śniegu oraz lodu z obszarów użytku publicznego – zgodnie z uchwalonym przez Radę Gminy Regulaminem utrzymania czystości i porządku. Właściciele nieruchomości zobowiązuje natomiast do usuwania błota, śniegu oraz lodu z chodników znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie nieruchomości (art. 5 ust. 1 pkt 4), z wyłączeniem miejsc przeznaczonych do parkowania, za które zarządca drogi pobiera opłaty. Do obowiązków gminy należy również ustalenie miejsca składowania śniegu oraz lodu. Jeśli potraktujemy śnieg oraz lód jako odpady z czyszczenia ulic i placów (kod 20 03 03), to obowiązującymi aktami prawnymi będą: ustawa o odpadach (tj. Dz. U. z 2013 r., poz. 21, z późn. zm.) oraz rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. z 2001 r., Nr 112, poz. 1206, z późn. zm.). Jednak należy wziąć pod uwagę fakt, że w przypadku śniegu zastosowanie ma również art. 40 ust. 1. pkt 2 Prawa wodnego (tj. Dz. U. z 2012 r., poz. 145, z późn. zm.), w myśl którego zabrania się spławiania zanieczyszczonego śniegu, pochodzącego z miast, terenów przemysłowych oraz dróg i parkingów do wód, oraz jego składowanie w odległości mniejszej niż 50 m od linii brzegu wody. W związku z tym, z punktu widzenia obowiązujących przepisów prawnych oraz właściwości śniegu i lodu, nie można jednoznacznie określić czy są to odpady czy nie. W efekcie, sposób postępowania z tymi substancjami przede wszystkim zależy od Rady Gmin i opracowanych przez nie Regulaminów utrzymania czystości i porządku. Ponadto należy zwrócić uwagę na fakt, iż skład chemiczny śniegu może ulegać częstym i dynamicznym zmianom – w zależności od składu aerozolu atmosferycznego oraz

od powierzchni adsorbującej, a zatem może zawierać szereg różnych zanieczyszczeń, które mogą zostać wprowadzone do wód lub/i do ziemi.

Do obowiązków gmin należy również dobór oraz utrzymanie roślinności przydrożnej (sadzenie odpowiednich gatunków drzew i krzewów), której zadaniem jest ochrona drogi przed nawiewaniem na nią śniegu, a tym samym zapewnienie bezpiecznego korzystania z dróg. Obowiązek ten nakłada art. 78 oraz art. 80 ustawy o ochronie przyrody (tj. Dz. U. z 2013 r., poz. 627 z późn. zm.). Ta sama ustawa w art. 82 pkt 2 nakazuje stosowanie środków chemicznych w sposób najmniej szkodliwy dla zieleni i zadrzewień, a w przypadku stosowania środków chemicznych - w ilościach, które mogą zaszkodzić terenom zielonym oraz zadrzewieniom sprawca podlega odpowiedzialności wykroczeniowej w postaci kary grzywny lub nawet aresztu (art. 131. pkt 7). W praktyce jednak nadal spotyka się duże ilości śniegu usunięte z dróg, które składowane są w pasie przydrożnym i niszczą w ten sposób roślinność. Ustawa nie podaje również ilości środków chemicznych, które mogą zaszkodzić terenom zielonym oraz zadrzewieniom – w związku z tym ciężko jest udowodnić szkodliwy wpływ na roślinność.

Ponadto zarządca drogi, w celu zwiększenia bezpieczeństwa w okresie zimowym, może ustawić zasłony przeciwnieźne na gruntach przylegających do drogi (art. 21 ust. 2 pkt 3 ustawy o drogach publicznych).

WYTYCZNE ZIMOWEGO UTRZYMANIA DRÓG

W Polsce, poza wskazanymi powyżej aktami prawnymi, na drogach krajowych obowiązuje również Zarządzenie Nr 18 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 30 czerwca 2006 r. w sprawie wprowadzenia „Wytycznych zimowego utrzymania dróg”. Powyższy dokument wskazuje, że zimowe utrzymanie dróg (ZUD) obejmuje nie tylko likwidację czy zapobieganie powstawaniu śliskości zimowej i pośniegowej, ale także przygotowanie oraz badania materiałów do usuwania śliskości, działania profilaktyczne (monitorowanie sytuacji pogodowej na drogach wraz z IMGW, zakładanie zasłon przeciwnieźnych – płotków drewnianych, zasłon naturalnych w postaci żywopłotów i pasów zieleni) oraz prowadzenie prac porządkowych po sezonie zimowym. Ponadto, w załączniku 2 zarządzenia wymieniono rodzaje środków chemicznych, które można stosować w zimowym utrzymaniu dróg, z uwzględnieniem środków tj. octan wapniowo-magnezowy, octan potasu, mocznik, mrówczany, alkohole oraz glikole, których to w Polsce stosować nie można. Zatem czy zasadne jest umieszczanie charakterystyki tych środków w powyższym dokumencie, skoro i tak nie będzie można ich stosować do likwidacji śliskości zimowej, ponieważ nie są one wskazane w rozporządzeniu Ministra Środowiska

w sprawie rodzajów i warunków stosowania środków, jakie mogą być używane na drogach publicznych oraz ulicach i placach?

Z kolei, Zarządzenie Nr 78 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 13 grudnia 2011 r., zmieniające zarządzenie w sprawie standardów zimowego utrzymania dróg krajowych dla których zarządcą jest Generalny Dyktor Dróg Krajowych i Autostrad określa pięć standardów zimowego utrzymania dróg. Standard I jest najwyższym standardem utrzymania, w którym utwardzone pobocza dróg oraz jezdnie powinny zostać oczyszczone ze śniegu, gołoledzi oraz szronu. Śnieg luźny na drogach objętych I standardem utrzymania może zalegać maksymalnie do 2 godzin, a błoto pośniegowe do 4 godzin. Nie dopuszcza się występowania zasp śnieżnych oraz zajeżdżonego śniegu. Śliskość zimową tj. gołoledź, szron oraz szadź należy usunąć w ciągu 2 godzin od ich wystąpienia, a lodowicę i śliskość pośniegową w ciągu maksymalnie 4 godzin. W standardzie II jezdnie powinna zostać odśnieżona, a śliskość zimowa usunięta na jezdni oraz na poboczach. Po zakończeniu opadów śniegu, należy go usunąć w ciągu 4 godzin, a błoto pośniegowe w ciągu maksymalnie 6 godzin. Na jezdni dopuszcza się wystąpienie zajeżdżonego śniegu o niewielkiej grubości, który nie utrudnia poruszania się po jezdni. Śliskość zimową tj. gołoledź, szron oraz szadź należy zlikwidować w ciągu 3 godzin od ich wystąpienia a śliskość pośniegową w ciągu 4 godzin. W standardzie III jezdnie powinna zostać odśnieżona, a śliskość zimowa zlikwidowana na skrzyżowaniach z utwardzonymi drogami publicznymi, liniami kolejowymi, na odcinkach o nachyleniu powyżej 4%, przystankach autobusowych oraz innych miejscach wskazanych przez zarząd drogi. W standardzie IV jezdnię należy odśnieżyć na całej szerokości, a po ustaniu opadów, śnieg może zalegać maksymalnie do 8 godzin. W standardzie V jezdnię należy odśnieżyć w miejscach ustalonych przez zarząd drogi. Śnieg luźny może zalegać do 16 godzin, a śnieg zajeżdżony, nabój śnieżny oraz zaspę mogą występować do 24 h. Natomiast w miejscach wskazanych przez zarząd drogi, gołoledź należy zlikwidować w ciągu maksymalnie 8 godzin od jej wystąpienia.

Zarządzenie Nr 29 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 17 czerwca 2013 r., zmieniające zarządzenie w sprawie wprowadzenia „Wytocznych zakładania i utrzymania zieleni przydrożnej” z dnia 15 lutego 2013 r. określa zasady kształtowania zieleni w pasach drogowych dróg krajowych, z uwzględnieniem zieleni izolacyjnej oraz osłonowej. Bez względu na pełnioną funkcję nasadzeń, należy pamiętać aby sadzone rośliny były odporne na niekorzystne warunki atmosferyczne – przede wszystkim na niskie temperatury. Ponadto bliskość usytuowania roślinności wzdłuż ciągów komunikacyjnych powoduje, że jest ona ciągle narażona na uszkodzenia wywołane eksploatacją dróg oraz stosowaniem środków chemicznych w zimie. Środki te wnikają i kumulują się w tkankach roślinnych, doprowadzając do powstawania przebar-

wień na liściach oraz ograniczających szybkość wzrostu rośliny. Dlatego też bardzo ważny jest odpowiedni dobór gatunków zieleni przydrożnej.

Podsumowanie

Na szczeblu krajowym zagadnienia zimowego utrzymania dróg pojawiają się w wielu aktach prawnych: ustawach oraz rozporządzeniach, aczkolwiek przepisy te niejednoznacznie regulują tą tematykę. Prawny zakaz stosowania środków chemicznych bezpośrednio na świeży opad śniegu, wymusza zastosowanie w pierwszej kolejności metody mechanicznej, polegającej na usuwaniu śniegu z jezdni, poboczy oraz obiektów towarzyszących przy wykorzystaniu specjalistycznego sprzętu. Jednak metoda ta nie daje oczekiwanych rezultatów, gdyż na nawierzchni drogowej nadal pozostaje warstwa śniegu, stwarzająca zagrożenie dla osób poruszających się po drodze. Dlatego też po zabiegach mechanicznych wykorzystuje się powszechnie środki chemiczne, niechemiczne lub mieszaniny środków chemicznych z niechemicznymi. Z uwagi na brak możliwości zastąpienia metody chemicznej inną metodą o podobnej skuteczności, konieczne są poszukiwania alternatywnych środków chemicznych, które będą skuteczne w działaniu, a jednocześnie – bezpieczne dla środowiska przyrodniczego.

LITERATURA

1. CZARNA M.; KOŁODZIEJCZYK U., 2012. O skuteczności środków chemicznych stosowanych w zimowym utrzymaniu dróg. *Magazyn Autostrady* Nr 12.
2. ĆWIAKAŁA M.; KOŁODZIEJCZYK U.; RAFALSKI L., 2012. The influence of selected chemical compounds used in Winter Road maintenance on the active capillarity of soils. *Journal of Soils and Sediments*.
3. KOŁODZIEJCZYK U., 2007. Wpływ chlorku sodu stosowanego w zimowym utrzymaniu dróg na kapilarność gruntów. *Geologos* Nr 11.
4. KOŁODZIEJCZYK U., 2008. Zimowe utrzymanie dróg a ochrona środowiska. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych – Environmental Protection and Natural Resources* Nr 37.
5. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. z 2001 r., Nr 112, poz. 1206, z późn. zm.)
6. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 października 2005 r. w sprawie rodzajów i warunków stosowania środków, jakie mogą być używane na drogach publicznych oraz ulicach i placach (Dz. U. z 2005 r., Nr 230, poz. 1960)

7. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (t.j. Dz. U. z 2013 r., poz. 627 z późn. zm.)
8. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (tj. Dz. U. z 2012 r., poz. 145, z późn. zm.)
9. Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (tj. Dz. U. z 2012 r., poz. 391, z późn. zm.)
10. Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (tj. Dz. U. z 2013 r., poz. 260, z późn. zm.)
11. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (tj. Dz. U. z 2013 r., poz. 21, z późn. zm.)
12. Zarządzenie Nr 18 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 30 czerwca 2006 r. w sprawie wprowadzenia „Wytocznych zimowego utrzymania dróg”
13. Zarządzenie Nr 78 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 13 grudnia 2011 r. zmieniające zarządzenie w sprawie standardów zimowego utrzymania dróg krajowych dla których zarządcą jest Generalny Dyrektor Dróg Krajowych i Autostrad
14. Zarządzenie Nr 29 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 17 czerwca 2013 r. zmieniające zarządzenie w sprawie wprowadzenia „Wytocznych zakładania i utrzymania zieleni przydrożnej” z dnia 15 lutego 2013 r.
15. Strategia Rozwoju Transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku) przyjęta w drodze uchwały 22 stycznia 2013 r. przez Radę Ministrów – tekst dostępny na stronie Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju – www.mir.gov.pl

WINTER ROAD MAINTENANCE IN THE LIGHT OF NATIONAL LAW

S u m m a r y

Basics activities which are conducted by road services within maintaining the roads in winter, include removal of snow and winter slippery from the road surfaces. These activities are conducted with the use of roughing materials or melting agents for deglazing the road or with use of both methods jointly. In view of to the growing during the winter risks of snow and icing sidewalks and streets, including costs associated with winter maintenance and environmental costs (maintenance of roadside green) issues related to winter road maintenance regulated by a variety of acts.

Key words: winter road maintenance, legislation, chemicals

ALEKSANDRA JANICKA *

PROJEKT ZAGOSPODAROWANIA BASENU PÓŁNOCNEGO W ŚWINOUJŚCIU

Streszczenie

W latach 2004-2005 w ramach badań projektowych przy współpracy władz miasta Świnoujścia, Institut für Landschaftsplanung Technische Universität w Berlinie sporządził analizy oraz wykonał szereg prac badawczo-projektowych mających na celu osiągnięcie wspólnej i najtrafniejszej koncepcji funkcjonalno-przestrzennego projektu zagospodarowania dla Basenu Północnego. Zwyciężyła koncepcja zagospodarowania terenu i jego zaplecza infrastrukturalnego ukierunkowana na rekreację, w tym obsługę jachtową.

Słowa kluczowe: rewitalizacja, Basen Północny, Świnoujście,

WPROWADZENIE

W roku 2004 Urząd Miasta Świnoujścia po raz pierwszy postanowił zmierzyć się z nurtującym problemem zagospodarowania fragmentu miasta, będącego obiektem coraz częstszych dyskusji i apeli społecznych. Do rozmów i konsultacji oraz współpracy nad projektem zaproszeni zostali min. studenci i pracownicy Instytutu Kształtowania Krajobrazu z Uniwersytetu Technicznego w Berlinie. Mimo przeprowadzonych analiz i badań oraz przygotowania aż dwóch przykładowych wariantów planistycznych, projekt niestety nie znalazł swojego miejsca i czasu na realizację. Sytuację obecną w Basenie Północnym, po ośmiu latach od sporządzenia projektu zagospodarowania omawianego niżej a w 2005 roku przedstawionego szerszemu gronu urzędników, zweryfikować można osobiście odwiedzając port.

* doktorantka Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Instytut Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Planowania przestrzennego

OBIEKT BADAŃ

Świnoujście to jedna z najpopularniejszych miejscowości nadmorskich w Polsce. Umiejscowiona na dwóch wyspach – Uznam i Wolin stała się jednym z atrakcyjniejszych ośrodków turystycznych. Wyspa Uznam to część miasta wraz z nadbrzeżem promów pasażerskich i białej floty, parkiem zdrojowym, dzielnicą uzdrowską zabudowaną pięknymi XIX-wiecznymi, zabytkowymi kamienicami. Wschodnia część miasta położona na Wolinie to głównie dzielnica przemysłowo-portowo-magazynowa. Gospodarczo miasto zostało więc ukształtowane przez dwie funkcje: portowo-handlową oraz turystyczno-uzdrowską. Historycznie natomiast początki osadnictwa na tym obszarze sięgają okresu IX wieku, a w okolicach ujścia Świny nawet wcześniej. Do 1750 roku Świnoujście było luźno przestrzennie ukształtowaną wioską, dopiero po tej dacie i wykonaniu projektu zagospodarowania miasta w 1765 roku Fryderyk Wilhelm II nadał mu rangę miasta prywatnego, królewskiego [Piskorski 1983, Biranowska-Kurtz 1988].



Fot.1. Świnoujście – Plan miasta z 1766r. w zbiorach Stadtbibliothek w Berlinie
Photo 1: Świnoujście – city map from 1766 from the collection of Stadtbibliothek in Berlin

W tym czasie nastąpił niezwykle szybki rozwój handlu. Importowano jedwab, węgiel, kawę i inne towary kolonialne, eksportując drewno i zboża. W 1780 roku zintensyfikowaniu uległ przemysł portowy. Budowano statki żaglowe, fregaty, barki [Kowalenko 1950]. Początek wieku XIX to czas znacznego wzrostu gospodarczego oraz rozwoju przestrzennego. Nowe kurorty i hotele budowane były zarówno w modnej dzielnicy uzdrowskiej, która dzięki temu zwiększyła na swoim znaczeniu jak i w centrum miasta. W dzielnicy nadmor-

skiej wybudowano bibliotekę, salę balową, teatr oraz kąpieliska z podgrzewanymi wodami i odkrytymi w niedawnym czasie solankami. Umocnienie się pozycji portowej miasta nastąpiło w czasie wojny krymskiej, kiedy cały rosyjski handel z Europą prowadzony był właśnie przez port w Świnoujściu.

W czasie I wojny światowej Świnoujście pełniło funkcję bazy Kriegsmarine, na której potrzeby przeznaczone została również reprezentacyjna zabudowa przy promenadzie. W 1925 roku zabudowania portowe i magazynowe zajmowały w sumie 325 ha. Podczas II wojny światowej miasto będące bazą hitlerowskiej marynarki wojennej, posiadało stricte militarny charakter również za sprawą usytuowanych w pobliżu wyrzutni V-2.

W maju 1945 roku wojska armii radzieckiej zajęły Świnoujście zajmując dzielnicę kurortową, aż do 1947 roku, oraz port, częściowo przekazany dopiero w 1947 roku. Powojenne lata 1946-47 to okres niemieckich wysiedleń [Lesiński 1973, Podlarski 1973].

W latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych wykształciły się odrębne funkcje Świnoujścia, jako miasta z portem pasażerskim i uzdrowiskiem, portu morskiego, portu wojskowego, a każda z tych funkcji zajmowała oddzielny, wyznaczony obszar miasta.

BASEN PÓŁNOCNY

W 2004 roku w Miejscowym Planie Zagospodarowania Przestrzennego Basen Północny miał przeznaczenie turystyczno-rekreacyjno-żeglarskie. W oparciu o takie wytyczne jasnym było, że nowy projekt nie mógł w znaczny sposób zmieniać charakteru tego miejsca. Basen Północny pełniąc w tamtym czasie funkcję miejskiej przystani jachtowej, mógł pomieścić około stu jachtów i łodzi. Dzięki świetnemu położeniu geograficznemu i dogodnemu usytuowaniu oraz bliskości centrum, posiadał więc według projektantów doskonałe warunki aby stać się jednym z największych portów jachtowych nad Bałtykiem. W tym celu jednak konieczne jest stworzenie nowoczesnej infrastruktury, spełniającej standardy europejskie.

W roku 2004, w okresie prowadzenia wstępnych ustaleń i badań do projektu, Basen Północny, mimo że przydzieloną miał funkcję portu jachtowego, wizualnie przypominał bardziej „dziką przystań”. Mimo świetnego położenia i dużego potencjału, nie spełniał ogólnie przyjętych standardów europejskich.

Pewnym było, że rewitalizacja i restrukturyzacja tego miejsca ma duże znaczenie dla sytuacji współczesnej żeglugi rekreacyjnej i sportowej w Świnoujściu, ale i w całej południowej części Morza Bałtyckiego [Domański 2000]. Wzdłuż niemieckiej linii brzegowej na wyspie Uznam znajdują się nieliczne porty jachtowe i nie ma tam portu o charakterze ponad lokalnym. Na całej wyspie Uznam takie wymogi spełniają jedynie porty w Peenemunde i Kroslin oraz

dzięki realizacji przedstawionych niżej koncepcji może spełniać port w Świnoujściu.

Bardzo korzystne usytuowanie mariny, gwarantujące bezpieczne cumowanie, automatycznie wymuszało więc restrukturyzację umożliwiającą stworzenie w tym miejscu nowoczesnego portu sportowego z odpowiednio dopasowaną infrastrukturą. Istotne jest również zintegrowanie przestrzennie i funkcjonalnie Basenu Północnego z centrum, dające miastu nowy impuls gospodarczy i rozwojowy.

NOWY PROFIL FUNKCJONALNO-ROZWOJOWY

Nowe zagospodarowanie dotyczy wyposażenia portu w nowoczesną infrastrukturę techniczną, częściową adaptację istniejących budynków, budowę zaplecza hotelowego, obiektów realizacji sportowej, stacji paliw dla łodzi z możliwością tankowania gazu propan-butan oraz nowoczesną obsługę łodzi jachtowych. Niezbędna jest budowa warsztatowo-naprawczych oraz miejsc do zimowania. Ponadto na terenie mariny projekt obejmował umiejscowienie sklepu, banku, apteki, punktu gastronomicznego, miejsca do rekreacji oraz saunę i pole do leżakowania.

Liczba miejsc postojowych na terenie mariny zależna jest od popytu, a ten oczywiście od cen. Przeprowadzenie niezbędnych analiz pozwoliło zminimalizować ewentualne straty finansowe potencjalnych inwestorów. Szczególną innowacją, a zarazem atrakcją turystyczną na terenie portu są pływające domy. Ze względu na swoją konstrukcję są mobilne i ekonomiczne a ilość dostosowana jest do zapotrzebowania.

Miejsca postojowe w porcie, ze względu na wielkość portu i głębokość, w zamyśle twórców projektu są dostosowane do wszystkich rodzajów łodzi żaglowych. Nowy Basen Północny jest inwestycją opłacalną dla wszystkich podmiotów uczestniczących w tym przedsięwzięciu. Już w 2004 roku projekt był przedmiotem dużego zainteresowania międzynarodowych właścicieli jachtów i żeglarzy bałtyckich. Według danych Urzędu Miasta Świnoujścia liczba łodzi cumujących w porcie w latach 2002, 2003 oraz 2004 stale się zwiększała.

INWENTARYZACJA STANU ISTNIEJĄCEGO

Cały teren objęty planem ma 8 225ha. Wielkość zbiornika basenu wynosi około 3.5ha i ma kształt litery L o wymiarach 420 x 130 x 90 x 40 x 340 metrów. Dzięki głębokości akwenu (średnio 4,4 m) marina dostępna jest także dla większych jednostek o długości nawet do 30 metrów. Na terenie portu znajduje się sześć budynków magazynowo-administracyjnych, wieża ciśnień i stara war-

townia z wieżą z masywnej czerwonej cegły będąca pod ochroną konserwatora zabytków. Dodatkowo miejsce zajmują budowle nie objęte ochroną konserwatora takie jak zabytkowy żuraw, trzy podzielone arsenały i budynek typu ryglowego. Stan wszystkich obiektów z punktu techniczno-budowlanego jest w większości zły i w obecnym stanie nie nadają się one do użytku. Od roku 1990 kiedy teren ten został opuszczony przez wojska rosyjskie, zabudowania zaczęły ulegać przyspieszonemu niszczeniu. Należały niezwłocznie poddać je pracom remontowym, ponieważ stanowią ważny, interesujący architektonicznie, historycznie i zabytkowo, potencjał powierzchniowy.



Fot.2. Widok z wody na zabudowania portowe, oraz widok na wodę. Stan z roku 2005 (Institut für Landschaftsplanung Technische Universität Berlin)
Photo 2: The view of the port buildings and the view from the side of port buildings of water. State from 2005 (Institute of landscape development, Berlin University of Technology)

Kolejny deficyt funkcjonalny tego obszaru jaki został zauważony to fakt izolacji przestrzenno-funkcjonalnej z centrum Świnoujścia. Podkreślono, że taka sytuacja hamuje rozwój funkcjonalny portu i nie jest jednocześnie obojętna dla atrakcyjności turystyczno-ekonomicznej samego miasta. W związku z tym zaproponowano wprowadzenie trzech rodzajów wygodnych połączeń: pieszo-rowerowego, autobusowego oraz wodnego, w postaci taksówek wodnych. Natomiast w samym porcie ulokowano wypożyczalnię rikszy, tandemów i grupowych rowerów czterokołowych.

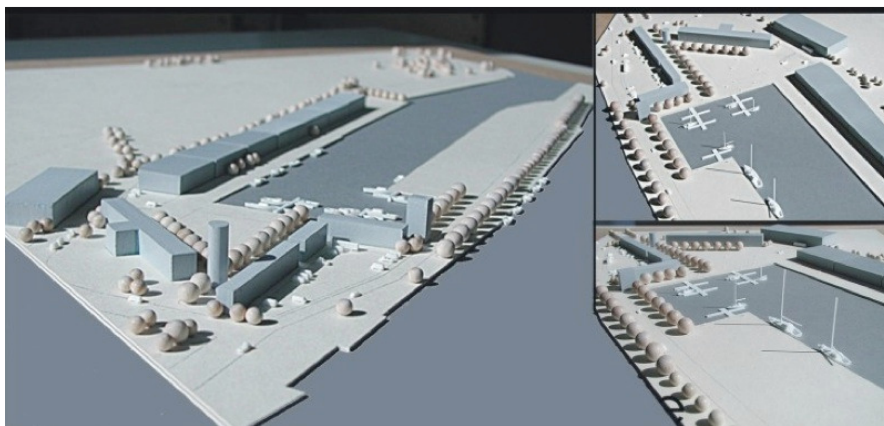
KONCEPCJA REWITALIZACJI PORTU PÓŁNOCNEGO

Wariant I

W ramach obszernego projektu nowego zagospodarowania dla Basenu Północnego przewidziane zostały funkcje turystyczno-rekreacyjne, z czego klasyczny port jachtowy miał być tylko jedną z propozycji. W odniesieniu do ist-

niejącej zabudowy zaproponowane zostało wyburzenie niezbędnej części budynków. Generalnie Wariant I projektu nastawiony jest na turystów lądowych z zewnątrz, niekoniecznie związanych z żeglarstwem. Bardzo ważnym i obszernym aspektem projektu było sformułowanie najbardziej optymalnego rozwiązania, jak i dokładna analiza i przeprowadzenie oceny oddziaływania tego przedsięwzięcia na środowisko przyrodnicze.

W kontekście prac nad projektem wykonany został model koncepcji zagospodarowania w skali 1:1000. Wszystkie budynki nowo projektowane miały w większości pełnić funkcję stoczni oraz obsługi łodzi. Na terenie miała znajdować się wieża widokowa, apteka, punkt gastronomiczny a największy budynek zajęty został przez reprezentacyjny hotel z zapleczem „wellnes”.



*Fot.3. Świnoujście- Wariant I: Model w oryginalnej skali 1:1000.
Technische Universität, Berlin 2004*

*Photo 3. Świnoujście – variant I: original 1:1000 scale model.
Berlin University of Technology, Berlin 2004*

Wariant II

Wariant II, w odróżnieniu od Wariantu I nastawiony jest przede wszystkim na stworzenie na terenie Basenu Północnego nowoczesnego portu jachtowego. Ważne więc jest zaprojektowanie niezbędnej bazy hotelowo-gastronomicznej o różnym sposobie wykorzystania. Stałą rentowność zapewniać ma możliwość organizacji bankietów, przyjęć, szkoleń, natomiast zaplecze ekskluzywnych sklepów i dodatkowej gastronomi zabezpiecza potrzeby przebywających na terenie portu turystów. Dodatkowo przewidziana została budowa oddziału bankowego, budynku z mieszkaniami sezonowymi i informacją turystyczną. W razie wprowadzenia możliwości ustawienia pływających domów konieczne jest znalezienie miejsca dla dodatkowych zabudowań sanitarnych. Taka forma dodatkowej sezonowej zabudowy mieszkaniowej stanowi atrakcyjne rozwiąza-

nie, zwłaszcza że pływające domy znaleźć można po niemieckiej stronie i jest to rozwiązanie architektoniczne często stosowane w miastach portowych na całym świecie. Liczba domków według planu jest regulowana i dostosowana do potrzeb. Dla obsługi i zaopatrzenia jachtów przeznaczone zostaną budynki czterech hal oraz stoczni. Po renowacji klub jachtowy dodatkowo może świadczyć usługi: handlu łodziami i jachtami, sprzedaży części i akcesoriów, konserwacji i lakierowania łodzi.

W przypadku obu zaprojektowanych wariantów część niezabudowana pokryta jest większością powierzchni modrzewiem syberyjskim. Jest to pomysł zaczerpnięty z portowej architektury niemieckiej. Modrzew syberyjski należy do najtrwalszych, naturalnych materiałów, odpornych na warunki atmosferyczne. Drewniany taras ma być wyposażony w system drenarski, który odprowadza wodę deszczową do portu. Powierzchnia niepokryta modrzewiem syberyjskim obsadzona jest krzewami ozdobnymi a przygotowany w ten sposób teren służyć ma jako powierzchnia pod place zabaw, teren do leżakowania oraz kort tenisowy i inne obiekty rekreacji sportowej [Praca zbiorowa, Technische Universität 2005].

PODSUMOWANIE

Z roku na rok rośnie liczba turystów zagranicznych odwiedzających polskie wybrzeże. Świnoujście jest jednym z polskich nadmorskich miast do którego turyści z Brandenburgii dzięki dogodnym połączeniom komunikacyjnym są w stanie szybko dojechać. Duża ilość rzek, połączeń rzecznych i jezior na terenie Brandenburgii czyni ten rejon dużym rynkiem zbytu dla rosnącego popytu na łodzie motorowe i jachty. Na terenie landu zarejestrowanych jest więcej klubów jachtowych i łodzi motorowych niż w całych Niemczech. Liczba łodzi, która corocznie w miesiącach letnich wypływa przez „Bramę na Wschód” jaką tworzy Świnoujście, będąc punktem wyjściowym na północno-wschodnie rewiery Bałtyku, wzrasta z roku na rok. Stąd tak ważny i jednocześnie opłacalny finansowo był i jest aspekt powiększenia dostępności i konkurencyjności tego miejsca. Ważne jest stworzenie odpowiedniej koncepcji projektu zagospodarowania, a następnie zaplecza infrastrukturalnego, które turystom z Polski i zagranicy oferować będzie najwyższą jakość zaplecza i obsługi jachtowej. Wykorzystanie potencjału Basenu Północnego opiera się na świadomości o jego dogodnym przystosowaniu, wyjątkowości i dużym znaczeniu dla rozwoju nie tylko regionu. Aby realizacja projektu w pełni zaowocowała sukcesem, przedsięwzięciom realizacyjnym powinny towarzyszyć zakrojone na szeroką skalę działania promocyjne nie tylko na terenie Polski ale również w Niemczech, Danii i Szwecji.

LITERATURA

1. BIRANOWSKA-KURTZ, A.; 1988. Świnoujście, studium historyczno-urbanistyczne. Maszynopis, Szczecin, 70-95, 159-160.
2. KOWALENKO, W.; 1950. Piana, Świna i Dziwna jako szlaki osadniczo-komunikacyjne słowiańszczyzny Bałtyckiej VIII- XIII w. Przegląd Zachodni, z.1-4, s. 67.
3. LESIŃSKI, H.; 1973. Z dziejów Wyspy Wolin i Świnoujścia (od XIII do XX w.). [w] Z dziejów ziemi wolińskiej, pod red. T. Białeckiego, 147-170.
4. PISKORSKI, C.; 1985. Świnoujście i okolice, Warszawa.
5. PODLARSKI, J.; 1973. Gospodarka komunalna i mieszkaniowa w powiecie wolińskim w latach 1945-1970, Z dziejów ziemi wolińskiej, pod red. T. Białeckiego, s.196.
6. Praca zbiorowa, red. Bolesław Domański.; 2000. Rewitalizacja, Restrukturyzacja, Rehabilitacja, Odnowa miast, Kraków, s.119.
7. Praca zbiorowa, Technische Universität.; 2005. Projektbericht Marina II. Maszynopis, Berlin, 136-155.

PROJECT OF THE DEVELOPMENT PLAN OF THE NORTH PORT OF ŚWINOUJŚCIE

S u m m a r y

Between 2004 and 2005, as a part of the research project in collaboration with the authorities of the City of Świnoujście, Institut für Landschaftsplanung Institut für Technische Universität in Berlin has drawn up analysis and carried out a number of research and development projects aimed at achieving common and the most exact concept of functional and spatial development plan for North Port. Winner was the concept of land development and infrastructural facilities focused on recreation, including marina services.

Key words: revitalisation, North Port, Świnoujście

MARTA PRZEWOCKA^{*}, JANUSZ ROSADA^{**}

**OCENA STOPNIA ZANIECZYSZCZENIA GLEB
NA POGRANICZU BYŁEJ STREFY OCHRONNEJ
HUTY MIEDZI „GŁOGÓW”**

Streszczenie

Realizowane od szeregu lat przez Hutę Miedzi Głogów działania proekologiczne przyczyniły się do znacznego ograniczenia większości negatywnych skutków oddziaływania zakładu na środowisko. Modernizacja technologii produkcji miedzi i wprowadzenie skutecznych instalacji oczyszczających doprowadziły do wyraźnej poprawy stanu agrocenoz sąsiadujących z Huta. Ograniczenie emisji pyłowej przyczyniło się do zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi. Niemal całkowicie wyeliminowana została emisja SO₂ do atmosfery. Dzięki temu wyraźnie zmniejszył się stopień zakwaszenia gleb. Z tego względu 31 grudnia 2005 roku Minister Środowiska zdecydował o całkowitej likwidacji strefy ochronnej wokół Huty Miedzi Głogów. Mimo obserwowanej poprawy stanu środowiska na omawianym terenie, nadal wymagany jest stały i konsekwentnie prowadzony jego monitoring. Dotyczy to zwłaszcza gleb, które w początkowych latach działania zakładu nagromadziły duże ilości metali ciężkich, głównie Cu i Pb. Ksenobiotyki te uległy w glebach bioakumulacji.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, Huta Miedzi Głogów, środowisko, gleba

WSTĘP

Naturalna zawartość pierwiastków śladowych w glebach, uzależniona od składu chemicznego skały macierzystej, procesów geologicznych oraz glebotwórczych, nie stanowi potencjalnego zagrożenia dla organizmów żywych [Baran i Turski 1996]. Jednak w warunkach nadmiernej degradacji środowiska

^{*} doktorantka kierunku inżynieria środowiska; Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

^{**} Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska

naturalnego dochodzi do nagromadzenia pierwiastków śladowych w glebach. Po przekroczeniu ponadnormatywnej zawartości w glebie, pierwiastki te mogą stwarzać istotne zagrożenie dla organizmów żywych, przenikając do poszczególnych elementów łańcucha troficznego. Metale ciężkie są głównie akumulowane w poziomach wierzchnich gleby, skąd poprzez rośliny trafiają do łańcucha pokarmowego i często w nadmiernym stężeniu prowadzą do procesów mutacji i kancerogennych [Mocek i Mocek 2010].

Degradacja chemiczna gleb, w wyniku długotrwałej emisji przemysłowej z udziałem SO_2 i pyłów metalonośnych, polega na zakwaszeniu oraz skażeniu metalami ciężkimi. Nadmierna ilość metali ciężkich w rejonach silnie uprzemysłowionych lub zurbanizowanych przy jednoczesnym występowaniu kilku z nich w środowisku gruntowo-wodnym prowadzi do niekorzystnych zmian we właściwościach i funkcjonowaniu gleb [Kwiatkowska 2007].

Rzeczywista zawartość metali ciężkich w glebach stanowi miarodajną wielkość wyznaczającą poziom antropopresji terenu na którym występuje. Wielkość ta stanowi wiarygodną informację na temat intensywności emitowanych zanieczyszczeń, a także jest podstawą do wszczęcia prac rekultywacyjnych na obszarach zanieczyszczonych [Cuske i in. 2013].

Silne zanieczyszczenie terenów rolniczych metalami ciężkimi może w skrajnych przypadkach doprowadzić do nieodwracalnych zmian w glebie, ponieważ metale, w przeciwieństwie do substancji organicznych, nie ulegają rozkładowi mikrobiologicznemu [Kabata-Pendias i Pendias 1999].

Wspomniane zagrożenia mają głównie charakter lokalny i dotyczą przede wszystkim rejonów silnie uprzemysłowionych, w których występują emisje zakładów hutniczych. Jednym z takich przykładów są zakłady Kombinatu Górniczo-Hutniczego Miedzi, Polska Miedź S.A w rejonie legnicko-głogowskim. Huta Miedzi GŁOGÓW jest największym krajowym zakładem hutniczym składającym się z dwóch kompleksów metalurgicznych, w których na skutek procesów pirometalurgicznych wytwarzane są rudy miedzi.

Lokalizacja zakładu w regionie aglomeracji miejskich oraz w pobliżu obszarów rolniczych dodatkowo zwiększa skutki zagrożeń środowiskowych. Na terenach tych uprawia się zboża, głównie pszenicę oraz rośliny okopowe takie jak ziemniaki i buraki cukrowe. Huta od szeregu lat postrzegana jest jako poważne zagrożenie ekologiczne dla tego rejonu. Jeszcze kilkanaście lat temu tereny zlokalizowane w bliskim sąsiedztwie Huty uznawane były za rejon kłęski ekologicznej, ponieważ ilości emitowanych do atmosfery pyłów metalonośnych i gazów kilkakrotnie przekraczały dopuszczalne normy. Jednak w ostatnim dziesięcioleciu stan środowiska wokół zakładu uległ znacznej poprawie, dzięki prowadzonej na szeroką skalę działalności proekologicznej. Wprowadzenie nowoczesnych instalacji oczyszczających, modernizacja procesów technologicznych, a przez to radykalne zmniejszenie emisji pyłów i gazów metalono-

śnych znacznie ograniczyły uciążliwość Huty dla omawianego środowiska [Rosada 2007, 2008].

Mimo pozytywnych zmian obserwowanych ostatnio w środowisku sąsiadującym z Hutą nadal istnieje konieczność corocznej, systematycznej kontroli poziomu metali ciężkich w glebach. Proekologiczne działania nie są bowiem zabiegiem jednorazowym, który na trwałe rozwiązuje problem niepożądanych dla środowiska skutków działalności przemysłowej. Zawsze należy pamiętać o tym, że każde środowisko przyrodnicze, nawet gdy wydaje się być stabilne, w gruncie rzeczy jest systemem dynamicznym, podlegającym oddziaływaniu różnych czynników: biologicznych, klimatycznych, a także technologicznych. Wpływ tych czynników na środowisko często doprowadza do zmian, których przebieg jest trudny do przewidzenia. Poza tym należy uwzględnić dynamikę zanieczyszczenia środowiska objętego emisjami przemysłowymi wynikającą ze specyfiki produkcyjnej zakładu [Rosada 2008].

OBIEKT BADAŃ

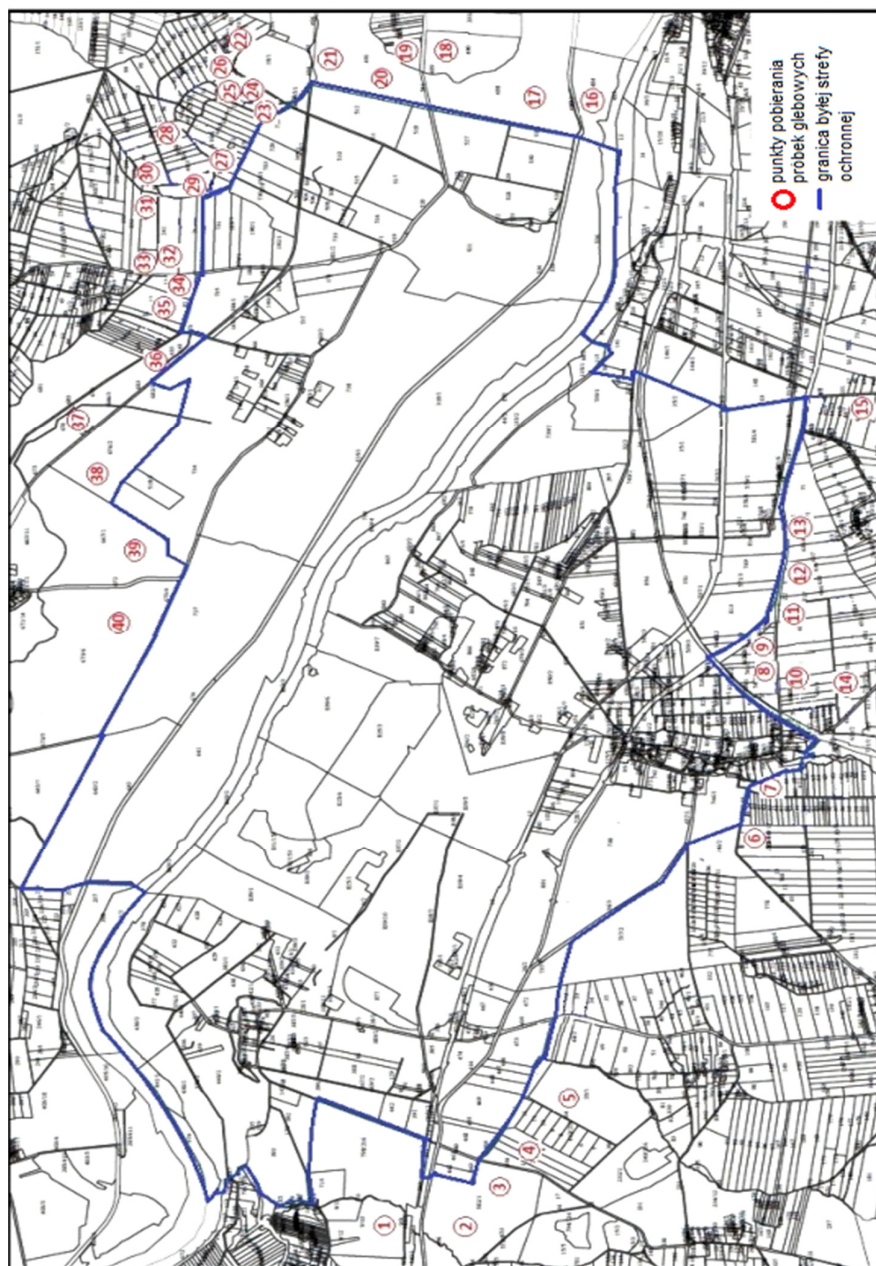
Badania wykonywane były na terenach rolniczych sąsiadujących z Hutą Miedzi GŁOGÓW, na lewo- i prawobrzeżnej stronie rzeki Odry. Obszar badawczy obejmował była strefę ochronną oraz tereny przyległe, zlokalizowane na pograniczu strefy – rysunek 1. Z obszaru tego pobierano próbki glebowe do oznaczeń zawartości miedzi (Cu), ołowiu (Pb), kadmu (Cd), oraz odczynu badanych gleb (pH).

METODYKA BADAŃ

Próbki gleb pobierano w latach 2012–2013 w okresie wiosennym z poziomu orno-próchniczego (0-30 cm) stosując specjalistyczny świder mechaniczny. Łącznie do oznaczeń pH oraz całkowitej zawartości analizowanych pierwiastków pobierano corocznie 40 próbek glebowych. Lokalizację punktów poboru gleb wyznaczano za pomocą GPS. Z każdego punktu pobierano 30 próbek pojedynczych, które po zmieszaniu traktowano jako próbkę średnią.

Przed analizą próbki glebowe wysuszono w temperaturze pokojowej, następnie utarto w moździerzu i przesiano przez sito plastikowe o średnicy oczek 2 mm, w celu oddzielenia części szkieletowych od ziemistych. Po przesianiu, każdą próbkę gleby dokładnie wymieszano, aby uzyskać wysoki stopień homogeniczności materiału.

pH badanych gleb oznaczono w 1-molowym KCl metodą potencjometryczną [Siebielec 2012].



Rys. 1. Mapa lokalizacji poboru próbek glebowych z rejonu Huty Miedzi GŁOGÓW
Fig. 1. Sampling location map of area surrounding Huta Miedzi GŁOGÓW

Ujednolicony materiał glebowy zmielono na młynku mikroplanetarnym Pulverisette 7 z kulami agatowymi w celu precyzyjniejszego rozdrobnienia gleby. Tak przygotowany materiał badawczy poddano procesowi mineralizacji umieszczając 0,5 g badanej gleby w naczyniu mineralizacyjnym i przez 30 minut macerowano w roztworze 10 cm³ kwasu azotowego V. Po upływie tego czasu badaną próbkę umieszczono w piecu mikrofalowym Mars Express firmy CEM, mineralizowano przy użyciu odpowiedniego programu. Wykonano także „próby ślepe”. Zmineralizowany materiał przeniesiono ilościowo do kolbek miarowych (50 cm³) i uzupełniono wodą dejonizowaną.

Oznaczeń badanych pierwiastków dokonano za pomocą systemu spektrometrów absorpcji atomowej Varian AA 240FS/24OZ.

Ocenę jakości gleb pod względem zawartości miedzi (Cu), ołowiu (Pb) i kadmu (Cd) dokonano w oparciu o Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. Nr 165, Poz.1359).

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Analizowane utwory należą do czterech kategorii agronomicznych tj. gleb bardzo lekkich, lekkich, średnich i ciężkich. Gleby występujące w badanym rejonie odznaczają się dużym zróżnicowaniem pod względem uziarnienia. Zgodnie z podziałem według Polskiej Normy PN-R-04033 badane gleby należą do trzech grup granulometrycznych (piaski, gliny, pyły). Przeważającymi utworami są tu pyły zlokalizowane na lewobrzeżnym terenie Odry, natomiast na prawobrzeżnej stronie występują mniej liczne utwory piaszczyste i gliniaste. Zawartość węgla organicznego mieści się w granicach 0,57-2,11%, próchnicy od 0,98 do 3,64%, natomiast azotu ogólnego w przedziale 0,07-0,23 [Rosada 2008]. Całkowita zawartość metali ciężkich oraz pH w badanych glebach została przedstawiona w tabeli 1.

Celem badań odczynu gleb była kontrola skuteczności zabiegów wapnowania prowadzonych przez miejscowych rolników i propagowanych przez Dział Ochrony Środowiska Huty Miedzi GŁOGÓW. Odczyn gleb uważany jest za jeden ze znaczących czynników wpływających na formę, w jakiej metale ciężkie występują w środowisku glebowym. Obniżenie odczynu gleby do lekko kwaśnego i kwaśnego wpływa na wzrost stężenia w roztworze glebowym, dostępnych dla roślin, ruchomych form metali ciężkich oraz powoduje podwyższenie wskaźnika ich akumulacji. Spowodowane jest to wzrostem rozpuszczalności chemicznych połączeń metali ciężkich, jak również zmniejszeniem ich absorpcji na koloidach glebowych, co związane jest z niskim pH [Czech i in. 2014].

Z tego względu od szeregu lat do planowanych działań proekologicznych Huty, oprócz stałej modernizacji procesów technologicznych, należy również

propagowanie zabiegów wapnowania. Akcję wapnowania gleb Huta rozpoczęła już w latach 80-tych. W okresie tym wszystkie grunty należące do byłej strefy ochronnej poddano zabiegowi detoksykacji stosując wapno tlenkowe, dolomitowe oraz defekacyjne. Natomiast, najbardziej intensywne działania przeprowadzono w latach 90-tych. Wapnowanie gleb jako stały element działalności proekologicznej prowadzone było do 2000 roku.

Badania odczynu gleb prowadzone w latach 2012-2013 wykazały duże zróżnicowanie odczynu w obrębie analizowanych próbek. W roku 2012 wykazano, iż gleby o odczynie kwaśnym stanowiły 5%, lekko kwaśne 67,5%, obojętnym 15% i zasadowym 12,5%. Natomiast w roku 2013 pH gleb kształtowało się następująco: gleby o pH silnie kwaśnym 2,5%, kwaśnym 7,5%, lekko kwaśnym 55%, obojętnym 25% oraz zasadowym 10%.

Taki stan rzeczy może być związany z zaprzestaniem finansowania zabiegów wapnowania od roku 2000 przez Hutę Miedzi GŁOGÓW. Stabilizacja odczynu gleb w wyniku procesu wapnowania została potwierdzona w badaniach prowadzonych na tym terenie w latach 2002–2006 [Rosada 2008]. Badania te wykazały, iż w wyniku wapnowania udział gleb o odczynie zasadowym, obojętnym i lekko kwaśnym wynosił 88%, a tylko 12% stanowiły gleby kwaśne i bardzo kwaśne.

Wyniki badań dotyczące udziału Cu, Pb i Cd w glebach objętych oddziaływaniem Huty Miedzi GŁOGÓW wykazały, iż ich zawartość w dużej mierze uzależniona jest od lokalizacji punktów badawczych względem emitora zanieczyszczeń. Wyniki przeprowadzonych badań odnoszące się do miedzi i ołowiu, których znaczne ilości emitowane były od momentu uruchomienia Huty wykazały, że największe zawartości tych pierwiastków występowały na terenach ówczesnej strefy ochronnej. Stwierdzono również, iż na zawartość miedzi i ołowiu w poszczególnych punktach badawczych położonych w równych odległościach od zakładu, lecz na różnych kierunkach geograficznych, mogą mieć wpływ wiejące w tym rejonie wiatry. Większe zawartości Cu i Pb wykazują gleby występujące na kierunku północno- wschodnim i wschodnim czyli na prawobrzeżnych terenach Odry.

W punktach badawczych znajdujących się na prawobrzeżnej stronie Odry występowały zdecydowanie wyższe wartości badanych pierwiastków niż na lewobrzeżnej stronie Odry.

Najwyższą, przekraczającą dopuszczalną normę zawartość miedzi stwierdzono w roku 2012 w punktach badawczych nr 4, 8, 12, 13, 29, 31, 32, 34, 37 natomiast w roku 2013 w punktach nr 5, 8, 9, 11, 28, 34, 36.

W przypadku ołowiu wszystkie badane próbki mieściły się w granicach dopuszczalnej normy, jednak w 2012 roku w punkcie nr 29 oraz w 2013 roku w punkcie nr 28 wartości te były bardzo wysokie.

Zawartość kadmu w całym okresie badań była znacznie niższa od dopuszczalnej normy.

Tab.1. Całkowita zawartość metali ciężkich i pH w badanych glebach

Tab.1. Total content of heavy metals and pH in analyzed soils

Nr próbki gleby	pH gleby w 1 MKCl	Zawartość badanych pierwiast- ków			pH gleby w 1 MKCl	Zawartość badanych pier- wiastków		
		w mg·kg ⁻¹ suchej masy (2012)				w mg·kg ⁻¹ suchej masy (2013)		
		Cu	Pb	Cd		Cu	Pb	Cd
1	5,3	83,72	34,73	0,12	5,3	97	35,40	0,14
2	5,9	90,04	37,46	0,13	6,7	115	38,2	0,22
3	7,3	121,31	50,66	0,20	7,1	141	52	0,30
4	6,6	150,09	62,99	0,22	5,0	130	52	0,18
5	6,4	135,47	55,25	0,19	7,3	156	66	0,23
6	6,4	105,17	46,81	0,23	6,4	132	46	0,26
7	6,3	103,45	44,33	0,24	6,0	116	41	0,30
8	7	159,71	61,1	0,28	6,6	157	55	0,34
9	7,3	90,93	36,27	0,23	7,2	178	62	0,33
10	7,4	92,64	39,51	0,21	5,8	135	50	0,29
11	6,3	144,42	57,72	0,28	7,1	157	59	0,38
12	6,2	165,55	61,71	0,34	5,8	148	59	0,39
13	7,2	156,75	56,55	0,30	6,2	139	51	0,27
14	6,4	99,63	48,71	0,22	6,3	131	57	0,47
15	7,2	84,05	47,64	0,22	5,6	128	64	0,34
16	7,1	145,43	61,52	0,27	7,3	107	39,1	0,20
17	6,3	139,08	51,51	0,21	7,3	137	52	0,33
18	6,1	80,1	40,26	0,21	6,1	108	56	0,35
19	5,7	99,79	49,71	0,27	5,6	116	52	0,33
20	6,1	109,74	44,46	0,26	6,3	128	52	0,31
21	6,5	96,91	45,03	0,31	6,4	97	41,9	0,25
22	5,8	93,41	40,7	0,15	5,6	109	53	0,24
23	5,7	99,84	40,42	0,17	6,3	108	41	0,26
24	5,9	120,28	48,31	0,18	6,2	107	44	0,23
25	6,1	105,65	43,96	0,20	6,0	93	45	0,29
26	6,2	133,22	49,98	0,21	6,3	123	53	0,30
27	6,1	145,44	57,35	0,25	5,5	125	53	0,24
28	5,3	129,55	50,11	0,20	4,4	181	79	0,26
29	5,9	165,71	80,07	0,25	6,1	123	57	0,24
30	6,4	118,27	44,78	0,20	7,3	120	52	0,26
31	6,3	151,17	65,82	0,27	6,2	124	54	0,29
32	6,8	187,24	76,77	0,33	7,2	144	60	0,31
33	6,1	141,62	55,03	0,22	6,3	113	51	0,21
34	7,3	184,62	65,23	0,22	6,2	163	67	0,32
35	5,8	149,59	55,23	0,22	6,0	140	55	0,21
36	5,6	118,92	46,72	0,21	6,4	168	70	0,25

37	6,2	166	58,7	0,18	7,1	134	56	0,21
38	7,5	141,98	52,64	0,38	6,7	86	45	0,60
39	7,4	128,11	46,38	0,18	6,2	112	51	0,29
40	5,9	97,1	35,94	0,24	6,7	86	45	0,6

W przeprowadzonych analizach gleb nie stwierdzono różnic w zawartości metali ciężkich pomiędzy poszczególnymi latami badań. Wskazuje to, iż obecne emisje pyłów metalonośnych pochodzące z zakładu nie wpływają na zmianę zawartości Cu, Pb i Cd w warstwie ornej badanych gleb. Radykalnie obniżone zostały także emisje gazowe, które w znacznym stopniu wpływają na zmianę pH gleb na tym obszarze.

WNIOSKI

- Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że zawartość analizowanych metali ciężkich w glebach jest wynikiem znacznej akumulacji tych pierwiastków pochodzących z okresu wzmożonej emisji zakładu. Przeprowadzone badania zawartość metali ciężkich w glebach stanowią miarodajną wielkość wyznaczającą poziom antropopresji tego rejonu.
- Na zawartość badanych pierwiastków w poszczególnych glebach istotny wpływ mają czynniki klimatyczne (dominujące na tym obszarze wiatry) oraz rodzaj użytkowania terenu. Większe wartości badanych metali ciężkich wykazują gleby położone na prawobrzeżnej stronie rzeki Odry.
- Głównymi pierwiastkami powodującymi największe zanieczyszczenie gleb w środowisku rolniczym sąsiadującym z Hutą Miedzi GŁOGÓW są miedź i ołów.
- Przeprowadzone badania wykazały duże zróżnicowanie wartości pH w obrębie badanych próbek. Większość z nich wykazała odczyn kwaśny, lekko kwaśny i obojętny, co związane jest z zaprzestaniem finansowania zakupu wapna przez Hutę od 2000 roku oraz wzrastającymi cenami wapna nawozowego.

LITERATURA

1. BARAN S. TURSKI R., 1996. Degradacja, ochrona i rekultywacja gleb. Wyd. AR w Lublinie, Lublin.
2. CZECH T, BARAN A., WIECZOREK J., 2014. Zawartość metali ciężkich w glebach i roślinach z terenu Gminy Borzęcin (Województwo Małopolskie). Inżynieria Ekologiczna nr 34, 89-98.
3. CUSKE M, MARCINKIEWICZ M, SZOPKA K, KARCZEWSKA A,

- PORA E., 2013. Oddziaływanie Huty Cynku Oława na środowisko glebowe terenów przyległych, w świetle całkowitej zawartości metali ciężkich w poziomach powierzchniowych gleb miasta Oława, Zeszyty Naukowe nr 149, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra.
4. KABATA-PENDIAS A, PENDIAS H., 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
 5. KWIATKOWSKA J., 2007. Ocena możliwości wykorzystania węgla brunatnego jako efektywnego źródła materii organicznej w gruntach przekształconych antropogenicznie. Inżynieria i Ochrona Środowiska, Politechnika Warszawska, t. 10 nr 1, 71-85.
 6. MOCEK A, MOCEK-PLÓCINIĄK A., 2010. Ksenobiotyki w środowisku glebowym Polski. Nauka Przyroda Technologia, tom 4, zeszyt 6, Poznań.
 7. ROSADA J., 2007. Ekologiczne aspekty wykorzystania obszarów objętych oddziaływaniem emisji hut miedzi do upraw rolniczych. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 47 (1): 119-127.
 8. ROSADA J., 2008. Stan środowiska rolniczego w rejonie oddziaływania emisji Huty Miedzi „GŁOGÓW”. Rozprawy Naukowe Instytutu Ochrony Roślin Państwowego Instytutu Badawczego, Zeszyt 19, Poznań.
 9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleb oraz standardów jakości ziem, Dz.U. Nr 165, Poz.1359.
 10. SIEBIELEC G. (kier.), 2012. Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010-2012. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy w Puławach, Puławy.

ASSESSMENT OF SOILS' POLLUTION LEVEL ON PERIPHERIES OF THE FORMER PROTECTIVE ZONE OF THE COPPER SMELTER "GŁOGÓW"

S u m m a r y

The environmental friendly activities carried on for many years by the Copper Smelter GŁOGÓW contributed to a significant reduction of the majority of negative effects of factory's influence on the environment. A modernization of the copper production technology and introduction of effective purification systems led to a substantial improvement of the agrocenoses surrounding the Smelter. A considerable reduction in the dust emissions lowered the heavy metals' pollutions to the environment. The emission of SO₂ to the atmosphere was nearly completely eliminated. For this reason the level of soil acidification was considerably reduced. Therefore, on December 31, 2005 the Environment Minister decided to completely eliminate the protective zone surrounding the Copper Smelter

GŁOGÓW. Despite of the observed environment improvement in the investigated area, there is a need of their constant and consistent monitoring. It mainly relates to soils, with a large amount of heavy metals accumulated in the early years of factory's operation, mostly Cu and Pb. Those xenobiotics have been bioaccumulated in soils.

Key words: heavy metals, Copper Smelter GŁOGÓW, environment, soil

MONIKA SUCHOWSKA-KISIELEWICZ*

**PRODUKCJI BIEWODURU Z ODPADÓW
W WARUNKACH FERMENTACJI**

Streszczenie

Aktualnie zauważalny jest dynamiczny wzrost wykorzystywania wodoru na świecie wynoszący około 12% rocznie. Przewiduje się, że do 2025 roku wzrośnie on o około 8-10%. Wykorzystywane obecnie metody produkcji wodoru są bardzo energochłonne. W artykule przedstawiono aktualny stan wiedzy w zakresie efektywności, wyzwań i perspektyw produkcji wodoru z odpadów w warunkach ciemnej fermentacji.

Słowa kluczowe: biowodór, wstępne przetwarzanie odpadów, fermentacja

WPROWADZENIE

Kryzys energetyczny, postępująca degradacja środowiska oraz wyczerpywanie naturalnych źródeł energii przyczyniły się do wyznaczenia nowych kierunków działań w sektorze energetycznym. Odzwierciedleniem tego są stawiane przez Unię Europejską wymagania dotyczące poprawy warunków energetycznych w krajach członkowskich [Polityka energetyczna Polski do 2030, 2009]. Głównym celem działań wytyczonych przez UE jest zmniejszenie emisji CO₂ i wykorzystywania paliw kopalnianych oraz zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego krajów. W ramach tych założeń Unia Europejska zobowiązała kraje członkowskie do:

- zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych o 20% w stosunku do roku 1990,
- zmniejszenia zużycia energii o 20% w porównaniu z prognozą dla UE na 2020 r.,
- zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii do 20% całkowitego zużycia energii w UE, w tym zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE) w transporcie do 10%.

W Polsce i Europie biomasa stanowi jedno z najważniejszych źródeł OZE. Według definicji Unii Europejskiej, biomasa oznacza podatne na rozkład biolo-

* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska

giczny frakcje produktów, odpady i pozostałości przemysłu rolnego (łącznie z substancjami roślinnymi i zwierzęcymi), leśnictwa i związanych z nim gałęzi gospodarki, jak również podatne na rozkład biologiczny frakcje odpadów przemysłowych i miejskich [Dyrektywa 2001/77/WE, Gua i in. 2010].

Wykorzystywanie odpadów jako źródła energii odnawialnej umożliwia zarówno wypełnienie zobowiązań Polski dotyczących poprawy warunków energetycznych kraju oraz zmniejszenia ilości odpadów biodegradowalnych odprowadzanych na składowisko [Dyrektywa 1999/31/WE, Ustawa o odpadach 21 kwietnia 2001 z późn.zm.]. Pozyskiwanie energii z odpadów zmniejsza wykorzystywanie energetyczne biomasy pochodzącej z sektora rolniczego i leśnego, która wzbudza kontrowersje związane z obawami zachwiania różnorodności biologicznej oraz negatywnego wpływu na sektor żywnościowy.

Szczególnie atrakcyjnym źródłem energii pochodzącej z odpadów jest wodor. Wodor może być wykorzystywany zarówno jako paliwo do silników spalinyowych oraz po oczyszczeniu do produkcji energii w ogniwach paliwowych. Zainteresowanie wodorem wynika z wysokiej energii jego spalania na jednostkę masy oraz z braku ubocznych produktów jego użytkowania (produktem spalania wodoru jest woda) [Suchowska-Kisielewicz i in. 2010]. Wartość opałowa wodoru wynosi 120 MJ/kg, podczas gdy dla metanu, bioetanolu i estru masłowego kwasów tłuszczowych 55,5; 26,7 i 37,7 MJ/kg, odpowiednio.

PRODUKCJA BIOWODORU

Aktualnie zauważalny jest dynamiczny wzrost wykorzystywania wodoru na świecie wynoszący około 12% rocznie. Przewiduje się, że do 2025 roku udział wodoru w całkowitej produkcji energii będzie wynosił około 8-10% [Pandu i Joseph 2012].

Wykorzystywane obecnie metody produkcji wodoru oparte o elektrolizę wody i termokatalizę związków bogatych w wodor są bardzo energochłonne [Mathews i Wang 2009]. Konwencjonalna produkcja wodoru gazowego wymaga stosowania wysokich temperatur przekraczających nawet 840°C. Produkcja wodoru w wyniku elektrolizy wody wymaga dużego udziału prądu stanowiącego około 80% całkowitych kosztów produkcji. Opłacalność elektrolizy wody uzależniona jest więc od cen prądu występujących w danej lokalizacji inwestycji [Pandu i Joseph 2012].

Produkcja wodoru na drodze biologicznej jest procesem znacznie mniej energo- i kosztochłonnym [Suchowska-Kisielewicz i in. 2010].

Spośród wielu metod produkcji biowodoru na drodze biologicznej (biofotoliza wody przy wykorzystaniu alg i cyjanobakterii, fotofermentacja substratów organicznych przez fotosyntezujące bakterie, ciemna fermentacja materii organicznej) najbardziej praktyczną metodą jest ciemna fermentacja. Wnika to mię-

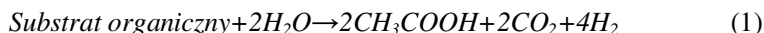
dzy innymi z faktu, że nie wymaga ona zewnętrznego źródła energii oraz światła [Yasin i in., 2013, Elbeshbishy i in., 2011b, Hallenback i Ghosh 2009].

Do produkcji biowodoru w warunkach fermentacji mogą być wykorzystywane zarówno ścieki komunalne, przemysłowe oraz odpady. Odpady organiczne uważane są za jedne z lepszych substratów do produkcji biowodoru z powodu ich niskich cen oraz względnie prostych zabiegów eksploatacyjnych wymaganych w trakcie prowadzenia procesu ich fermentacji.

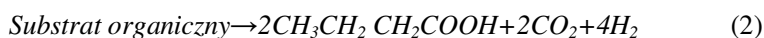
Podczas przebiegu procesu fermentacji jednocześnie przebiegają biochemiczne procesy wytwarzania i zużywania wodoru.

Beztlenowy proces konwersji substratu organicznego do wodoru odbywa się zgodnie z reakcjami przedstawionymi poniżej. Wyróżniamy dwa szlaki metaboliczne produkcji wodoru [Singhal i Singh 2014]:

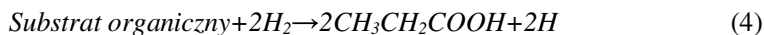
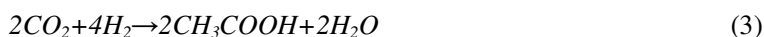
Szlak octanowy



Szlak masłowy



Konsumpcja wodoru przy współdziale różnych grup mikroorganizmów przebiega zgodnie z równaniami (3) i (4):



Mikroorganizmy beztlenowe produkujące wodór z substratów organicznych, głównie węglowodanów, należą do rodziny *Streptococcaceae*, *Sporolactobacillaceae*, *Lachnospiraceae*, *Thermoanaerobacteriaceae*, *Clostridiaceae*.

Wielkość produkcji biowodoru zależy od wielu czynników. Duży wpływ mają parametry technologiczne, do których zaliczmy: rodzaj substratu, rodzaj mikroorganizmów biorących udział w procesie, wartość pH, stężenie LKT, temperatura, parcjalne ciśnienie wodoru, hydrauliczny czas zatrzymania, obciążenie komory ładunkiem organicznym, podatność substratu na rozkład biologiczny, iloraz C/N [Jędrzejewska-Cicińska i in. 2007].

Optymalny iloraz C/N powinien mieścić się w przedziale 20-21 [Kim i in. 2010].

Uzyskanie odpowiedniego poziomu udziału węgla organicznego do azotu jest istotne z punktu widzenia stymulacji aktywności metabolicznej bakterii produkujących biowodór [Nazlina i in., 2013, Kim i in. 2010]. W praktyce w celu

utrzymania pożądaney wartości ilorazu proces fermentacji prowadzi się z innymi ko-substratami. Często wykorzystywanym kosubstratem są osady ściekowe.

Ważnym czynnikiem limitującym wielkość produkcji biowodoru jest szybkość hydrolizy substratów. Uzależniona jest ona od podatności substratu na rozkład biologiczny oraz zawartości wilgoci w substracie. Zgodnie z badaniami Lay i in. (2003) szybkość hydrolizy węglowodanów jest około 20 razy większa niż tłuszczu czy białka.

EFEKTYWNOŚĆ PRODUKCJI BIOWODORU W WARUNKACH FERMENTACJI CIEMNEJ

W tabeli 1 przedstawiono wydajność produkcji biowodoru wyrażoną w $\text{molH}_2/\text{mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ prowadzoną w warunkach beztlenowych (w reaktorach nie przepływowych i nieprzepływowych) w różnych warunkach substratowych i mikrobiologicznych procesu (przy udziale pojedynczych czystych szczepów bakterii lub mieszanych konsorcjów).

Tab. 1. Porównanie efektywności produkcji biowodoru dla różnych warunków prowadzenia procesu [Pandu and Joseph, 2012]

Tab.1 Comparison of biohydrogen production efficiency for different process conditions [Pandu and Joseph, 2012]

Rodzaj Procesu Type of process	Kultura Culture	Substrat Substrate	Wydajność Yield molH_2/mol $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
NP	Beztlenowy osad przefermentowany Anaerobic digester sludge	Glukoza Glucose	2,18
P	Kultura mieszana Mixed culture	Glukoza Glucose	2,10
NP	<i>Bacillus coagulans</i>	Glukoza Glucose	2,28
NP	<i>Clostridia sp</i>	Glukoza Glucose	1,70
NP	Kultura mieszana Mixed culture	Glukoza Glucose	2,10
P	Osad czynny i przefermentowany Activated sludge and digested sludge	Glukoza Glucose	1,16

* NP-reaktor nie przepływowy, Batch reactor, P – reaktor przepływowy, Continuous reactor

Analizując dane przedstawione w tabeli 1 można stwierdzić, że jednostkowa produkcja biowodoru prowadzona w różnych warunkach mikrobiologicznych

waha się w wąskim zakresie 1,16-2,18 molH₂/mol C₆H₁₂O₆. W praktyce zaleca się produkcję biowodoru przy wykorzystaniu mieszanych kultur bakterii. Związane jest to przede wszystkim z mniejszymi wymaganiami operacyjnymi prowadzenia procesu, mniejszym zakresem kontroli procesu oraz szerszym spektrum rozkładanych substratów [Elbeshbishy i in. 2011a].

Produkcja biowodoru w reaktorach z mieszanymi kulturami bakterii wymaga jednak eliminacji z inokulum kultur bakterii konsumujących wodór (mikroorganizmy metanogenne i homoacetogenne) [Li i Fang 2007].

Jest to możliwe dzięki zastosowaniu metod wstępnego przetwarzania inokulum, co prowadzi do zmniejszenia aktywności tych bakterii przy jednoczesnym zachowaniu funkcji bakterii produkujących wodór tj. *Clostridium* i *Enterobacter*. Jak wykazali Kim i in. [2009], można uniknąć negatywnego wpływu bakterii konsumujących wodór nie stosując inokulum. W badaniach autorzy uzyskali wysoką produkcję biowodoru z odpadów organicznych po wstępnej termicznej dezintegracji. Również Elbeshbishy i in. [2011a, 2011b] wykazali wysoką efektywność produkcji biowowodru bez zastosowania inokulom.

Do powszechnie stosowanych metod wstępnego przetwarzania zaliczamy: wstępne przetwarzanie mechaniczne, procesy dezintegracji: ultradźwiękowej, chemicznej, termicznej i termo-chemicznej [Elbeshbishy i in. 2011b] oraz przetwarzanie enzymatyczne i tlenowe [Mshandete i in. 2008, Charles i in. 2009].

W literaturze jest wiele informacji na temat wpływu różnych metod wstępnego przetwarzania substratów na intensyfikację produkcji biogazu [Nah i in. 2000, Lin i in. 1997, Bougrier i in. 2008]. Badań na temat wpływu tych metod na efektywność produkcji biowodoru w różnych układach technologicznych jest niewiele.

Efektywność różnych metod wstępnego przetwarzania substratów i inokulum na produkcję biowodoru zależy między innymi od rodzaju przetwarzanego substratu, zastosowanych kultur bakterii oraz konfiguracji technologicznej procesu.

WSTĘPNE PRZETWARZANIE SUBSTRATU

Spośród wielu przebadanych metod wstępnego przetwarzania dezintegracja chemiczna jest metodą najczęściej wskazywaną jako technologia najbardziej efektywna. Sprawność jej wzrasta przy połączeniu z innymi metodami dezintegracji. Elbeshbishy i in. [2011b] wykazali, że efektywność produkcji biowodoru po zastosowaniu wstępnego przetworzenia za pomocą kwaśnej dezintegracji i ultrasonifikacji wzrosła o 62% w stosunku do odpadu nieprzetworzonego i była wyższa o 38% i 52% niż po oddzielnie prowadzonych procesach: ultrasonifikacji i dezintegracji kwaśnej, odpowiednio.

W tabeli 2 zestawiono efektywność produkcji biowodoru przy wykorzystaniu

różnych technik wstępnego przetwarzania substratów [Pandu i Joseph 2012].

Tab. 2. Porównanie wielkości produkcji biowodoru w różnych warunków wstępnego przetwarzania substratu [Pandu i Joseph, 2012]

Tab.2 Comparison of biohydrogen yield by different pretreatment methods [Pandu and Joseph, 2012]

Inokulum Inoculum	Substrat Substrate	Metoda Method	Q_{H_2}	Optymalna metoda Optimal method
osad beztlenowy, anaerobi sludge	morskie kultury, bakterii sea water culture	K, Z, T	1,2 ¹⁾	T
przetworzone odpady mleczarskie, dairy manure wastes	przetworzone odpady mleczarskie, dairy ma- nure wastes	K, Z, PCZ	32 ²⁾	K
osad przefermentowany, digested sludge	glukoza, glucose	K, T, O	1,8 ³⁾	T
obornik, cattle manure sludge	glukoza, glucose	K, T, ZiR	1,0 ³⁾	K
<i>Clostridium biferm- tans</i>	osady ściekowe, wastewater sludge	ZiR, So, K, SiI	2,1 ⁴⁾	ZiR
<i>Clostridium biferm- tans</i>	osady ściekowe, waste- water sludge	ZiR, So, KiS	4,1 ⁵⁾	ZiR
<i>Pseudomonas sp.</i>	Odpady, waste	S, So, M	15 ⁶⁾	S
mieszane kultury beztlenowe, anaerobic mixed microflora	glukoza, glucose	T, Z, K	1,4 ⁷⁾	T

Q_{H_2} -jednostkowa produkcja wodoru, ¹⁾ molH₂/ mol sucrose, ²⁾ mlH₂ g/ TVS, ³⁾ molH₂/mol C₆H₁₂O₆, ⁴⁾ mmol H₂/gCOD, ⁵⁾ g/kgsm, ⁶⁾ ml/gTCOD, ⁷⁾ L

K – kwaśna, acide, Z – zasadowa, alkali, T-termiczna, heat-shock, PCZ- promieniowanie podczerwieni, infrared radiation, O-tlenowe, aeration, ZiR – zamrażanie i rozmrażanie, freezing and thawing, SiR – sterylizacja i inhibicja metanogenezy, sterilization and methanogenic inhibitor, So – sonifikacja, sonification, KiS – zakwaszanie i sterylizacja, acidification and sterylization. M – mikrofale, microwave

Analizując dane przedstawione w tabeli 2 można stwierdzić, że zróżnicowany udział węglowodanów, tłuszczu, białka, celulozy i hemicelulozy zawartych w substratach skutkuje dużym zróżnicowaniem efektywności poszczególnych metod dezintegracji. Duży wpływ ma również rodzaj zastosowanego inokulum (tab. 2).

Potwierdzają to badania Fang i in. [2006], którzy uzyskali wysoką produkcję jednostkową biowodoru z ryżu (na poziomie 2,79 mmol H₂/l) podczas gdy Lee

i in. (2008) osiągnęli produkcję wodoru na poziomie 18,4 mmol H₂/ld z substratu teoretycznie trudnopoddatnego na rozkład biologiczny tj. z odpadów kuchenny bogatych w tłuszcze, białka i celulozę (Nazilia i in., 2013).

W celu optymalizacji procesu dezintegracji substratów odpadowych należy prowadzić badania w kierunku rozpoznania biochemicznych podstaw procesu i określenia ekonomicznie uzasadnionych rozwiązań.

OPTIMALIZACJA PROCESU

Istotnym aspektem związanym ze zwiększeniem opłacalności produkcji biowodoru jest ustalenie odpowiednich rozwiązań technicznych i technologicznych fermentacji pozwalających na osiągnięcie pożądanej efektywności [Pandu and Joseph 2012, Hallenback and Gosh 2009]. Należy jednak pamiętać, że zastosowanie nawet najbardziej optymalnych rozwiązań nie zmieni ograniczeń metabolicznych mikroorganizmów warunkujących molową wydajność produkcji wodoru, która w przypadku *Enterobacteraceae* wynosi 2 mol H₂/mol glukozy, a mikroorganizmów *Clostridia* – 4 mole H₂/mol glukozy. Produkcja biowodoru w warunkach technicznych wymaga molowej wydajności wodoru zbliżonej do stechiometrycznej wynosi około 12 moli H₂/mol glukozy.

Tak wysoką wydajność można uzyskać stosując dwustopniowy proces produkcji biowodoru. W pierwszym stopniu biowodór produkowany jest w warunkach beztlenowych, a w drugim na drodze zgazowania pozostałych nierozłożonych organicznych produktów pośrednich [Hallenback and Gosh 2009].

Inną metodą, która istotnie zwiększa opłacalność procesu produkcji biowodoru jest dwustopniowy proces wodorowo-metanowy.

Do zalet dwustopniowej wodorowo-metanowej fermentacji zaliczamy wysoki poziom rozpuszczania substratów organicznych zawartych w odpadach oraz wysoką tolerancję na duże obciążenia ładunkiem organicznym reaktorów. Zgodnie z badaniami Uneo i in. [2007], produkcja biowodoru i metanu z odpadów kuchennych uzyskana z bioreaktora wodorowo-metanowego wyniosła 5,4 i 6,1 m³/m³/d, odpowiednio, przy jednoczesnej całkowitej redukcji ChZT na poziomie 80%.

Wyzwania i perspektywy w produkcji biowodoru

Komercyjne stosowanie produkcji biowodoru wymaga udoskonalenia w kierunku zwiększenia wydajności oraz szybkości produkcji [Hallenback i Ghosh 2009]. Niska produkcja biowodoru na poziomie 1-2 molH₂/molC₆H₁₂O₆ związana jest przede wszystkim z wolną konwersją substratu organicznego w wodór. Nawet w optymalnych warunkach prowadzenia procesu fermentacji aż 60-70% substratu organicznego pozostaje nie w pełni rozłożona [Pandu i Joseph 2012].

Limitującym czynnikiem produkcji biowodoru jest szybkość hydrolizy poszczególnych składników organicznych odpadów, którą można stymulować dzięki stosowaniu technik wstępnego przetwarzania substratów oraz wrażliwość na obecność tlenu i wysokiego ciśnienia parcjalego wodoru hydrogenaz – enzymów wykorzystywanych przez bakterie produkujące biowodór.

Do istotnych wyzwań związanych z optymalizacją i komercjalizacją procesu produkcji biowodoru z odpadów w warunkach fermentacji zaliczane są:

- wzrost wiedzy w zakresie metabolizmu bakterii produkujących wodór i granicznych poziomów parcjalego ciśnienia wodoru dla tych bakterii
- rozwój nowych technologii produkcji biowodoru łączących tradycyjne techniki z innymi umożliwiającymi zwiększenie opłacalności procesu.

LITERATURA

1. POLITYKA ENERGETYCZNA POLSKI DO 2030 ROKU, Warszawa 10 listopada, 2009.
2. DYREKTYWA 2001/77/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY Z DNIA 27 WRZEŚNIA 2001 ROKU w sprawie wspierania produkcji na rynku wewnętrznym energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych.
3. GUO X. M., TRABLY E., LATRILLE E., H. C., STEYER J. P.; 2010. Hydrogen production from agricultural waste by dark fermentation: A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35: 10660-10673.
4. DYREKTYWA RADY 1999/31/WE Z DNIA 26 KWIETNIA 1999 ROKU w sprawie składowania odpadów.
5. USTAWA O ODPADACH 21 KWIETNIA 2001 z póź.zm.
6. SUCHOWSKA-KISIELEWICZ M., MYSZOGRAJ S.; 2011. Produkcja biowodoru w procesach biologicznych. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego. Inżynieria Środowiska*, Nr 144, 18-25.
7. PANDU K., JOSEPH S.; 2012. Comparison and limitations of biohydrogen production processes, *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, Nr 2, 342-356.

8. MATHEWS J., WANG G.; 2009. Metabolic pathway engineering for enhanced biohydrogen production, *International Journal of Hydrogen*, Nr 34, 7404-7416.
9. JĘDRZEJEWSKA-CICIŃSKA M., KOZAK K., KRZEMIENIEWSKI M., 2007. Innowacyjna technologia konwersji biodegradowalnych odpadów z przemysłu mleczarskiego (serwatka) do wysokoenergetycznych paliw gazowych (wodór, metan), *Energetyka i Ekologia*, Nr 4, 296-299.
10. YASIN N.H.M., MUMTAZ T., HASSAN M.A.N, RAHMAN A.A.; 2013. Food waste and food processing waste for biohydrogen production: A review *Journal of Environmental Management*, Nr 130, 375-385.
11. ELBESHBISHY E., HAFEZ H., DHAR B., R., NAKHLA G.; 2011b. Single and combined effect of various pretreatment methods for biohydrogen production from food waste, *International Journal of Hydrogen Energy*, Nr 36, 11379-11387.
12. HALLENBACK P.C., GOSH D.; 2009. Advances in fermentative biohydrogen production: the way forward?, *Trends in Biotechnology*, ss. 287-297.
13. SINGHAL Y., SINGH R.; 2014. Effect of microwave pretreatment of mixed culture on biohydrogen production from waste of sweetproduced from *Benincasa hispida*, *International Journal of Hydrogen Energy*, Nr 39, 7534-7540.
14. KIM, D.H., KIM, S.H., KIM, K.Y., SHIN, H.S.; 2010. Experience of a pilot-scale hydrogenproducing anaerobic sequencing batch reactor (ASBR) treating food waste, *International Journal of Hydrogen Energy*, Nr 35, 1590-1594.
15. NAZLINA H., M., Y., TABASSUM M., MOHD A., H, NOR A., A., R., 2013. Food waste and food processing waste for biohydrogen production, *Journal of Environmental Management*, Nr 130, 375-385.
16. LAY, J.J., FAN, K.S., CHANG, J., KU, C.H., 2003. Influence of chemical nature of organic wastes on their conversion to hydrogen by heat-shock digested sludge, *International Journal of Hydrogen Energy*, Nr 28, 1361-1367.
17. ELBESHBISHY, E., HAFEZ, H., NAKHLA, G.; 2011a. Ultrasonication for biohydrogen production from food waste, *International Journal of Hydrogen Energy*, Nr 36, 2896-2903.
18. LI C.L., FANG H.H.P.; 2007. Fermentative hydrogen production from wastewater and solid wastes by mixed cultures. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Nr 37, 1-39.
19. MSHANDETE A., M., BJÖRNSSON L., KIVAISI A., K., RUBINDA-MAYUGI M.S.T., MATTIASSON B.; 2008. Effect of aerobic pretreatment on production of hydrolases and volatile fatty acids during an-

- aerobic digestion of solid sisal leaf decortications residues. African Journal of Biochemistry Research, NR 5, 111-119.
20. CHARLES, W. , WALKER, LEE AND CORD-RUWISCH, R.; 2009. Effect of pre-aeration and inoculum on the start-up of batch thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste, Bioresource Technology, NR 100, 2329-2335.
 21. NAH I.W., KANG Y.W., HWANG K.Y., SONG W.K.; 2000. Mechanical pretreatment of waste activated sludge for anaerobic digestion process, Water Research, NR 34, 2362-2368.
 22. LIN J.G., CHANG C.N., CHANG S.C., 1997. Enhancement of anaerobic digestion of waste activated sludge by alkaline solubilization, Bioresoure Technology, Nr 62, 85-90.
 23. BOUGRIER C, DELGENES JP, CARRERE H.; 2008. Effects of thermal treatments on five different waste activated sludge samples solubilisation, physical properties and anaerobic digestion, Chemical Engineering Journal, NR 139, 236-244.
 24. FANG, H.H.P., LI, C., ZHANG, T.; 2006. Acidophilic biohydrogen production from rice slurry. International Journal of Hydrogen Energy, NR 31, 683-692.
 25. LEE, Z., LI, S., LIN, J., WANG, Y., KUO, P., CHENG, S.S.; 2008. Effect of pH in fermentation of vegetable kitchen wastes on hydrogen production under a thermophilic condition, International Journal of Hydrogen Energy, NR 33, 5234 - 5241.
 26. UNEO, Y., FUCUI, H., GOTO, M.; 2007. Operation of a two-stage fermentation process producing hydrogen and methane from organic waste. Environmental Science and Technolgy NR 41, 1413-1419.

HYDROGEN PRODUCTION CONDITION FROM WASTE BY DARK FERMENTATION

S u m m a r y

Currently, there is a noticeable dynamic increase in the use of hydrogen in the world amounting around 12% per year. It is expected that by 2025 it will increase by about 8-10%. Currently used methods of hydrogen production are very energy intensive. The article presents the current state of knowledge regarding the effectiveness, challenges and perspectives of hydrogen production from waste in conditions of dark fermentation.

Key words: biohydrogen, pre-treatment of waste, fermentation

MARTA PRZEWOCKA

WAPNOWANIE JAKO METODA IMMOBILIZACJI METALI CIĘŻKICH W GLEBACH

Streszczenie

W pracy omówiono zagadnienia dotyczące przyczyn i skutków zakwaszenia gleb w środowisku rolniczym Huty Miedzi GŁOGÓW, a także podjęto próbę oceny analizy ryzyka w oparciu o biodostępność metali ciężkich w różnych warunkach pH. Przeprowadzone badania wykazały, iż zakwaszenie gleb występujących w najbliższym sąsiedztwie zakładu uznaje się za jeden z głównych czynników wpływających na wzrost mobilności metali ciężkich. Poprawa jakości gleb oraz konieczność uzyskiwania wysokiej produkcji rolnej wymaga zabiegów odkwaszania. Z tego względu stosowanie nawozów wapnujących jest nie tylko skuteczną metodą rekultywacji gleb, ale także czynnikiem zapewniającym równowagę ekosystemów rolniczych tego rejonu.

Słowa kluczowe: wapnowanie gleb, rekultywacja gleb, metale ciężkie, Huta Miedzi GŁOGÓW

WSTĘP

Jedną z podstawowych właściwości fizykochemicznych gleby jest jej odczyn (pH) decydujący o urodzajności, walorach użytkowych oraz przebiegu procesów chemicznych i biochemicznych. Odczyn gleb pełni funkcję ekologiczną i fitosanitarną, a także odpowiada za właściwe pobieranie składników pokarmowych przez rośliny.

Wzrost zakwaszenia gleb wpływa na przyspieszenie wielu procesów, które powodują uwalnianie z kompleksu sorpcyjnego do roztworu glebowego składników takich jak glin i mangan, szkodliwych szczególnie dla roślin. Wpływa również na zubożenie gleb w jony zasadowe. Zakwaszenie wiąże się z mobilizacją i immobilizacją metali ciężkich. Odczyn gleby jest jednym z czynników decydujących o tym, w jakiej formie oraz dostępności dla roślin metale ciężkie występują w środowisku [Kabata-Pendias i Pendias 1999].

W glebach bardzo kwaśnych i kwaśnych następuje zwiększenie dostępności, w roztworze glebowym, ruchomych form metali ciężkich. Związane jest to ze wzrostem rozpuszczalności chemicznych połączeń tych pierwiastków oraz zmniejszeniem ich absorpcji na koloidach glebowych przy niskim odczynie gleby [Sady i Smoleń 2004]. Gleby o odczynie bardzo kwaśnym i kwaśnym zalicza się obecnie do gleb chemicznie zdegradowanych, w których zamiera życie biologiczne, giną pożyteczne bakterie i drobnoustroje, a ich miejsce zajmują grzyby [Karczewska i Kabała 2010].

Od wielu lat w Polsce udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych stanowi ponad 50% powierzchni użytków rolnych. Na obszarach uprzemysłowionych zakwaszone gleby stanowią nawet ponad 80% powierzchni. W Polsce warunki do produkcji rolnej są o wiele gorsze w porównaniu z innymi krajami europejskimi. Decydują o tym lekkie w przewodzie gleby, o małej naturalnej żyzności oraz niewystarczające opady i stosunkowo krótki okres wegetacyjny. Udział gleb bardzo lekkich i lekkich pochodzenia polodowcowego stanowi 60% w stosunku do około 30% w krajach Unii Europejskiej [Lipiński 2005].

Zakwaszenie gleb w Polsce jest więc często zjawiskiem naturalnym, jednak w ostatnich latach proces ten uległ znacznemu przyspieszeniu na skutek działania czynników antropogenicznych [Filipek i in. 2006].

Obecnie dobrze poznaną i skuteczną pod względem naukowym i praktycznym metodą zmiany pH gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych jest stosowanie nawozów wapnujących [Kamionka 2010]. Jednak w ostatnich latach z informacji IUNG wynika, że zużycie nawozów wapniowych drastycznie zmalało, głównie po zniesieniu dotacji w 2004 roku. Aktualnie zużycie stanowi 30% ilości wapna stosowanego w końcu lat 90-tych. Dawki wapna wynoszą średnio 90 kg CaO/ha/rok i dalece odbiegają od faktycznych potrzeb. Dostarczana do gleb ilość wapna nie pokrywa nawet ubytków zachodzących na skutek stale przebiegających procesów naturalnych.

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU

Badania wykonywane były na terenach rolniczych sąsiadujących z Hutą Miedzi GŁOGÓW na lewo- i prawobrzeżnej stronie rzeki Odry. Obszar badawczy obejmował była strefę ochronną oraz tereny przyległe, zlokalizowane na pograniczu strefy, które w początkowych latach funkcjonowania zakładu uważane były za rejony klęski ekologicznej – rys. 1.

Ze względu na duże ilości emitowanych do atmosfery pyłów i gazów metalicznych w przeszłości huta przyczyniła się do znacznego zakwaszenia gleb znajdujących się w jej najbliższym otoczeniu. Emisje szkodliwych pyłów i gazów kilkakrotnie przekraczały dopuszczalne normy [Rosada i in. 2011].

Od momentu uruchomienia zakładu, aż do połowy lat osiemdziesiątych roczne emisje Cu i Pb ciągle wzrastały. W roku 1980 oba zakłady Huty Miedzi GŁOGÓW wyemitowały do atmosfery ok. 160 razy więcej miedzi oraz ok. 260 razy więcej ołowiu niż w późniejszych latach [Przewocka 2011]. Zawartość Cu i Pb w powierzchniowej warstwie gleby w tym okresie wynosiła $5000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Cu oraz $18400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Pb [Karczevska i Kabała 2010].

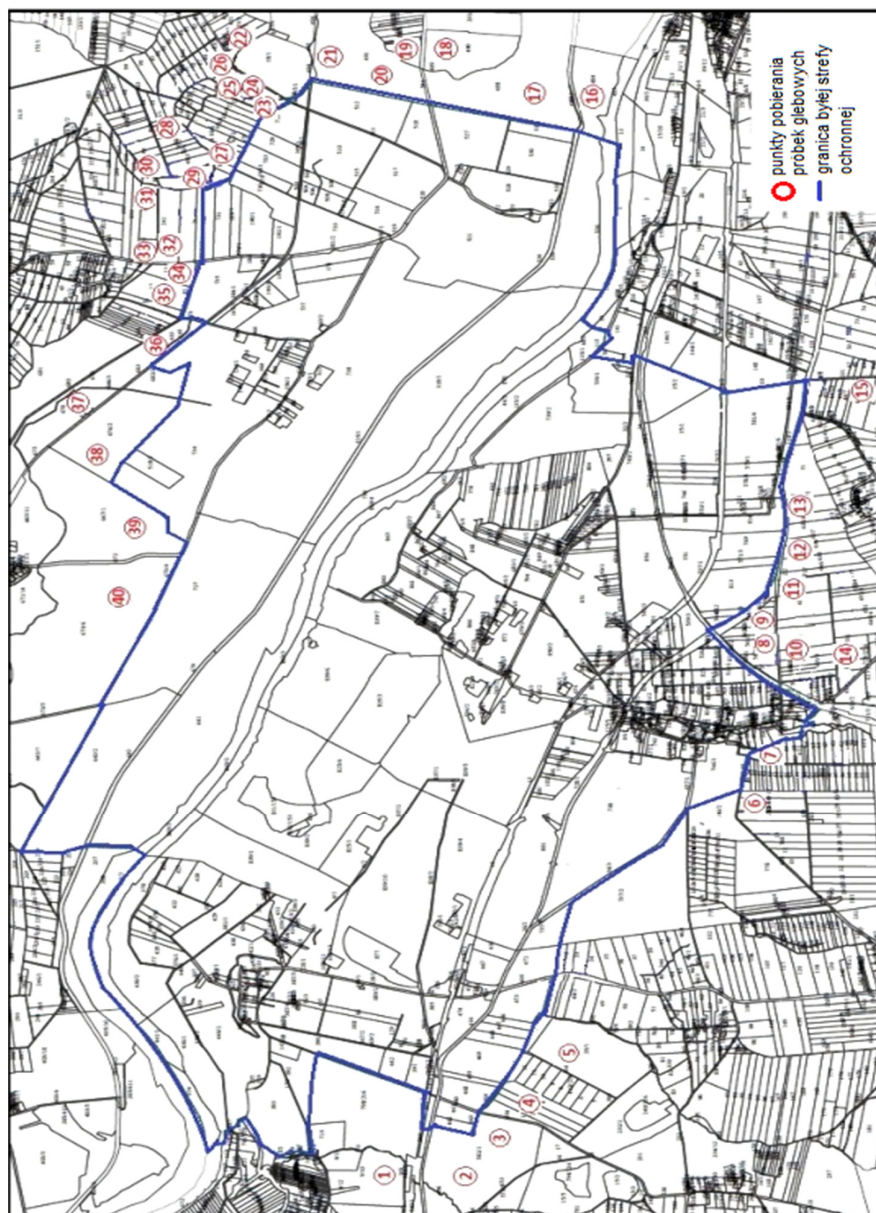
Radykalne ograniczenie emisji nastąpił dopiero w latach dziewięćdziesiątych, a w późniejszym okresie przeprowadzono także modernizację procesów technologicznych oraz zastosowano skuteczne instalacje oczyszczające. Jednak skutki istniejącego zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi odczuwalne są do dziś [Karczevska i Kabała 2010]. Metale ciężkie, które dostały się do gleby wraz z pyłami metalonośnymi uległy przeniesieniu i przekształceniu w formy odpowiednie dla właściwości danej gleby i rodzaju metalu [Rosada 2008].

Z tego względu od szeregu lat oprócz działań związanych z modernizacją technologii produkcji do planowanych działań zakładu należy również odkwaszanie gleb. Stosowanie wapna nawozowego na tych terenach jest najczęściej wykorzystywaną metodą rekultywacji gleb, na których zostały przekroczone standardy jakości gleb i ziem związane z zanieczyszczeniem metalami ciężkimi. W wyniku nieodpłatnie prowadzonych przez hutę akcji wapnowania gleb do roku 2000 większość terenów została odkwaszona.

Zabiegi mające na celu ograniczenie mobilności metali ciężkich prowadzone były przy zastosowaniu wapna dolomitowego zawierającego 40-50% $\text{CaO} + \text{MgO}$. Roczna dawka stabilizująca odczyn gleb (pH 6,8-7,2) wynosi ok. 1,5-2 Mg wapna dolomitowego na 1 ha gruntu [Rosada 2008].

METODYKA BADAŃ

Próbki gleb pobierano w latach 2012-2013 w okresie wiosennym z poziomu próchnicznego, ornego (0-30cm) stosując specjalistyczny świder mechaniczny. Łącznie do oznaczeń pH pobrano corocznie 40 próbek glebowych. Lokalizację punktów poboru gleb wyznaczano za pomocą GPS. Z każdego punktu pobierano 30 próbek pojedynczych, które po zmieszaniu traktowano jako próbkę średnią. Przed analizą próbki glebowe wysuszono w temperaturze pokojowej, następnie utarto w moździerzu i przesiano przez sito plastikowe o średnicy oczek 2 mm, w celu oddzielenia części szkieletowych od ziemistych. Po przesianiu każdą próbkę gleby dokładnie wymieszano, aby uzyskać wysoki stopień homogeniczności materiału. Odczyn (pH) badanych gleb oznaczono w 1-molowym KCl metodą potencjometryczną [Siebielec 2012].



Rys.1. Mapa lokalizacji poboru próbek glebowych
z rejonu Huty Miedzi GŁOGÓW

Fig. 1. Sampling location map of area surrounding Copper Smelter GŁOGÓW

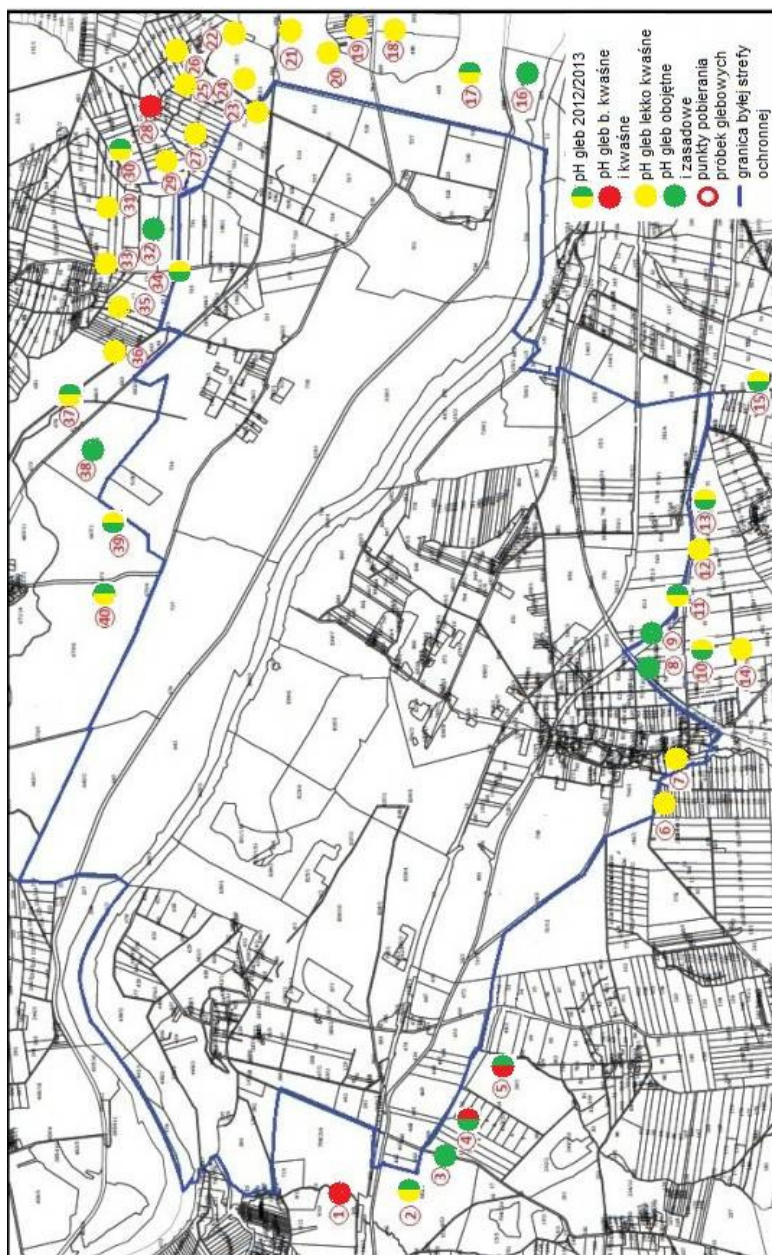
WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wartości pH badanych gleb pobranych na terenie sąsiadującym z Hutą Miedzi GŁOGÓW wraz z rodzajami upraw z poszczególnych pól przedstawiono w tabeli 1. W próbkach glebowych z poziomu 0-30 cm wartości pH wykazały duże zróżnicowanie. Wartości te wahały się pomiędzy 4,4 i 7,5. W roku 2012 wykazano, iż gleby o odczynie kwaśnym stanowiły 5%, lekko kwaśne 67,5%, obojętnym 15% i zasadowym 12,5%. Natomiast w roku 2013 pH gleb kształtowało się następująco: gleby o pH silnie kwaśnym 2,5%, kwaśnym 7,5%, lekko kwaśnym 55%, obojętnym 25% oraz zasadowym 10%.

Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczono mapę przedstawiającą podział badanego terenu na rejony o zmiennym potencjale immobilizacji metali ciężkich, za sprawą różnie ukształtowanego pH – rys. 2. Wyznaczenie rejonów o wysokim, średnim i niskim potencjale immobilizacji metali ciężkich w badanych glebach jest istotne ze względu na mobilność metali w określonych granicach pH. Najbardziej mobilnym i podatnym na rozpuszczanie metalem ciężkim jest kadm. Ulega uruchomieniu w glebie przy pH 6,5. Z kolei Cu, Pb i Zn ulegają mobilizacji przy znacznym zakwaszeniu. Cu i Pb ulegają uruchomieniu przy pH < 5,0 oraz posiadają dwa wysokie poziomy koncentracji w roztworze glebowym przy pH 5,2-6,5 i przy pH 7,5-7,8 [Sady i Smoleń 2004].

Jak wskazują wyniki pH w większości z badanych gleb występują warunki do zwiększenia mobilności Cu i Pb. Przy ocenie skali zagrożenia wynikającego z uwalniania metali ciężkich z kompleksu sorpcyjnego gleby, należy wziąć pod uwagę fakt, że badane tereny odznaczają się dużym zróżnicowaniem pod względem składu granulometrycznego. Zgodnie z Polską Normą PN-R-04033 gleby te zaliczane są do trzech grup pisków, glin i pyłów. Takie zróżnicowanie powoduje, iż na obszarze tym występują rejony, w których gleby o mniejszej pojemności sorpcyjnej i lżejszym składzie granulometrycznym wiążą metale ciężkie słabiej w glebie, natomiast w glebach o większej pojemności sorpcyjnej i cięższym składzie granulometrycznym wiązania te są trwalsze.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono dwa rejony podwyższonego ryzyka związanego z immobilizacją metali ciężkich w badanym środowisku. Rejon południowo – zachodni gdzie w punktach nr 1, 4, 5 stwierdzono gleby o odczynie bardzo kwaśnym oraz rejon północno-wschodni gdzie w znacznej ilości pobranych próbek dominowały gleby o odczynie lekko kwaśnym i w jednym punkcie numer 28 bardzo kwaśne. W rejonie południowym i północnym stwierdzono średnie i niskie ryzyko związane z immobilizacją metali ciężkich.



Rys. 1. Mapa rejonów o różnym ukształtowaniu odczynu pH gleb
 Fig. 1. Map of regions with different values of soils pH

Tab.1. Odczyn pH gleb w latach 2012 i 2013 z podziałem na rodzaje upraw
 Tab.1. The soils pH in 2012 and 2013 with division on types of crops

Nr próbki gleby	2012		2013	
	pH gleby w 1 M KCl	Rodzaj upraw	pH gleby w 1 M KCl	Rodzaj upraw
1	5,3	pszenica jara	5,3	pszenica jara
2	5,9	żyto	6,7	rzepak
3	7,3	pszenica jara	7,1	rzepak
4	6,6	pszenica jara	5	jęczmień ozimy
5	6,4	pszenica ozima	7,3	rzepak
6	6,4	jęczmień jary	6,4	pszenica jara
7	6,3	buraki	6	pszenica jara
8	7	buraki	6,6	pszenica jara
9	7,3	buraki	7,2	pszenica jara
10	7,4	jęczmień jary	5,8	pszenica jara
11	6,3	buraki	7,1	pszenica jara
12	6,2	pszenica jara	5,8	rzepak
13	7,2	buraki	6,2	pszenica jara
14	6,4	jęczmień ozimy	6,3	rzepak
15	7,2	ziemniaki	5,6	pszenica jara
16	7,1	kukurydza	7,3	pszenica jara
17	6,3	kukurydza	7,3	pszenica jara
18	6,1	kukurydza	6,1	pszenica ozima
19	5,7	pszenica jara	5,6	pszenżyto
20	6,1	pszenica jara	6,3	kukurydza
21	6,5	kukurydza	6,4	kukurydza
22	5,8	pszenica jara	5,6	buraki cukrowe
23	5,7	jęczmień jary	6,3	pszenica jara
24	5,9	pszenica jara	6,2	mieszanka ozima
25	6,1	pszenica jara	6	mieszanka ozima
26	6,2	rzepak	6,3	mieszanka ozima
27	6,1	pszenica jara	5,5	buraki cukrowe
28	5,3	pszenica ozima	4,4	rzepak
29	5,9	wierzba energetyczna	6,1	kukurydza
30	6,4	łąka	7,3	mieszanka ozima

31	6,3	jęczmień ozimy	6,2	pszenica ozima
32	6,8	rzepak	7,2	pszenica ozima
33	6,1	jęczmień jary	6,3	jęczmień jary
34	7,3	buraki	6,2	jęczmień jary
35	5,8	facelia	6	pszenżyto
36	5,6	facelia	6,4	ugór czarny
37	6,2	kukurydza	7,1	ugór czarny
38	7,5	łubin	6,7	trawa
39	7,4	łubin	6,2	pszenica jara
40	5,9	lucerna	6,7	trawa

WNIOSKI

- Działalność Huty Miedzi GŁOGÓW w początkowych latach istnienia zakładu przyczyniła się do wysokiej kumulacji metali ciężkich i zakwaszenia gleb znajdujących się w najbliższym sąsiedztwie zakładu.
- Rodzaj użytkowania terenu oraz odpowiednie zabiegi agrotechniczne istotnie wpływają na zawartość metali ciężkich w glebie.
- Wapnowanie gleb wokół Huty Miedzi GŁOGÓW jest skuteczną metodą rekultywacji gleb zapewniającą stabilizację ekosystemów tego rejonu.
- Wyznaczenie rejonów o zmiennej immobilizacji metali ciężkich względem różnego ukształtowania pH stanie się pomocne przy planowaniu odkwaszania gleb organizowanym okresowo przez Hutę Miedzi GŁOGÓW.

LITERATURA

1. Filipek T., Fotyma M., Lipinski W. 2006. Stan, przyczyny i skutki zakwaszenia gleb gruntów ornych w Polsce. Nawozy i nawożenie. IUNG, Puławy
2. Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa
3. Kamionka J. 2010. Analiza kosztów wapnowania gleb w Polsce. Problemy Inżynierii Rolniczej nr 2/2010.
4. Karczewska A., Kabała C. 2010. Gleby zanieczyszczone metalami ciężkimi i arsenem na Dolnym Śląsku – potrzeby i metody rekultywacji. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu nr 576, Wrocław
5. Lipiński W. 2005. Odczyn gleb Polski. Nawozy i Nawożenie, 2, 33-40.

6. Przewocka M. 2011. Charakterystyka strefy ochronnej Huty Miedzi „GŁOGÓW”. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego nr 144, Zielona Góra.
7. Rosada J. 2008. Stan środowiska rolniczego w rejonie oddziaływania emisji Huty Miedzi „GŁOGÓW”. Rozprawy Naukowe Instytutu Ochrony Roślin Państwowego Instytutu Badawczego, Zeszyt 19, Poznań.
8. Rosada J., Dopierała U., Grzesiak J. 2011. Wpływ ograniczenia emisji pyłowej Huty Miedzi „GŁOGÓW” na zawartość miedzi w zbożach i kondycję roślin. Postęp w Ochronie Roślin 51(1), Poznań.
9. Sady W., Smoleń S. 2004. Wpływ czynników glebowo – nawozowych na akumulację metali ciężkich w roślinach. X Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe – Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodnich. Kraków.
10. Siebielec G. 2012. Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010-2012. IUNG, Puławy.

LIMING AS A METHOD OF HEAVY METALS IMMOBILIZATION IN SOILS

Abstract

In this thesis issues related to the causes and effects of soils acidification in an agricultural environment of Huta Miedzi GŁOGÓW were discussed, also assessment of the risk analysis based on the bioavailability of heavy metals in various pH conditions was carried out. Studies have shown that acidification of soils located in the nearest vicinity of the plant is considered to be one of the main factors contributing to the increase of heavy metals mobility. Improvement of soils quality and the need to produce high agricultural production requires de-acidification treatments. For this reason, the use of liming fertilizers is not only effective method of soils remediation, but also factor ensuring balance of agricultural ecosystems of that region.

Key words: soils liming, soils remediation, heavy metals, Huta Miedzi

MONIKA DOMANOWSKA*

**ODNOWA TERENÓW ZIELENI
W MINIPROGRAMACH REWITALIZACJI
DZIELNIC WARSZAWY**

Streszczenie

W artykule zawarto wyniki przeglądu projektów rewitalizacyjnych terenów zieleni zawartych w Miniprogramach Rewitalizacji Dzielnic Warszawy, obowiązujących do 2013 roku. Przeglądu dokonano w celu weryfikacji doboru obszarów kryzysowych Miniprogramów Rewitalizacji oraz doboru projektów rewitalizacyjnych terenów zieleni.

Słowa kluczowe: Miniprogramy Rewitalizacji Dzielnic Warszawy, tereny zieleni, odnowa terenów zieleni Warszawy

WPROWADZENIE

Rewitalizacja obszarów miejskich rozumiana jest jako proces społeczno-ekonomiczno-gospodarczy. W celach wyodrębnienia obszarów miast mających podlegać działaniom rewitalizacyjnym sprawdzany jest poziom wskaźników społecznych (takich jak: poziom bezrobocia, poziom ubóstwa, poziom wykształcenia mieszkańców, poziom zasobu mieszkaniowego itp.), jednakże nie bierze się pod uwagę jakości: fizjonomicznej, użytkowej, warunków środowiska przyrodniczego przestrzeni miejskiej [Lokalny Program Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013]. Tereny zieleni są jedną z głównych składowych środowiska przyrodniczego w mieście, są jednym z ważniejszych składników przestrzeni publicznej. Ilekroć w Ustawie o Planowaniu i Zagospodarowaniu Przestrzennym z 27.03.2003 mowa o przestrzeni publicznej to „należy przez to rozumieć obszar o szczególnym znaczeniu dla zaspokojenia potrzeb mieszkańców, poprawy jakości ich życia i sprzyjający nawiązywaniu kontaktów społecznych ze względu na jego położenie oraz cechy funkcjonalno-przestrzenne, określony w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego

* Katedra Architektury Krajobrazu; Wydział Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

gminy”. Można zatem stwierdzić, że dobry stan środowiska przyrodniczego jest gwarantem jakości przestrzeni miast, nie tylko pod względem fitosanitarnym i klimatycznym ale wpływa również na sprawnie funkcjonujący układ terenów wypoczynkowych [Ziobrowski 1992]. Tereny zieleni wpływają na jakości życia w mieście i przyczyniają się do poprawy funkcjonowania społecznego obszarów. Stwierdzenie to wskazuje, iż tereny zieleni, ich zasób i stan, winny być jednym z mierników jakości poziomu życia w mieście i winny być wykorzystywane jako kryterium wyznaczania obszarów kryzysowych. Tereny zieleni winny być także przedmiotem projektów rewitalizacyjnych, zarówno ze względu na poprawę jakości środowiska przyrodniczego jak i bezpośredni wpływ na poprawę warunków bytowych.

TYPY UJMOWANIA TERENÓW ZIELENI W MINIPROGRAMACH REWITALIZACJI DZIELNIC WARSZAWY

Niniejszy artykuł jest próbą odpowiedzi na pytanie jak ujmowane są tereny zieleni w Miniprogramach Rewitalizacji Dzielnic Warszawy. Odpowiedzi na to pytanie poszukiwano poprzez analizę czternastu mini programów, stanowiących załączniki do Lokalnego Programu Rewitalizacji Warszawy. Okazało się, iż wyróżnić można cztery rodzaje mini programów ze względu na zakres ujmowania w nich terenów zieleni.

Typy ujmowania terenów zieleni w Miniprogramach Rewitalizacji Dzielnic Warszawy:

Typ 1 – Miniprogramy Rewitalizacji Dzielnic, które zawierają projekty rewitalizacyjne dotyczące terenów zieleni osiedlowej lub terenów zieleni towarzyszącej obiektom użyteczności publicznej;

Typ 2 – Miniprogramy Rewitalizacji Dzielnic, które zawierają projekty rewitalizacyjne dotyczące terenów parków i terenów zieleńców oraz terenów zieleni osiedlowej lub terenów zieleni towarzyszącej obiektom użyteczności publicznej;

Typ 3 – Miniprogramy Rewitalizacji Dzielnic, które zawierają projekty rewitalizacyjne dotyczące terenów parków lub terenów zieleńców;

Typ 4 – Miniprogramy Rewitalizacji Dzielnic, które nie zawierają projektów rewitalizacyjnych dotyczących terenów zieleni.

Zauważono również, że mini programy w dużej większości odnoszą się do istniejących terenów zieleni wskazując tereny zieleni jako tereny wymagające modernizacji lub przekształceń. Jednakże wyróżniono również takie Miniprogramy, które wskazują potrzebę utworzenia nowych terenów zieleni zarówno towarzyszących osiedlom mieszkaniowym, obiektom użyteczności publicznej, jak i samodzielne tereny zieleni o funkcjach wypoczynkowych. W Miniprogramach rewitalizacji dzielnic tylko w przypadku dzielnicy Rembertów projekty

rewitalizacyjne nie uwzględniają terenów zieleni. Pozostałe trzynaście Mini-programów przyporządkować można do pozostałych typów. Wskazuje to na zauważenie wagi i potrzeby odnowy terenów zieleni. Natomiast, aż cztery dzielnice (Praga Północ, Praga Południe, Ursus i Ochota) przyporządkować można do typu drugiego, który wskazuje na najbardziej zaawansowany udział terenów zieleni w projektach rewitalizacyjnych. Wśród Mini-programów Rewitalizacji Dzielnic Warszawy można wyróżnić takie w których tereny zieleni są „ogniskiem rewitalizacji”, rozumie się przez to, że projekt odnowy terenu zieleni ma stanowić bazę do odnowy społecznej całego obszaru kryzysowego. Tak opracowany został Mini-program Rewitalizacji Bemowa, gdzie odnowa terenów Fortu Bema i adaptacja ich pod cele rekreacyjne ma w znaczącym stopniu wpłynąć na rewitalizację całego obszaru kryzysowego dzielnicy.

UKŁAD TREŚCI MINIPROGRAMÓW REWITALIZACJI

Podczas kwerendy Mini-programów Rewitalizacji Dzielnic Warszawy udało się wyróżnić bardzo czytelny układ treści Mini-programów. Można powiedzieć, iż wykształcił się standard warszawski układu treści w Programach Rewitalizacji Warszawy (Przez Projekty Rewitalizacyjne Warszawy rozumie się Lokalny Program Rewitalizacji Warszawy oraz Mini-programy Rewitalizacji Dzielnic Warszawy). Składa się on z jedenastu głównych działów, które mogą występować jako oddzielne rozdziały programów rewitalizacji bądź łączyć się tematycznie w rozdziały bardziej złożone tematycznie. Wyróżnione działy to:

- Cel programu
- Opis dzielnicy
- Kryteria doboru obszaru kryzysowego
- Opis obszaru Kryzysowego
- Opis projektów rewitalizacyjnych
- Opis projektów towarzyszących
- Wskaźniki realizacji programu
- Opis konsultacji społecznych
- Opis finansowania projektów
- Opis wdrażania programu
- Opis aktualizacji programu

Przegląd zawartości poszczególnych działów miał na celu odszukanie tych działów Mini-programów, które w swoich treściach odnoszą się do środowiska przyrodniczego i do terenów zieleni. Działami w których najczęściej występują odniesienia do terenów zieleni to: opisy projektów rewitalizacji i opisy projektów towarzyszących rewitalizacji oraz dział wskaźniki realizacji programu, gdzie

licznie wspomina się o wadze terenów zieleni (ich ilości i powierzchni) jako wyznaczniku udanego wdrażania programów rewitalizacji.

OBSZARY KRYZYSOWE MINIPROGRAMÓW REWITALIZACJI

W określeniu celów Miniprogramów rewitalizacji największy nacisk kładzie się na poprawę jakości życia mieszkańców. Poprawę jakości życia nakreśla się między innymi poprzez poprawę środowiska przyrodniczego. Jednakże w Miniprogramach opis dzielnic, których mini program dotyczy, sporadycznie odnosi się do wymieniaania terenów zieleni na obszarze dzielnicy ale nigdy nie odnosi się do układu wszystkich terenów zieleni. Kryteria wyznaczania obszaru kryzysowego nakreślone w Lokalnym Programie Rewitalizacji będącym dokumentem nadrzędnym do Miniprogramów Rewitalizacji Dzielnic Warszawy, wskazuje na istotność wskaźników związanych ze środowiskiem społecznych jako wskaźników wyznaczania obszarów kryzysowych, jednakże w samych Miniprogramach, stosuje się tylko wskaźniki społeczne. W trakcie analizy publikowanych w Miniprogramach konsultacji społecznych zauważono iż, zdarz się (np. w Miniprogramie Rewitalizacji Pragi Północ) iż podczas ankiet społecznych, których celem jest wskazanie przez ankietowanych terenów wymagających przekształceń lub odnowy podaje się pod osąd zbiór terenów (zbiór, w którym znajdują się zarówno tereny mieszkalnictwa, tereny usług, tereny zieleni). W zbiorach tych podaje się kilka przykładowych terenów (np. dwa z większej ilości terenów zieleni dzielnicy) o określonych funkcjach. Można odnieść wrażenie, że przez to zawęża się pole wypowiedzi ankietowanych albo nawet sugeruje odpowiedzi. Według ankiety opracowanej w celu doboru projektów odnowy w Miniprogramie Rewitalizacji Pragi Północ respondentów zapytano o to, czy wyrażają poparcie dla odnowy tereny Parku Praskiego, Parku przy ul. Kawczyńskiej i zieleńca przy ul. Namysłowskiej. Wszystkie trzy wymienione tereny zieleni mają opracowane projekty rewitalizacyjna bądź tak zwane towarzyszące rewitalizacji. Natomiast inne tereny zieleni Pragi Północ nie zostały uwzględnione w ankiecie oraz nie są uwzględnione w projektach rewitalizacji bądź projektach towarzyszących rewitalizacji. W porównaniu ze wskaźnikami wyznaczania obszarów kryzysowych (określonych w Lokalnym Programie Rewitalizacji i w „Przewodniku dotyczącym kryteriów planowania oraz zarządzania projektami dotyczącymi rewitalizacji zdegradowanych obszarów miejskich”), w których w sposób szczątkowy wskazuje się na istotność środowiska przyrodniczego w procesie rewitalizacji oraz nie wskazuje się na istotę terenów zieleni w procesie rewitalizacji to we wskaźnikach realizacji programów kilkakrotnie wymienia się ilość, bądź powierzchnię terenów zieleni poddanych odnowie jako wskaźnik realizacji Miniprogramów. Przykładowo w Miniprogramie Rewitalizacji Pragi Południe wskaźniki realizacji programu jednoznacznie

odnoszą się do odnowy terenów zieleni. Jako wskaźnik realizacji programu uznaje się: powierzchnię parków poddanych rewitalizacji, powierzchnię parków z wprowadzonym monitoringiem, a także powierzchnię odnowionej zieleni przyulicznej. Wydaje się, że skoro wdrażanie rewitalizacji mierzone jest poprzez ilość bądź powierzchnie odnawianych terenów zieleni to wskazywanie obszarów kryzysowych winno nawiązywać do degradacji terenów wypoczynkowych miasta.

Na przykładzie Miniprogramu Rewitalizacji Dzielnicy Praga Północ można udowodnić, że obszary kryzysowe wyznaczane są w sposób niespójny. W dzielnicy Praga Północ obszar kryzysowy wyznaczono przy pomocy porównania wskaźników społecznych na obszarze dzielnicy. Według „Przewodnika dotyczącego kryteriów planowania oraz zarządzania projektami dotyczącymi rewitalizacji zdegradowanych obszarów miejskich” te wskaźniki to:

- Stopa bezrobocia wyższa od średniej dla kraju
- Wysoki poziom ubóstwa oraz trudne warunki mieszkaniowe
- Wysoki poziom przestępczości
- Niski poziom wykształcenia mieszkańców
- Szczególnie zanieczyszczone środowisko

Według Lokalnego Programu Rewitalizacji Warszawy wskaźniki społeczne, w których winno wyznaczać się obszary kryzysowe to:

- Wysoki poziom ubóstwa
- Wysoka stopa długotrwałego bezrobocia
- Niestabilne trendy demograficzne
- Niski poziom wykształcenia, wyraźny deficyt kwalifikacji, wysoki wskaźnik przerwania szkolenia
- Wysoki poziom przestępczości i wykroczeń
- Szczególnie wysoki stopień degradacji środowiska
- Niski poziom aktywności gospodarczej
- Wysoka liczba imigrantów, grup etnicznych i mniejszościowych lub uchodźców
- Porównywalnie niższy poziom zasobu mieszkaniowego
- Niski poziom wydajności energetycznej budynków

W obu przykładach stopień zanieczyszczenia środowiska bądź degradacji środowiska, a w tym terenów zieleni i ich poziom degradacji nie został uwzględniony. W Miniprogramie Pragi Północ nie zastosowano wskaźników odnoszących się do środowiska przyrodniczego. Zastosowane wskaźniki to:

- wysoki poziom ubóstwa i zagrożenia
- wysoka stopa długotrwałego bezrobocia
- niski poziom wykształcenia, wyraźny deficyt i wyraźny wskaźnik przerwania szkolenia
- zły stan techniczny budynków

Uchybienie jakie zauważa się przy wyznaczeniu obszaru kryzysowego Pragi Północ to brak określenia wskaźników społecznych dla obszaru kryzysowego. Dobór wskaźników został zawężony do wskaźników społecznych ujętych dla całej dzielnicy w jej granicach administracyjnych w zestawieniu z uśrednionym wskaźnikiem dla Warszawy.

ZAKRES UWZGLĘDNIANIA TERENÓW ZIELENI PRAGI PÓŁNOC W MINIPROGRAMIE REWITALIZACJI DZIELNICY PRAGA PÓŁNOC

Badania terenowe wykazały, że na obszarze Pragi Północ możemy wyróżnić 16 terenów zieleni, w tym: 3 tereny parków, 10 terenów zieleńców i 3 tereny kolonii rodzinnych ogrodów działkowych. Są to tereny zieleni zróżnicowane funkcjonalnie na: tereny parku dydaktycznego (Warszawski Park Zoologiczny), tereny parków wypoczynkowych, zieleńców memorialnych, reprezentacyjnych jak i tranzytowych, sportowych i wypoczynkowych. Zakres uwzględniania ich w mini programie rewitalizacji jest niepełny. Nie można powiązać tematu własności gruntów z brakiem uwzględniania terenów zieleni w mini programach rewitalizacji. Wszystkie tereny zieleni w dzielnicy Praga Północ, z wyjątkiem zieleńca przy ulicy Floriańskiej usytuowanego na gruntach Skarbu Państwa, są własnością miasta stołecznego Warszawy. Nie zauważono więc korelacji pomiędzy własnością terenu, a stopniem degradacji terenów zieleni w przykładzie dzielnicy Praga Północ.

W Miniprogramie Rewitalizacji Dzielnicy Praga Północ ujęto tereny zieleni położone w obszarze kryzysowym, uznane za zdegradowane oraz objęte projektem rewitalizacyjnym (teren Parku Praskiego), a także tereny zieleni objęte projektem towarzyszącym rewitalizacji (teren Parku przy ul. Kawęczyńskiej jest to nazwa użyta w Miniprogramie Pragi Północ, nazwa zwyczajowa terenu zieleni to Park na Michałowie oraz zieleń sportowy przy ul. Namysłowskiej). W obszarze kryzysowym Miniprogramu Rewitalizacji Dzielnicy Praga Północ położony jest jeden teren zieleni uznany w mini programie za niezdegradowany (tereny Warszawskiego Ogrodu Zoologicznego). W Miniprogramie Rewitalizacji Pragi Północ nie zawarto informacji o innych terenach zieleni na obszarze dzielnicy, tereny te nie zostały więc uwzględnione w projektach rewitalizacyjnych ani projektach towarzyszących (tereny te to: tereny zieleńca przy Dworcu Wschodnim, tereny zieleńca przy placu Hallera, tereny zieleńca przy ul. 11 Listopada, tereny zieleńca przy ul. Floriańskiej, tereny zieleńca memorialnego przy ulicy Namysłowskiej, tereny zieleńca memorialnego przy Pomniku Kościuszkowców, tereny zieleńca przy ulicy Siedleckiej, tereny kolonii ogrodów działkowych przy ul. Kijowskiej, tereny kolonii ogrodów działkowych przy Porcie Praskim).

W analizowanym miniprogramie brak jest uzasadnień wyboru terenów do objęcia projektami rewitalizacyjnymi. Jedynym uzasadnieniem jest ich położenie w obszarze kryzysowym ale jeżeli przyjąć to uzasadnienie za wystarczające, to wszystkie tereny i obiekty w obszarze kryzysowym winny być poddane procesowi rewitalizacji. Bez odpowiedniej argumentacji trudno znaleźć uzasadnienie wyboru 3 z 8 terenów do objęcia ich projektami rewitalizacyjnymi.

Po badaniach wykonanych w terenie, polegających na identyfikacji znamion degradacji terenów zieleni [Domanowska 2010] stwierdzono, że tereny objęte projektami rewitalizacyjnymi nie wyróżniają się stopniem degradacji od pozostałych terenów zieleni Pragi Północ. Na Pradze Północ znajduje się więcej terenów zieleni w obszarze kryzysowym wymagających odnowy. Jako tereny zieleni o największym stopniu degradacji wyróżniają się tereny rodzinnych ogrodów działkowych przy ul. Kijowskiej (Na obszarze kolonii rodzinnych ogrodów działkowych przy ulicy Kijowskiej wiele z ogrodów uznać można za zdegradowane (widać zaniedbania w pielęgnacji roślinności, zabudowy działkowej, ewidentny brak w użytkowaniu działek). Podobnie jak w przypadku terenu rodzinnych ogrodów działkowych przy Porcie Praskim teren rodzinnych ogrodów działkowych przejawia strukturę mozaiki, gdzie zadbane ogrody działkowe sąsiadują z działkami przejawiającymi znamiona degradacji), niewielki teren ogrodów działkowych przy Porcie Praskim (Z obserwacji wynika, że duża część działek jest nieużytkowana i jest zaniedbana. W Miejscowym Planie Zagospodarowania Rejonu Portu Praskiego teren ten przekształcony został w teren o funkcji mieszkaniowej) oraz teren zieleńca (obecnie o funkcji tranzytowej) przy Dworcu Wschodnim (Głównym znamieniem degradacji terenu jest brak infrastruktury wypoczynkowej, zły stan wizualny i techniczny nawierzchni. Nadmienić należy, iż w Miejscowym Planie Zagospodarowania Przestrzennego Rejonu Dworca Wschodniego teren zieleńca przekształcony został w teren usług). Teren zieleńca przy Dworcu Wschodnim objęty jest Miejscowym Planem Zagospodarowania Przestrzennego Rejonu Dworca Wschodniego w którym teren zieleńca przekształcono w terenu usług. Również teren ogrodów działkowych przy Porcie Praskim został przekształcony w teren mieszkaniowo usługowy w zapisie projektu Miejscowego Planu Miejscowego Rejonu Portu Praskiego, natomiast teren rodzinnych ogrodów działkowych przy ulicy Kijowskiej koliduje z planami budowy Alei Tysiąclecia ujętej w Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego m. st. Warszawy. Stwierdzić więc można, że tereny zieleni Pragi Północ o największym stopniu degradacji zamiast być poddane odnowie podlegają likwidacji.



*Fot. 1. Teren zielenca tranzytowego przy Dworcu Wschodnim;
widok na budynek dworca [Domanowska 2012]*
*Phot. 1. Transit area covered with lawn at the East Railway Station;
view on the building of station [Domanowska 2012]*



*Fot. 2. Teren rodzinnych ogrodów działkowych przy Porcie Praskim
[Domanowska 2012]*
Phot. 2. The area of family allotments at the Port of Praga [Domanowska 2012]



*Fot. 3. Teren rodzinnych ogrodów działkowych przy ulicy Kijowskiej
[Domanowska 2012]*

Phot. 2. The area of family allotments along the Kijowska street [Domanowska 2012]

DYSKUSJA

Powyższe przykłady terenów zieleni o widocznej degradacji, nieujęte w projektach rewitalizacyjnych Miniprogramu Rewitalizacji dzielnicy Praga Północ, a likwidowane zapisami miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, skłaniają do refleksji czy programy rewitalizacji mogą stanowić o możliwości ochrony terenów zieleni przed ich likwidacją poprzez wskazanie ich wagi i wskazywanie jako tereny istotne w funkcjonowaniu wypoczynkowym, a przez to wpływając na funkcjonowanie społeczne dzielnic, a następnie określanie dla nich projektów odnowy. Programy rewitalizacji są uchwałami rady miasta ich moc prawna winna być taka sama jak moc prawna miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego.

Analizy Miniprogramów Dzielnic Warszawy poddały pod wątpliwość dobór terenów zieleni do objęcia ich projektami rewitalizacyjnymi. Wybór terenów zieleni do objęcia ich projektami rewitalizacyjnymi jest niepełny. Wiąże się to z brakiem wskazania kryteriów wyboru terenów zieleni do projektów rewitalizacyjnych, co przede wszystkim wynika z braku metody identyfikacji zdegradowanych terenów zieleni. Analiza Lokalnego Programu Rewitalizacji Warszawy i Miniprogramów Rewitalizacji Dzielnic Warszawy wykazała, że za zdegradowane tereny zieleni uważa się wybrane tereny zieleni położone na obszarze kryzysowym.

W zawartości miniprogramów rewitalizacji zauważyć można brak kluczowych zapisów odnoszących się do identyfikacji degradacji terenów zieleni oraz metod odnowy zdegradowanych terenów zieleni:

- Brak zdefiniowania pojęcia degradacji terenów, w tym terenów zieleni
- Brak określenia znamion degradacji terenów, w tym terenów zieleni
- Brak określenia kryteriów, innych niż społeczne, określania obszaru kryzysowego
- Brak kryteriów wyboru terenów, w tym terenów zieleni, do projektów rewitalizacyjnych
- Brak metod identyfikacji degradacji terenów zieleni

WNIOSKI

Przeprowadzone badania Miniprogramu Rewitalizacji Dzielnicy Praga Północ wykazały, iż z niewiadomych powodów w miniprogramie nie ujęto informacji o większości terenów zieleni położonych w obszarze kryzysowym. Nie ujęto informacji o 6 terenach zieleni (zielenia przy Dworcu Gdańskim, zielenia przy ul. 11 Listopada, zielenia przy ul. Siedleckiej, zielenia memorialnego przy Pomniku Kościuszkowców, zielenia memorialnego przy ul. Namysłowskiej i zielenia przy placu Hallera) oraz 2 terenach rodzinnych ogrodów działkowych (rodzinnych ogrodów działkowych przy ul. Kijowskiej i Porcie Praskim), co stanowi 3,5% obszaru kryzysowego obszaru objętego Miniprogramem Rewitalizacji Dzielnicy Praga Północ. Na Pradze Północ odnowie winno być poddane więcej terenów zieleni leżących w obszarze kryzysowym niż tereny, które dla których opracowano projekty rewitalizacyjne. Zaznaczyć trzeba, że tereny zieleni wybrane do objęcia projektami odnowy również przejawiają znamiona degradacji, jednakże takich terenów w dzielnicy jest znacznie więcej. Oczywistym może wydać się też problem, że przy pomocy programu rewitalizacji nie da się odnowić wszystkich terenów wymagających przekształceń w dzielnicy. Związane jest to z możliwością finansowania projektów (gdzie gminy muszą częściowo pokryć koszty realizacji projektów), a co z tym się wiąże z potrzebą wybrania działań priorytetowych w dzielnicy. Degradacja przestrzeni jest złożonym procesem na równi z procesem jej odnowy poprzez rewitalizację. Dlatego też, nie można założyć, że projekty rewitalizacyjne w pierwszej kolejności winny obejmować tereny mieszkaniowe. Trudno też dokonywać porównań, które tereny: tereny zieleni czy tereny o innych funkcjach mają większy wpływ na powodzenie wdrażania rewitalizacji. Dopiero przeprowadzenie monitoringu rezultatów wdrożenia zapisów programów rewitalizacji (zarówno Miniprogramów Rewitalizacji Dzielnic Warszawy jak i programów rewitalizacji innych miast) i porównanie zmian jakie nastąpiły na obszarach kryzysowych może być wiarygodną przesłanką do oceny, które tereny winny

być poddawane odnowie jako priorytetowe. Można odnieść wrażenie, że pomimo kilku lat, w czasie których, wdrażane są zapisy programów rewitalizacji oraz w czasie których rewitalizacja jest tematem nośnym i coraz bardziej zgłębianym przez specjalistów z różnych dziedzin, to wciąż brak jest odpowiedzi na wiele pytań związanych z odnową przestrzeni, a w tym z odnową terenów zieleni.

LITERATURA

1. MINISTERSTWA GOSPODARKI I PRACY; 2004. Przewodnik dotyczący kryteriów planowania oraz zarządzania projektami dotyczącymi rewitalizacji zdegradowanych obszarów miejskich, po- przemysłowych i po- wojskowych w ramach zintegrowanego programu operacyjnego rozwoju regionalnego finansowanego ze środków funduszy strukturalnych; Dokument roboczy Ministerstwa Gospodarki i Pracy; Warszawa.
2. MINISTERSTWO GOSPODARKI PRACY; 2005. Uzupełnienie Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego 2004-2006; tekst jednolity uwzględniający zmiany przyjęte przez Komitet Monitorujący ZPORR.
3. RADA MIASTA ST. WARSZAWY; 2009. Uchwała nr LII/1607/2009 z dnia 16 kwietnia 2009. Lokalny Program Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-/2009, Warszawa.
4. URZĄD MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY- DZIELNICA BEMOWO; 2009. Miniprogram Rewitalizacji Dzielnicy Bemowo m. st. Warszawy, załącznik nr 01 do Lokalnego Programu Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013.
5. URZĄD MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY- DZIELNICA BIELANY; 2009. Miniprogram Rewitalizacji Dzielnicy Bielany m. st. Warszawy, załącznik nr 02 do Lokalnego Programu Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013.
6. URZĄD MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY- DZIELNICA MOKOTÓW; 2009. Miniprogram Rewitalizacji Dzielnicy Mokotów m. st. Warszawy, załącznik nr 03 do Lokalnego Programu Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013.
7. URZĄD MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY- DZIELNICA OCHOTA; 2009. Miniprogram Rewitalizacji Dzielnicy Ochota m. st. Warszawy, załącznik nr 04 do Lokalnego Programu Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013.

8. URZĄD MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY- DZIELNICA PRAGA POŁUDNIE; 2009. Miniprogram Rewitalizacji Dzielnicy Praga Południe m. st. Warszawy, załącznik nr 05 do Lokalnego Programu Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013.
9. URZĄD MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY- DZIELNICA PRAGA PÓŁNOC; 2009. Miniprogram Rewitalizacji Dzielnicy Praga Północ m. st. Warszawy, załącznik nr 06 do Lokalnego Programu Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013.
10. URZĄD MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY- DZIELNICA REMBERTÓW; 2009. Miniprogram Rewitalizacji Dzielnicy Rembertów m. st. Warszawy, załącznik nr 07 do Lokalnego Programu Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013.
11. URZĄD MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY- DZIELNICA ŚRÓDMIEŚCIE; 2009. Miniprogram Rewitalizacji Dzielnicy Śródmieście m. st. Warszawy, załącznik nr 08 do Lokalnego Programu Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013.
12. URZĄD MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY- DZIELNICA TARGÓWEK; 2009. Miniprogram Rewitalizacji Dzielnicy Targówek m. st. Warszawy, załącznik nr 09 do Lokalnego Programu Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013.
13. URZĄD MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY- DZIELNICA URSUS; 2009. Miniprogram Rewitalizacji Dzielnicy Ursus m. st. Warszawy, załącznik nr 10 do Lokalnego Programu Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013.
14. URZĄD MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY- DZIELNICA WAWER; 2009. Miniprogram Rewitalizacji Dzielnicy Wawer m. st. Warszawy, załącznik nr 11 do Lokalnego Programu Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013.
15. URZĄD MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY- DZIELNICA WESOŁA; 2009, Miniprogram Rewitalizacji Dzielnicy Wesoła m. st. Warszawy, załącznik nr 12 do Lokalnego Programu Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013.
16. URZĄD MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY- DZIELNICA WOLA; 2009. Miniprogram Rewitalizacji Dzielnicy Wola m. st. Warszawy, załącznik nr 13 do Lokalnego Programu Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013.

17. URZĄD MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY- DZIELNICA ŻOLIBORZ; 2009. Miniprogram Rewitalizacji Dzielnicy Żoliborz m. st. Warszawy, załącznik nr 14 do Lokalnego Programu Rewitalizacji m. st. Warszawy na lata 2005-2013.
18. ZARZĄD WOJEWÓDZTWA MAZOWIECKIEGO; 2009. Szczegółowy Opis Priorytetów Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego 2007-2013 (uszczegółowienie RPOWM); Warszawa.

GREEN AREAS RENEWAL IN MIPROGRAMES OF WARSAW DISTRICT REVITALIZATION

S u m m a r y

Accessing Poland to the European Union opened new possibilities for Polish cities to partly finance city development. One of the programs which enables city development financing is program URBAN II (for cities more over 20 000 inhabitants), which through the Integrated Regional Development Programme (ZPORR- one of seven operating programs which goals refers to the implementation of European Commission on National Development Plan 2004-2006), specified rules of elaborating Local Revitalization Programs. Local Revitalization Programs contain projects of revitalization of most degraded city areas. Realization of those projects is partly financed by European Union. That is why since the 2005, cities try to fulfill designated conditions to develop Local Revitalization Programs, which are one of the tools of implementation changes of the city space. Warsaw is a city which developed Local Revitalization Program which contains fourteen attachments of Miniprogrames of District Revitalization. So fourteen, from 18, Warsaw districts have a separate Miniprogrames of Revitalization and every of those programs designate projects of revitalization for specific for the district. The aim of this article is to monitor how often those projects apply to the green areas (parks, commentaries, allotment gardens).

Key words: Miniprogrames of Warsaw District Revitalization, green areas, green areas renew

ANDRZEJ GREINERT***WĘGIEL BRUNATNY – CZY BĘDZIE POLSKIM
SUROWCEM ENERGETYCZNYM XXI WIEKU?***Streszczenie*

Węgiel brunatny jest surowcem energetycznym, którego zasoby liczone są w Polsce na 100-300 lat eksploatacji przy założeniu dotychczasowego udziału w mixie energetycznym. Rządowe plany gospodarcze Polski zakładają intensyfikację rozwoju gospodarczego z wykorzystaniem własnych źródeł energii. Energia pochodząca z OZE i z innych źródeł także będą potrzebne jako elementy mixu. Polska, poza zasobami surowcowymi, ma doświadczenie w wydobywaniu i zagospodarowaniu węgla brunatnego, a także w rekultywacji terenów powydobywczych. Stwarza to dobre perspektywy zarówno dla kraju, jak dla regionów występowania węgla brunatnego. Ważnym aspektem rozważań jest też wpływ utworzenia kompleksu wydobywczo-energetycznego Gubin-Brody wraz z szeregiem inwestycji towarzyszących na nowe perspektywy funkcjonowania społeczności zachodniego rejonu Polski.

Słowa kluczowe: węgiel brunatny, Gubin, Brody, energetyka węglowa, rekultywacja terenów powydobywczych

WPROWADZENIE

Energetyka jako temat debaty pojawia się w świadomości społecznej głównie w momentach znaczącego zachwiania sytuacji międzynarodowej. W przeszłości dynamizowały ją perturbacje na Bliskim Wschodzie, obecnie na wschodnich rubieżach kontynentu europejskiego. Elementem rozważań jest przy każdej z tych sytuacji utrzymanie zdolności zapewnienia zakładom przemysłowym i obywatelom nieprzerwanych dostaw energii elektrycznej i ciepłej. Powtarzają się przy tym tradycyjne dwa spojrzenia na bezpieczeństwo energetyczne kraju – optymalizacja i maksymalizacja wykorzystania zasobów własnych oraz dywersyfikacja dostaw z zewnątrz. To słuszne idee, wymuszają-

* Uniwersytet Zielonogórski, Zakład Ochrony i Rekultywacji Gruntów

ce jednak rzeczowe rozeznanie „za” i „przeciw” dla konkretnie proponowanych rozwiązań.

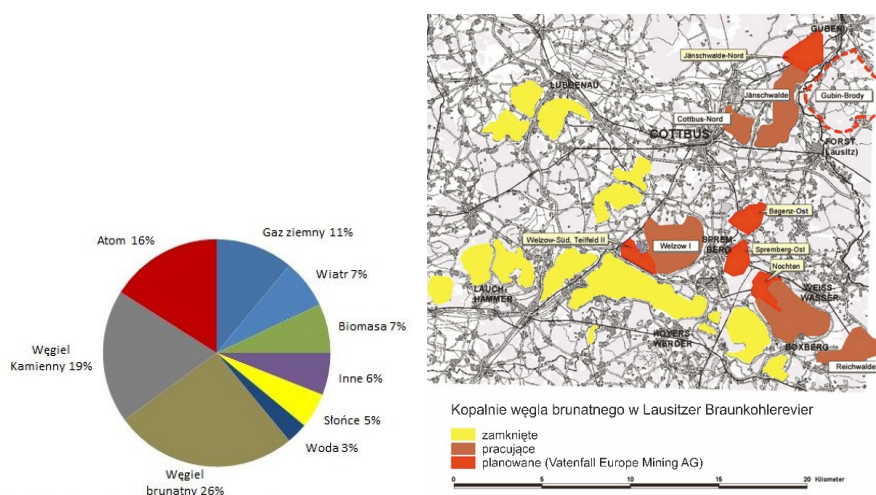
Zgodnie z danymi URE (na podst. danych PSE S.A.) [2014], na koniec roku 2013 Polska wyprodukowała 162,5 TWh energii elektrycznej. Z tego 84,6 TWh wytworzyły elektrownie na węglu kamiennym, 57 TWh elektrownie na węglu brunatnym, 3,1 TWh elektrownie gazowe, 2,8 TWh elektrownie zawodowe wodne, 5,9 TWh źródła odnawialne i 9,2 TWh elektrownie przemysłowe. Do tego dochodzi energia ciepła, której wytwórcy koncesjonowani w 2012 r. w Polsce wykazali potencjał wyznaczony mocą zainstalowaną w wysokości 58148 MW. Wytworzyli oni w roku 2012 ponad 431 PJ ciepła [Biuletyn URE 2014].

Bardziej enigmatycznie rysują się plany na przyszłość – tą bliską, jak też dalszą. Z jednej strony jest to wywołane niedoprecyzowaniem stanowiska Unii Europejskiej w opisywanym zakresie, głównie w rozważaniach na styku energetyka-ekologia. Z drugiej strony nie do końca zbilansowane są przyszłe potrzeby rynku własnego a drogi ich zaspokojenia są niedookreślone. W założeniach Polityki Energetycznej Polski do 2030 roku, w roku docelowym powinniśmy być gotowi wytworzyć 217,4 TWh energii elektrycznej. Kwestią sporną jest czy przyjmiemy projekt szybkiego doganiania gospodarek wysoko rozwiniętych, czy przyjmiemy wariant spowolnienia konsumpcji – czego domagają się organizacje ekologiczne. Rządowe plany gospodarcze Polski zakładają intensyfikację rozwoju gospodarczego z wykorzystaniem własnych źródeł energii, przy systematycznym rozwijaniu OZE [Polityka energetyczna Polski do 2030 roku]. Na bazie opracowania European Climate Foundation (ECF) RoadMap 2050, założone zostało przeciwdziałanie wzrostowi zawartości CO₂ w powietrzu atmosferycznym poprzez redukcję emisji tego gazu o 80% do roku 2050. Wskazano tym samym konieczność zrealizowania w ramach Unii Europejskiej „Scenariusza 450” (utrzymanie zawartości 450 ppm CO₂ w atmosferze), co wymagać będzie nakładów inwestycyjnych w wysokości 104 mld euro do 2030 roku [Bukowski i Śniegocki, na zlec. Min. Gosp. 2011]. Zgodnie ze scenariuszem 450, w roku 2030 nasz mix energetyczny zakładający osiągnięcie 215 TWh energii elektrycznej wskazuje na 41% udział węgla w jej produkcji. Przewiduje się też produkcję 11% energii z gazu, 15% z biomasy i odpadów, 16% z elektrowni wiatrowych, 11% z elektrowni jądrowych i mniejsze ilości z innych źródeł [MAE 2010].

WĘGIEL BRUNATNY JAKO SUROWIEC ENERGETYCZNY

W skali globalnej korzystają z węgla brunatnego wszystkie kraje posiadające jego złoża podatne do eksploatacji. Szereg innych kupuje energię pochodzącą m.in. z tego źródła. Według danych Eurostatu [2013], w latach 2009-2012 na-

stała się zmiana in plus w zużyciu węgla w większości krajów Europy, największa w Wielkiej Brytanii, Hiszpanii, Niemczech, Włoszech, Holandii, Bułgarii, Francji, Rumunii, Estonii i Portugalii. Dopiero po tych krajach znalazło się miejsce Polski, a dalej Szwecji, Węgier, Belgii, Słowenii, Litwy i Łotwy. Wśród krajów, które zmniejszyły zużycie węgla znalazły się Dania, Irlandia, Finlandia, Grecja, Słowacja, Czechy i Austria. Nasz sąsiad – Niemcy – produkuje z węgla 42% energii (rys. 1). W konsekwencji wdrażania koncepcji odejścia od rozwoju energetyki atomowej do roku 2020, uruchamiane są tam nowe złoża węgla brunatnego oraz nowoczesne elektrownie oparte o węgiel – nawet pochodzący z importu. Stąd należy wyciągnąć wniosek – nie ma wśród wiodących gospodarek Europy wizji odejścia od energetycznego użycia węgla brunatnego.



Rys. 1. Produkcja energii elektrycznej w Niemczech w roku 2012 [Bloomberg New Energy Finance, BDEW 2013] oraz ułożenie głównych złóż węgla brunatnego przy granicy z Polską [Grüne Liga 2014]

Fig. 1. Electricity production in Germany in 2012 [Bloomberg New Energy Finance, BDEW 2013] and placement of the major lignite deposits at the Polish border [Grüne Liga 2014]

Zasadniczy dla gospodarki Polski problem dnia dzisiejszego polega na niepewności stabilnych i politycznie nieobciążonych dostaw gazu ziemnego z terytorium Rosji przy perspektywicznym kończeniu się dotychczas eksploatowanych polskich złóż węglowych. Według Kasztelewicza i Zajączkowskiego [2008], energetyka oparta na węglu brunatnym przeżyje krach w latach 2026-2028, jeśli Polska nie uruchomi do tego czasu nowych złóż tego surowca. Perspektywnie najkorzystniejsze do zagospodarowania złoża węgla brunatnego

zlokalizowane są w rejonie zachodnim (rys. 2) i legnickim, w których zasoby bilansowe szacowane są na [Kasiński i in. 2006]: Gubin-Brody 1934,3 mln Mg, Gubin 1050,8 mln Mg, Legnica Zachód 863,6 mln Mg, Legnica Wschód 839,3 mln Mg, Radomierzyce 503,7 mln Mg, Rzepin 249,5 mln Mg. W roku 2013 Polska zużyła 65,8 mln ton węgla brunatnego i 78,5 mln ton węgla kamiennego [GUS 2014]. Według Min. Gosp. [2009], zapotrzebowanie na węgiel brunatny do roku 2030 będzie się wahać w zakresie 45-57 mln ton rocznie. Przy niezmiennym względem obecnego zapotrzebowaniu na ten surowiec jego zasoby starczą na prawie 350 lat [PPEP 2014].



Rys. 2. Lokalizacja i zasoby bilansowe lubuskich złóż węgla brunatnego [oprac. Kasztelewicz 2011, na podst. Bednarczyk 2008, Bednarczyk i Nowak 2010]

Fig. 2. Location and resources of Lubuskie lignite deposits [ed. Kasztelewicz, 2011 on the base of Bednarczyk 2008, Bednarczyk and Nowak 2010]

Wszystkie przesłanki wskazują na to, że najbliższa przyszłość energetyczna Polski (co najmniej pierwszej połowy XXI w.) musi oprzeć się na eksploatacji i energetycznym wykorzystaniu węgla w nowych instalacjach o wysokiej sprawności. Zastanawiając się nad wymową tej tezy poruszyć należy kilka podstawowych spraw. Do każdego działania potrzebne są zasoby, wiedza, umiejętności i wola. W odniesieniu do węgla Polska ma bogate zasoby surowca, ma bogatą wiedzę odnośnie jego wydobycia i energetycznego wykorzystania –

zarówno praktyczną, jak tą kreowaną w szkołach wyższych i instytutach badawczych, ma umiejętności za sprawą obecności na rynku szerokiej rzeszy wykształconych w tych działaniach specjalistów i bazy szkoleniowej dla szkolenia kolejnych. Jedyne, do końca niewiadomą jest chęć skorzystania z ww. sytuacji. Tym niemniej, w Projekcie Polityki energetycznej Polski do 2050 roku [2014] przeczytać można o konieczności dążenia do niezależności energetycznej kraju, ze stabilizującą rolą zasobów własnych węgla kamiennego i brunatnego.

Polska jest krajem demokratycznym, podmiotem zarówno strategicznych i taktycznych ustaleń wewnętrznych (krajowych) jak – z woli Polski i Polaków – zewnętrznych (wspólnotowych). W demokracji liczy się co prawda głos większości ale też koniecznym jest poszanowanie woli mniejszości. Powstaje w tym momencie dylemat dotyczący przekonania kolejnych sfer zainteresowanych problemem do wyrażenia akceptacji wypracowanej przez ekspertów linii działania. W odniesieniu do pozyskiwania węgla brunatnego mamy do czynienia w zdecydowanej większości przypadków z jego wydobywaniem w sposób odkrywkowy – degradacyjny wobec środowiska przyrodniczego, krajobrazu, a także lokalnej sytuacji społeczno-kulturowej. Tym samym rodzi się konflikt między koniecznością uzyskania dostępu do depozytu węglowego a tradycją, kulturą miejsca, społecznością żyjącą w określonych więziach wzajemnych, dotychczasową formą zagospodarowania przestrzeni i miejscem wzmiankowanej przestrzeni w powiązaniach ekologicznych. To oznacza konieczność przełamania wszystkich dotychczasowych uwarunkowań, a to prosta droga do powstania sytuacji konfliktowych. Powstaje istny węzeł gordyjski – z jednej strony chęć trwania w dotychczasowych realiach, z drugiej konieczność ich zmiany. Nikomu dotychczas nie udało się rozstrzygnąć tak postawionego dylematu w sposób niekonfrontacyjny.

OZE JAKO ELEMENT MIXU ENERGETYCZNEGO

Posiadanie dużych zasobów węgla brunatnego nie wskazuje na bezwarunkową konieczność uzyskiwania energii z tego źródła. Należy więc przyjrzeć się rozwiązaniom alternatywnym. Według Urzędu Regulacji Energetyki, w roku 2013 w Polsce z odnawialnych źródeł energii (OZE) wytworzono energię elektryczną (potwierdzoną świadectwami pochodzenia) w ilości: 665 tys. MWh w elektrowniach na biogaz, 679 tys. MWh na biomasę, 1,4 tys. MWh z promieniowania słonecznego, 6074 tys. MWh w elektrowniach wiatrowych, 2434 tys. MWh w elektrowniach wodnych i 2537 tys. MWh w rezultacie współspalania, co daje łącznie 15983 tys. MWh energii elektrycznej. Według GUS [2014], w roku 2012 biopaliwa stałe miały aż 82,42% udział wśród nośników energii odnawialnej. To mało zaawansowana forma OZE, budząca słuszne kontrowersje w wielu środowiskach eksperckich. Według bardzo rygorystycznych zapi-

sów scenariusza 450, produkcja energii elektrycznej z OZE w roku 2030 wyniosłaby około 70 TWh, w tym 34 TWh z instalacji wiatrowych. Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku wykonana przez Ministerstwo Gospodarki [2009] wskazała nawet 40 TWh jako docelową ilość energii z farm wiatrowych. Jak widać, to liczby odległe od całkowitego polskiego zapotrzebowania na energię elektryczną. Poza ogólnymi wartościami, należy zauważyć także niemożliwość zapewnienia w warunkach Polski ciągłości dostaw energii z instalacji wiatrowych i słonecznych. Stopień wykorzystania mocy zainstalowanej farm wiatrowych w Polsce wyniósł w 2013 roku zaledwie 22,96%.

Analizując bez zbędnych emocji wymowę faktów stwierdzić należy, że dla Polski początku XXI wieku możliwe są tylko dwie linie stałego, stabilnego zaspokajania potrzeb energetycznych na dużą skalę – wykorzystanie energii rozszczepienia jąder atomów (energetyka jądrowa) oraz energii wiązań chemicznych (energetyka konwencjonalna), rozwijane równolegle bądź alternatywnie. Pozostałe źródła są ważnymi komponentami uzupełniającymi energię kraju. Żadne z nich indywidualnie, ani nawet w postaci skonglomerowanej w ogólny rys odnawialnych źródeł energii (OZE) nie może na dzisiaj posłużyć jako główny element stabilnego zaopatrzenia przemysłu i obywateli w energię.

SYTUACJA GOSPODARCZO-SPOŁECZNA REGIONU LUBUSKIEGO

Województwo lubuskie, ulokowane w zachodniej części Polski, zajmuje obszar 13.988 km², co stanowi 4,5% pow. kraju. W roku 2013 zamieszkiwało je 1,02 mln mieszkańców, co daje gęstość zaludnienia 73 osób na 1 km² (średnia dla Polski to 122 osoby). Dochody ogółem budżetu województwa na 1 mieszkańca wyniosły 429,57 zł (łącznie 439,5 mln zł, w tym dochody własne 107,3 mln zł), a nakłady na działalność badawczo-rozwojową na 1 mieszkańca – 68 zł. Wskaźnik zagrożenia ubóstwem według granic ubóstwa, to jest udział osób w gospodarstwach domowych poniżej granic minimum egzystencji wyniósł 4,9%. Stopa bezrobocia rejestrowanego osiągnęła wskaźnik 15,9%. W 2012 r. udział osób z wykształceniem wyższym (wg BAEL) wynosił 16,6%. Drogi publiczne o twardej nawierzchni na 100 km² liczyły w 2012 r. 59,5 km (wskaźnik dla kraju 89,8 km), a o nawierzchni ulepszonej 52,4 km (wskaźnik dla kraju 82,5 km), linie kolejowe eksploatowane – 6,9 km (wskaźnik dla kraju 6,4 km). Parki krajobrazowe województwa lubuskiego stanowiły w roku 2012 3,0% powierzchni kraju, natomiast obszary chronionego krajobrazu 6,2% powierzchni kraju [US 2013d].

Gminy Brody i Gubin, rozważane jako potencjalne przyszłe tereny górnicze, zlokalizowane są w zachodniej części województwa lubuskiego, w powiatach żarskim i krośnieńskim. Ich powierzchnia to odpowiednio 240 i 380 km². To tereny w większości rolne (odpowiednio 26,29 i 33,0%) i leśne (odpowiednio

64,7 i 58,3%), ze słabo wykształconym sektorem wytwórczym i usługowym. Obszar gmin tworzą 19+52 miejscowości, z których większe to: Brody, Koło, Biecz, Datyń i Zasieki oraz Chlebowo, Bieżyce, Czarnowice, Grabice, Jaromirówce, Starosiedle i Wałowice. Gminy zamieszkuje 3557+7374 mieszkańców. Gęstość zaludnienia to dla gminy Brody 15, a dla gminy Gubin 19 osób na 1 km². Udział bezrobotnych zarejestrowanych w liczbie ludności w wieku produkcyjnym wynosi 13,5 i 16,2%. Dochody ogółem gminy Brody w roku 2012 wyniosły 10,4 mln zł, gminy Gubin – 20,4 mln zł, z czego 3,9 i 7,9 mln zł to dochody własne tych gmin. W opisywanych gminach większość tkanki mieszkaniowej stanowią stare budynki mieszkalne, zbudowane przed rokiem 1945, z dostępem do kanalizacji odpowiednio 29,0 i 9,9%, a do gazu z sieci b.d. i 4,9% [US 2013a,b]. Na ich tle gminy górnicze związane z wydobywaniem i energetycznym zagospodarowaniem węgla brunatnego to prawdziwi krezusi. Najbogatsza od bardzo długiego czasu gmina Kleszczów w powiecie bełchatowskim, w woj. łódzkim jest mniejsza od opisywanych gmin lubuskich, gdyż zajmująca 125 km²; zalesiona w 22,6%, porównywalna jest natomiast względem zaludnienia: 5009 mieszkańców. Gęstość zaludnienia to 40 osób na 1 km². 75,9% ludzi korzysta z sieci kanalizacyjnej, a 54,4% z gazowej. Dochody ogółem wyniosły w 2012 roku 262,4 mln zł, z czego 245,8 mln zł to dochody własne. Udział bezrobotnych zarejestrowanych w liczbie ludności w wieku produkcyjnym to 7,5%.

Oddziaływanie nowej inwestycji będzie dużo szersze niż tylko wobec gmin bezpośrednio z nią związanych. Choć rzeczywiście one będą bezpośrednimi beneficjentami całości lub części kwot płynących z racji opłaty eksploatacyjnej, od nieruchomości, podatków dochodowych, opłaty za korzystanie ze środowiska, opłaty związane z odrobinieniem i wylesieniem gruntów i innych. Tym niemniej lokalizacja kompleksu wydobywczo-energetycznego w województwie lubuskim przyniesie nowy impuls rozwojowy dla całego regionu.

Wiele obserwowanych w województwie lubuskim do dnia dzisiejszego skutków transformacji ustrojowej początku lat 90-tych XX w. znajduje swoje odpowiedniki w skali całego kraju, niektóre jednak wydają się typowymi dla terenów ulokowanych peryferyjnie względem głównych ośrodków administracyjnych [Greinert 2012a,b,c]:

- eliminacja dużego przemysłu w początku lat 90. XX w.;
- powstanie dużych obszarów problemowych na terenach po PGR-owskich;
- niedostatek strategicznych, ponadregionalnych inwestycji infrastrukturalnych;
- rozproszenie małej i średniej wytwórczości w lokalnych strefach miejskich;
- brak lokalnych znaczących producentów energii;
- bardzo słabo rozwinięta sieć drogowa i kolejowa;
- niskie zainwestowanie w magistralne linie przesyłowe;

- pauperyzacja społeczności regionu;
- marginalizacja regionu w planistyce i strategiach ogólnokrajowych – poza tzw. Centralnym Szesciokątem, główne ośrodki 4 kategorii, powiązania wewnętrzne III rzędu.

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 (44% gruntów w klasach V i VI);
- 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:

- utworzenie nowych połączeń kolejowych przez teren województwa;
- powstanie dużego lokalnego dostawcy energii elektrycznej i ciepłej;
- budowa magistralnych linii przesyłowych;
- pozyskanie inwestycji celu ogólnokrajowego;
- konieczność zbudowania rynku pracy z szeroką i stabilną ofertą;
- konieczność podniesienia stopnia zamożności (siły nabywczej) mieszkańców regionu.

Większość z oczekiwanych zmian, celem uniknięcia sytuacji dalszej degradacji regionu, w tym jego wyludnienia co ma miejsce zwłaszcza w gminach o charakterze wiejskim położonych z dala od stolic województwa, może nastąpić wskutek powstania dużych inwestycji w sektory wymagające wielu pracowników o zróżnicowanych kwalifikacjach. Dodatkowo obecność dużego rynku pracy wskazuje na celowość kształcenia się, zarówno na szczeblu zawodowym, jak wyższym. Tym samym mogłoby dojść do zahamowania bardzo niekorzystnego trendu nakładającego się na spadek demograficzny – odpływu młodzieży celem kształcenia się poza granicami województwa (a nawet kraju). Dałoby to w następstwie możliwość rozwoju sektora edukacji i szkolnictwa wyższego ukierunkowanych na kształcenie przyszłych pracowników kompleksu, jak też inwestycji które niewątpliwie powstałyby jako satelitarne wobec kompleksu. Taką inwestycją jest niewątpliwie powołanie do życia kompleksu wydobywco-energetycznego Gubin-Brody.

WYDOBYCIE WĘGLA JAKO PRZYCZYNA DEGRADACJI POWIERZCHNI ZIEMI

Odkrywkowe wydobywanie surowców jest uważane (i słusznie) za przyczynę wieloczynnikowej i wielkoskalowej degradacji środowiska przyrodniczego.

Wynika to z samej technologii uzyskania dostępu do złoża eksploatowanego i jego eksploatacji. Wykopanie materiału budującego powierzchnię kilkadziesiąt a nawet kilkaset metrów powierzchni ziemi oznacza kres dotychczasowego krajobrazu (uznając go za najwyższy stopień organizacji środowiska przyrodniczego); fot. 1-2.

Dodatkowo, spalanie węgla brunatnego oznacza wysoka emisję CO₂ do powietrza atmosferycznego, liczoną na 101 kg CO₂·GJ⁻¹ [Kasztelewicz 2007].



Fot. 1-2. Degradacja powierzchni ziemi w trakcie funkcjonowania kopalni odkrywkowej węgla brunatnego
Phot. 1-2. The degradation of the earth's surface during the operation of lignite opencast mine

Czy utrata jakości powierzchni ziemi jest bezpowrotna? Odpowiedź na to pytanie wbrew pozorom nie jest prosta. Z punktu widzenia ekologa nie jest możliwe odtworzenie krajobrazu takim jaki był przed rozpoczęciem wydobywania. Jednak z punktu widzenia tzw. użytkownika docelowego jest to możliwe na zasadzie rekultywacyjnego odtworzenia gruntów ornych, powierzchni łąkowych, leśnych, zabudowanych i innych (fot. 1-4). Nawet z ekologicznego punktu widzenia należy pamiętać, że przed rozpoczęciem inwestycji tereny przejęte nie były nośnikami informacji o przyrodzie w pełni naturalnej. Większość terytorium naszego kontynentu, w tym naszego kraju, była w toku rozwoju osadnictwa przekształcana wielokrotnie, co doprowadziło do powstania krajobrazu antropogenicznego. Dotyczy to też pól uprawnych i lasów, co często jest w rozważaniach pomijane.

Względem docelowej formy zagospodarowania możliwa jest wręcz poprawa stanu pierwotnego – za sprawą organizacji przestrzeni zgodnej z nowymi trendami i wyznacznikami. Sto lat temu (a nawet zaledwie kilkadziesiąt) nikt nie myślał o zagospodarowaniu przestrzeni w duchu zrównoważonego rozwoju i ładu przestrzennego. Robiąc coś od nowa jest to nie tylko możliwe ale też prawnie wymagane (Ustawa Prawo Ochrony Środowiska, Ustawa o planowaniu

i zagospodarowaniu przestrzennym, Ustawa o lasach, Ustawa Prawo wodne, Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych i inne).

REKULTYWACJA TERENÓW POWYDOBYWCZYCH

Nie do końca jest społecznie uświadomione miejsce Polski w światowej myśli rekultywacyjnej. Szkoła krakowska prof. Skawiny i prof. Krzaklewskiego, szkoła wielkopolska prof. Bendera i prof. Gilewskiej, szkoła katowicka związana z pracownikami Instytutu Ekologii Terenów Uprzemysłowionych, szkoła lubelska prof. Barana i prof. Turskiego, czy też młodsze szkoły jak zielonogórska prof. Greinerta i prof. Draba, a także dorobek wielu profesorów i doktorów z innych uczelni (m.in. AGH z prof. Kasztelewiczem) oraz instytutów badawczych – zarówno w nauce, jak praktycznych realizacjach – każą nam być dumnymi z polskich osiągnięć w tym zakresie. Nie wolno nam też zapomnieć o licznej grupie inżynierów i techników – awangardzie we wdrażaniu opisanych działań.

Przeciwnicy wydobywania odkrywkowego węgla brunatnego wskazują często na przykłady niemieckie braku rekultywacji terenów powydobywczych. Obawiają się, że ten wariant będzie realizowany, m.in. w gminach Gubin i Brody, a tym samym po kopalni zostanie „wielka dziura w ziemi”. Jest w tym stwierdzeniu wiele nieścisłości. Rekultywacja terenów powydobywczych była i jest prowadzona różnymi metodami, z wykorzystaniem różnych technologii i technik, co ma doprowadzić do odmiennych wyników końcowych. Różne są drogi dochodzenia do wypracowania kierunków rekultywacji i zagospodarowania terenów zdegradowanych lub zdewastowanych. W Polsce, na ogół dzieje się to na etapie rozważań nad dokumentami planistycznymi szczebla gminnego (Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy, Miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego) lub wojewódzkiego (Plan zagospodarowania przestrzennego województwa). Kierunek rekultywacji zależy od potrzeb gospodarza terenu, jak i właściwości materiału poddanego procesowi rekultywacji, a ustalenia są powiązane z rozstrzygnięciami planów społeczno-gospodarczych, planów zagospodarowania przestrzennego oraz określeniami dotyczącymi ochrony środowiska przyrodniczego. Oznacza to, że w odniesieniu do krajobrazu po zakończeniu inwestycji wielką rolę do odegrania mają społeczności lokalne i ich przedstawiciele zasiadający w organach samorządowych. Na podstawie wyznaczonych kierunków, inwestor oraz eksperci w dziedzinie rekultywacji określają koncepcję rekultywacji, przedstawiając ją i dyskutując z gospodarzem danego terenu, aby finalnie przygotować uzgodniony, optymalny projekt. Podejście przyrodnicze jest kluczowym w konstrukcji koncepcji i projektu rekultywacji. Dogan i Kahrman [2008] sformułowali ideę skonstruowania w ramach działań rekultywacyjnych stabilnego długofalowo krajobrazu,

przy tym estetycznie i ekologicznie powiązanego z otoczeniem. Oznacza to z grubsza, że możliwe są do realizacji zarówno kierunki produkcyjne: rolny i leśny, jak też nieprodukcyjne: wodny i specjalny. Ostatni z wymienionych jest często uszczegóławiany, z racji zróżnicowania obranej docelowej użyteczności. Wskazuje się m.in. kierunki: infrastrukturalny (infrastrukturalny), rekreacyjny, zieleni miejskiej, budownictwa powszechnego i budownictwa drogowego (budowlany). W toku prac inżynieryjno-technicznych w ramach rekultywacji terenów pokopalnianych wykonywane są różne działania, w zależności od założonych wstępnie efektów docelowych. Przyjmując różne technologie rekultywacji, uzyskuje się różny sposób, poziom oraz tempo zasiedlenia terenu przez gatunki roślin i zwierząt.



Fot. 3-6. Rekultywacja terenów po wydobyciu węgla brunatnego w głównych docelowych kierunkach zagospodarowania terenu; powyżej okręg koniński, poniżej Łęknica i Sieniawa – woj. lubuskie
Phot. 3-6. Post-mining areas reclamation in the main directions of development of the target area; above the district of Konin, below Łęknica and Sieniawa - lubuskie province

Tak zwany „problem niemieckich terenów nie rekultywowanych” polega na nie zrozumieniu tak naprawdę w pełni świadomego podejścia władarzy tamtych

terenów i specjalistów – ekologów niemieckich do rekultywacji. Bradshaw [2000] oraz Wiegleb i Felinks [2001] zauważyli, że najodpowiedniejszym sposobem zasiedlenia terenów pokopalnianych przez roślinność jest zwrócenie się do naturalnie dokonujących się procesów, a więc mechanizmu sukcesji naturalnej – korzystnej zarówno z punktu widzenia ekologii, jak ochrony przyrody i tworzenia miejsc dla rekreacji. Sukcesję, zdaniem Bradshawa [2000] można wspomóc przez wyspowe nasadzenie roślin odznaczających się umiejętnością dalekiej propagacji – np. wśród drzew: wierzba, topola, brzoza i olsza, potrafią się rozsiać nawet na dystansie kilkuset metrów, aczkolwiek najczęściej w promieniu 20 m. Ten sam mechanizm dotyczy krzewów i roślin zielnych. Inną możliwością „startowego wprowadzenia” roślin jest naniesienie z zewnątrz materiału glebowego, bogatego w różnorodne nasiona roślin. Nie jest to więc pozostawienie terenów a świadomie prowadzone działanie, ukierunkowane na utworzenie wielu nisz ekologicznych, a tym samym na zapewnienie bioróżnorodności. Efekt ten jest aż nadto widoczny w postaci niespotykanego w starych ekosystemach zróżnicowania gatunkowego roślin i zwierząt nawet w stosunkowo małych odległościach. W Polsce ten model nie jest realizowany, a głównym nurtem jest tzw. introdukcja kierowana. Jest to model znany także na niemieckim rynku, wielokrotnie opisywany m.in. przez prof. Hüttla i jego współpracowników. Wielu autorów, m.in. Bender [1995], Greinert [1996], Krzaklewski i in. [1997], Baumann i in. [2006], Greinert i in. [2009], wskazało na świadomie kierowaną introdukcję jako dającą możliwość szerokiego wykorzystania terenów pokopalnianych, z produkcyjnym włączenie. Liczba gatunków drzew przydatnych do rekultywacji kwaśnych gruntów pokopalnianych, dodatkowo ubogich w składniki odżywcze, jest co prawda ograniczona ale wcale nie mała. W świetle badań na takich terenach sprawdziły się: sosna zwyczajna (*Pinus silvestris* L.), sosna czarna (*Pinus nigra* Arn.), dąb czerwony (*Quercus rubra* L.), lipa drobnolistna (*Tilia cordata* Mill.), dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.), brzoza brodawkowata (*Betula pendula* Roth), modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.) [Rumpel 1999, Haubold-Rosar 2004, Krzaklewski i in. 1997, Greinert i in. 2009]. Dodatkowo do tej grupy zaliczono olszę czarną (*Alnus glutinosa* Gaertn.) oraz olszę zieloną (*Alnus viridis* (Chaix) DC. in Lam. & DC.), dzięki ich zdolności do symbiotycznego korzystania z azotu atmosferycznego. Bungart i Hüttl [2001] zaproponowali, na przykładzie prowadzonych wieloletnich badań, możliwość prowadzenia na terenach pokopalnianych plantacji szybko rosnących drzew – topoli osiki (*Populus tremula* L.), osiki amerykańskiej (*Populus tremuloides* Michx.) i wierzby wiciowej (*Salix viminalis* L.) na potrzeby energetyki. Na terenach okręgu konińskiego (także innych) z powodzeniem przywraca się na terenach powydobywczych produkcję rolniczą. Selektywna gospodarka nadkładem daje możliwość uzyskania powierzchniowej depozycji materiałów gliniastych oraz piasków gliniastych o dużym potencjale uprawo-

wym. Tym samym, w toku rekultywacji uzyskuje się tereny o wysokiej żyzności gleb i dużej produktywności.

PODSUMOWANIE

Podsumowując, stwierdzić należy konieczność poszukiwań optymalnych dróg osiągnięcia bezpieczeństwa energetycznego Rzeczypospolitej Polskiej. Współczesne jego oparcie o wysoki import surowców wykazuje wiele wad, zwłaszcza w komplikującym się układzie polityczno-ekonomicznym. Intensyfikacja wykorzystania własnych surowców jest dobrym pomysłem na systematyczne uniezależnianie się od dostaw z zewnątrz. Zbudowanie potencjału regionalnego w oparciu o inwestycje celu ponadlokalnego jakimi są bez wątpienia utworzenie kompleksu wydobywczo-energetycznego wraz z szeregiem inwestycji towarzyszących, zbudowanie rynku pracy z szeroką i stabilną ofertą a w konsekwencji podniesienie stopnia zamożności (siły nabywczej) mieszkańców to konieczność dla wykonania skoku cywilizacyjnego, szczególnie w regionach o tradycyjnie niskim stopniu uprzemysłowienia. Utworzenie kompleksu wydobywczo-energetycznego Gubin-Brody niewątpliwie zmieniłoby sytuację regionu lubuskiego na mapie kraju. Zaistniałe efekty miałyby w moim przekonaniu nie tylko wymowę bezpośrednią (w postaci wpływów finansowych i zwiększenia liczby miejsc pracy), lecz także powstałby tzw. efekt ciągniony w postaci rozwoju wielosektorowego. Polska jest gotowa do podjęcia prac wydobywczych, wybudowania elektrowni, a także rekultywacji terenów zdegradowanych na najwyższym światowym poziomie. Także polskie prawo jest w tej mierze wystarczające, a w odniesieniu do innych państw (nawet sąsiednich) bardziej rygorystyczne, co pozwala na pozytywne nastawienie do planowanych działań.

LITERATURA

1. AGEB, AGEE-Stat, 2011. The electricity mix in Germany in 2010. www.renewables-in-germany.de.
2. BAUMANN K., RUMPELT A., SCHNEIDER B.U., MARSCHNER P., HÜTTL R.F., 2006. Seedling biomass and element content of *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* grown in sandy substrates with lignite *Geoderma* 136, Elsevier, 573-578.
3. BEDNARCZYK J., 2008: Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywania i przetwórstwa węgla brunatnego. Projekt celowy FORESIGHT. Redakcja "Górnictwa Odkrywkowego". Poltegor-Institut Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław.

4. BEDNARCZYK J., NOWAK A., 2010. Strategie i scenariusze perspektywicznego rozwoju produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego w świetle występujących uwarunkowań. *Górnictwo i Geoinżynieria*. Rok 34. Zeszyt 4. Kraków 2010.
5. BENDER J., 1995. Rekultywacja terenów pogórnich w Polsce. *Zesz. Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z.418, 75-85.
6. BIULETYN Urzędu Regulacji Energetyki nr 2(88) z 30 czerwca 2014 r.
7. BRADSHAW A., 2000. The use of natural processes in reclamation – advantages and difficulties. *Landscape and Urban Planning* 51, Elsevier, 89-100.
8. BUNGART R., HÜTTL R.F., 2001. Production of biomass for energy in post-mining landscapes and nutrient dynamics. *Biomass and Bioenergy* 20, Elsevier, 181-187.
9. DOGAN T., KAHRIMAN A., 2008. Reclamation planning for coal mine in Istanbul, Agacli Region. *Environ. Geol.* 56, Springer-Verlag, 109-117.
10. GREINERT A., 2012a. Budżet gmin Brody i Gubin na tle polskich gmin związanych z wydobywaniem węgla brunatnego. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego. Inżynieria Środowiska*, nr 148 (28), 5-14.
11. GREINERT A., 2012b. Nowa industrializacja województwa lubuskiego – Czy nie przegapimy szansy? *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego. Inżynieria Środowiska*, nr 147 (27), 95-105.
12. GREINERT A., 2012c. Węgiel brunatny szansą dla rozwoju województwa lubuskiego. *Węgiel Brunatny: Kwartalny Biuletyn Informacyjny*, nr 3/80.
13. GREINERT A., DRAB M., KOSTECKI J., FRUZIŃSKA R., 2013. Post-mining soils in Łęknica region [W:] *Technogenic soils of Poland* / ed. by P. Charzyński, P. Hulisz, R. Bednarek. Toruń: Polish Society of Soil Science, 233-253. ISBN: 978-83-934096-1-7.
14. GREINERT H., DRAB M., GREINERT A., 2008. Studia nad efektywnością leśnej rekultywacji zwałowisk fitotoksycznie kwaśnych piasków mioceńskich po byłej kopalni węgla brunatnego w Łęknicy. *Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego*; ISBN 978-83-7481-220-7.
15. GREINERT H., 1995. Wpływ podwyższonego poziomu nawożenia NPK na efektywność leśnej rekultywacji zwałowisk po kopalni węgla brunatnego. *ZPPNR*, z. 418, cz. 2, , 637-642.
16. GRÜNE LIGA, 2014. Ein Informationsangebot der Umweltgruppe Cottbus e.V. www.lausitzer-braunkohle.de.
17. GUS, 2014. *Energia*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
18. HAUBOLD-ROSAR M., 2004. Bergbaufolgelandschaften im Niederlausitzer Braunkohlenrevier-rechtliche, organisatorische und aktuelle wissenschaftliche Aspekte. *Roczniki Gleboznawcze. T.LV*, Nr 2, 173-184.
19. HÜTTL R.F., 1998. Ecology of post strip-mining landscapes in Lusatia, Germany. *Environmental Science and Policy* 1: 129-135.

20. KASIŃSKI J.R., MAZUREK S., PIWOCKI M., 2006. Waloryzacja i ranking złóż węgla brunatnego w Polsce. Prace Państwowego Instytutu Geologicznego. No. 187, Warszawa.
21. KASZTELEWICZ Z., 2007. Węgiel brunatny - optymalna oferta energetyczna dla Polski. Związek Pracodawców Porozumienie Producentów Węgla Brunatnego. Górnictwo Odkrywkowe, Bogatynia-Wrocław.
22. KASZTELEWICZ Z., 2011. Czy lubuskie złoża mogą zastąpić bełchatowskie zagłębie górniczo-energetyczne węgla brunatnego? Węgiel Brunatny: Kwartalny Biuletyn Informacyjny, nr 4/77.
23. KRZAKLEWSKI W., KOWALIK S., WÓJCIK J., 1997. Rekultywacja utworów toksycznie kwaśnych w górnictwie węgla brunatnego. Monografia. AGH Kraków.
24. KRZAKLEWSKI W., 1990. Leśna rekultywacja i biologiczne zagospodarowanie nieużytków przemysłowych. Akademia Rolnicza w Krakowie
25. MIN. GOSP., 2009. Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku. Załącznik 2 do Polityki energetycznej Polski do 2030 roku. Warszawa.
26. PPEP, 2014. Projekt Polityki energetycznej Polski do 2050 roku (wersja 0.1), Warszawa sierpień 2014.
27. RUMPEL C., 1999. Differenzierung und Charakterisierung pedogener und geogener organischer Substanz in forstlich rekultivierten Kippboden. Cottbuser Schriften zu Bodenschutz und Rekultivierung. Bd 5. BTU Cottbus.
28. US (Urząd Statystyczny w Zielonej Górze), 2013a. Statystyczne Vademecum Samorządowca, gmina wiejska Gubin, powiat krośnieński, Zielona Góra.
29. US (Urząd Statystyczny w Zielonej Górze), 2013b. Statystyczne Vademecum Samorządowca, gmina wiejska Brody, powiat żarski, Zielona Góra.
30. US (Urząd Statystyczny w Łodzi), 2013c. Statystyczne Vademecum Samorządowca, gmina wiejska Kleszczów, powiat bełchatowski, Łódź.
31. US (Urząd Statystyczny w Łodzi), 2013d. Statystyczne Vademecum Samorządowca, Województwo lubuskie. Zielona Góra.
32. WIEGLEB G., FELINKS B., 2001. Primary succession in post-mining landscapes of Lower Lusatia – chance or necessity. Ecological Engineering 17, 199-217.

BROWN COAL – CAN IT BE POLISH ENERGY RESOURCE FOR THE XXIST CENTURY?

S u m m a r y

Brown coal is used for energy, whose resources are counted in Poland for 100-300 years of operation assuming current share in the energy mix. Polish government economic plans involve intensification of economic development using own energy sources. Energy from renewable and other sources will also be required as part of the mix. Poland, besides of the raw material, has experience in its exploitation and development of coal, as well as land reclamation after extraction. This creates good prospects for both the country and the regions of occurrence of lignite. An important aspect of consideration is the impact of the creation of mining and energy complex Gubin-Brody along with a number of associated investments with new perspectives of communities of the western Polish region.

Key words: lignite, Gubin, Brody, brown-coal energy, post-mining areas reclamation



**UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI
WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ I ŚRODOWISKA
INSTYTUT INŻYNIERII ŚRODOWISKA**

ZAPRASZA DO PODJĘCIA STUDIÓW

**NA KIERUNKACH INŻYNIERIA ŚRODOWISKA
ORAZ ARCHITEKTURA KRAJOBRAZU**

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

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

Studia trzeciego stopnia **doktoranckie** (dotyczy kierunku inżynieria środowiska) 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

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>

Strona internetowa Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska:

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

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, do dokumentacji budowlanej i opracowań planistycznych;
- opracowań ekofizjograficznych;
- 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;
- projektów zagospodarowania terenów o różnej funkcjonalności.