

Szkoła
Główna
Gospodarstwa
Wiejskiego
w Warszawie

Przegląd Naukowy

Wydziału Inżynierii i Kształtowania Środowiska

Zeszyt 18

SCIENTIFIC REVIEW FACULTY OF ENGINEERING
AND ENVIRONMENTAL SCIENCES
WARSAW AGRICULTURAL UNIVERSITY
formerly
FACULTY OF LAND RECLAMATION
AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

ZESPÓŁ REDAKCYJNY

Andrzej Ciepielowski, Bonifacy Łykowski (przewodniczący), Mieczysław Połoński

RECENZENCI

Stanisław Biedugnis, Tomasz Brandyk, Andrzej Byczkowski, Wojciech Hyb, Janusz Kubrak, Zbigniew Lechowicz, Bonifacy Łykowski, Romuald Madany, Waldemar Misiak, Paweł Ogłęcki, Bogumiła Pawluśkiewicz, Henryk Pawłat, Ewa Pisarska, Tadeusz Siwiec, Alojzy Szymański, Beata Tarnawska-Kukawska

ADRES REDAKCJI

Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa
tel. 843 90 41 (61, 81) w. 11273 i 11769

Szkoła
Główna
Gospodarstwa
Wiejskiego
w Warszawie

Przegląd Naukowy

Wydziału Inżynierii i Kształtowania Środowiska
d. Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska

Spis treści *Contents*

PRACE ORYGINALNE

K. PIEKUT: Strategiczne Oceny Oddziaływania na Środowisko <i>Strategic Environmental Assessment</i>	3
H. KAZIEKO, L. KAZIEKO: Rozwiązanie nieliniowego zagadnienia konsolidacji gruntu <i>A solution of a non-linear problem of soil consolidation</i>	11
K. PACHUTA, I. WOJARSKA: Możliwości wykorzystania roślin do ekologicznego zagospodarowania wysypisk odpadów komunalnych <i>Plant arrangement possibilities in ecological management of municipal solid landfill</i>	25
K. PACHUTA, E. KODA, I. WOJARSKA: Flora a warunki siedliskowe wysypisk istotne w działaniach rekultywacyjnych przeprowadzanych z wykorzystaniem roślinności <i>Flora and habitat conditions essential in landfills remediation with the use of plants</i>	35
A. GUTKOWSKA, J. KOTOWSKA, B. PAWLUŚKIEWICZ: Stan roślinności na składowisku popiołów Elektrociepłowni „Siekierki” w Zawadach <i>The flora state on the ash dump of the Thermoelectric Power Plant Siekierki in Zawady</i>	47
P. OGŁECKI: Fauna kręgową doliny rzeki Jeziorzeczki na odcinkach o zróżnicowanym stopniu naturalności <i>The vertebrates of Jeziorzeczka river valley in its different naturalness sections</i>	57
D. GÓRSKI, L. HEJDUK, K. BANASIK: Nowe metody pomiarowe rumowiska unoszonego <i>New methods of measurements of suspended sediment in rivers</i>	69
B. ŁYKOWSKI: Wskaźnik temperatury efektywnej NTE w Ursynowie – SGGW <i>Effective temperature biometeorological indice NTE in the Ursynów-SGGW</i>	81
M. KLENIEWSKA: Wyniki badań zależności stężenia dwutlenku siarki od wilgotności względnej powietrza w Warszawie-Ursynowie <i>Results of the research on relationship between sulphur dioxide concentration and relative air humidity in Warsaw-Ursynów</i>	91
J. SZTYBER: Próba wykorzystania metody wskaźników IAP do oceny zanieczyszczenia powietrza w obszarze wpływów Petrochemii Płock SA <i>The attempt of index air purity IAP method use for the valuation of air pollution in the region of Petrochemia Plock SA influence</i>	101
B. BANASZKIEWICZ: Wieloletnie fluktuacje opadów atmosferycznych w Koszalinie <i>Multi-year fluctuations of atmospheric precipitation in Koszalin</i>	107
M. POŁONSKI: Struktura baz danych Systemu Informatycznego Zarządzania Projektem „Ochrona środowiska na terenach wiejskich” <i>Database structure of project management for „Rural Environment Protection Project”</i>	117

W. ROGIŃSKI, P. WICHOWSKI, J. BIEŃKOWSKI: Badania stopnia odwadniania osadów ściekowych przy zastosowaniu wirówki	
<i>The research on sewage sludge dehydration degree using centrifuge</i>	129
M. KALENIK: Wykorzystanie metody graficznej do projektowania kanalizacji ciśnieniowej	
<i>A design of pressure sewer system by using the graphical method</i>	137
A. WANKE: Odpływ drenowania systematycznego na gruntach ornych w Puczniewie koło Łodzi	
<i>Systematic drainage network outflow from arable land at Puczniew near Łódź</i>	145
A.P. KOZIOŁ: Rozmiary podłużnych makrowirów w korycie o złożonym przekroju poprzecznym	
<i>Longitudinal sizes of the largest eddies in the compound channel</i>	151
A. OSIŃSKI: Budowa dróg rolniczych z wykorzystaniem gruntów rodzimych	
<i>Rural road pavement construction with use local material</i>	161

DONIESIENIA NAUKOWE

J. WYSOCKI: Kataster jako baza danych dla Krajowego Systemu Informacji o Terenie	
<i>The cadastre as a base of the data for the Land Information System</i>	169
G. ADAMCZYK, M. POŁOŃSKI: Program do kosztorysowania ZUZIA '99	
<i>The program for cost calculations ZUZIA '99</i>	173
T. ROZBICKI: Obliczenie potencjalnego przyrostu plonu pszenicy ozimej metodą optymalnych opadów atmosferycznych	
<i>Assessment of winter wheat yield potential increase using the optimum of rainfall method</i>	181

OPRACOWANIA RÓŻNE

J. MAŁEK, P. HEWELKE: Międzynarodowe Forum Zarządzania Środowiskowego ISO 14000 „Nasza wspólna przyszłość”	185
J.D. van MANSVELT, M.J. van der LUBBE: <i>Checklist for sustainable landscape management</i> . Lista sprawdzająca dla zrównoważonego zarządzania krajobrazem (recenzja: K. PIEKUT)	189

© Copyright by Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2000

Projekt okładki i strony tytułowej – Barbara Werbanowska
 Redaktor – Jan Kirijsow
 Redaktor techniczny – Krystyna Piotrowska
 Korekta – Jadwiga Rydzewska

ISBN 83-7244-142-1

Druk: P.P. EVAN, 02-629 Warszawa, ul. Pilicka 11

Kazimierz PIEKUT

Katedra Kształtowania Środowiska SGGW

Department of Environmental Management WAU

Strategiczne Oceny Oddziaływania na Środowisko Strategic Environmental Assessment

Wstęp

Od czasu wprowadzenia Ocen Oddziaływania na Środowisko (OOŚ) jako formalnego narzędzia państwa realizacji polityki środowiskowej minęło już trzydzieści lat. W tym czasie świat i Polska zmieniły się znacznie. Podpisano m.in. Konwencję w Espoo (1991), Deklarację w Rio (1992), Konwencję w Aarhus (1998). Polska jak i wiele innych państw chce rozwijać się w sposób demokratyczny, a zrównoważony rozwój został wpisany do nadrzędnych aktów prawnych, w tym także do Konstytucji.

Wykonywane w latach siedemdziesiątych pierwsze OOŚ skupiały się jedynie na środowisku przyrodniczym. W latach osiemdziesiątych skutki społeczne i ekonomiczne zostały szeroko uznane za niezbędny składnik Ocen Oddziaływania na Środowisko. W latach 90. międzynarodowe agencje promujące rozwój z finansowania infrastruktury przeszły do sterowania poprzez programy doradcze, przede wszystkim polityki rozwoju państw w kierunku rozwoju zrównowa-

żonego. W tej sytuacji konwencjonalne podejście do oceny oddziaływania poszczególnych inwestycji nie zapewnia już uzyskania wymaganych standardów środowiskowych, niezbędnych do osiągnięcia trwałego rozwoju.

Cele, definicja i problemy

W celu lepszego promowania idei rozwoju zrównoważonego obecny system OOŚ dla pojedynczych projektów inwestycji wymaga dalszego doskonalenia i poszerzenia o wpływy kumulacyjne, pośrednie i interakcję wpływów (Walker i Jonson 1999). Tradycyjne podejście do ocen wymaga rozszerzenia „w górę” do całych sektorów i założeń programów i polityk (Goodland 1996). Obecne doskonalenie „tradycyjnych ocen” obejmuje najczęściej następujące obszary:

1. Ulepszanie OOŚ na poziomie projektu i tworzenie takich mechanizmów, w których OOŚ stają się narzędziami wpływającymi na układ projektu równoległe i w takim samym stopniu

co możliwości techniczne i technologiczne.

2. Wprowadzanie w szerszym zakresie „Regionalnych OOS”, kiedy specyficzny obszar (zlewnia, powiat) wpi-sywany jest na listę dla kilku pro-jektów przedsięwzięć i inwestycji.
3. Rutynowe i systematyczne włącza-nie oddziaływań kumulacyjnych, gdy proponowany projekt jest doda-wany do istniejących już na danym obszarze obiektów, z uwzględnie-niem także przewidywanych proje-któw. Ocena synergii pomiędzy pro-ponowanymi projektami, już istnie-jącymi i planowanymi w przewidy-walnej przyszłości zmierzają w kie-runku Strategicznych Ocen Środowi-ska (Bisset 1997).

Oceny oddziaływania na środowisko dotyczące działań ponad poziom poszczególnego projektu nazywane są Oce-nami Strategicznymi. Obejmują one dwa obszary działań:

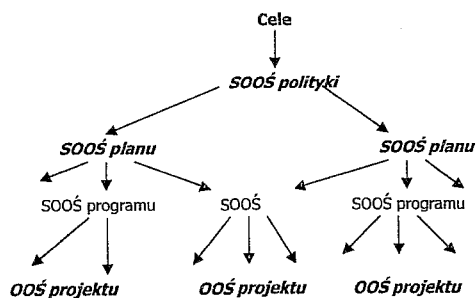
1. OOS dla całych sektorów, np. ener-getyka, transport, rolnictwo, powin-ny być wykonane przed wyborem na-stępnego projektu w danym sektorze. Taka ocena nazywa się Sektorową OOS.
2. OOS dokonywane na etapie tworze-nia założeń programu i polityki, np. projektowanie założeń zmian strukturalnych, polityki kredytowej, przy układaniu budżetu. Ocena Oddziały-wania na Środowisko planów, pro-gramów, polityk, narodowych bu-dżetów, ustaw i porozumień mię-dzynarodowych jest oceną strategi-czną.

Dalsze rozszerzanie Strategicznych Ocen prowadzi je w kierunku „Oceny Zrównoważenia Rozwoju” (Sadler 1999).

Według Therivel i in. (1994), Strate-giczna Ocena Oddziaływania na Środo-wisko to: „Formalny, systematyczny i wszechstronny proces oceny wpływu na środowisko polityki, planu lub programu i ich wariantów alternatywnych, przygo-towanie pisemnego raportu zawierające-go konkluzje i wnioski oraz wykorzysta-nie konkluzji i wniosków w podejmowa-niu publicznie odpowiedzialnej decyzji”.

Ocena Oddziaływania na Środowi-sko polityk, planów i programów (PPP) musi uwzględniać fakt, że ich skutki śro-dowiskowe są znacznie ważniejsze niż oddziaływania pojedynczych projektów. Zatem proces szacowania środowisko-wych skutków na poziomie strategicz-nym nie może być taki sam jak na pozio-mie pojedynczego projektu. W literaturze wszystkie polityki, plany i programy są ogólnie opisywane jako działania „strate-giczne”. Jednak nie są one tym samym i wymagają one najczęściej różnych form i metod szacowania przewidywanych od-działywań. Polityka ogólnie jest definio-wana jako inspiracja i przewodnik do działań, przez plan rozumie się zespół skoordynowanych działań mających na celu wprowadzenie w życie polityki, program zaś oznacza zestaw projektów – przedsięwzięć w poszczególnych obsza-rach.

Ujmując ogólnie, polityka dostarcza ram dla ustanowienia planów, plany do-starczają ram dla określania programów, programy zaś prowadzą do projektów – poszczególnych przedsięwzięć w okre-ślonych obszarach gospodarki. Schemat



RYSUNEK 1. Poziomy strategicznych OOŚ i OOŚ (według Glassona i in. 1994)

FIGURE 1. Levels of SEA and EIA

powiązań Strategicznych Ocen dla PPP i ocen dla projektów przedstawiono na rysunku 1.

Fazy procesu tworzenia planów, programów i polityk (PPP) oraz procesu Strategicznej Oceny Oddziaływania na Środowisko [SOOS] w układzie powią-

zań pomiędzy nimi przedstawiono na rysunku 2. Różnice pomiędzy Ocenami Oddziaływania na Środowisko a Strategicznymi Ocenami Oddziaływania na Środowisko podano w tabeli 1. Porównując różnice można dostrzec, że strategiczne oceny różnią się od tradycyjnych ocen pod wielu względami. Najbardziej widoczne jest to, że SOOS jest proaktywnym – inicjującym narzędziem dla zarządzania środowiskiem, podczas gdy tradycyjna ocena jest wykorzystywana reaktywnie do szacowania wpływu na środowisko poszczególnych propozycji inwestycji. Tradycyjne oceny skupiają się na ograniczaniu i zmniejszaniu negatywnych oddziaływań środowiskowych proponowanej działalności. Ocena Strategiczna zajmuje się także uzasadnieniem ich celowości i lokalizacji. Strategiczna oce-

TABELA 1. Różnice pomiędzy OOŚ i SOOS (Strategic Environmental Assessment – SEA, CSIR Report ENV/S – RR 96001)

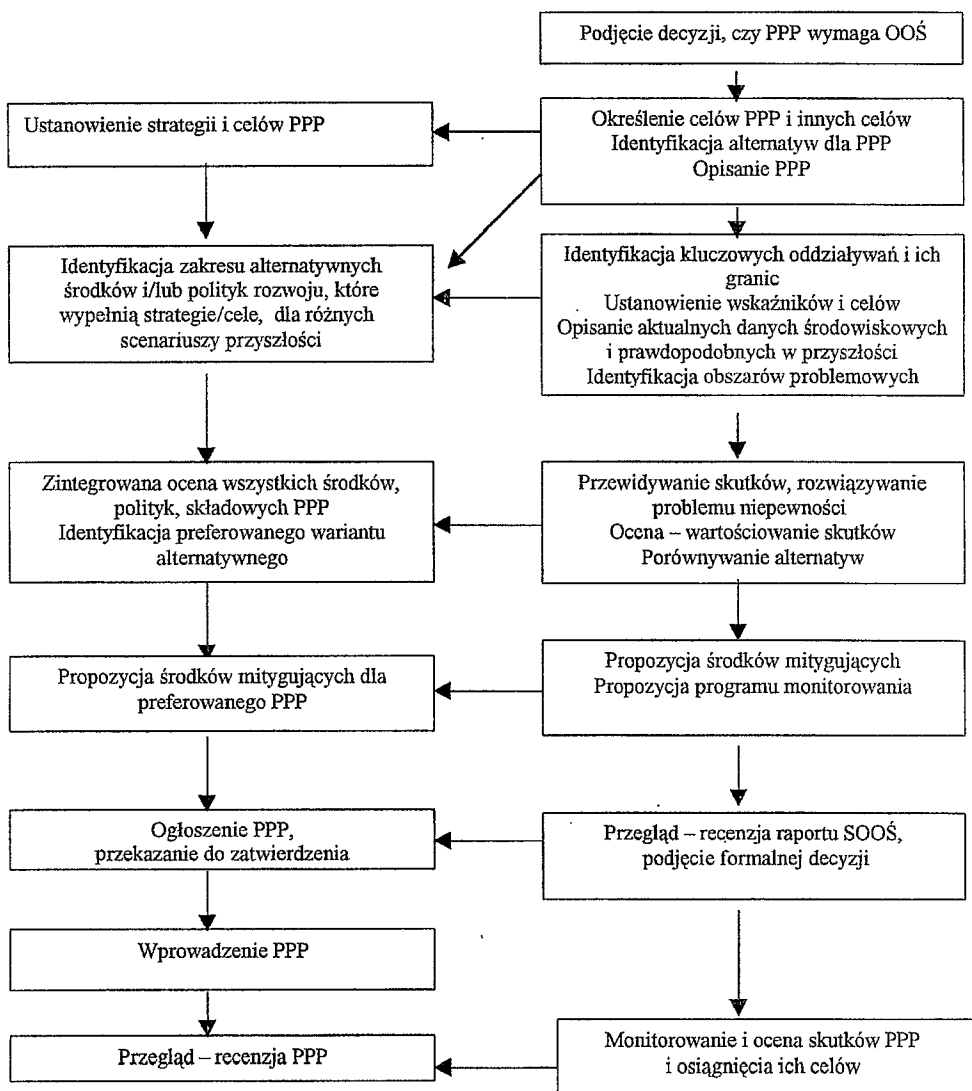
TABLE 1. Differences between EIA and SEA

Ocena Oddziaływania na Środowisko OOŚ – EIA	Strategiczna Ocena Oddziaływania na Środowisko SOOS – SEA
Jest reaktywna w stosunku do propozycji rozwoju* (inwestycji)	Jest proaktywna i informacyjna dla propozycji rozwoju
Ocenia wpływ proponowanego przedsięwzięcia na środowisko	Ocenia wpływ środowiska na możliwości i potrzeby rozwoju
Skierowana jest do poszczególnego projektu rozwoju	Adresowana do obszarów, regionów lub sektorów rozwoju
Ma dobrze zdefiniowany początek i koniec	Jest procesem ciągłym, mającym na celu dostarczanie informacji we właściwym czasie
Ocenia bezpośrednie skutki i korzyści	Ocenia skutki kumulacyjne i identyfikuje implikacje i problemy dla trwałego rozwoju
Jest skupiona na mitygowaniu negatywnych oddziaływań	Jest skupiona na utrzymaniu wybranego poziomu jakości środowiska
Wąska perspektywa i wysoki poziom szczegółowości	Szeroka perspektywa i niski poziom szczegółowości dla dostarczenia ogólnej wizji
Skupia się na właściwych dla danego projektu skutkach	Tworzy ramy, w których skutki i korzyści mogą być mierzone

*Projekt rozwoju to takie przedsięwzięcie, które przyczynia się do lepszego wykorzystania zasobów środowiska, zatem nie każde przedsięwzięcie inwestycyjne jest rozwojem.

Proces tworzenia PPP

Proces SOOŚ



RYSUNEK 2. Fazy procesu tworzenia planów, programów i polityk (PPP) oraz procesu Strategicznej Oceny Oddziaływania na Środowisko (SOOŚ) i powiązania pomiędzy nimi (Nelson 1998)
FIGURE 2. Stages in plan, program and policy – making process and links with SEA process

na jest przeprowadzana na różnych etapach procesu tworzenia planów, programów i polityk, a OOS na różnych etapach procesu inwestycyjnego.

Ogólnie ujmując, OOS oceniają przede wszystkim wpływ rozwoju (inwestycji) na środowisko, a SOOS analizują wpływ środowiska na możliwości rozwoju i potrzebę rozwoju. Zatem SOOS mogą poprawić efektywność polityk, programów i planów oceniając je przez pryzmat dochodzenia do rozwoju zrównoważonego.

Wprowadzenie Zintegrowanych Systemów Zarządzania Środowiskiem powoduje, że Strategiczne Oceny Środowiskowe stają się bardzo przydatne dla lepszego połączenia zarządzania środowiskiem z proponowanymi planami, programami i politykami (rys. 3). Celowość wprowadzania tu SOOS wynika z:

- zapewnienia, że problemy środowiskowe są uwzględniane w proaktywny sposób w politykach, programach i planach,
- poprawy oszacowania kumulacyjnych oddziaływań na środowisko ze średnich i niższych inwestycji związanych z wielkimi projektami,

- skupienia się na rozwoju zrównoważonym.

Wprowadzanie Strategicznych Ocen Oddziaływania na Środowisko wymaga pokonania wielu zarówno technicznych, jak i proceduralnych barier. Z technicznej strony wiele potencjalnie przyszłych przedsięwzięć rozrzuconych będzie na nie sprecyzowanym bliżej obszarze. Prowadzić to może do analitycznej złożoności. Informacje o istniejących i przewidywanych, przyszłych warunkach środowiskowych są zwykle ograniczone i mało dokładne. Także informacje o lokalizacji przyszłych propozycji projektów, o ich naturze i skali są zwykle bardzo ograniczone. Powoduje to, że wpływy przyszłych przedsięwzięć nie mogą być precyzyjnie oszacowane. Ponadto, duża liczba i różnorodność wariantów alternatywnych do rozważenia dalej komplikuje proces szacowania. Wymagania odnośnie włączania szeroko rozumianej opinii publicznej w proces oceny często dodatkowo ocenę i proces komplikuje.

Plany, programy i polityki z reguły nie mają przejrzystych granic, na których jedne się kończą, a rozpoczynają się następne (Nelson 1998). Dla przykładu, nie

RYSUNEK 3. Schemat powiązania SOOS i OOS dla Zintegrowanego Zarządzania Środowiskiem
FIGURE 3. Scheme of relation of SEA and EIA in the framework of Integrated Environmental Management



jest możliwe w pełni rozróżnić użytkowanie ziemi, rozwój rolnictwa, leśnictwa, ponieważ wpływają one na siebie wzajemnie. Efekty planu, programu czy polityki są silnie determinowane przez sposób ich interpretacji w czasie implementacji. Ponadto, proces formowania polityk jest złożony, a wśród stron zaangażowanych w formowanie polityki występują silne naciski licznych grup interesu. Tworzenie polityki jest procesem politycznym. Decydenci zawsze będą ważyć implikacje środowiskowych skutków PPP w szerszym kontekście swoich własnych interesów i tych ich składowych. Nie przez wszystkich polityków i istniejące administracje rządowe SOOŚ postarzane są jako korzystny dla nich proces, gdyż mogą powodować one spory kompetencyjne.

Stan i perspektywy

Pomimo przedstawionych problemów, rozszerzenie OOŚ na polityki, plany i programy jest zjawiskiem coraz bardziej powszechnym. Elementy SOOŚ stosowane są już przez kilka dekad w Kalifornii w planach użytkowania ziemi. Kanada, Nowa Zelandia, Republika Południowej Afryki, Australia i Holandia opracowały przewodniki do sporządzania Strategicznych Ocen Środowiskowych. W Wielkiej Brytanii aspekty środowiskowe muszą być rozważane równolegle z ekonomiczną i społeczną analizą polityki rozwoju w planach użytkowania ziemi. Holandia ma najbardziej ściśle podejście do integracji OOŚ z polityką przemysłową i oczyszczaniem odpadów.

W Holandii Strategiczna Ocena Środowiskowa jest wymagana od 1987 roku, obecnie prawo w tym zakresie ulega dalszemu wzmocnieniu.

W Unii Europejskiej od kilku lat pracuje się nad dyrektywą dotyczącą strategicznych ocen środowiskowych. Projekt takiej dyrektywy (COM/96/511) z późniejszymi zmianami (Council of the European Union 2000), którego przyjęcie przewidywane jest jeszcze w tym roku, nakłada obowiązek przeprowadzania systematycznej oceny oddziaływania na środowisko wszystkich planów i programów w sektorach rolnictwo, leśnictwo, rybołówstwo, energetyka, przemysł, transport, gospodarka odpadami, gospodarka wodna, telekomunikacja, turystyka i użytkowanie ziemi, które ustanawiają ramy dla wydawania pozwoleń na realizację projektów wymienionych w załączniku I i II Dyrektywy 85/337/EEC z późniejszymi poprawkami (Dyrektywa 97/11/EC). W myśl tej Dyrektywy, obowiązek ten dotyczy będzie także wszystkich planów i programów, które mogą mieć istotny wpływ na środowisko, wymagających oceny zgodnie z Dyrektywą 92/43/EEC i jej ostatnimi poprawkami (97/62/EC). Dyrektywie tej nie będą podlegać plany i programy, których celem jest obrona narodowa i bezpieczeństwo cywilne, plany i programy finansowe i budżetowe oraz plany i programy związane z Funduszami Strukturalnymi. W przypadku tych ostatnich planów i programów podlegają one ocenie według odrębnych przepisów ustanawianych dla Funduszy Strukturalnych.

Procedury związane z ograniczaniem negatywnych dla środowiska skutków

Funduszy Strukturalnych są najbardziej ugruntowanymi i powszechnie stosowanymi Ocenami Strategicznymi w państwach Unii Europejskiej. W 1993 roku zostały wprowadzone specjalne wymagania dotyczące oceny wpływu na środowisko planów strukturalnych (Council Regulation EEC No 2081/93). Rozporządzenie to nakłada obowiązek wykonania oceny wpływu na środowisko regionalnych planów zmian społeczno-ekonomicznych przed ich przedłożeniem do rozpatrzenia przez Komisję i podjęciem decyzji dotyczącej współfinansowania przedłożonego planu.

W krajach mniej rozwiniętych przykłady stosowania Strategicznych Ocen Oddziaływania na Środowisko są mniej liczne. Wprowadzanie ich w tych krajach hamują ograniczenia finansowe, instytucjonalne i ludzkie. W krajach rozwijających się wprowadzanie ŚOOŚ promują międzynarodowe agencje rozwojowe, np. Bank Światowy, Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju itp. (World Bank 1995). W krajach Europy Środkowo-wschodniej strategiczne oceny promowane są ostatnio przez programy pomocowo-przystosowawcze ISPA i SAPARD, których celem jest także poznanie procedur Unii Europejskiej w zakresie sporządzania planów rozwoju i programów operacyjnych przez kraje kandydujące.

W celu dostosowania polskiego prawa do prawodawstwa środowiskowego Unii Europejskiej, a w szczególności do zapisów zawartych w projekcie dyrektywy dotyczącej strategicznych ocen oddziaływania na środowisko, Konwencji w Espoo i Konwencji w Aarhus, obecnie w procesie legislacyjnym znajduje się

projekt ustawy o postępowaniu w sprawie ocen oddziaływania na środowisko i dostępie do informacji o środowisku i jego ochronie oraz projekt ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Sas-Bojarska i Tyszecki 2000). W rządowym projekcie ustawy z 22 grudnia 1999 roku o postępowaniu w sprawie ocen oddziaływania na środowisko oraz o dostępie do informacji o środowisku i jego ochronie wprowadza się obowiązek przeprowadzania postępowania OOŚ w stosunku do projektów koncepcji polityki przestrzennego zagospodarowania, a także projektów polityk, strategii planów lub programów, których realizacja może istotnie wpływać na środowisko.

Chociaż projekt ten ma wiele mankamentów, a jego treść nie jest w pełni zgodna z wymaganiami Unii i konwencji, szczególnie w kwestiach dotyczących jawności i udziału społeczeństwa w procesach podejmowania decyzji w dziedzinie ochrony środowiska (Jendrośka 2000), to stanowi on kolejny krok w procesie tworzenia ram prawnych promowania ochrony środowiska i rozwoju społeczno-gospodarczego w Polsce. Wprowadzenie w Polsce strategicznych ocen oddziaływania na środowisko do codziennej praktyki, jako narzędzia osiągnięcia rozwoju zrównoważonego, wymagać będzie jednak pokonania kolejnych barier instytucjonalnych i ludzkich, merytorycznych i metodycznych.

Literatura

Council of the European Union. Common position adopted by the Council with a view to the adaptation of a Directive of the European

- Parliament and of the Council on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment*. Brussels, 20 March 2000 (OR. en) 5685/00.
- Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making and Access To Justice In Environmental Matters*. Economic Commission for Europe, Committee on Environmental Policy. Fourth Ministerial Conference „Environment for Europe”, Aarhus, Denmark, 23–25 June 1998. ECE/CEP/43.
- GLASSON J., THERIVEL R., CHADWICK A. 1994: *Widening the scope: strategic environmental assessment*. In: *Introduction to Environmental Impact Assessment*. UCL Press Limited. 299–315.
- GOODLAND R. 1996: *Strategic Environmental Assessment – Strengthening the Environmental Assessment Process*. NATO Strategic Environmental Assessment. Institute of Environmental Protection, Warsaw, November 6–10: pp. 39.
- JENDROŠKA J. 2000: *Rządowy projekt ustawy o postępowaniu w sprawie ocen oddziaływania na środowisko oraz o dostępie do informacji o środowisku i jego ochronie*. *Problemy Ocen Środowiskowych* 1[8]: 32–37.
- NELSON P. 1998: *Environmental Planning, Design and Management*. Course Paper Summer University, Central European University. Budapest.
- Proposal of Council Directive on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment*. COM/96/0511 FINAL – SYN 96/0304. Official Journal No. C 129, 25/04/1997 P. 0014.
- SADLER B. 1999: *Sustainability and EIA/SEA*. EIA Newsletter 18. University of Manchester.
- SAS-BOJARSKA A., TYSZECKI A. 2000: *Wcho-
dzą oceny strategiczne. Cz. I. Problemy Ocen Środowiskowych* 1[8]: 13–17.
- Strategic Environmental Assessment (SEA) A Primer* 1996: Division of Water, Environment and Forest Technology, CSIR Report ENV/S-RR 96001, Stellenbosch 7599: 1–16.
- THERIVEL R., PARTIDARIO M.R., 1996: Ed. *The Practice of Strategic Environmental Assessment*. Earthscan Publication Limited, London, pp. 206.
- WORLD BANK 1995: *Monitoring environmental progress*. Washington D.C., The Word Bank, (ESD march Draft): 72p.
- WALKER L. J., JOHNSTON J. 1999: *Guidelines for the Assessment of Indirect and Cumulative Impacts as well as Impact Interactions*. EC DG XI. Environment, Nuclear Safety & Civil Protection. Hyder, NE80328/D1/3.

Summary

The development of the EIA process and its evolution towards Sustainability Assessment were presented in the paper. Aim, definition, main stages in the SEA process and links with policy, program and plan-making process and main differences between EIA and SEA were characterised. Difficulties and problems with SEA implementation were given. The status of the SEA Legislation in the European Union and in Poland and perspective of the SEA implementation in Poland were also presented.

Author's address:

Kazimierz Piekut
Warsaw Agricultural University – SGGW
02–787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
Poland

Rozwiązanie nieliniowego zagadnienia konsolidacji gruntu* A solution of a non-linear problem of soil consolidation

Sformułowanie zagadnienia

Zagadnienie konsolidacji warstwy trójfazowego gruntu rozpatrywano w pracach Kazieko (1994, 1995a, 1995b, 1996, 1999). Osiadanie warstwy gruntu pod wpływem obciążenia i związane z tym określenie nadwyżki ciśnienia porowego, jako funkcji współrzędnej (pionowej) i czasu, można sprowadzić do rozwiązania układu nieliniowych równań różniczkowych. Porównanie rozwiązań teoretycznych z wynikami badań laboratoryjnych pozwala określić parametry gruntu niezbędne do obliczeń konsolidacji.

Jednowymiarowe zagadnienie konsolidacji nasyconego wodą gruntu można zapisać za pomocą następującego układu równań (Florin 1961):

$$(1.1) \quad \begin{aligned} A_1 \frac{\partial H}{\partial t} &= \frac{1}{\gamma} \frac{\partial q}{\partial t} + B_1 \frac{\partial s}{\partial t} + C_1 \frac{\partial}{\partial x} \left(D_1 \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \phi_1 \\ A_2 \frac{\partial H}{\partial t} &= B_2 \frac{\partial s}{\partial t} + C_2 \frac{\partial}{\partial x} \left[D_2 \left(\frac{\partial H}{\partial x} - 1 \right) \right] + E_2 \left(\frac{\partial H}{\partial x} - 1 \right)^2 + \phi_2 \end{aligned}$$

gdzie:

$$(1.2) \quad \begin{aligned} \phi_1 &= \left[k_1 \left(\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right) + G_1 \frac{\partial s}{\partial x} \right] \int_0^x F_1 \left(\frac{1}{\gamma} \frac{\partial q}{\partial t} - \frac{\partial H}{\partial t} \right) dx \\ \phi_2 &= \left[k_2' \left(\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma} \right) + k_2'' \left(\frac{\partial H}{\partial x} - 1 \right) + G_2 \frac{\partial s}{\partial x} \right] \int_0^x F_2 \left(\frac{1}{\gamma} \frac{\partial q}{\partial t} - \frac{\partial H}{\partial t} \right) dx \end{aligned}$$

$$(1.3) \quad A_1 = 1 - \frac{\alpha[\varepsilon - (1+\varepsilon)s]}{a\beta_0\rho(1-s)}; \quad B_1 = C_1 = \frac{1+\varepsilon}{a\gamma(1-s)}$$

$$(1.4) \quad D_1 = k k_w^*; \quad k_1 = 1 + \varepsilon;$$

$$(1.5) \quad G_1 = \frac{-(1+\varepsilon)^2}{(1-s)a\gamma}; \quad F_1 = \frac{a\gamma}{(1+\varepsilon)^2};$$

$$(1.6) \quad A_2 = \frac{\alpha}{1+\varepsilon} + s + \frac{s(1+\varepsilon) + \alpha\varepsilon}{ap}; \quad B_2 = -\frac{1+\varepsilon}{a\gamma};$$

$$(1.7) \quad C_2 = \frac{(1+\varepsilon)\mu_w}{a\gamma\mu_g}; \quad D_2 = k k_g^*;$$

$$(1.8) \quad E_2 = \frac{(1+\varepsilon)k k_g^* \mu_w}{a p \mu_g}; \quad k_2' = s(1+\varepsilon);$$

$$(1.9) \quad k_2'' = \frac{s(1+\varepsilon)^2}{a p}; \quad G = \frac{(1+\varepsilon)^2}{a \gamma}; \quad \beta_0 = \frac{RT}{\mu};$$

$$(1.10) \quad \sigma = q + \gamma h - \gamma H; \quad p = p_0 + \gamma H - \gamma x.$$

Dla cienkiej warstwy gruntu, rozpatrywanej w warunkach laboratoryjnych, gdy $q \geq \gamma h$ można przyjąć:

$$(1.11) \quad \sigma = q - \gamma H; \quad p = p_0 + \gamma H.$$

Wielkości ε , k , k_w^* , k_g^* , podobnie jak w pracy Edil (1984), można aproksymować za pomocą następujących zależności empirycznych:

$$(1.12) \quad \varepsilon = \varepsilon_0 - c \ln(1 + b\sigma);$$

$$(1.13) \quad k = A \exp \beta \varepsilon;$$

$$(1.14) \quad k_w^* = \left(\frac{0,8 - \sigma_g}{0,8} \right)^{3,5} \quad \text{dla} \quad 0 \leq \sigma_g \leq 0,8;$$

$$k_w^* = 0 \quad \text{dla} \quad 0,8 \leq \sigma_g \leq 1;$$

$$k_g^* = 0 \quad \text{dla} \quad 0 < \sigma_g \leq 0,1;$$

$$(1.15) \quad k_g^* = \left(\frac{\sigma_g - 0,1}{0,9} \right)^{3,5} [1 + 3(1 - \sigma_g)] \quad \text{dla} \quad 0,1 \leq \sigma_g \leq 1,$$

gdzie
$$\sigma_g = s \left(1 + \frac{1}{\varepsilon} \right).$$

We wzorach (1.1) – (1.15) przyjęto następujące oznaczenia:

- x – współrzędna pionowa,
- t – czas,
- H – nadwyżka ciśnienia porowego,
- s – objętość powietrza w jednostce objętości gruntu,
- s_0 – wartość początkowa s ,
- ε – wskaźnik porowatości,
- ε_0 – wartość początkowa ε ,
- p – ciśnienie w porach,
- p_0 – ciśnienie atmosferyczne,
- $q = q(t)$ – obciążenie jednostkowe konsolidowanej warstwy,
- σ – efektywne naprężenie w gruncie,
- k – współczynnik filtracji wody przy pełnym nasyceniu,

k_w^* – względna fazowa przenikalność dla wody,
 k_g^* – względna fazowa przenikalność dla powietrza (gazu),
 σ_g – nasycenie ośrodka porowatego powietrzem,
 a – współczynnik ściśliwości gruntu,
 ρ – gęstość wody,
 γ – ciężar objętościowy wody,
 γ_m – ciężar objętościowy gruntu,
 α – współczynnik rozpuszczalności powietrza,
 R – stała gazowa,
 μ – molekularny ciężar powietrza,
 T – temperatura absolutna,
 μ_w – lepkość wody,
 μ_g – lepkość powietrza (gazu),
 A, β, c, b – stałe liczbowe.

Rozpatrywana warstwa gruntu ma nieprzepuszczalną górną granicę i drenaż w dolnej części. Warunki początkowe i brzegowe odpowiadające powyższym założeniom są następujące:

$$\begin{aligned}
 H &= 0 & \text{dla } t &= 0, \\
 \frac{\partial H}{\partial x} &= 0, \quad \frac{\partial s}{\partial x} = 0 & \text{dla } x &= h, \\
 H &= 0 & \text{dla } x &= 0.
 \end{aligned}$$

Założono ponadto, że przyłożone obciążenie zmienia się w czasie zgodnie z zależnościami:

$$\begin{aligned}
 q &= \theta t & \text{dla } 0 \leq t &\leq T_0, \\
 q &= \theta T_0 & \text{dla } t &\geq T_0.
 \end{aligned}$$

Rozwiązanie zagadnienia metodą różnic skończonych

Algorytm rozwiązania zagadnienia konsolidacji gruntu opisanego układem równań (1.1) i warunkami początkowymi oraz brzegowymi do rzeczywistych charakterystyk gruntu i obciążeń został opracowany przy założeniu, że zawartość powietrza w porach jest niewielka.

W płaszczyźnie współrzędnych x i t tworzona jest prostokątna siatka z węzłami x_i^j, t^j :

$$x_i^0 = i\Delta x; \quad t^j = j\Delta t, \quad \begin{matrix} i = 0, 1, 2, \dots, N \\ j = 0, 1, 2, \dots \end{matrix}$$

gdzie: Δx – początkowy krok wzdłuż osi x ,
 Δt – krok wzdłuż osi t ,
 N – liczba kroków względem x .

Uwzględniając możliwość powstawania dużych deformacji przyjęto, że siatka zmienia się wraz z upływem czasu zgodnie z następującymi zależnościami:

$$\Delta x_i^j = \Delta x (1 - e_{xi}^{j-1}); \quad x_i^j = \sum_{k=1}^j \Delta x_k^i; \quad h^j = x_N^j$$

gdzie: e_{xi}^{j-1} określone jest za pomocą wzoru (4.1). Dla każdego węzła (x_i, t^j) określamy odpowiednie funkcje siatkowe H_i^j i s_i^j . W celu rozwiązania układu (1.1) został zastosowany niejawnym schemat różnic skończonych:

$$\begin{aligned} & \left\{ 1 - \frac{\alpha[\varepsilon - (1+\varepsilon)s]}{a\beta\rho(1-s)} \right\}_i^{j+1} \frac{H_i^{j+1} - H_i^j}{\Delta t} = \left(\frac{1}{\gamma} \frac{\partial q}{\partial t} \right)_i^{j+1} + \left(\frac{1+\varepsilon}{a\gamma(1-s)} \right)_i^{j+1} \frac{s_i^{j+1} - s_i^j}{\Delta t} + \\ & + \left(\frac{1+\varepsilon}{a\gamma(1-s)} \right)_i^{j+1} \frac{(kk_w^*)_{i+1}^{j+1} - (kk_w^*)_i^{j+1}}{\Delta x} \frac{H_{i+1}^{j+1} - H_i^{j+1}}{\Delta x} + \left(\frac{1+\varepsilon}{a\gamma(1-s)} kk_w^* \right)_i^{j+1} \frac{H_{i+1}^{j+1} - 2H_i^{j+1} + H_{i-1}^{j+1}}{\Delta x^2}; \\ (2.1) \quad & \left\{ \frac{1}{1-\alpha} \left[\frac{\alpha}{1+\varepsilon} + s + \frac{s(1+s)(1-\alpha) + \alpha\varepsilon}{pa} \right] \right\}_i^{j+1} \frac{H_i^{j+1} - H_i^j}{\Delta t} = \\ & = \left(\frac{(1+\varepsilon)\mu_w}{a\gamma(1-\alpha)\mu_g} \right)_i^{j+1} \left(\frac{H_{i+1}^{j+1} - H_i^{j+1}}{\Delta x} - 1 \right) \frac{(kk_g^*)_{i+1}^{j+1} - (kk_g^*)_i^{j+1}}{\Delta x} + \\ & + \left(\frac{(1+\varepsilon)\mu_w}{a\gamma(1-\alpha)\mu_g} kk_g^* \right)_i^{j+1} \frac{H_{i+1}^{j+1} - 2H_i^{j+1} + H_{i-1}^{j+1}}{\Delta x^2} \left(\frac{1+\varepsilon}{a\gamma} \right)_i^{j+1} \frac{s_i^{j+1} - s_i^j}{\Delta t} + \\ & + \left(\frac{(1+\varepsilon)kk_g^*\mu_w}{ap\mu_g} \right)_i^{j+1} \left[\frac{H_{i+1}^{j+1} - H_i^{j+1}}{\Delta x} - 1 \right]^2; \\ & H_N^{j+1} = H_{N-1}^{j+1}; \quad H_0^{j+1} = 0; \quad s_N^{j+1} = s_{N-1}^{j+1}; \quad i = 1, 2, \dots, N-1. \end{aligned}$$

Równania (2.1) dla węzłów wewnętrznych $0 < i < N$ w momencie czasu $j+1$ prowadzą do układu $2(N-1)$ równań nieliniowych z niewiadomymi H_i^{j+1} i s_i^{j+1} . Układ ten można rozwiązać za pomocą prostej iteracji. Mianowicie, układ (2.1) zostaje zamieniony na układ algebraicznych równań liniowych z niewiadomymi H_i^{k+1} i s_i^{k+1} :

$$\begin{aligned} (2.1) \quad & \left\{ 1 - \frac{\alpha[\varepsilon - (1+\varepsilon)s]}{a\beta\rho(1-s)} \right\}_i^k \frac{H_i^{k+1} - H_i^k}{\Delta t} = \left(\frac{1}{\gamma} \frac{\partial q}{\partial t} \right)_i^k + \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} \frac{\partial h}{\partial t} \right)_i^k + \left(\frac{1+\varepsilon}{a\gamma(1-s)} \right)_i^k \frac{s_i^{k+1} - s_i^k}{\Delta t} + \\ & + \left(\frac{1+\varepsilon}{a\gamma(1-s)} \right)_i^k \frac{(kk_w^*)_i^{k+1} - (kk_w^*)_i^k}{\Delta x} \frac{H_{i+1}^k - H_i^k}{\Delta x} + \left(\frac{1+\varepsilon}{a\gamma(1-s)} kk_w^* \right)_i^k \frac{H_{i+1}^{k+1} - 2H_i^{k+1} + H_{i-1}^{k+1}}{\Delta x^2}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(2.3) \quad & \left\{ \frac{1}{1-\alpha} \left[\frac{\alpha}{1+\varepsilon} + s + \frac{s(1+\varepsilon)(1-\alpha) + \alpha\varepsilon}{pa} \right] \right\}_i^k \frac{H_i^{k+1} - H_i^j}{\Delta t} = \\
& = \left(\frac{(1+\varepsilon)\mu_w}{a\gamma(1-\alpha)\mu_g} \right)_i^k \left(\frac{H_{i+1}^k - H_i^k}{\Delta x} - 1 \right) \frac{(kk_g^*)_{i+1}^k - (kk_g^*)_i^k}{\Delta x} + \\
& + \left(\frac{(1+\varepsilon)\mu_w}{a\gamma(1-\alpha)\mu_g} kk_g^* \right)_i^k \frac{H_{i+1}^{k+1} - 2H_i^{k+1} + H_{i-1}^{k+1}}{\Delta x^2} - \left(\frac{1+\varepsilon}{a\gamma} \right)_i^k \frac{s_i^{k+1} - s_i^j}{\Delta t} + \\
& + \left(\frac{(1+\varepsilon)kk_g^*\mu_w}{ap\mu_g} \right)_i^k \left[\frac{H_{i+1}^k - H_i^k}{\Delta x} - 1 \right]^2;
\end{aligned}$$

$$(2.4) \quad H_N^{k+1} = H_{N-1}^{k+1}; \quad s_N^{k+1} = s_{N-1}^{k+1}; \quad H_0^{k+1} = 0; \quad i = 1, 2, \dots, N-1.$$

Pierwsze przybliżenie funkcji H_i^k i s_i^k stanowią ich wartości w momencie czasu $t - \Delta t$:

$$H_i^1 = H_i^j, \quad s_i^1 = s_i^j.$$

Zakończenie procesu iteracyjnego następuje wtedy, gdy przyjmując:

$$H_i^{j+1} = H_i^{k+1}, \quad s_i^{j+1} = s_i^{k+1}$$

spełnione są następujące warunki:

$$\max_i |H_i^{k+1} - H_i^k| < \varepsilon |H_i^{k+1}|, \quad \max_i |s_i^{k+1} - s_i^k| < \varepsilon |s_i^{k+1}|,$$

gdzie: ε – dopuszczalny błąd w określeniu funkcji H_i^k i s_i^k .

Wprowadzając oznaczenia:

$$\begin{aligned}
R_1^{ik} &= \left(1 - \frac{\alpha[\varepsilon - (1+\varepsilon)s]}{a\beta\rho(1-s)} \right)_{ik}; \quad R_2^{ik} = \left(\frac{1}{\gamma} \frac{\partial q}{\partial t} \right)_{ik}; \quad R_3^{ik} = \left(\frac{1+\varepsilon}{a\gamma(1-s)} \right)_{ik}; \\
R_4^{ik} &= \left[(kk_w^*)_{i+1}^k - (kk_w^*)_i^k \right] \frac{H_{i+1}^k - H_i^k}{\Delta x^2} \left(\frac{1+\varepsilon}{a\gamma(1-s)} \right)_i^k; \quad R_5^{ik} = \left(\frac{1+\varepsilon}{a\gamma(1-s)} kk_w^* \right)_i^k; \\
Q_1^{ik} &= \left(\frac{1}{1-\alpha} \left[\frac{\alpha}{1+\varepsilon} + s + \frac{s(1+\varepsilon)(1-\alpha) + \alpha\varepsilon}{pa} \right] \right)_i^k; \\
Q_2^{ik} &= \left(\frac{(1+\varepsilon)\mu_w}{a\gamma(1-\alpha)\mu_g} \right)_i^k \left(\frac{H_{i+1}^k - H_i^k}{\Delta x} - 1 \right) \frac{(kk_g^*)_{i+1}^k - (kk_g^*)_i^k}{\Delta x}; \quad Q_3^{ik} = \left(-\frac{1+\varepsilon}{a\gamma} \right)_i^k; \\
Q_4^{ik} &= \left(\frac{(1+\varepsilon)kk_g^*\mu_w}{ap\mu_g} \right)_i^k \left(\frac{H_{i+1}^k - H_i^k}{\Delta x} - 1 \right)^2; \quad Q_5^{ik} = \left(\frac{(1+\varepsilon)\mu_w}{a\gamma(1-\alpha)\mu_g} kk_g^* \right)_i^k.
\end{aligned}$$

równania (2.2) i (2.3) przyjmują postać:

$$(2.5) \quad R_1^{ik} \frac{H_i^{k+1} - H_i^j}{\Delta t} = R_2^{ik} + R_3^{ik} \frac{s_i^{k+1} - s_i^j}{\Delta t} + R_4^{ik} + R_5^{ik} \frac{H_{i+1}^{k+1} - 2H_i^{k+1} + H_{i-1}^{k+1}}{\Delta x^2};$$

$$(2.6) \quad Q_1^{ik} \frac{H_i^{k+1} - H_i^j}{\Delta t} = Q_2^{ik} + Q_3^{ik} \frac{s_i^{k+1} - s_i^j}{\Delta t} + Q_4^{ik} + Q_5^{ik} \frac{H_{i+1}^{k+1} - 2H_i^{k+1} + H_{i-1}^{k+1}}{\Delta x^2}, \quad i=1,2,\dots,N-1.$$

Otrzymany układ $2(N-1)$ równań algebraicznych może być sprowadzony do postaci trójdzielnej, co zmniejszy liczbę równań dwa razy. Istotnie, dodając równanie (2.5) pomnożone przez Q_3^{ik} do równania (2.6) pomnożonego przez $-R_3^{ik}$ i grupując współczynniki H_{i+1}^{k+1} , H_i^{k+1} , H_{i-1}^{k+1} otrzymujemy następujący układ $N-1$ równań:

$$(2.7) \quad A_i^k H_{i+1}^{k+1} - B_i^k H_i^{k+1} + C_i^k H_{i-1}^{k+1} = D_i^k$$

gdzie:

$$A_i^k = C_i^k = \frac{Q_5^{ik} R_3^{ik} - R_5^{ik} Q_3^{ik}}{\Delta x^2}, \quad -B_i^k = 2A_i^k - \frac{R_1^{ik} Q_3^{ik} - Q_1^{ik} R_3^{ik}}{\Delta t}$$

$$D_i^k = (R_1^{ik} Q_3^{ik} - Q_1^{ik} R_3^{ik}) \frac{H_i^j}{\Delta t} + R_2^{ik} Q_3^{ik} - Q_2^{ik} R_3^{ik} + R_4^{ik} Q_3^{ik} - Q_4^{ik} R_3^{ik}$$

Ponadto s_i^{k+1} otrzymuje się w następującej postaci:

$$s_i^{k+1} = \left[\frac{R_5^{ik}}{\Delta x^2} (2H_i^{k+1} - H_{i+1}^{k+1} - H_{i-1}^{k+1}) + \frac{R_1^{ik}}{\Delta t} (H_i^{k+1} - H_i^j) + \frac{R_1^{ik}}{\Delta t} s_i^j - R_2^{ik} - R_4^{ik} \right] \frac{\Delta t}{R_3^{ik}}, \quad i=1, 2, \dots, N-$$

Rozwiązanie układu (2.7) z uwzględnieniem warunków brzegowych prowadzi do następujących wyników:

$$\gamma_i = -\frac{C_i}{B_i + A_i \gamma_{i+1}}; \quad \delta_i = \frac{A_i \delta_{i+1} - D_i}{B_i + A_i \gamma_{i+1}}; \quad 1 \leq i < N$$

$$\gamma_N = -\frac{C_N}{B_N} = -1; \quad \delta_N = -\frac{D_N}{B_N} = 0;$$

$$H_{i+1} = \delta_{i+1} - \gamma_{i+1} H_i, \quad 0 \leq i < N,$$

$$H_0 = \frac{\delta_1 A_0 - D_0}{B_0 + \gamma_1 A_0} = 0;$$

$$A_0 = C_0 = D_0 = A_N = D_N = 0,$$

$$B_0 = B_N = C_N = -1.$$

Przybliżone warunki podobieństwa i ocena rozwiązań

Do oceny proponowanych rozwiązań przeprowadzono analizę warunków podobieństwa procesu konsolidacji dla warstw gruntu „R” (rzeczywistość) i „M” (model).

Miażdżość tych warstw oznaczono odpowiednio przez h_R i h_M . Ponadto wprowadzono skalę po współrzędnej i po czasie: h_R, h_M, T_R, T_M .

W skali T_R i T_M można przyjąć jakiegokolwiek punkty charakterystyczne na wykresie zależności obciążenia od czasu, np. czas wzrostu obciążenia T_0 .

Współrzędne i czasy w odpowiadających sobie punktach można zapisać w postaci:

$$(3.1) \quad x_R = \zeta h_R; \quad x_M = \zeta h_M$$

$$(3.2) \quad t_R = \tau T_R; \quad t_M = \tau T_M$$

Dla cienkiej warstwy można przyjąć, że:

$$\frac{\partial H}{\partial x} \geq 1 \quad \text{i} \quad \frac{\partial H}{\partial x} \geq \frac{\gamma_R - \gamma}{\gamma}.$$

Uwzględniając powyższe nierówności i dokonując zamiany zmiennych w równaniach układu

(1.1) zgodnie z (3.1) i (3.2) równania konsolidacji dla warstwy „R” przyjmą postać:

$$(3.3) \quad \begin{aligned} A_1' \frac{\partial H_R'}{\partial t} &= \frac{1}{\gamma} \frac{\partial q_R'}{\partial \tau} + B_1' \frac{\partial s_R'}{\partial \tau} + \frac{T_R}{h_R^2} + C_1' \frac{\partial}{\partial \zeta} \left(D_1 \frac{\partial H_R'}{\partial \zeta} \right) + \phi_1'; \\ A_2' \frac{\partial H_R'}{\partial \tau} &= B_2' \frac{\partial s_R'}{\partial \tau} + \frac{T_R}{h_R^2} C_2' \frac{\partial}{\partial \zeta} \left(D_2' \frac{\partial H_R'}{\partial \zeta} \right) + \frac{T_R}{h_R^2} E_2' \left(\frac{\partial H_R'}{\partial \zeta} - 1 \right)^2 + \phi_2'; \end{aligned}$$

gdzie:

$$\begin{aligned} \phi_1' &= \left(k_1' \frac{\partial H_R'}{\partial \zeta} + G_1' \frac{\partial s_R'}{\partial \zeta} \right) \int_0^{\zeta} \left(\frac{1}{\gamma} \frac{\partial q_R'}{\partial \tau} - \frac{\partial H_R'}{\partial \tau} \right) d\zeta; \\ \phi_2' &= \left(k_2' \frac{\partial H_R'}{\partial \zeta} + G_2' \frac{\partial s_R'}{\partial \zeta} \right) \int_0^{\zeta} F_2' \left(\frac{1}{\gamma} \frac{\partial q_R'}{\partial \tau} - \frac{\partial H_R'}{\partial \tau} \right) d\zeta. \end{aligned}$$

Współczynniki $A_1', B_1', \dots, G_2', F_2'$ są funkcjami q_R', H_R' i s_R' oraz parametrów gruntu. W przypadku niejednorodnej warstwy gruntu parametry gruntu zależą od współrzędnej.

Żałono, że w punktach odpowiadających dla warstw „R” i „M” parametry gruntu są jednakowe.

Wówczas:

$$A_1' = A_1(q_R', H_R', s_R', \zeta), \quad B_1' = B_1(q_R', H_R', s_R', \zeta).$$

Przyjęto, że do warstw „R” i „M” przyłożone są obciążenia, mające jednakowe wartości w odpowiadających momentach czasu, tzn.

$$(3.4) \quad q_R'(\tau) = q_M'(\tau).$$

Ponadto założono, że warunki początkowe i brzegowe w odpowiadających momentach czasu i w odpowiadających punktach są jednakowe dla warstw „R” i „M”. W tym przypadku równania konsolidacji w zmiennych ζ i τ dla tych warstw pokrywają się, jeśli

$$(3.5) \quad \frac{T_R}{T_M} = \frac{h_R^2}{h_M^2}.$$

Zatem w odpowiadających punktach i odpowiadających momentach czasu funkcje H i s są jednakowe dla warstw „R” i „M”.

Analiza rozwiązań układu (1.1) i tego układu z pominięciem wyrazów zawierających ϕ_1 i ϕ_2 dowodzi, że wyrazy te nie wpływają w istotny sposób na rozwiązanie. Dlatego też w dalszej analizie zajęto się równaniami konsolidacji (1.1), pomijając wyrazy zawierające ϕ_1 i ϕ_2 .

Dokonując w równaniach (1.1) zamiany zmiennych zgodnie z (3.2) i przyjmując, że obciążenia w odpowiadających warstwach „R” i „M” momentach czasu są równe oraz:

$$(3.6) \quad T_R A_R = t_M A_M$$

otrzymujemy równania konsolidacji jednakowe dla warstw „R” i „M”.

Warunki podobieństwa (3.4), (3.5), (3.6) pozwalają zmniejszyć liczbę wariantów rozwiązań przy różnych wartościach h i współczynnika A , występującego we wzorze (1.13). Ponadto warunki podobieństwa (3.4) i (3.6) można wykorzystać do określenia filtracyjnych parametrów gruntów poprzez porównanie teoretycznych rozwiązań z wynikami eksperymentalnymi.

Rozważając chwilowe przyłożenie obciążenia do cienkiej warstwy rozwiązanie można otrzymać drogą prostszą, nie rozwiązując układu równań różniczkowych (1.1).

Zaniedbując filtrację cieczy i gazu można w tym przypadku posłużyć się zależnością (Florin 1961):

$$(3.7) \quad \chi = \frac{p_0}{p} (\chi_0 + \alpha) - \alpha.$$

Uwzględniając to, że wilgotność ω nie zmienia się przy szybkim wzroście obciążenia, mamy:

$$(3.8) \quad \omega = \omega_0,$$

gdzie: ω_0 – wartość początkowa ω , zaś:

$$(3.9) \quad \omega = \frac{\varepsilon \gamma}{(1 + \chi) \Delta},$$

gdzie: Δ – ciężar właściwy stałych cząstek gruntu.

Uwzględniając (3.7), (3.8) i (3.9), warunek równowagi (1.11) oraz zależność (1.12) otrzymujemy dwa równania:

$$(3.10) \quad \begin{aligned} \frac{\gamma H}{p_0} &= \frac{(\chi_0 + \alpha)\varepsilon_0}{\varepsilon(\chi_0 + 1) - (1 - \alpha)\varepsilon_0} - 1; \\ \frac{\gamma H}{p_0} &= \frac{q}{p_0} + \frac{1}{p_0 b} \left(1 - \exp \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon}{c} \right). \end{aligned}$$

Znalezione w tych równaniach wielkości H i ε wykorzystane zostały do porównania z rozwiązaniem równań konsolidacji przy szybkim powiększaniu obciążenia w warstwie gruntu.

Wyniki obliczeń

W celu jakościowej i ilościowej analizy rozwiązań przedstawionego wyżej zagadnienia konsolidacji gruntów przeprowadzono obliczenia numeryczne, przyjmując:

$$p_0 = 1000 \text{ G/cm}^2; \quad \gamma = 1,00 \text{ G/cm}^3; \quad \alpha = 0,019; \quad \varepsilon_0 = 0,62; \quad A = 2,2 \cdot 10^{-10} \text{ cm/s}; \\ b = 65 \cdot 10^{-5} \text{ G/cm}^2; \quad c = 62 \cdot 10^{-3}; \quad T_0 = 20 \text{ s};$$

za s_0 , β i $q(t)$ przyjmowano różne wartości. Grubość warstwy $h = 10 \text{ cm}$. Dla innych wartości h wyniki określone są wzorem (3.5). Powyższe dane otrzymano z Instytutu Hydromelioracyjnego w Moskwie.

Oprócz obliczenia H i s dokonano obliczeń w każdym punkcie deformacji e_x , osiadania ξ , wilgotności ω i naprężenia w szkielecie gruntu σ według następujących zależności:

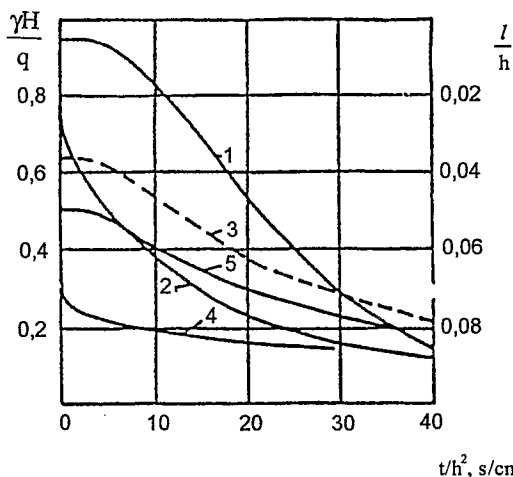
$$(4.1) \quad e_x = \frac{c \ln(1 + b\sigma)}{1 + \varepsilon_0};$$

$$(4.2) \quad \xi = \int_0^x e_x dx; \quad \omega = \frac{\gamma}{\Delta} [\varepsilon - s(1 + \varepsilon)];$$

$$(4.3) \quad \sigma = q(t) - \gamma H.$$

Na rysunku 1 przedstawione są zależności ciśnień (przy $x = h$) i odpowiadającego im osiadania gruntu $\left(\frac{l}{h} \right)$ od czasu, przy obciążeniu 20 kG/cm^2 .

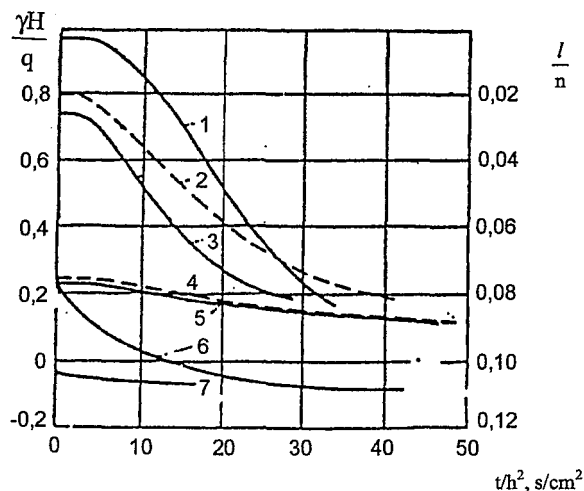
Krzywa 1 odpowiada ciśnieniu przy początkowej zawartości powietrza $s_0 = 0,02$. Osiadanie w tym przypadku przedstawia krzywa 2. Krzywe 5 i 4 przedstawiają odpowiednio zależności ciśnień i osiadań od czasu dla $s_0 = 0,0765$ ($\chi_0 = 0,25$). Krzywa 3 (przerywana linia) odpowiada ciśnieniu przy tych samych parametrach gruntu i obciążenia, co krzywa 5.



RYSUNEK 1. Zależność nadwyżki ciśnień (przy $x = h$) i odpowiadającego im osiadania gruntu ($\frac{l}{h}$) od czasu przy obciążeniu $q = 20 \text{ kG/cm}^2$ oraz $s_0 = 0,02$ (krzywe 1 i 2), $s_0 = 0,0765$ (krzywe 3, 4, 5)

FIGURE 1. Relationships between excess pore pressure (at $x = h$), soil strains ($\frac{l}{h}$) and time when load $q = 20 \text{ kG/cm}^2$, and $s_0 = 0,02$ (curves 1 and 2), $s_0 = 0,0765$ (curves 3, 4, 5)

Rysunek 2 przedstawia zależności ciśnienia i osiadania dla obciążenia $q = 40 \text{ kG/cm}^2$. Krzywa 1 odpowiada ciśnieniu przy $s_0 = 0,02$, krzywe 3 i 6 przedstawiają zmianę ciśnienia i osiadania przy $s_0 = 0,0765$. Początkowej zawartości powietrza $s_0 = 0,12$ ($\chi_0 = 0,46$) odpowiadają krzywe ciśnienia 5 i osiadania 7. Krzywe 2 i 4 oznaczone przerywaną linią przedstawiają rozwiązania przybliżone, otrzymane w pracy Gibsona (1981) przy tych samych parametrach gruntu, co krzywe 3 i 5.



RYSUNEK 2. Zależność nadwyżki ciśnień (przy $x = h$) i odpowiadającego im osiadania gruntu ($\frac{l}{n}$) od czasu przy obciążeniu $q = 40 \text{ kG/cm}^2$ oraz $s_0 = 0,02$ (krzywa 1), $s_0 = 0,0765$ (krzywe 2, 3 i 6), $s_0 = 0,12$ (krzywe 4, 5 i 7)

FIGURE 2. Relationships between excess pore pressure (at $x = h$), soil strains ($\frac{l}{n}$) and time when load $q = 40 \text{ kG/cm}^2$, and $s_0 = 0,02$ (curve 1), $s_0 = 0,0765$ (curves 2, 3, 6), $s_0 = 0,12$ (curves 4, 5 and 7)

Z pokazanych wykresów wynika, że czas wzrostu obciążenia ($T_0 = 20 \text{ s}$) jest znacznie mniejszy od czasu relaksacji ciśnienia. Dlatego też można przyjąć, że obciążenie przyłożone do warstwy jest chwilowe i ciśnienie wyznaczone z układu równań (1.1) powinno pokrywać się z rozwiązaniem układu (3.10).

Porównanie powyższych rozwiązań wykazało, że największa rozbieżność między nimi nie przekracza 2%.

Podsumowanie

Analiza wyników obliczeń wykazuje, że przy małej zawartości powietrza w gruncie ($s_0 = 0,02$) obciążenie prawie w całości przenosi się na wodę, ciśnienie przyjmuje wartość bliską $\frac{q}{\gamma}$ i naprężenie w szkieletcie gruntu w momencie przyłożenia obciążenia jest niewielkie (krzywa 1 na rys. 1 i 2). Dlatego osiadanie powierzchni warstwy przy $t = T_0$ istotnie różni się od końcowego osiadania (krzywa 2 – rys. 1).

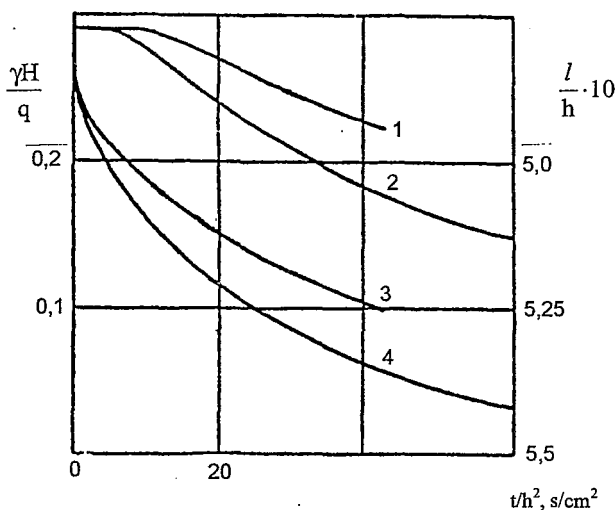
W miarę wzrostu początkowej objętości powietrza w gruncie ($s = 0,0765$) osiadanie w momencie przyłożenia obciążenia jest zbliżone do końcowego osiadania gruntu (krzywa 4 – rys. 1, krzywa 6 – rys. 2). Jest to uwarunkowane mniejszymi wartościami ciśnienia, powstającego w gruncie pod wpływem obciążenia i odpowiednio dużymi naprężeniami

w szkielecie gruntu. Przy dalszym wzroście ilości powietrza w gruncie ($s = 0,12$) ciśnienie wskutek przyłożenia obciążenia jest niewielkie i całe obciążenie przenosi się na szkielet gruntu (krzywa 5 – rys. 2). Powstające przy tym osiadanie praktycznie jest takie, jak osiadanie końcowe (krzywa 7 – rys. 2).

Na rysunku 1 i 2 krzywe oznaczone linią przerywaną odpowiadają ciśnieniom obliczonym w przybliżeniu przy założeniu, że powietrze w gruncie jest ściśnięte i nie przemieszcza się pośród szkieletu gruntu. Ciśnienia te, jak wynika z porównania krzywych 3, 5 (rys. 1), a także krzywych 2, 3 i 4, 5 (rys. 2), mają wartości większe niż ciśnienia obliczone drogą teoretyczną. Różnicę tę można wyjaśnić tym, że w obliczeniach teoretycznych uwzględnia się filtrację fazy gazowej, która zmniejsza nadwyżkę ciśnienia w gruncie.

Ze wzoru (3.6) wynika, że zmiana parametru A występującego we wzorze na współczynnik filtracji (1.13) jest ekwiwalentna zmianie skali czasu.

Wpływ drugiego parametru β we wzorze (1.13) pokazano na rysunku 3, na którym krzywe 1 i 2 przedstawiają ciśnienie porowe, krzywe 3, 4 – odkształcenie dla $q = 6 \text{ kG/cm}^2$ i $s_0 = 0,07$ przy dwóch wartościach β . Krzywe 1 i 3 odpowiadają wartości $\beta = 12$, krzywe 2 i 4 wartości $\beta = 13$.



RYSUNEK 3. Zależność nadwyżki ciśnień (przy $x = h$) i odpowiadającego im odkształcenia gruntu ($\frac{l}{h}$) od czasu przy obciążeniu $q = 6 \text{ kG/cm}^2$, $s_0 = 0,07$ oraz $\beta = 12$ (krzywe 1 i 3), $\beta = 13$ (krzywe 2 i 4).

FIGURE 3. Relationships between excess pore pressure (at $x = h$), soil strains ($\frac{l}{h}$) and time when load $q = 6 \text{ kG/cm}^2$, and $s_0 = 0,07$ and $\beta = 12$ (curves 1 and 3), $\beta = 13$ (curves 2 and 4)

Jeśli skalę czasu dla krzywych 1 i 3 zmniejszyć 1,7 razy, to krzywe te będą pokrywać się z krzywymi 2 i 4. Zatem zmniejszając skalę czasu można otrzymać zgodność eksperymentalnych krzywych osiadania, ciśnienia porowego itd. z krzywymi otrzymanymi drogą teoretyczną i w ten sposób określić współczynnik filtracji na podstawie danych eksperymentalnych. Sposób taki pozwoli istotnie podnieść dokładność określenia parametrów występujących w obliczeniach konsolidacji gruntów.

Literatura

- EDIL T.B., MOCHAR N.E. 1984: *Prediction of peat settlement*. Proc. Of. Symp. Sedimentation. Models. ASCE, 411–424.
- FLORIN W.A. 1961: *Osnovy miechaniki gruntow*. Gosstrojizdat, t. 2.
- GIBSON R.E., SCHIFFMAN R.L., CARGILL K.W. 1981: *The theory of one dimentional consolidation of saturaded clays. II. Finite nonlinear consolidation of thick homonegous layers*. Can. Geot. J. 18, 280–293.
- KAZIEKO H., KAZIEKO L. 1994: O nieliniowym zagadnieniu konsolidacji ośrodka trójfazowego. *Przegl. Nauk. Wydz. MiIS, SGGW*, z. 6.
- KAZIEKO H., KAZIEKO L. 1995: O rozwiązaniu nieliniowych zagadnień konsolidacji gruntów. *Przegl. Nauk. Wydz. MiIS, SGGW*, z. 7.
- KAZIEKO H., KAZIEKO L. 1998: Nieliniowe zagadnienie konsolidacji warstwy trójfazowego gruntu. *Przegl. Nauk. Wydz. MiIS, SGGW*, z. 14.
- KAZIEKO H., KAZIEKO L. 1996: Rozwiązanie nieliniowego jednowymiarowego zagadnienia konsolidacji gruntów. *Przegl. Nauk. Wydz. MiIS, SGGW*, z. 12.
- KAZIEKO H., KAZIEKO L. 1999: Nieliniowe zagadnienie konsolidacji gruntu. *Przegl. Nauk. Wydz. MiIS, SGGW*, z. 17.

Summary

A solution of a non-linear problem of soil consolidation. The paper presents the numerical solution of one – dimensional consolidation of soil with variation in soil properties during consolidation course. A finite – difference solution of a non-linear-dimensional of soil consolidation is studied for a time-varying region and arbitrary boundary conditions. The calculation of pressure as a function of the coordinate and time included the variations,

occurring the compression process and pore water flow in the volume of entrapped air was carried out.

Author's address:

H. Kaziuko, L. Kaziuko

Warsaw Agricultural University – SGGW

02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166

Poland

*Z uwagi na bardzo rozbudowane wzory artykuł złożono jednołamowo.

Kinga PACHUTA, Irmina WOJARSKA

Katedra Kształtowania Środowiska SGGW
Department of Environment Management WAU

Eugeniusz KODA

Katedra Geoinżynierii SGGW
Department of Geotechnical Engineering WAU

Możliwości wykorzystania roślin do ekologicznego zagospodarowania wysypisk odpadów komunalnych

Plant arrangement possibilities in ecological management of municipal solid landfill

Wprowadzenie

Ekologiczne zagospodarowanie i rekultywacja wysypisk powinny być ukierunkowane na zamykanie obiegów materii. Działania takie mogą polegać m.in. na wykorzystaniu na obszarze wysypiska, w zabiegach rekultywacyjnych, fitomasy i zanieczyszczonych wód powstających na terenie obiektu (Koda i Żakowicz 1997; Koda i inni 1998).

Głównym problemem jest jednak uzyskanie zwartej okrywy roślinnej, która stabilizowałaby powierzchnię wysypiska i działała sanitacyjnie na podłoże. Ponadto, roślinność odparowywałaby wodę z odcieków, którymi nawadniany byłby teren wysypiska. W tym celu konieczne jest zastosowanie odpowiednich gatunków roślin. Gatunki te powinny być

implantowane (drzewa, krzewy, niektóre byliny) i wysiewane (trawy i byliny dwuliścienne) pomiędzy istniejącymi na starszych wysypiskach „oazami roślinności”, oraz w strefie bezpośredniej otuliny. Przedstawiona w artykule możliwość doboru gatunków została odniesiona do warunków wysypiska odpadów komunalnych „Radiowo” w Warszawie (Koda, Pachuta i Wojarska 1999; Koda, Król i Żakowicz 1998), jednak może ona być zastosowana również na innych podobnych obiektach.

Celem przedstawionej propozycji jest wytypowanie, spośród roślin naturalnie porastających wysypisko, gatunków optymalnych dla potrzeb jego rekultywacji oraz wskazanie dodatkowych gatunków koniecznych do utworzenia zwartej okrywy roślinnej i niezbędnej do uzyskania wysokiej transpiracji.

Założenia metodyczne i koncepcja zagospodarowania terenu wysypiska

Podstawą sprawnego funkcjonowania zbiorowisk roślinnych na tego typu „trudnych” obiektach jest bogata struktura przestrzenna fitocenozy i różnorodność gatunkowa (Pachuta 1996). Nie jest to łatwe zadanie, ponieważ wyboru należy dokonać wśród gatunków spełniających rozliczne wymagania i wykazujących potrzebne właściwości:

- ekologiczne, m.in. odporność na toksyczne wyziewy z wysypiska, ekspansywność i konkurencyjność w stosunku do istniejących gatunków, tworzenie zróżnicowanych zbiorowisk, zbliżonych do występujących naturalnie;
- biologiczne, np. duże przyrosty biomasy, intensywna transpiracja, łatwość implantowania i rozkrzewiania, dobre pokrywanie terenu, silnie rozwinięty system korzeniowy;
- ekonomiczne, tj. dostępność materiału roślinnego, niskie koszty pozyskania nasion i sadzonek oraz ich implantacji w warunkach przewidywanego stałego nawadniania.

Trudność w doborze gatunków polega również na tym, że rośliny nadające się do stabilizacji skarp wykazują na ogół bardzo niską transpirację. Z kolei rośliny silnie transpirujące wymagają stworzenia warunków siedliskowych stosownych do ich wymagań, są to bowiem gatunki terenów podmokłych i wilgotnych. Ponadto, aby wielkość ewapotranspiracji zrównoważyła ilość odcieków wylewanych na wysypisko – dla wytworzenia tak dużych

zbiorowisk – konieczna jest duża przestrzeń. Na ogół też gatunki o właściwościach sanitacyjnych, stabilizujących grunt i wysokiej transpiracji niechętnie tworzą gęste zbiorowiska lub wymagają pielęgnacji, co wyklucza je z zastosowania.

Biorąc powyższe pod uwagę, selekcji i wyboru gatunków przydatnych do rekultywacji wysypisk dokonano na podstawie prac terenowych – inwentaryzacji roślin i oceny ich kondycji, a także opisu siedlisk wysypiska odpadów komunalnych „Radiowo” (Pachuta i Wojarska 1999a, b) oraz na podstawie wyników badań i wegetacyjnych eksperymentów doświadczalnych prowadzonych w ostatnich latach w Katedrze Przyrodniczych Podstaw Inżynierii Środowiska SGGW (Pachuta 1996, 1997). Rozeznanie cech różnych siedlisk na wysypisku, przeanalizowanie poszczególnych wskaźników zanieczyszczenia środowiska, porównanie ich z danymi z literatury (m.in. Kalisz i Sałbut 1993; Podbielkowski i Podbielkowska 1994; Siuta 1996 i 1998; Szmyt 1999) oraz z wynikami badań własnych pozwoliło na wytypowanie gatunków roślin o poszukiwanych właściwościach. Prezentowana koncepcja zagospodarowania terenu wysypiska przewiduje:

- przykrycie powierzchni wysypiska kompostem uzyskiwanym w pobliskiej kompostowni odpadów komunalnych i fitomasą wyrastającą na wysypisku;
- wprowadzanie odcieków do korpusu i na skarpy wysypiska (zawracanych z rowów drenujących wysypisko) oraz ścieków technologicznych z kompostowni;

- nasadzenia i wysiew nasion roślin w celu wytworzenia zwartej okrywy roślinnej;
- odparowanie wody z odcieków przez roślinność;
- spożytkowanie koszonej biomasy do wzbogacenia kompostu.

Dla zapewnienia skuteczności proponowanego rozwiązania z użyciem roślinnych barier ekologicznych należy uwzględnić:

- kompleksowe wprowadzanie roślinności na całym obszarze wysypiska (wierzchowinie, zboczach, u podnóża skarp i w strefie ochronnej) w postaci nasadzeń punktowych i gniazdowych;
- wykorzystanie gatunków ruderalnych, azotolubnych, samorzutnie zasiedlających wysypisko;
- wprowadzanie nowych gatunków, które powinny naśladować skład naturalnych fitocenoz, zasiedlających podobne biotopy (o charakterze stepowym, leśnym, łąkowym i bagiennym);
- piętrową strukturę fitocenoz, umożliwiającą zatrzymywanie pyłów i bioaerozoli oraz częściowe przechwytywanie spływów powierzchniowych i pochłanianie odcieków.

Właściwości siedlisk wysypiskowych a zasiedlanie ich roślinnością

Składowiska, na których stosowany jest system nawadniania powierzchni odciekami i recyrkulacji zanieczyszczonych wód, są obiektami potencjalnie za-

grożającymi dla środowiska. W przypadku utraty szczelności, przez warstwy podścielające wysypisko lub przez izolujące ekrany, może nastąpić trudne do przewidzenia skażenie środowiska. Nietypowe zjawiska atmosferyczne i nieciągłości w warstwach okrywowych, niezależnie od przewidywań popartych przeprowadzonymi wyliczeniami i konstruowaniem modeli bilansu wodnego, powodują, że należy liczyć się z prawdopodobieństwem pęcznienia i pęknięcia systemu przykrycia, a nawet jego rozmycia. Stwarza to konieczność szczególnego traktowania tego rodzaju obiektów, innego niż tradycyjne składowiska, na których w miarę upływu czasu następuje stopniowe zmniejszenie poziomu zagrożenia. W czasie rekultywacji takiego wysypiska konieczne jest jego ciągłe monitorowanie. O tym, jak bardzo jest to złożony problem świadczą wieloletnie badania i doświadczenia krajowe oraz przeprowadzane w Niemczech, Holandii, Wielkiej Brytanii i USA (Szymańska i Buniak 1996; Stępiak 1999). Do kompleksowego monitorowania wysypiska niezbędne są wyniki analiz chemicznych odcieków i ścieków z kompostowni, wykonywane co najmniej dwa razy w roku. Umożliwia to określenie zaspokojenia potrzeb roślin na składniki pokarmowe oraz wielkości dawek nawadniających stosownych do etapów i faz rozwojowych roślinności. Zakres analiz powinien obejmować wskaźniki, które wg Dyrektywy nr 91/271/EWG niezbędne są do kontrolowania właściwości wód przy odprowadzaniu ich do wód płynących lub ziemi, np.: BZT₅, ChZT, zawiesinę ogólną, azot ogólny, fosfor ogólny.

Jak wynika z przedstawionych założeń, planowana okrywa roślinna będzie dobrze zaopatrzona w wodę. Nie gwarantuje to jednak jej przetrwania. Do osiągnięcia powodzenia w realizacji rekultywacji wysypiska niezbędne jest zachowanie równowagi pokarmowej (nawozowej). Równowaga ta warunkuje utrzymanie się roślin, rozrastanie zbiorowisk oraz właściwe funkcjonowanie biocenoz okrywowych. Wzrastające przenawożenie, niezależnie od komfortowego zaopatrzenia roślin w wodę, stanowi element dalszej degradacji środowiska. Konieczne są więc działania w zakresie:

- utrzymania tolerowanej przez rośliny eutrofizacji;
- zapewnienia komfortowego (proporcjonalnego do trofii) nawadniania roślinności;
- wytworzenia właściwej proporcji pomiędzy podstawowymi składnikami pokarmowymi;
- wprowadzania uzupełnień i zmian (ciągła aktualizacja) w składzie florystycznym biocenoz wysypiska i jego otuliny.

Propozycje zasiedlania wysypiska roślinnością a wymagane cechy okrywy roślinnej

Do zasiedlania wysypiska należy zaplanować specjalną okrywę roślinną. Spośród wielu gatunków roślin ogólnie zalecanych do rekultywacji (Kalisz 1993; Podbielkowski i Podbielkowska 1994; Siuta i inni 1996, 1999) wybrano te, które mogą być przydatne do ochrony podłoża przed erozją, zmniejszenia pylenia i uwalniania się bioaerozoli, przyspiesze-

nia rozkładu odpadów i zwiększenia ewapotranspiracji. Szczególny nacisk położono na wykorzystanie gatunków, które będą mogły odparowywać nadmiar wód z rowów opaskowych i zbiorników wodnych oraz podczyszczać je do stanu odpowiadającego wymaganiom kwalifikującym do odprowadzenia do wód powierzchniowych.

Najbardziej poszukiwanymi cechami roślin przydatnych do zasiedlania wysypisk są: tolerancja na eutrofizację, odporność na gazy wysypiskowe i okresowe niedobory wody w siedliskach skarpowych oraz podtopienie siedlisk u podnóża skarpi przez silnie zanieczyszczone wody odciekowe. Pożądane są także zdolność pobierania dużych ilości (większych niż przeciętne zapotrzebowanie) soli mineralnych i właściwości sanitacyjne. Roślinami o potrzebnych właściwościach są m.in. gatunki ruderalne, znane z siedlisk przeazotowanych. Znoszą one okresowe przesuszenia i nadmiar eutoficznych wód, odkrycie powierzchni gleby i jej silne nagrzanie.

Zastosowanie wielu gatunków poprawi trwałość i podniesie wydajność funkcjonowania okrywy (ewapotranspiracji), zwiększy redukcję zanieczyszczeń, a także przedłuży sezon wegetacyjny. Przy doborze roślin, ustalaniu ich składu gatunkowego i planowaniu kompozycji przestrzennej należy brać pod uwagę tendencje sukcesyjne i w tym celu wykorzystać przede wszystkim gatunki, które spontanicznie zasiedliły wysypisko. Szczegółowy wykaz gatunków zawiera opracowanie Pachuty i Wojarskiej (1999a). W tabeli 1 przedstawiono sumaryczne ilości gatunków reprezentujące

TABELA 1. Udział i liczba gatunków roślin w różnych typach okrywy porastającej wysypisko Radiowo
TABLE 1. Quantity characteristic and species diversification of plants on Radiowo landfill area

Sektor wysypiska Zone of landfill area	Liczba gatunków Number of plant species	Udział w sektorach – Participation in landfill zone							
		Drzewa i krzewy Trees and shrubs		Byliny Perennial plants		Motylkowe Papilionaceous		Trawy Grasses	
		Liczba Number	%	Liczba Number	%	Liczba Number	%	Liczba Number	%
I	24	2	8	16	68	2	8	4	16
II	40	4	10	25	63	4	10	7	17
III	47	11	21	30	61	4	9	4	9
IV	26	2	8	17	66	3	11	4	15
Łącznie Total	67	12	18	37	56	7	10	11	16

różne typy okrywy roślinnej (drzewiasto-krzewiastą, bylinową, zadarniającą – motylkową i trawiastą). Podział ten jest istotny z punktu widzenia planowania ekologicznej rekultywacji wysypisk. Jak widać, wybór gatunków jest duży. Wykorzystanie niektórych z 67 zarejestrowanych gatunków do rekultywacji pozwala na osiągnięcie pożądanej bioróżnorodności.

Koncepcja przyszłego składu gatunkowego fitocenozy wierzchowiny i zboczyska obejmuje niektóre drzewa, krzewy, byliny i rośliny jednoroczne występujące na wysypisku (ok. 25% proponowanych gatunków) oraz nowe gatunki (pozostałe 75%) o szczególnych właściwościach:

- stabilizacji podłoża, dających zwarte zadarnienie – tj. drzewa, krzewy, trawy;
- wysokiej transpiracji – rośliny bagienne;
- korzystnym systemie krzewienia – wiązkowym, palowym, silnie rozgałęzionym – wybrane gatunki drzew, krzewów, traw;

- wytrzymałości na hipereutrofizację, np. rośliny ruderalne lub siedlisk eutroficznych – byliny i niektóre jednoroczne.

Tak więc na proponowaną okrywę składać się będą istniejące – miejscowe i dodatkowe – wybrane gatunki roślin. Projektowana okrywa będzie zróżnicowana siedliskowo na: wierzchowinową – z preferowanymi gatunkami stepowymi, zboczową (skarpową) – z gatunkami ruderalnymi i łąkowymi, rów opaskowy i inne zbiorniki wodne – z gatunkami fitocenoz bagiennych i wodnych oraz otulinę – z gatunkami łąkowymi i leśnymi.

Propozycje zasiedlania wysypiska roślinnością a wybór gatunków

Kilkuletnie obserwacje wysypiska wskazują na trudności związane z utrzymaniem okrywy roślinnej, zwłaszcza na skarpach o dużym nachyleniu.

Spośród wielu gatunków roślin ruderalnych największe możliwości zasiedla-

nia zboczy wysypisk mają: komosa biała (lebioda), komosa wielkolistna, łoboda ogrodowa, łoboda rozłożysta, bylica pospolita, bieluń dziędzierzawa, barszcz zwyczajny, psianka słodkogórz, uczepek trójlistkowy, rdest plamisty, rdest ptasi, pokrzywa zwyczajna, wierzbówka wąskolistna, rumian żółty i łoboda błyszcząca, często spotykane na siedliskach antropogenicznych. Występują one również na wysypisku „Radiowo”.

Nowo wprowadzane gatunki powinny być implantowane pomiędzy istniejącą roślinnością w taki sposób, aby stworzyć urozmaiconą strukturę przestrzenną poziomą i pionową nowo zakładanych biocenoz wysypiskowych. W strukturze pionowej powinny wystąpić:

- drzewa wysokie (np. jesion, topola) i drzewa niskie (wierzy);
- pojedyncze krzewy o właściwościach bakteriostatycznych (bez czarnej, czerwonej);
- krzewy szpalerowe, tworzące żywopłoty (ligustr) bez konieczności przycinania i formowania;
- drzewa zimozielone (cis, sosna, świerk) i krzewy o liściach atrakcyjnie wybarwionych (dereń, kalina);
- drzewa o liściach pozostających wyjątkowo długo na pędach, wcześniej pojawiających się wiosną i długo utrzymujących się jesienią, co znacznie wydłuża okres transpiracji (wierzby);
- gatunki osłonowe – chroniące w pierwszym roku po nasadzeniach drzewa i krzewy, umożliwiające im dobre ukorzenienie się i przyczyniające się do tworzenia warstwy humusu, a jednocześnie stabilizujące podłoże (ży-

cica, łubin, gorczyca, koniczyzna, uczepek, aksamitka, owies);

- pnącza osłaniające grunt w miejscach niedostępnych (winobluszcz, chmiel);
- byliny o dużej produkcji biomasy (barszcz, burak, motylkowe, szarłat);
- trawy i byliny brzegowe i wodne o wysokiej transpiracji i odporności na hipereutrofizację (trzcina, manna, pałka, oczeret, kosaciec, rzęsa);
- rośliny siedlisk wilgotnych i mokrych, a zwłaszcza pospolicie i często spotykane w Polsce gatunki bagienne siedlisk eutroficznych – do wykorzystania w procesie oczyszczania i odparowywania odcieków z hałdy wysypiska.

W nawiązaniu do przedstawionej koncepcji niezbędne są badania, które określą wytrzymałość, a w związku z tym możliwości zastosowania określonych gatunków roślin do zasiedlania powierzchni wysypisk i oczyszczania wód odciekających z wysypisk.

Podsumowanie i wnioski

Skala zjawiska i złożoność problemów związanych z utylizacją odpadów komunalnych, konieczność zmniejszenia uciążliwości oraz izolacja wysypisk od otoczenia wymagają zastosowania interdyscyplinarnych rozwiązań inżyniersko-ekologicznych.

Uniknięcie skażenia wód powierzchniowych, gleby i powietrza w otoczeniu wysypisk odpadów komunalnych oraz działania rekultywacyjne powinny być ukierunkowane na zamykanie obiegów materii na obszarze wysypiska.

Dla zapewnienia skuteczności proponowanych rozwiązań – roślinnej okrywy i wegetacyjnych barier ekologicznych – należy uwzględnić:

- różnorodność siedlisk na całym obszarze wysypiska (wierzchowinowe, zboczowe, podnóża skarp, bezpośrednia otulina);
- rodzaje fitocenoz (łąkowe, stepowe, leśne, bagienne);
- dobór odpowiednich gatunków roślin do siedlisk oraz wykorzystanie gatunków ruderalnych;
- dążenie do bioróżnorodności;
- piętrową strukturę biocenozy.

W celu podjęcia efektywnych prac rekultywacyjnych i ekologicznego zagospodarowania wysypisk odpadów komunalnych wskazane jest rozważenie następujących wniosków:

1. Niewystarczająca znajomość biologii i ekologii większości roślin siedlisk eutroficznych, ruderalnych i wilgotnych powoduje, że nie są one stosowane do okryw i ekologicznych barier wegetacyjnych na obiektach takich jak wysypiska odpadów komunalnych. Dalszych badań wymagają m.in. rośliny siedlisk wysypiskowych (komosa biała – lebioda, komosa wielkolistna, łoboda ogrodowa, łoboda rozłożysta, bylica pospolita, bieluń dziedzierzawa, barszcz zwyczajny, psianka słodkogórz, uczepek trójlistkowy, rdest plamisty, rdest błotny, pokrzywa zwyczajna, wierzbówka wąskolistna, rumian żółty i łoboda błyszcząca). Nasiona tych roślin można pozyskać jedynie ze stanowisk naturalnych, co stanowi dodatkowe utrudnienie ich zastosowania.

2. Najbardziej pożądanymi cechami roślin przydatnych do zasiedlania wysypisk nawadnianych odciekami są zdolność pobierania dużych ilości soli mineralnych (większych niż przeciętne zapotrzebowanie) oraz wysoka ewapotranspiracja. Roślinami o takich właściwościach są, znane z siedlisk przeazotowanych, gatunki ruderalne i gatunki eutroficznych siedlisk wilgotnych i mokrych – trawy i byliny o wysokiej transpiracji i odporności na hipereutrofizację (np. trzcina, manna, pałka, oczeret, kosaćiec, rzęsa, wierzba).
3. Zastosowanie drzew i krzewów uzależnione jest od tolerancji wybranych gatunków na gazy wysypiskowe, bioaerozole i wysokie stężenie soli mineralnych w wodach, którymi nawadniana jest powierzchnia wysypiska.
4. Projektowana okrywa roślinna powinna być zróżnicowana siedliskowo na fitocenozy: rowu opaskowego i innych zbiorników wodnych, wierzchowinową, zboczową (skarpową) oraz otulinę. Niektóre gatunki roślin mogą znaleźć zastosowanie w różnych fitocenozach:
 - w proponowanej biocenozie oczyszczającej, w siedliska wodne i wilgotno-bagienne rowu opaskowego i innych zbiorników wodnych, w strefie wodnej, można wprowadzić: rzęsę drobną (*Lemna minor*), trzcinę pospolitą (*Phragmites australis*) oraz pałki wąskolistną i szerokolistną (*Typha angustifolia* i *T. latifolia*). Skład gatunków w strefie wodnej można wzbogacić o oczeret je-

ziorny (*Schoenoplectus lacustris*), łącznia baldaszkowatego (*Butomus umbellatus*), tatarak (*Acorus calamus*), kosaćca żółtego (*Iris pseudoacorus*) i mannę mielec (*Glyceria aquatica*), które również dobrze rosną na siedliskach brzegowych;

- w strefie brzegowej proponuje się bez czarny (*Sambucus nigra*), wierzbę wiciową (*Salix viminalis*). Warunki podtopione i płytkiej wody dobrze tolerują szcawie (*Rumex maritimus*, *aquaticus*, *conglomeratus*, *obtusifolius*, *crispus*, *hydrolapathum*). W strefie brzegowej można spodziewać się samorzutnego pojawienia, a z czasem bujnego rozwoju m.in. pokrzywy zwyczajnej (*Urtica dioica*), uczepu trójlistkowego (*Bidens tripartitus*) oraz psianki słodkogórz (*Solanum dulcamara*);
 - w strefie wierzchowinowej i zboczowej proponowane jest zastosowanie wybranych, odpornych gatunków: wierzb, jesionu, topoli, bzu czarnego, czerwony, ligustru, cis, sosny, świerka, derenia, kaliny, żywicy, łubinu, gorczyca, koniczyzny, uczepu, aksamitki, winobluszczu, chmielu, barszczu, buraka i szarłatu.
5. Do gniazdowych i punktowych implantacji w strefie otulinowej proponuje się gatunki z rodzajów: cis, sosna, świerk, jesion, topola, dereń, kalina, wierzb, bez czarny, czerwony, winobluszcz, chmiel i ligustr.

Zastosowanie wskazanych gatunków roślin zapewni: ograniczenie rozprzestrzeniania się pyłów i bioaerozoli, a tak-

że zmniejszenie zanieczyszczenia okolicznych wód powierzchniowych i podziemnych. Wykorzystanie powstającej materii organicznej (kompostu, biomasy roślin, wód ściekowych i odciekowych) przyczyni się do zamykania obiegu materii w obrębie wysypiska i kompostowni.

Konieczna jest stała kontrola składu gatunkowego okrywy roślinnej wysypiska i ciągłe podtrzymywanie bioróżnorodności, umożliwiającej wykształcenie mechanizmów homeostatycznych (samotrzymujących równowagę ekologiczną). Duża liczba gatunków lepiej stabilizuje grunt pokryty warstwą ziemi lub kompostu i neutralizuje wydzielające się z korpusu wysypiska związki chemiczne. W tak skonstruowanych sztucznych biocenozach, co pewien czas, konieczne są nasadzenia uzupełniające (implantacje, wsiewanie) wypadających roślin, poszukiwanie nowych, bardziej odpornych odmian i gatunków, pielęgnacja roślinności i monitorowanie oddziaływania wysypiska na środowisko.

Literatura

- KALISZ L., SAŁBUT J. 1993: *Wykorzystanie makrofitów w procesie oczyszczania ścieków w oczyszczalni korzeniowej*. VI Ogólnopolskie Seminarium pt. „Eksplotacja oczyszczalni ścieków”. PZITS, Kielce.
- KODA E., ŻAKOWICZ S. 1997: *Możliwości wykorzystania ścieków technologicznych z kompostowni do zabiegów rekultywacyjnych na wysypisku*. II Konferencja Naukowo-Techniczna nt. „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych”. Puławy: 195–208.
- KODA E., KRÓLP., ŻAKOWICZ S. 1998: *System zagospodarowania odcieków z wysypiska i wód technologicznych z kompostowni*

- „Radiowo”. *Przegl. Nauk. MiłŚ, SGGW*, 16: 281–290.
- KODA E., AUGUSTYNIAK E., SKORUPSKI W., PACHUTA K., SZCZECIŃSKA J., WOJCIECHOWSKA-DINDORF W., ŻAKOWICZ S., WOJARSKA I. 1998: *Ocena oddziaływania na środowisko rozwiązań projektu budowlanego rekultywacji wysypiska odsiewów balastowych oraz systemu zagospodarowania wód technologicznych z kompostowni Radiowo*. Geoteko, Warszawa, 205 ss.
- KODA E., PACHUTA K., WOJARSKA I. 1999: Possibility of ecological remediation of old sanitary landfill. *Roczn. AR. w Poznaniu CCCX* (1999), *Melior. i Inż. Środ.*, 20, cz. II: 305–317.
- PACHUTA K. 1996: Możliwości zastosowania hydrofitów w procesie oczyszczania wody. *Przegl. Nauk. Wydz. MiłŚ SGGW*, 10: 217–230.
- PACHUTA K. 1997: *Implantowanie roślin naczyniowych dla celów oczyszczania ścieków*. Grant KBN nr 50105080022 (wyniki badań).
- PACHUTA K., WOJARSKA I. 1999a: *Propozycje opracowań kameralnych, prac terenowych, doświadczeń laboratoryjnych i szklarniowych planowanych w ramach projektu: „Ekologiczne zagospodarowanie wysypiska odpadów komunalnych Radiowo, z zastosowaniem roślinności oraz wykorzystaniem kompostu i odcieków powstających w systemie DANO”* (maszynopis).
- PACHUTA K., WOJARSKA I. 1999b: *Roślinne bariery ekologiczne przeciwdziałające degradacji środowiska w zasięgu oddziaływania wysypiska komunalnego „Radiowo”*. Oprac. II w ramach projektu Ekologiczne zagospodarowanie wysypiska odpadów komunalnych Radiowo z zastosowaniem roślinności oraz wykorzystaniem kompostu i odcieków powstających w systemie DANO. Warszawa, 63 ss.
- PODBIELKOWSKI Z., PODBIELKOWSKA M. 1994: *Przystosowania roślin do środowiska*. Wyd. Szkol. i Pedag., Warszawa, 583 ss.
- SIUTA J. 1996: *Roślinna sanitacja gruntów zanieczyszczonych odpadami*. *Konf. nauk. „Unieszkodliwianie i utylizacja odpadów płynnych i stałych w środowisku naturalnym”*. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 293, t. II: 57–67.
- SIUTA J. 1998: *Rekultywacja gruntów*. Poradnik. IOŚ, Warszawa.
- STĘPNIAK S. 1999: Nowoczesne oczyszczanie odcieków z naziemnych składowisk odpadów komunalnych. *Gosp. Wod.*, 1: 34–36.
- SZMYT J. 1999: *Zastosowanie kompostu otrzymanego z wysypisk odpadów*. *Przegląd Komunalny. Gosp. Komunalna i Ochr. Środ.* 2. Poznań, 36 ss.
- SZYMAŃSKA-PULIKOWSKA A., BUNIAK W. 1996: *Skutki oddziaływania wysypiska odpadów komunalnych na skład jakościowy odcieków, gleb i roślin*. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 293, t. II: 85–93.
- DYREKTYWA Rady Wspólnot Europejskich z dnia 21 maja 1991 r. *dotycząca oczyszczania ścieków miejskich* (91/271/EEC).
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z listopada 1991 r. *w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi* (DzU nr 116, poz. 503).

Summary

Plant arrangement possibilities in ecological management of municipal solid landfill. The prefeasibility study of the Radiowo municipal landfill site management by the surface plant coverage was presented in the paper. According to the actual floral community species composition the environmental-resistant species were chosen and the new eutrophication resistant - ones for ground stabilisation were pointed.

Authors' address:

K. Pachuta, I. Wojarska, E. Koda
Warsaw Agricultural University – SGGW
02–787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166.
Poland
E-mail: pachuta@alpha.sggw.waw.pl
E-mail: info@geoteko.com.pl

Kinga PACHUTA¹, Eugeniusz KODA², Irmina WOJARSKA¹

¹Katedra Kształtowania Środowiska SGGW

¹Department of Environment Improvement WAU

²Katedra Geoinżynierii SGGW

²Department of Geotechnical Engineering WAU

Flora a warunki siedliskowe wysypisk istotne w działaniach rekultywacyjnych przeprowadzanych z wykorzystaniem roślinności

Flora and habitat conditions essential in landfills remediation with the use of plants

Wstęp

Naturalne procesy przebiegają w środowisku powolnie, natomiast skutki działalności człowieka prowadzą najczęściej do gwałtownych i nieodwracalnych zmian w ekosystemach. Jednym z najważniejszych problemów współczesnej cywilizacji jest przeciwdziałanie degradacji ekologicznej i zapobieganie jej poprzez wielofunkcyjne działania na rzecz ochrony środowiska. Bardzo istotnym zadaniem jest utylizacja stałych odpadów komunalnych. Dotychczas odpady te były przeważnie deponowane na wysypiskach, często bez jakichkolwiek zabezpieczeń przed negatywnym wpływem tych obiektów na środowisko. Ekologiczne zagospodarowanie i rekultywacja wysypisk dostarczają wielu problemów. Ograniczenie uciążliwości wysypisk można osiągnąć przez zmniejszenie roz-

przestrzeniania się gazów, zapachów, pyłów i bioaerozoli w powietrzu oraz przeciwdziałanie zanieczyszczaniu gleb, wód powierzchniowych i podziemnych. Skuteczną formą zagospodarowania rekultywacyjnego i ograniczenia powyższych uciążliwości jest zastosowanie okrywy roślinnej na powierzchni wysypiska i w jego strefie ochronnej.

W artykule przedstawiono analizę istniejącego składu gatunkowego okrywy roślinnej na dwóch starych podwarszawskich wysypiskach (Otwock – nieczynne, Radiowo – w końcowej fazie eksploatacji) pod kątem oceny przydatności niektórych roślin do celów rekultywacji. Powierzchnia każdego z wysypisk tworzy bardzo zróżnicowane warunki siedliskowe, dlatego ważny jest odpowiedni dobór gatunków roślin do jej zagospodarowania. W planowanej okrywie roślinnej należy uwzględnić wiele różniących się

ekologią gatunków z preferencją, w początkowym etapie zasiedlania, roślin występujących na wysypisku w sposób naturalny.

Teren obserwacji i założenia metodyczne

Wysypisko odpadów komunalnych „Otwock-Warsztatowa”

Nieczynne i zrehabilitowane wysypisko stałych odpadów komunalnych w Otwocku zlokalizowane jest w zachodniej części miasta, przy ul. Warsztatowej, która w przeszłości była drogą dojazdową do obiektu. Wysypisko jest położone w otulinie Mazowieckiego Parku Krajobrazowego, a jego podstawową charakterystykę przedstawiono w tabeli 1.

Obszar wysypiska „Otwock” o powierzchni około 3 ha, podzielony jest drogą technologiczną na dwie części: po-

łudniową, wyniesioną nad otaczający teren o ok. 12,5 m, i północną, wyniesioną około 5,5 m. Wyższa część wysypiska wyposażona jest w 8 studni odgazowujących (odgazowanie bierne). Teren wysypiska od strony wschodniej graniczy z zabudowaniami (hale, warsztaty, magazyny), od strony zachodniej z drogą krajową Warszawa – Puławy, a od północy i południa z nieużytkami, łąkami, zaroślami i zadrzewieniami o charakterze łąkowym. Od strony południowej wysypiska znajduje się pierwszy z trzech kolejnych przepływowych (wyrównawczych) zbiorników wodnych rzeki Jagodzianki. Czwarty zbiornik zlokalizowany jest od strony południowo-wschodniej i graniczy z pobliską oczyszczalnią ścieków komunalnych, z której zrzucane są oczyszczone wody. W odległości ok. 0,7 km na północny wschód od wysypiska znajduje się ujście rzeki Świder do Wisły, w kierunku tym następuje również przepływ wód podziemnych pierwszej war-

TABELA 1. Charakterystyka analizowanych wysypisk odpadów
TABLE 1. Characteristics of the analysed sanitary landfills

Wysypisko Landfill	Powierzchnia Total area [ha]	Wysokość Height [m]	Ilość odpadów Volume capacity [mln m ³]	Lata eksploatacji Operation period	Lata re-kulturywacji Remediation period	Sposób rekulturywacji Remediation way	Forma zagospodarowania odcieków Leachate utilisation	Uwarunkowania hydrogeologiczne Hydrogeological conditions	
								Woda gruntuwa Groundwater [m]	Podłoże Subsoil
Radiowo	15,0	55	3,0	1962–1992	1994–2000	kompost obsiew	recykulacja	0,3–2,0	piaski/ił/gliny/pyły
Otwock	2,8	12,5 i 5,5	0,3	1961–1992	1996–1998	kompost obsiew	brak	1–1,5	piaski

stwy wodonośnej z rejonu wysypiska (Koda i inni 1999a).

Wysypisko zamknięto w 1992 roku i podjęto prace rekultywacyjne, które objęły m.in.:

- wykonanie okrywy z tworzywa glebotwórczego (warstwa 30 cm), jakim jest kompost uzyskiwany z odpadów komunalnych w kompostowni „Radiowo”,
- zadarnienie powierzchni wysypiska przez obsiew mieszkankami traw.

Wysypisko powstało na początku lat 60. na terenie dawnego dzikiego wysypiska wypełniającego starorzeczka rzeki Jagodzianki. W podstawie wysypisko nie ma izolacji, co jest przyczyną migracji zanieczyszczeń do środowiska gruntowo-wodnego. Najbliższa zabudowa mieszkalna (osiedle Świdry Wielkie) znajduje się w odległości ok. 0,5 km na północny wschód od wysypiska (Koda i inni 1999b; Pachuta, Wojarska 1999a).

Wysypisko odpadów balastowych „Radiowo”

Wysypisko „Radiowo” zlokalizowane jest przy północno-zachodniej granicy Warszawy. Od strony południowej i wschodniej obiekt otoczony jest Parkiem Leśnym „Bemowo”. W latach 1962—1991 wysypisko przyjmowało odpady komunalne z północnych dzielnic Warszawy w ilości do 1000 ton/dobę. Obecnie obiekt jest jedynie wysypiskiem technologicznym, funkcjonującym dla potrzeb kompostowni, gdzie składowane są tzw. odpady balastowe, nieprzydatne do produkcji kompostu. Są to najczęściej: szkło, plastyki, folie, opony i złom,

w ilości około 300 ton/dobę (Koda i inni 1998a).

Powierzchnia całego wysypiska wynosi ok. 15 ha. Przy wysokości ok. 55 m i lokalnych pochyleniach skarp rzędu 1:1 hałda była narażona na powstawanie osuwisk zagrażających bezpieczeństwu pracujących ludzi i sprzętu oraz powodujących ekspansję wysypiska na tereny przyległe. Dla zabezpieczenia stateczności wykonywane są nasypy dociążające i wzmocnienia poziome (geosiatki, maty z opon samochodowych). Wypełnienie i zamknięcie wysypiska przewiduje się za 5–6 lat. Skarpy wysypiska są sukcesywnie, wraz z budową nasypów dociążających, pokrywane kompostem z odpadów komunalnych.

Wysypisko w Radiowie od początku istnienia nie było uszczelnione. Pierwszy poziom wody gruntowej znajduje się na głębokości 0,3–2,0 m p.p.t. i on jest głównie narażony na zanieczyszczenie odciekami z wysypiska. Obiekt posiada 6 próbnych studni odgazowujących, a planowanych jest zainstalowanie dalszych 40 otworów i systemu odgazowania aktywnego. W latach 1997–1998 został wykonany system zagospodarowania (recyrkulacji) odcieków na wysypisku (Koda, Król, Żakowicz 1998b) oraz rozpoczęto budowę pionowej przesłony przeciwnafiltracyjnej wokół wysypiska. Ponadto, w ramach projektu rekultywacji przewidziano regulację stosunków wodnych na terenach przyległych (głównie od strony Parku Leśnego „Bemowo”) oraz ukształtowanie bryły wysypiska zabezpieczające przed osuwiskami i umożliwiające docelowe jego zagospodarowanie. Rozpoczęto również nasadzenia roślinności

na skarpach i w bezpośredniej otulinie wysypiska. Do podlewania roślinności przewiduje się wykorzystanie podczyszczonych wód technologicznych z kompostowni (Koda, Żakowicz 1997). Podstawowe dane charakteryzujące wysypisko przedstawiono w tabeli 1.

Metody oceny siedlisk i roślinności

Oceny okrywy roślinnej dokonano przez rejestrację gatunków roślin samostannie porastających obydwie wysypiska. Inwentaryzację roślin przeprowadzono metodą marszrutową, oznaczając i spisując rośliny jednoliścienne i dwuliścienne występujące w obrębie hałd, skarp i otulin wysypisk (Pachuta, Wojarska 1999b, c). Układ systematyczny, cechy rozpoznawcze gatunków i nomenklaturę przyjęto za powszechnie stosowanym opracowaniem *Rośliny polskie* (Szafer, Kulczyński, Pawłowski 1995).

Kondycję roślin oceniano w pięciostopniowej skali: kondycja bardzo dobra – 5 (m.in. kwitnienie, owocowanie), dobra – 4 (m.in. kwitnienie), średnia – 3 (słaby wzrost, bez pędów generatywnych), zła – 2 (obecność szkodników, podsychanie, brak niektórych faz rozwojowych, chlorozy, uszkodzenia i inne objawy chorobowe), kondycja bardzo zła – 1 (obumieranie, utrata turgoru).

W celu rejestracji roślin obszar każdego z wysypisk podzielono na biotopy: suchej wierzchowiny i okresowo podsychających skarp, wilgotnego podnóża wysypiska wraz z zagłębieniami terenu i rowami przejmującymi odcieki oraz

otulinę wysypiska. Po określeniu miejsc charakterystycznych dla poszczególnych biotopów wyznaczono stanowiska rejestracji florystycznej. Opisy florystyczne wykonano późnym latem (we wrześniu). Dla wysypiska „Otwock” wytypowano 8 stanowisk, a dla wysypiska „Radiowo” 7 stanowisk o wymiarach $15(20) \times 100(120)$ m. Obejmowały one powierzchnie porośnięte, na których występowały gatunki roślin charakterystyczne dla większych obszarów każdego z wysypisk. W każdym stanowisku zinwentaryzowano wszystkie gatunki roślin naczyniowych, określono powierzchnię właściwości zadarnienia, charakterystyczne cechy i typ okrywy roślinnej oraz wybrane właściwości siedlisk, takie jak nachylenie i wysokość skarp, orientacyjna grubość podłoża gruntowego pokrywającego odpady.

Walory przyrodnicze badanych wysypisk – wybrane cechy biotopów

Analizowane wysypiska położone są na terenach o wysokim poziomie wody gruntowej, miejscami nawet o cechach bagiennych („Otwock” i południowy rejon wysypiska „Radiowo”).

Wysypisko „Otwock” zlokalizowane jest w otulinie Mazowieckiego Parku Krajobrazowego, między ujściami Świdra i Jagodzianki do Wisły. Przy bardzo przepuszczalnym i nieuszczelnionym podłożu zanieczyszczenia przemieszczają się w kierunku tych rzek. Podstawowe wskaźniki zanieczyszczenia wód gruntowych przedstawiono w tabeli 2. Poziom zanieczyszczenia w porównaniu z innymi

wysypiskami (Szymański 1999; Koda 1999) jest niski. Wynika to z faktu zakończenia eksploatacji wysypiska w 1992 roku. Dodatkowymi czynnikami wpływającymi na pogorszenie jakości wód podziemnych i powierzchniowych w rejonie wysypiska w Otwocku są sąsiedztwo i zrzuty wód z oczyszczalni ścieków. Rekultywacja wysypiska polegała tu głównie na ukształtowaniu bryły, przykryciu jej warstwą kompostu i obsiewie mieszanek traw. Bagienno-leśne otoczenie wysypiska i sąsiedztwo rzek, stwarzają dogodne warunki dla adaptacji terenu do celów rekreacyjno-wypoczynkowych (Wojarska, Pachuta, Koda 2000).

Wysypisko „Radiowo” położone jest na skraju Parku Leśnego „Bemowo”, na

terenie którego znajdują się dwa rezerwaty przyrody: rezerwat florystyczny „Kalinowa Łąka” (w odległości ok. 600 m na południowy zachód od wysypiska) i rezerwat torfowiskowy „Łosiowe Błota” (w odległości ok. 1000 m od wysypiska). Ponadto, jest to rejon otuliny Kampinoskiego Parku Narodowego, na który odpływają wody powierzchniowe z rejonu wysypiska. Pierwsza warstwa wodonośna w rejonie wysypiska została silnie zanieczyszczona odciekami (tab. 2), szczególnie na kierunku odpływu (północny zachód).

W podłożu wysypiska występują warstwy słabo przepuszczalnych glin zwałowych i ilów zastoiskowych. Warunki te umożliwiły zaprojektowanie pio-

TABELA 2. Wyniki analiz fizyko-chemicznych odcieków z wysypisk Otwock i Radiowo oraz wód technologicznych z kompostowni Radiowo

TABLE 2. Chemical analysis results of the leachate from Otwock and Radiowo landfills and the technological water from Radiowo compostory

Wskaźnik Index	Jednostka Units	Obiekt/próba Site/sample		
		Otwock	Radiowo	
		Ocieki z wysypiska Landfill leachate	Ocieki z wysypiska Landfill leachate	Woda z kompo- stowni Water from compostory
Odczyn	pH	7,0–7,5	6,4–8,1	7,9
Przewodność właściwa	μS/cm	400–2200	200–14000	3700
ChZTKMnO ₄	mgO ₂ /l	40–110	150–890	56,7
BZT ₅	mgO ₂ /l	12–40	72–800	18,7
Azot azotanowy	mg/l	0,4–30	30–260	32,0
Azot amonowy	mg/l	0,1–14	100–170	10,0
Azot ogólny	mg/l	3,0–7,2	9,0–70,0	11,7
Fosfor ogólny	mg/l	0,06–0,6	1,0–3,7	0,04
Chlorki	mgCl/l	25–260	650–4000	665
Siarczany	mg/l	19,2–23,4	77,0–370,0	32,0
Fenole	mg/l	0,01–0,03	0,05–0,12	0,02
Sód	mg/l	22,0–130	75,0–2600	9,0
Potas	mg/l	15,5–80	45,0–1500	7,8
Olów	mg/l	0,005–0,011	0,04–5,0	0,02
Kadm	mg/l	< 0,002–0,004	0,002–0,02	< 0,002

nowej przesłony przeciwfiltracyjnej (wykonanej w 1999 r. w 70% długości) eliminującej migrację zanieczyszczeń do wód gruntowych i powierzchniowych. W ramach projektu rekultywacji przewidziano ujęcie i recyrkulację odcieków na wysypisku. Ponadto, do nawadniania roślinności przewidziano wykorzystanie podczyszczonych wód technologicznych z kompostowni (tab. 2). Wyniki doświadczeń ostatnich lat wskazują na przydatność tych wód do nawodnień roślinności (Koda, Krzywosz 1996; Koda, Żakowicz 1997). Skarpy wysypiska przykrywane są systematycznie, podczas formowania, warstwą kompostu i obsiewane trawami. W 1999 roku rozpoczęto również nasadzenia na skarpach wybranych gatunków krzewów i drzew. Po zakończeniu eksploatacji i pełnej rekultywacji przewiduje się adaptację bryły wysypiska do celów sportowo-rekreacyjnych (ścieżki rowerowe, tarasy widokowe, wyciągi narciarskie).

Do wytworzenia organicznej warstwy rekultywacyjnej na skarpach wysypisk wykorzystywany jest kompost z odpadów komunalnych produkowany w kompostowni Radiowo. Jest to największy zakład w Polsce, przetwarzający zmieszane odpady komunalne wg duńskiej technologii „Dano”, w ilości prawie 600 ton/dobę, z których uzyskuje się około 300 ton tzw. kompostu rekultywacyjnego. Olbrzymie ilości substancji organicznej (humusu) potrzebne do rekultywacji wysypisk są praktycznie niemożliwe do pozyskania z gruntów organicznych, gdyż spowodowałoby to degradację obszarów o wysokich walorach rolniczych.

Kompost z odpadów komunalnych zawiera dużo substancji organicznych i innych składników nawozowych (tab. 3). Stosunkowo duże zawartości metali ciężkich oraz szkła i ceramiki ograniczają jego wykorzystanie w produkcji rolniczej i ogrodniczej, nie stanowią natomiast znaczącego problemu przy zastosowaniu

TABELA 3. Charakterystyka kompostu z odpadów miejskich (Koda i Paprocki 1995)

TABLE 3. Quality analysis of the compost produced from municipal wastes (Koda and Paprocki 1995)

Wskaźnik Index	Wartość Value	Klasy jakości wg BN-89/9103-09 Quality class acc. to Polish Standard		
		I	II	III
Zawartość substancji organicznej (% s.m.)	41–65	40	30	20
Zawartość węgla organicznego (% s.m.)	25–38	18	13	8
Zawartość azotu organicznego (% s.m.)	0,9–1,4	0,8	0,6	0,3
Zawartość fosforu (% P ₂ O ₅ w s.m.)	0,4–1,0	0,6	0,4	0,3
Zawartość potasu (% K ₂ O w s.m.)	0,2–0,6	0,2	0,1	0,1
Odczyn (pH w H ₂ O)	7,0–8,5	6,5–8	6,5–8	6,0–9
Zawartość wody (%)	25–50	25–40	25–40	50
Zawartość szkła i ceramiki (% w s.m.)	0,7–2,0	0,5	1,0	2,0
Kadm (Cd) (mg/kg s.m.)	4,0–13,0	5	15	25
Chrom (Cr) (mg/kg s.m.)	20,0–100,0	300	500	800
Miedź (Cu) (mg/kg s.m.)	150–1200	300	600	800
Nikiel (Ni) (mg/kg s.m.)	20,0–90,0	100	200	200
Ołów (Pb) (mg/kg s.m.)	300–2000	350	500	800
Cynk (Zn) (mg/kg s.m.)	900–2600	1500	2500	2500

go do celów rekultywacyjnych. Produkcja i wykorzystanie kompostu jest więc efektywnym sposobem ekologicznej utylizacji odpadów komunalnych. Ponadto, metoda ta chroni w sposób pośredni tereny, z których pozyskiwany byłby humus do rekultywacji wysypisk. Uśrednione wyniki analiz fizyczno-chemicznych kompostu „Dano” zestawiono w tabeli 3.

Ocena stanu okrywy roślinnej wysypisk

Do celów inwentaryzacji flory wysypisk wytypowano stanowiska charakteryzujące się dużym pokryciem powierzchni przez roślinność, w granicach 75–100%.

W wyniku przeprowadzonej inwentaryzacji, na obszarze wysypiska „Otwock” i na terenach bezpośrednio przyległych zarejestrowano około trzy razy więcej gatunków roślin niż na obszarze wysypiska „Radiowo” (tab. 4). Liczba występujących drzew i krzewów była podobna.

Przyczyną tak dużej liczby gatunków roślin w Otwocku (prawie trzy razy więcej bylin dwuliściennych i dwa razy więcej traw niż na wysypisku „Radiowo”) jest występowanie siedlisk, a zatem i zbiorowisk roślin wodnych i szuwarowych (44 gatunki) oraz roślinności charakterystycznej dla terenów wilgotnych i świeżych (ponad połowa zarejestrowanych gatunków bylin dwuliściennych). Duże znaczenie ma stosunkowo długi okres od zakończenia eksploatacji i zmierzający ku końcowi proces rekultywacji otwockiego wysypiska.

Interesujące jest liczne występowanie na obydwu wysypiskach bylic i komosowatych. W miejscach nie rekultywowanych pokrywają one większą część badanych powierzchni (75–100%) i stanowią 95–100% składu gatunkowego roślin.

Na obydwu analizowanych wysypiskach wszystkie rośliny wykazywały zróżnicowaną, lecz na ogół dobrą (4) i bardzo dobrą (5) kondycję. Spośród roślin występujących pospolicie na badanym obszarze wszystkie wykazywały

TABELA 4. Udział i liczba gatunków roślin w różnych typach okrywy roślinnej porastającej tereny wysypisk odpadów Otwocku i Radiowie

TABLE 4. The number of plant species and their participation in different types of the plant cover in Otwock and Radiowo landfills

Obiekt Site	Pokrycie roślin- nością [%] Plant cover	Liczba Number		Gatunki roślin Plant's species							
		Stano- wisk Places	Gatu- nków Species	Drzewa i krzewy Trees and shrubs	Byliny dwuliścienne Dicotyledones		Trawy Grass		Rośliny wodne i bagienne Hydro- and helophytes		
					Liczba Number	%	Liczba Number	%	Liczba Number	%	Liczba Number
Otwock	75–95	8	195	14	7	117	60	20	10	44	23
Radiowo	50–75	7	67	12	18	44	66	11	16	–	0

bardzo dobrą kondycję. Pozostałe gatunki, typowe dla terenów ruderalnych, wysypisk, a także siedlisk podmokłych i wodnych, charakteryzowały się kondycją bardzo dobrą (5), czasami dobrą (4) i tylko sporadycznie średnią (3). Świadczy to o dużej odporności roślin na niekorzystne czynniki środowiskowe wysypisk, szczególnie dotyczy to gatunków, które samorzutnie zasiedliły powierzchnie wysypisk.

Podlegające ocenie powierzchnie wysypisk pokryte są kompostem i roślinnością – średnio w 70–80%, miejscami tylko w 95%. Na okrywę roślinną składa się pionierska flora wysypiskowa i darni trawiasta – efekt obsiewów rekultywacyjnych. Biotopy o większej wilgotności, szczególnie w lokalnych obniżeniach, są na ogół silniej zarośnięte. Najwięcej gatunków występuje na obszarach okółowysypiskowych, w przeszłości użytkowanych rolniczo i łąkowo, a obecnie w znacznym stopniu zadrzewionych.

Gatunki zinwentaryzowanych roślin powtarzające się na obydwu analizowanych wysypiskach odpadów można traktować jako predysponowane do zasiedlania tych niezwykle nieprzyjaznych dla roślinności siedlisk (tab. 5).

Podsumowanie

Głównym problemem rekultywacji wysypisk jest uzyskanie zwartej okrywy roślinnej. Jej zadaniem jest stabilizacja podłoża hałdy, ochrona środowiska przed produktami chemicznej, wodnej i wietrznej erozji depozytów oraz odparowywanie i podczyszczanie wód odciekających z terenu wysypiska. Obecnie niewiele ro-

ślin stosowanych jest do tych celów. Ciągłe poszukuje się gatunków odpornych na niekorzystne czynniki środowiskowe wysypisk. Najbardziej przydatne mogą okazać się niektóre spośród gatunków roślin, które samorzutnie zasiedliły odpady. Z tego względu czynnością poprzedzającą właściwy dobór metod postępowania rekultywacyjnego jest inwentaryzacja występujących na wysypisku gatunków flory naczyniowej. Służy ona zarazem do oceny walorów istniejącej okrywy roślinnej i do wytypowania gatunków przydatnych do wysiewu lub nasadzeń.

Zauważono, że często nawet na małych pozornie jednolitych powierzchniach, występują gatunki roślin charakterystyczne dla różnych typów siedliskowych. Związane jest to ze zmiennością składu fizyko-chemicznego odcieków oraz z różną grubością warstwy podłoża użytego do rekultywacji. Ponadto, na skarpach wysypisk występuje silnie zróżnicowany wpływ nasłonecznienia, przemarzania, wietrzności oraz nierównomiernego nawilgotnienia.

Złożoność problemów związanych z utylizacją odpadów wymaga specjalistycznego podejścia do problemu wód odciekających z wysypisk. Konieczne jest ich stałe monitorowanie i ekologiczne zagospodarowanie. Celowe byłoby wprowadzenie do zbiorników wodnych znajdujących się na wysypiskach lub w ich pobliżu, roślinności wodnej i bagiennej, wspomagającej procesy oczyszczania i ewapotranspiracji.

W działaniach rekultywacyjnych należy brać te okoliczności pod uwagę i stosować możliwie dużą liczbę gatunków oraz wiele typów ekologicznych ro-

ślin. Oznacza to konieczność doboru gatunków roślin, zapewniających bioróżnorodność fitocenozy z preferencją roślin w sposób naturalny występujących na wysypiskach.

Na wysypiskach w Otwocku i Radio-
wie zarejestrowano 44 powtarzające się
gatunki roślin, które można traktować ja-
ko predysponowane do zasiedlania tych
nieprzyjaznych dla roślin siedlisk.

Gatunki naturalnie porastające wysy-
pisko, wprowadzane w sposób agrotech-
niczny m.in. w postaci nasion traw, sa-
dzonek bylin, jak również krzewów
i drzew, powinny stanowić podstawowy
element wstępnej rekultywacji, zwłasz-
cza w początkowej fazie formowania
okrywy roślinnej, pełniącej funkcje osło-
nowe i glebotwórcze.

TABELA 5. Gatunki roślin powtarzające się na badanych wysypiskach odpadów komunalnych (alfabe-
tycznie, wg nomenklatury polskiej Szafer, Kulczyński i Pawłowski 1995)

TABLE 5. Plant species appeared on the both analysed sanitary landfills (alphabetical order, acc. to polish
nomenclature by Szafer, Kulczyński and Pawłowski 1995)

Lp.	Drzewa i krzewy	Rośliny dwuliścienne	Trawy i turzyce
1	bez czarny	babka zwyczajna	chwastnica jednostronna
2	brzoza brodawkowata	bieluń dziedzierzawa	kostrzewa czerwona
3	dereń świdwa	bylice	kostrzewa łąkowa
4	klon jesionolistny	komonica zwyczajna	perz zwyczajny
5	robinia akacjowa	komosy	trzcina pospolita
6	wierzby	koniczyna biała	trzcinnik piaskowy
7		koniczyna czerwona	wiechlina łąkowa
8		lucerna sierpowata	wiechlina roczna
9		łobody	życica trwała
10		łopian większy	życica wielokwiatowa
11		manna bezwonna	
12		mlecz polny	turzyce
13		nawłóć pospolita	
14		pięciornik gęsi	
15		pokrzywa zwyczajna	
16		psianka czarna	
17		pyleniec pospolity	
18		rdest ptasi	
19		rumianek bezpłatkowy	
20		szarłat szorstki	
21		szczawie	
22		tasznik pospolity	
23		topinambur	
24		uczep trójlistkowy	
25		wiesiołek dwuletni	
26		wrotycz	
27		żółtlica wielokwiatowa	
Σ	6	27	11

Literatura

- KODA E., PAPROCKI P. 1995: *Badania jakości kompostu z odpadów komunalnych z kompostowni Radiowo*. III Intern. Conf. on Waste Management and Treatment Strategies and Methods. Międzyzdroje: 242–252.
- KODA E., KRZYWOSZ Z. 1996: *Badania nad wykorzystaniem kompostu z odpadów miejskich do produkcji trawiatych mat kompostowo-geotekstylnych*. *Przegląd Nauk. Wych. MiłŚ, SGGW*, 10: 163–173.
- KODA E., ŻAKOWICZ S. 1997: *Możliwości wykorzystania ścieków technologicznych z kompostowni do zabiegów rekultywacyjnych na wysypisku*. II Konferencja Naukowo-Techniczna nt. „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych”. Puławy: 195–208.
- KODA E., KRÓL P., ŻAKOWICZ S. 1998a: *System zagospodarowania odcieków z wysypiska i wód technologicznych z kompostowni „Radiowo”*. *Przegl. Nauk. Wych. MiłŚ SGGW*, 16: 281–290.
- KODA E., AUGUSTYNIAK E., SKORUPSKI W., PACHUTA K., SZCZECIŃSKA J., WOJCIECHOWSKA-DINDORF W., ŻAKOWICZ S., WOJARSKA I. 1998b: *Ocena oddziaływania na środowisko rozwiązań projektu budowlanego rekultywacji wysypiska odsiewów balastowych oraz systemu zagospodarowania wód technologicznych z kompostowni Radiowo*. Geoteko, Warszawa, 205 ss (+ tabele, załączniki, mapy i plany sytuacyjne).
- KODA E. 1999. *Rekultywacja starych wysypisk odpadów komunalnych*. III International Waste Forum, Poznań: 335–363.
- KODA E., PACHUTA K., WOJARSKA I. 1999a: Possibility of ecological remediation of old sanitary landfill. *Roczn. AR w Poznaniu CCCX* (1999), Melior. i Inż. Środ., 20, cz. II: 305–317.
- KODA E., PACHUTA K., WOJARSKA I., PAPROCKI P. 1999b: *Ocena oddziaływania na środowisko nieczynnego wysypiska odpadów stałych w Otwocku* (maszynopis). GEOTEKO, Warszawa, 120 ss (+ tabele, załączniki, mapy i plany sytuacyjne).
- PACHUTA K. 1996: *Możliwości zastosowania hydrofitów w procesie oczyszczania wody*. *Przegl. Nauk. Wych. MiłŚ SGGW*, 10: 217–230.
- PACHUTA K., WOJARSKA I. 1999a: *Ocena okrywy roślinnej wysypiska „Ottock-Warsztatowa” w aspekcie oceny jego oddziaływania na środowisko*. Oprac. dla: Miejskie Przedsiębiorstwa Oczyszczania, GEOTEKO, Warszawa. 1999, 62 ss (+ tabele, plan sytuacyjny).
- PACHUTA K., WOJARSKA I. 1999b: *Propozycje opracowań kameralnych, prac terenowych, doświadczeń laboratoryjnych i szklarniowych planowanych w ramach projektu: „Ekologiczne zagospodarowanie wysypiska odpadów komunalnych Radiowo, z zastosowaniem roślinności oraz wykorzystaniem kompostu i odcieków powstających w systemie DANO”* (maszynopis).
- PACHUTA K., WOJARSKA I. 1999c: *Roślinne bariery ekologiczne przeciwdziałające degradacji środowiska w zasięgu oddziaływania wysypiska komunalnego „Radiowo”*. Oprac. II w ramach projektu „Ekologiczne zagospodarowanie wysypiska odpadów komunalnych Radiowo, z zastosowaniem roślinności oraz wykorzystaniem kompostu i odcieków powstających w systemie DANO”. Warszawa: 63 ss.
- SZAFER W., KULCZYŃSKI S., PAWŁOWSKI B. 1995: *Rośliny polskie*. PWN, 1019 ss.
- SZYMAŃSKI K. 1999. *Wpływ składowisk odpadów komunalnych na wody podziemne*. III International Waste Forum, Poznań: 425–443.
- WOJARSKA I., PACHUTA K., KODA E. 2000: *Zasiedlenie roślinnością zbiorników doczyszczających wody pościekowe z uwzględnieniem aspektu utylitarnego i walorów krajo- i przyrodniczych*. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie* 1: 19–21.

Summary

Flora and habitat conditions essential in landfills remediation with the use of plants. The most effective method of remediation and reclamation on old landfills is the introducing of differential plant cover into the surface and the vicinity of the landfill.

The paper presents the analysis of the existing plant species of the plant cover on the two old sanitary landfills localised nearby Warsaw (Otwock – closed, Radiowo – in the last step of operation). This analysis was used in usability assessment of some plant species for remediation purpose. The surface of each landfill creates different habitat conditions, so that the proper selection of plant species for its cover is essential. Many plant species growing on the landfill in natural conditions,

should be used in planned cover of plants, particularly in preliminary step of remediation.

Authors' address:

K. Pachuta, E. Koda, I. Wojarska
Warsaw Agricultural University – SGGW
02-786 Warszawa, ul. 166 Nowoursynowska 166
Poland
E-mail: pachuta@alpha.sggw.waw.pl
E-mail: info@geoteko.com.pl

**Agnieszka GUTKOWSKA¹, Jadwiga KOTOWSKA²,
Bogumiła PAWLUŚKIEWICZ¹**

¹Katedra Kształtowania Środowiska SGGW

¹Department of Environmental Management WAU

²Zakład Ekologii PAN w Dziekanowie Leśnym

²Polish Academy of Science, Department of Plant Ecology

Stan roślinności na składowisku popiołów Elektrociepłowni „Siekierki” w Zawadach

The flora state on the ash dump of the Thermoelectric Power Plant Siekierki in Zawady

Wstęp

Popioły z elektrociepłowni węglowych należą do odpadów szczególnie uciążliwych dla środowiska przyrodniczego. Powodują zanieczyszczenie powietrza, wody, gleby oraz zakłócają rozwój roślinności. Powszechnie znane są jako czynnik kancerogeny (Pietrzykowski 1998). Składowisko popiołów EC Siekierki, zlokalizowane ze względów ekonomicznych w granicach miasta Warszawy, stwarza wyjątkowe zagrożenie dla środowiska. Położone jest ono tuż przy wale przeciwpowodziowym, który może ulec awarii w czasie powodzi. Leży także blisko Zespołu Pałacowo-Ogrodowego Wilanów i Parku Marysinek z przyległymi jeziorami, które znajdują się pod ochroną prawną konserwatora przyrody.

Składowisko EC Siekierki w Zawadach w miarę formowania było sukce-

sywnie biologicznie zagospodarowywane. Hałdę główną, po osiągnięciu zaprojektowanej wysokości, pokryto warstwą gleby próchnicznej i obsiano nasionami traw i roślin motylkowych. Lokalnie także pokryto darnią lub materacami trawiastymi. W celu zapewnienia prawidłowej wegetacji roślin prowadzone są tu systematyczne zabiegi agrotechniczne obejmujące nawożenie mineralne i koszenie. W okresach posusznych powierzchnia hałdy jest deszczowana.

Podstawowym zadaniem roślinności na hałdzie jest stworzenie trwałego zadarnienia składowiska, które umacniając powierzchnię przyczyni się do ochrony atmosfery i przyległych terenów przed skutkami erozji wietrznej i wodnej. Dodatkowo zmniejszy wypłukiwanie związków toksycznych z hałdy, co ograniczy przedostawanie się zanieczyszczeń do wód podziemnych. Systemy korzeniowe roślin przyczyniają się również do zaini-

cjowania procesów glebotwórczych (Bender 1995; Biernacka 1976).

Celami przeprowadzonych badań były opis i charakterystyka aktualnego stanu pokrywy roślinnej składowiska popiołów Elektrociepłowni Siekierki, kształtującej się w wyniku prowadzonych prac rekultywacyjnych, jak również i naturalnych procesów sukcesji i recesji roślin.

Teren i metodyka badań

Składowisko odpadów paleniskowych w Zawadach położone jest ok. 6 km na południowy wschód od Elektrociepłowni „Siekierki”. Powierzchnia brutto składowiska wynosi 45 ha. Ograniczona jest z jednej strony „Moczydłowskim” wałem przeciwpowodziowym, a z drugiej boczną koleją Elektrociepłowni Siekierki-Jeziorna. Jest to składowisko nadziemne, formowane tarasowo. Nachylenie skarp nasypu wynosi ok. 1:3. Pomiedzy skarpami kolejnych nasypów uformowano ławki o szerokości 5 m. Do roku 1985 zostało wypełnione do poziomu korony wału przeciwpowodziowego Wisły (do rzędnej 90 m npm). W kolejnych latach sukcesywnie je podwyższano, w 1993 roku główna część składowiska osiągnęła wysokość ok. 114 m npm (Pawłat i Matyjasik 1994).

Do oceny stanu szaty roślinnej zastosowano fitosocjologiczny system Brauna-Blanqueta. Udział poszczególnych gatunków roślin w pokrywaniu powierzchni składowiska oszacowano według jego 6-stopniowej skali ilościowości.

W okresie wegetacyjnym 1998 roku we wszystkich wyróżniających się zbio-

rowiskach roślinnych wykonano łącznie 106 zdjęć fitosocjologicznych. Następnie zdjęcia te pogrupowano według podobieństwa w składzie gatunkowym oraz struktury pokrywy roślinnej. Najczęściej obserwowano fazy przejściowe lub inicjalne, znacznie odbiegające od typowych zespołów roślinnych opisywanych w literaturze. Tylko niektóre grupy zdjęć fitosocjologicznych można było jednoznacznie określić nazwą zespołu fitosocjologicznego. Z tego względu nazwy zespołów nadano na podstawie nazwy dominującego gatunku lub gatunku nadającego analizowanemu płatom roślinnym specyficzny wygląd.

Zestawienie florystyczne oparto wyłącznie na gatunkach roślin naczyniowych i mchów, których obecność stwierdzono w wykonanych zdjęciach fitosocjologicznych.

Przy grupowaniu zbiorowisk roślinnych składowiska uwzględniono podział gatunków roślin naczyniowych według opracowania następujących autorów: Zajac i Zajac (1992), Rostański (1997).

Występujące na powierzchni składowiska gatunki roślin podzielono na grupy geograficzno-historyczne i na ekologiczne.

W grupie geograficzno-historycznej wyróżniono: gatunki rodzime, obejmujące większość gatunków składowiska, antropofity: Ar – archeofity, kenofity (nowi przybysze zdomowieni na trwałe), Agr – agrestofity (gatunki obce, zawleczone), Erg – ergazjofity (gatunki dziczące z hodowli), Ef – efemerofity (nowi przybysze nie zdomowieni na trwałe).

W obrębie grupy ekologicznej wyróżniono gatunki: Łk – łąkowe, Lz – leś-

no-zaroślowe, Mk – muraw kserotermicznych, Mp – muraw piaszczystych, Rd – ruderalne, Sg – segetalne, Tr – torfowiskowe, Wn – nadwodne i bagienne.

Przy zestawianiu gatunków zidentyfikowanych na zwałowisku Elektrociepłowni uwzględniono nazewnictwo gatunków według Rutkowskiego (1998). Nazwy mszaków natomiast podano według Szafrana (1957 i 1969).

Charakterystyka wyróżnionych zbiorowisk roślinnych

Ogólnie na składowisku popiołów EC Siekierki wyróżniono 11 zbiorowisk roślinnych. Wykaz wyróżnionych zbiorowisk roślinnych według malejącej zwartości i trwałości darni przedstawiono w tabeli 1.

1. Zbiorowisko łąki kośnej zbliżone do łąk świeżych (*Arrhenatherum medioeuropaeum*) charakteryzowało się najwyższym współczynnikiem pokrycia powierzchni. Gatunki tworzące to zbiorowisko zostały wprowadzone w ramach rekultywacji, dlatego też płaty te są spotykane jedynie na hałdzie głównej; na jej stronie północnej, zachodniej oraz na szczycie.
2. Zbiorowiska łąki kośnej z dużym udziałem gatunków ruderalnych względnie trwale zadarniały powierzchnię składowiska. Powstały one w wyniku degradacji zbiorowiska 1. Wyróżniono tu 7 gatunków mchów, które pokrywały powierzchnię podłoża w niewielkim procencie, głównie z powodu zalegającej w zbioro-

wisku biomasy martwej, zawierającej dużo łatwo rozkładającej się celulozy. Zbiorowiska te spotkano na wystawie zachodniej.

3. Zbiorowisko łąki kośnej z dominacją lucerny siewnej (*Medicago sativa*) występowało najpowszechniej na zboczach południowym i górnej części platformy głównej hałdy. Zalegająca znaczna ilość biomasy gatunków motylkowatych sprzyjała rozluźnieniu darni i osiedlaniu się nitrofilnych gatunków ruderalnych, takich jak bylica pospolita, wrotycz pospolity, ostrożeńca sp. i inne.
4. Zbiorowiska z dominacją nostryka (*Melilotetum albo-officinalis*) odznaczały się zadarnieniem podobnym do zbiorowisk łąk z dominacją lucerny. Kosztem gatunków łąkowych wzrasta tutaj liczba i udział w pokryciu gatunków ruderalnych odznaczających się bujnym wzrostem.
5. W zbiorowiskach ruderalnych z dominacją perzu właściwego (*ass. Elymus repens*) stwierdzono zaleganie dużej ilości martwej lub obumierającej biomasy w ciągu prawie całego okresu wegetacyjnego. Gatunek wiodący – perz właściwy – występował łąkowo, osiągając wysokość do 1 m (średnio 60 cm). Struktura botaniczna zbiorowiska wskazuje na spontaniczny układ roślinny, lecz stosunkowo trwały. To spontaniczne zbiorowisko charakterystyczne jest dla sukcesji wtórnej. Przy opóźnieniu terminu koszenia lub zaprzestaniu nawadniania konkuruje ono z murawami kośnymi. Na hałdzie głównej zbiorowisko to utworzyło wąski,

TABELA 1. Skład gatunkowy wyróżnionych zbiorowisk roślinnych
TABLE 1. The species composition of the distinguished plant communities

Zbiorowiska roślinne Plant communities	Charakterystyczne gatunki Characteristic species
1. łąki zbliżone do łąk świeżych 1. the meadows similar to the fresh ones	kostrzewa czerwona, wiechlina łąkowa, kupkówka pospolita i 16 typowych gatunków dla związku <i>Arrhenatherion</i> oraz gatunki utrwalające darni, jak perz właściwy, mietlica biaława, życica trwała; gatunki ruderalne: bylica pospolita, przymiotno kanadyjskie, nostryk biały, bniec biały, wrotycz pospolity; wartościowe rośliny motylkowe: lucerna sierpowata i odmiany siewne
2. łąki z dużym udziałem gatunków ruderalnych 2. the meadows with the big share of ruderal species	kostrzewa czerwona, perz właściwy i mietlica biaława oraz gatunki ruderalne: bylica pospolita, przymiotno kanadyjskie, wrotycz pospolity, stulisz Loesela, bniec biały, nostryki biały i lekarski, maruna bezwonna i inne
3. łąki z dominacją lucerny 3. the meadows with <i>Medicago sativa</i> domination	dominują lucerny siewne nad typowymi gatunkami trwałej darni; perz właściwy i mietlica pospolita, mniej kostrzewy czerwonej i wiechlina łąkowej; z dwuliściennych: krwawnik pospolity, marchew zwyczajna i mniszek pospolity
4. zbiorowiska z dominacją nostryka 4. communities with <i>Melilotetum albo-officinalis</i> domination	nostryki biały i lekarski (65% pokrycia); gatunki ruderalne bylica pospolita, wiesiołek roczny, wrotycz pospolity i przymiotno kanadyjskie
5. zbiorowiska ruderalne z dominacją perzu rozłogowego 5. ruderal communities with <i>ass. Elymus repens</i> domination	perz rozłogowy, bylica pospolita, stulisz Loesela, wiesiołek dwuletni, ostrożeń sp., bylica sp.
6. zbiorowiska trzcinnika piaskowego 6. <i>Calamagrostietum epigeii</i> communities	trzcinnik piaskowy
7. zespół podbiału pospolitego 7. <i>Tussilaginietum farfarae</i> association	podbiał pospolity, perz właściwy, stulisz Loesela, przymiotno kanadyjskie, trzcinnik piaskowy, mniszek pospolity
8. zbiorowiska przymiotna kanadyjskiego 8. <i>ass. Conyza canadensis</i> communities	przymiotno kanadyjskie, stulisz Loesela, nostryk biały, mietlica pospolita, perz właściwy; z ruderalnych bylica pospolita
9. zbiorowiska mietelnika piaskowego 9. <i>Kochia laniflora</i> communities	mszaki, mietelnik piaskowy, 3 gatunki stulisy
10. inicjalne stadia sukcesyjne z mchami 10. succession initiation stage with mosses	mszaki sp., mietelnik piaskowy
11. zespół stulisy 11. <i>Sisymbrietum pl. sp.</i> association	stulisa sp., pięciornik srebrny

ciągły pas na zboczu zachodnim i południowym.

6. Zbiorowiska trzcinika piaskowego (*ass. Calamagrostietum epigeii*). Trzcinik piaskowy jest gatunkiem dobrze umacniającym nasypy, ponieważ szybko rośnie, ma dobrze rozwinięty system korzeni i podziemnych kłączy oraz jest konkurencyjny. Ma również zdolność kumulowania N (związaną z tzw. wewnętrznym obiegiem N). Dlatego też występuje w jałowych i suchych siedliskach. Na składowisku zasiedlał płaskie partie zwałowisk i dolną część zboczy południowych i zachodnich.
7. Zespół podbiału pospolitego (*Tussilaginietum farfarae*) występował na zboczach, w pobliżu pomp i rur wodociagowych oraz na płaskich tarasach u podnóży utrwalonych i zadarnionych nasypów. Niektóre płaty wykazywały zaawansowanie sukcesji, a inne typową strukturę i skład botaniczny dla zespołu, o czym świadczy bardzo dobrze rozwinięta warstwa mszysta i zielna. Zbiorowisko wykazywało charakter trwały, choć tworzące go rośliny były jednoroczne. Rośliny tego zbiorowiska zapewniały dość dobre utrwalenie podłoża i stały dopływ humusu do podłoża.
8. Zbiorowisko przymiotna kanadyjskiego (*ass. Conyza canadensis*) charakteryzowało się otwartością i niestabilnością, o czym świadczy obecność gatunków typowych dla piaszczystych pól i miejsc ruderalnych. Zbiorowiska te występowały powszechnie na zboczach nasłonecz-

nionych i nie utrwalonych miejscach hałd.

9. Zbiorowiska mietelnika piaskowego (*Kochia laniflora*) inicjowały spontaniczną sukcesję na świeżych i nie nawadnianych zwałowiskach. Na składowisku zarysowało się duże zróżnicowanie w obrębie tego zbiorowiska, różne tempo i zaawansowanie sukcesji na zboczach hałdy. Zaobserwowano również zmierzanie zaawansowanego stadium zespołu ruderalnego w kierunku murawy piaskowej lub kserotermicznej.
10. Inicjalne stadia sukcesyjne z mchami występowały w części dolnej i środkowej zboczy zwałowisk, nadal usypywanych od góry. Są one wskaźnikiem przesuszonego podłoża.
11. Zespół stuliszy (*Sisymbrietum pl. sp.*) występował w dość suchych płatach, gdzie występowała duża zmienność warunków fizyko-chemicznych podłoża.

Według Głazewskiego i Ziai (1995), najbardziej pożądaną roślinnością w umacnianiu nasypów są zbiorowiska trawiaste, głównie trawy niskie, które zapewniają trwałe zadarnienie powierzchni. Roślinność łąkowa stanowiła w okresie badań około 30% gatunków wyszczególnionych w opracowaniu. W tabeli 2 przedstawiono wykaz występujących na hałdzie gatunków roślinności łąkowej ze względu na częstość występowania. Z przedstawionego zestawienia wynika, że z wyróżnionych gatunków traw najczęściej występowały: perz właściwy – w 57% zdjęć fitosocjologicznych, wiechlina łąkowa – w 52% zdjęć, kostrzewa czerwona – w 48% zdjęć,

TABELA 2. Wybrane gatunki roślinności łąkowej i ruderalnej składowiska
TABLE 2. Some species meadow and ruderal vegetation on the dump

Lp.	Nazwa łacińska Latin name	Polska nazwa Polish name	Grupa geo- graficzno- -histo- ryczna Geographic- -historical group	Grupa ekolo- giczna Ecological group	Częstość % Frequency %
TRAWY – GRASSES					
1	<i>Agrostis gigantea</i>	Mietlica biaława		Łk	21
2	<i>Agrostis tenuis</i>	Mietlica pospolita		Łk	44
3	<i>Alopecurus pratensis</i>	Wyczyniec łąkowy		Łk	14
4	<i>Arrhenatherum elatius</i>	Rajgras wyniosły		Łk	10
5	<i>Dactylis glomerata</i>	Kupkówka pospolita		Łk	36
6	<i>Elymus repens</i>	Perz właściwy		Rd	57
7	<i>Festuca rubra</i>	Kostrzewa czerwona		Łk	48
8	<i>Phleum pratense</i>	Tymotka łąkowa		Łk	25
9	<i>Poa pratensis</i>	Wiechlina łąkowa		Łk	52
MOTYLKOWE – LEGUMES					
10	<i>Medicago lupulina</i>	Lucerna nerkowata		Rd	25
11	<i>Medicago sativa</i> ss. <i>Falcata</i>	Lucerna sierpowata	Agr	Rd	33
12	<i>Melilotus alba</i>	Nostrzyk biały		Rd	40
13	<i>Melilotus officinalis</i>	Nostrzyk lekarski		Rd	29
DWULIŚCIENNE – DICOTYLEDONOUS					
14	<i>Achillea millefolium</i>	Krwawnik pospolity		Łk	36
15	<i>Artemisia vulgaris</i>	Bylica pospolita		Rd	59
16	<i>Conyza canadensis</i>	Przymiotno kanadyjskie	Agr epok.	Rd	55
17	<i>Daucus carota</i>	Marchew zwyczajna		Łk	28
18	<i>Oenothera biennis</i>	Wiesiołek dwuletni	Agr	Rd	30
19	<i>Pastinaca sativa</i>	Pasternak zwyczajny		Rd, Łk	28
20	<i>Silene latifolia</i> ssp. <i>alba</i>	Lepnica biała	Agr	Rd	36
21	<i>Sisymbrium loeselii</i>	Stulisz Lesela	Agr	Rd	56
22	<i>Tanacetum vulgare</i>	Wrotycz pospolity		Rd	33
23	<i>Taraxacum officinale</i>	Mniszek pospolity		Łk	41

mietlica pospolita – w 44% zdjęć, kupkówka pospolita – w 36% zdjęć i tymotka łąkowa – w 25% zdjęć. Rośliny motylkowe najczęściej reprezentowane były przez gatunki zaliczane do grupy ekologicznej – ruderalnej (lucerny, nostrzyki). Z roślin dwuliściennych z częstością 59% występowała bylica pospolita, nieco rzadziej stulisz Loesela – w 56% zdjęć, przy-

miotno kanadyjskie – w 55% zdjęć, mniszek pospolity - 41% zdjęć.

W fazach inicjalnych sukcesji naturalnej największe zdolności opanowywania podłoża wykazały mchy *Funaria hygrometrica* i *Ceratodon purpureus*, a z gatunków naczyniowych *Conyzacana-densis*, *Kochia laniflora*, *Elymus repens*, *Tussilago farfara*, a także *Calamagrostis*

epigeios. Z tego względu ich rola w pierwszym etapie zadarniania składowisk popiołów zasługuje na dalsze badania. Nie wymagają one bowiem ponoszenia dużych nakładów dla ich wprowadzenia na hałdę. Z podobnych względów gatunki zaliczane do roślinności ruderalnej także zasługują na większą uwagę. Po kilku sezonach i przy minimalnej ingerencji w kierunek sukcesji można uzyskać zwartą i trwałą osłonę powierzchni hałdy.

Dyskusja

Z przeprowadzonych badań florystycznych wynika, że na składowisku popiołów EC Siekierki w Zawadach istnieje zróżnicowana i bogata gatunkowo szata roślinna. Ogółem w badaniach wyróżniono 233 gatunki roślin, w tym 18 gatunków mszaków. Wśród nich zdecydowana większość to rośliny rodzime. Największy procent (ok. 42%) stanowiły rośliny ruderalne i segetalne, które obejmowały 99 gatunków. Około 20% stwierdzonych gatunków to rośliny murawowe i piaszkowe, a pozostałe to gatunki zaroślowe i nadwodne. Natomiast roślinność łąkowa, wprowadzona w procesie biologicznej rekultywacji hałdy, tworząca najbardziej zwartą ruń, stanowiła blisko 70 gatunków.

W porównaniu do innych tego typu obiektów liczba gatunków występujących na składowisku popiołów EC Siekierki jest znacznie większa. Przykładowo, na osadnikach popiołu Zagłębia Konińskiego reprezentowanych było 138 gatunków roślin, a w Oświęcimiu tylko 53 (Pawlak 1986).

Najczęściej występował mech zębóróg purpurowy *Ceratodon purpureus* (w 73% zdjęć). Spotykany był na powierzchniach nie zagospodarowanych, które stanowią stosunkowo duży procent powierzchni ogólnej składowiska. Nieco rzadziej występowała bylica pospolita *Artemisia vulgaris* – 59% zdjęć, perz rozłogowy *Elymus repens* – w 57% zdjęć i wiechlina łąkowa *Poa pratensis* – w 52% zdjęć. 17 gatunków wystąpiło z częstością od 25–50%, a 59 gatunków jednorazowo.

Na składowisku popiołów w Zawadach wyróżniono 11 zbiorowisk roślinnych. Podobną liczbę zbiorowisk roślinnych na zwałowiskach przemysłowych Chorzowa stwierdzili Cabała i Jarząbek (1999). Na dużych powierzchniach hałd zrehabilitowanych Chorzowa stwierdzono występowanie zbiorowisk z klasy *Molinio* – *Arrhenatheretea*. Odnotowano również występowanie zbiorowisk *Agrostis tenuis* – *Conyza canadensis*, zbiorowisko *Echio* – *melilotetum*, zbiorowisko *Medicago sativa*. Na hałdzie EC Siekierki stwierdzono podobne do tych wyżej wymienionych zbiorowiska. Również na częściach zrehabilitowanych można było wyróżnić zbiorowisko *Arrhenatherum medioeuropaeum*, ass. *Conyza canadensis*, zbiorowiska z dominacją nostryka (*Melilotetum albo-officinalis*) oraz zbiorowisko *Medicago sativa*.

Najbardziej zwartym zadarnieniem charakteryzowały się zbiorowiska trawnisk, takich jak kostrzewa czerwona, mietlica biaława, wiechlina łąkowa, życica trwała. Według Głazewskiego i Zieli (1995), proces zagęszczania runi jest powolny. Zbiorowiska z nostrykiem

i lucerną, choć początkowo tworzą bujną i gęstą pokrywę roślinną, już po paru latach przerzedzają się i pojawia się dużo wolnych miejsc. Przyczynia się do tego zalegająca na powierzchni biomasa.

Wkraczanie roślinności obcej i zasiedlanie pustych miejsc może być pomocnym procesem przy rekultywacji. Na szczególną uwagę zasługuje tutaj perz właściwy tworzący zbiorowisko 5. Dzięki rozłogom przyczynia się do umacniania zboczy nasypów i może być wykorzystywany do zadarniania powierzchni trudnych typowymi roślinami łąkowymi.

Wnioski

1. Składowisko popiołów EC Siekierki w Zawadach charakteryzowało się bogatą i różnorodną szatą roślinną; zarejestrowano 233 gatunki roślin, w tym 18 gatunków mchów.
2. Wyróżniono 11 zbiorowisk roślinnych: łąki kośne zbliżone do łąk świeżych, łąki kośne z dużym udziałem gatunków ruderalnych, *Medicago sativa*, *Melilotetum albo-officinalis*, ass. *Elymus repens*, ass. *Calamagrostietum epigaei*, *Tussilaginietum farfarae*, ass. *Conyza canadensis*, *Kochia laniflora*, inicjalne stadia z mchami, *Sisymbrietum pl. sp.*
3. Najczęściej w zbiorowiskach występowały następujące gatunki: *Ceratonodon purpureus*, *Artemisia vulgaris*, *Elymus repens* i *Poa pratensis*.
4. Najbardziej zwartym zadarnieniem charakteryzowały się zbiorowiska traw niskich, kostrzewy czerwonej, mietlicy białawej, wiechliny łąko-

wej, życicy trwałej. Zbiorowiska z nostrykiem i lucerną już po paru latach przerzedzają się i pojawia się dużo pustych placów.

5. Pomocnym procesem przy rekultywacji jest wkraczanie roślinności obcej i zasiedlanie pustych miejsc. Na szczególną uwagę zasługuje tutaj perz właściwy, który dzięki rozłogom przyczynia się do umacniania zboczy nasypów.

Literatura

- BENDER J. 1995: Rekultywacja terenów pogórniczych w Polsce. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z. 418: 75–86.
- BIERNACKA E. 1976: Wpływ biologicznej rekultywacji składowisk odpadów paleniskowych na niektóre procesy glebowe i skład chemiczny roślin. Zeszyty Naukowe SGGW-AR, 86, Warszawa, 104 ss.
- CABAŁA S., JARZĄBEK Z. 1999: Szata roślinna zwałowisk przemysłowych Chorzowa. Część I: Analiza flory. Arch. Ochr. Środ. vol. 25, nr 1: 133–153.
- CABAŁA S., JARZĄBEK Z. 1999: Szata roślinna zwałowisk przemysłowych Chorzowa. Część II: Roślinność zielna. Arch. Ochr. Środ. vol. 25, nr 2, 131–148.
- GLĄŻEWSKI M., ZIAJA W. 1995: Wyniki rekultywacji składowisk popiołów przy zastosowaniu hydroobsiewów mieszkami traw i motylkowatych. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie: 170–175.
- PAWLAK G. 1986: Flora i zbiorowiska roślinne osadników popiołu przy elektrowniach Konińskiego Zagłębia Węglowego. Bad. Fizj. nad Polską Zach., 36, s. B: 75–92.
- PAWŁAT H., MATYJASIK Z. 1994: Ocena oddziaływania składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki na środowisko. Przegl. Nauk. Wyd. MiłŚ SGGW, 4 Warszawa: 91 ss.
- PIETRZYKOWSKI J. 1998: Wpływ składowisk popiołów lotnych i żużli na środowisko natu-

ralne. *Higiena Pracy*, kwartalnik Instytutu Medycyny Pracy nr 1, Łódź: 12–25.

ROSTANSKI A. 1997: Rośliny naczyniowe terenów o wysokim stopniu skażenia metalami ciężkimi. *Acta Biol. Siles.* 30 (47): 56–85.

RUTKOWSKI L. 1998: *Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej*. PWN, Warszawa: 812 ss.

SZAFRAN B. 1957: *Rośliny zarodnikowe Polski i ziem ościennych. Mchy (Musci)*. PWN, Warszawa, t. 1: 1–449.

SZAFRAN B. 1969: *Rośliny zarodnikowe Polski i ziem ościennych. Mchy (Musci)*. PWN, Warszawa, t. 2: 1–405.

ZAJĄC M. ZAJĄC A. 1992: A tentative list of segetal and ruderal apophytes in Poland. *Zesz. Nauk. Uniw. Jagiellońskiego, Prace Botaniczne*: 24; 7–23.

Summary

The research was carried out on the ash dump of the Siekierki Power Plant in Zawady. During vegetation period of the 1998 106 relevés were recorded by means of Braun-Blanquet method.

The flora of the dump is characterised by great species abundance. 233 species including 18 mosses were recorded. The following species occurred most frequently: *Ceratodon purpureus*, *Artemisia vulgaris*, *Elymus repens* i *Poa pratensis*.

On the base of the relevés 11 major plant communities were distinguished: the meadows similar to the fresh ones, the meadows with big part ruderal species, *Medicago sativa*, *Melilotetum albo-officinalis*, ass. *Elymus repens*, ass. *Calamagrostietum epigeii*, *Tussilaginietum farfarae*, ass. *Conyza canadensis*, *Kochia laniflora*, succession iniciative stage with mosses, *Sisymbrietum pl.sp.*

These plants communities are characterised by the different rate of surface coverage and botanical composition. The most tidy coverage gave low grass communities; *Festuca rubra*, *Agrostis gigantea*, *Poa pratensis* and *Lolium perenne*.

Authors' address:

A. Gutkowska, B. Pawluśkiewicz
Warsaw Agricultural University – SGGW
02–787 Warszawa
ul. Nowoursynowska 166
Poland

Paweł OGŁĘCKI

Katedra Kształtowania Środowiska SGGW
Department of Environmental Management WAU

Fauna kręgową doliny rzeki Jeziorki na odcinkach o zróżnicowanym stopniu naturalności

The vertebrates of Jeziorka river valley on its different naturalness sections

Wstęp

Kręgowce zajmują ostatnie poziomy w sieciach troficznych i ich zróżnicowanie świadczy o bogactwie składu florystycznego i fauny bezkręgowej danego obszaru (Trojan 1980). Szybko reagują na zachwiania struktury biocenozy i są dobrym wskaźnikiem postępującej homogenizacji środowiska (Tomiałojć 1992). Duża różnorodność fauny kręgowej jest świadectwem wysokiego stopnia heterogeniczności biotopów (Forman i Gordon 1986) i współdecyduje o atrakcyjności przyrodniczo-krajobrazowej i walorach estetycznych doliny rzecznej (Tolkamp 1980; Gacka-Grzesikiewicz 1995).

Celem pracy była inwentaryzacja i waloryzacja kręgowców na odcinkach doliny Jeziorki – prezentującej klasyczny typ niewielkiej rzeki Niżu Polskiego – o różnym stopniu natężenia zmian antropogenicznych.

Teren i metody badań

Obiektem badań była dolina rzeki Jeziorki – lewobrzeżnego dopływu Wisły o długości 70 kilometrów, przepływającego przez obszar województwa mazowieckiego. Jej wysokie walory krajobrazowe – zwłaszcza naturalny charakter koryta w górnym i środkowym biegu oraz zróżnicowanie florystyczne strefy tarasów i zboczy – sprawiły, że znaczną część doliny objęto ochroną w obrębie Chojnowskiego Parku Krajobrazowego. Od wielu lat są propozycje objęcia jej ochroną rezerwatową typu krajobrazowego (Zaręba i in. 1981; Łaszek i Sendzielska 1989). Dolina Jeziorki jest korytarzem ekologicznym o znaczeniu regionalnym. Jej wiodącą funkcją w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego jest ochrona środowiska przyrodniczego i kulturowego, leśnictwo oraz ekstensywne rolnictwo. Funkcją uzupełniającą jest turystyka i wypoczynek.

Jeziorka ma dobrze rozwiniętą sieć hydrograficzną, na którą składa się 28 dopływów różnej wielkości. Jest uregulowana i obwałowana jedynie na pięciokilometrowym odcinku przyujściowym. Na pozostałym fragmencie występuje dobrze zachowany, klasyczny układ podłużny i poprzeczny strefowości ekomorfologicznej. Na całym odcinku doliny znajdują się starorzecza z bogatą biocenozą oraz drobnoprzestrzenne fragmenty roślinności leśnej, wodnej, bagiennej i łąkowej o wysokim stopniu naturalności. Jeziorka prowadzi wody III klasy czystości powyżej 39 kilometra, poniżej zaliczane są one do pozaklasowych.

Badania kręgowców przeprowadzono na trzech odcinkach, uznanych za charakterystyczne dla górnego, środkowego i dolnego fragmentu doliny. Odcinek górny, nazwany Przęsławice, położony jest pomiędzy 53 a 56 kilometrem od ujścia, poniżej miejscowości Przęsławice. Koryto Jeziorki silnie tu meandruje, przepływając przez zadrzewienia o charakterze przekształconych łągów (*Fraximo-Ulmetum* i *Circaeo-Alnetum*) oraz podmokłe łąki użytkowane ekstensywnie.

Odcinek środkowy, nazwany „Bogatki”, leży między 23 a 26 kilometrem od ujścia na wysokości wsi Bogatki. Koryto rzeki ma charakter meandrujący i na całej niemal długości osłonięte jest wąskim pasem łągu wierzbowego (*Salicetum albae-fragilis*). Strefa zalewowa ma charakter łąkowy z nielicznymi kępami drzew i krzewów oraz oczkami wodnymi. Użytkowanie łąk można określić jako dość intensywne, niemniej są tu fragmenty o wysokim stopniu naturalności. Odcinek dolny „Konstancin” znajduje się na wysokości Konstancina-Jeziornej, pomiędzy 2 a 5 kilometrem od ujścia. Rzeka ma koryto uregulowane, otoczone z obu stron wysokim wałem. W międzywale występuje roślinność łąkowa, a na zawału są pola uprawne oraz zabudowa. Fragmenty leśne występują sporadycznie (Ogłęcki 1999).

Walory przyrodniczo-krajobrazowe opisanych odcinków oraz ich poszczególne stref ekomorfologicznych, ustalone za pomocą metody indeksowej o 5-punktowej skali ocen (Ogłęcki 1999), przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1. Walory przyrodniczo-krajobrazowe badanych odcinków doliny Jeziorki (5 – najwyższe walory, 1 – najniższe walory)

TABLE 1. The environmental values of Jeziorka river valley investigated sections (highest value – 5, lowest one – 1)

Odcinek doliny River valley section	Ocena ogólna Total value	Ocena strefy korytowej Riverbed zone value	Ocena strefy przyczecnej Bank zone value	Ocena strefy tarasów i zboczy Terrace and slope zone value	Ocena strefy przydolinowej Up-valley zone value
„Przęsławice”	4,27	4,55	4,70	3,95	3,25
„Bogatki”	3,84	3,90	4,00	3,90	3,10
„Konstancin”	2,03	2,40	2,30	1,50	1,65

Inwentaryzację kręgowców przeprowadzono w latach 1994–1999, w różnych okresach fenologicznych. Na każdym z badanych odcinków ryby odławiano w dziesięciu punktach kontrolnych, wyznaczonych co 300 metrów biegu rzeki. Po ustaleniu przynależności gatunkowej wszystkie osobniki były wypuszczane z powrotem do wody. Skład herpetofauny ustalono posługując się metodą przeszukiwania charakterystycznych biotopów. W celu ustalenia składu taksonomicznego awifauny zastosowano uproszczoną metodykę, polegającą na dokonywaniu systematycznych obserwacji terenowych. Ptaki obserwowano za pomocą lornetki 11 × 40, notując liczebność gatunków oraz – w miarę możliwości – płeć i wiek osobników. Niewielkie ssaki zinventaryzowano za pomocą metody CMR (catch-mark-release). Zwierzęta chwytano w pułapki żywołowne, które kontrolowano w systemie – świt-zmierzch-sвіт. Notowano gatunek zwierzęcia, pomijając płeć i wiek. Skład gatunkowy dużych ssaków ustalono za pomocą obserwacji audiowizualnych, dokonywanych w różnych porach doby. Dodatkowo analizowano napotkane tropy i odchody. Walooryzację fauny kręgowej przeprowadzono na podstawie klasycznych pozycji mono-

graficznych (Bnińska i in. 1989; Juszczuk 1987; Tomiałojć 1990; Pucek 1984), w których opisano status poszczególnych taksonów w faunie Polski. Dla każdej gromady kręgowców (z wyjątkiem gadów) obliczono współczynniki różnorodności gatunkowej Simpsona na badanym odcinku według wzoru:

$$\frac{N(N-1)}{\sum (n_i)(n_i-1)}$$

gdzie: N – liczba osobników wszystkich gatunków, n – liczba osobników gatunku.

Wyniki badań

W dolinie rzeki Jeziorki na trzech badanych odcinkach stwierdzono występowanie 20 gatunków ryb, 10 gatunków płazów, 2 gatunków gadów, 89 gatunków ptaków i 20 gatunków ssaków. Liczebność poszczególnych gromad przedstawiono w tabeli 2.

Ryby. W strefie akwatywnej trzech odcinków doliny Jeziorki stwierdzono występowanie 20 gatunków ryb. Na odcinku „Konstancin” odłowiono 11 gatunków, na odcinku „Przysławice” – 14 gatunków, a na odcinku „Bogatki” – 18

TABELA 2. Porównanie liczebności poszczególnych gromad kręgowców na odcinkach doliny rzeki Jeziorki o zróżnicowanym stopniu naturalności

TABLE 2. Vertebrate numbers of each phylum of Jeziorka river valley sections of different naturalness

Gromada kręgowców Vertebrate phylum	Odcinek „Przysławice” „Przysławice” section	Odcinek „Bogatki” „Bogatki” section	Odcinek „Konstancin” „Konstancin” section
Ryby Fish	11 gat.	18 gat.	14 gat.
Płazy Amphibians	6 gat.	10 gat.	8 gat.
Gady Reptiles	1 gat.	2 gat.	2 gat.
Ptaki Birds	82 gat.	64 gat.	49 gat.
Ssaki Mammals	16 gat.	17 gat.	11 gat.

gatunków. Na odcinku Przęsławice dominował niewielkich rozmiarów pstrąg potokowy, pochodzący z systematycznie prowadzonych tu zarybień. Subdominantami były ciernik i cierniczek. Ryby karpiowate występowały nielicznie.

Odcinek „Bogatki” był najbardziej różnorodny pod względem ichtiofauny. Dominantami na tym odcinku były: ciernik, okoń, płoć i jazgarz. Karpiowate występowały znacznie częściej niż na odcinku „Przęsławice” i osiągały większe rozmiary, podobnie jak drapieżniki (okoń do 30 cm, szczupak do 60 cm). Pstrąg potokowy był o wiele rzadszy, ale odławiane osobniki były większe (do 45 cm).

Na odcinku „Konstancin” nie występowały gatunki typowe dla wód niezanieczyszczonych (pstrąg potokowy, kiełb), dominowały natomiast jazgarz, płoć i ukleja. Licznie występowały krap i leszcz, zwłaszcza w okresie wiosennej wędrówki tarłowej. Na odcinku o spowolnionym tempie przepływu wody powyżej jazu w Konstancinie-Jeziornej stwierdzono występowanie karasia.

Wykaz gatunków stwierdzonych na trzech badanych odcinkach rzeki przedstawiono w tabeli 3. Gatunki odławiane regularnie w liczbie ponad 20 osobników na kilometr biegu rzeki sklasyfikowano jako liczne (l). Te, które występowały w liczbie 5–20 osobników na kilometr biegu rzeki określono jako średnio liczne (śl), do 5 osobników jako nieliczne (nl).

Ichtyofauna Jeziora wydaje się typowa dla rzeki nizinnej średniej wielkości. Specyficzną cechą jest występowanie licznej populacji pstrąga potokowego, który – zwłaszcza w górnym odcinku – znajduje doskonałe warunki życiowe (dobre

natlenienie wody, obfitość kryjówek). Gatunek ten trafił do rzeki dzięki zarybieniom przeprowadzonym przez Warszawskie Towarzystwo Pstrągowe i doskonale się zaaklimatyzował mimo dużej presji kłusowniczej i wędkarskiej (Zacharczyk 1994). Koza i różanka podlegają w Polsce ochronie całkowitej. Jaz, jelec, kleń, lin, miętus, pstrąg potokowy, szczupak i wzdręga – ochronie częściowej.

Płazy. Na trzech badanych odcinkach doliny Jeziora stwierdzono ogółem 10 gatunków płazów. Największa różnorodność cechowała odcinek „Bogatki”, gdzie występowały wszystkie gatunki. Na odcinku „Przęsławice” stwierdzono 6 gatunków, a na odcinku „Konstancin” – 8 gatunków. Pełny spis taksonomiczny płazów stwierdzonych na trzech badanych odcinkach doliny przedstawia tabela 4. Gatunki występujące w liczbie powyżej 20 osobników na 100 m² mozaiki biotopów sklasyfikowano jako liczne (l), w liczbie 5–20 osobników jako średnio liczne (śl), a do 5 osobników jako nieliczne (nl).

Trasza zwyczajna, kumak nizinny, grzebiuszka ziemna, ropucha szara i zielona oraz rzekotka drzewna podlegają w Polsce ochronie całkowitej. Pozostałe płazy zaliczane są do gatunków pospolitych lub dość pospolitych (Juszczak 1989).

Gady. Na odcinkach „Przęsławice”, „Bogatki” i „Konstancin” stwierdzono występowanie pojedynczych osobników zaskrońca (*Natrix natrix*). Ponadto, na odcinkach „Bogatki” i „Konstancin”, na suchych siedliskach, występowała bardzo nielicznie jaszczurka zwinka (*Lacer-*

TABELA 3. Występowanie ryb na trzech odcinkach rzeki Jeziorki o zróżnicowanym stopniu naturalności
TABLE 3. Fish of Jeziorka river different.naturalness sections

Gatunek Species	Odcinek doliny River valley section		
	„Przęsławice”	„Bogatki”	„Konstancin”
Ciernik	1	1	śl
Cierniczek	1	śl	śl
Jazgarz	nl	1	1
Jaź		nl	nl
Jelec	śl	śl	nl
Karaś			nl
Kielb	śl	śl	
Kleń	nl	śl	śl
Koza	nl	nl	
Krąp		nl	śl
Leszcz		nl	śl
Lin		nl	
Miętus	nl	śl	
Okoń	nl	1	śl
Płoć	nl	1	1
Pstrąg potokowy	1	nl	
Różanka		nl	
Szczupak		nl	śl
Ukleja		nl	1
Wzdrenga			nl
Ogólna liczba gatunków Total species number: 20	11	18	14

TABELA 4. Występowanie płazów na odcinkach doliny Jeziorki o zróżnicowanym stopniu naturalności
TABLE 4. Amphibians of Jeziorka river valley different naturalness sections

Gatunek Species	Odcinek Section		
	„Przęsławice”	„Bogatki”	„Konstancin”
Traszką zwyczajną		nl	nl
Kumak nizinny	nl	nl	
Grzebiuszka ziemna	nl	nl	nl
Ropucha szara	nl	śl	śl
Ropucha zielona		nl	nl
Rzekotka drzewna		nl	
Żaba jeziorkowa	nl	śl	1
Żaba śmieszka		śl	śl
Żaba wodna (mieszaniec żaby śmieszki i jeziorkowej)	śl	1	1
Żaba trawna	nl	1	1
Ogólna ilość gatunków Total species number: 10	6	10	8

ta viridis). Oba gatunki podlegają w Polsce całkowitej ochronie.

Herpetofauna doliny rzeki Jeziorki na badanych odcinkach jest całkowicie typowa dla tego typu układu przyrodniczego. Zróżnicowanie siedliskowe na odcinku „Bogatki” (obecność starorzeczy, rowów melioracyjnych, a także fragmentów muraw kserotermicznych w strefie

tarasów i zboczy) spowodowało, że spotyka się tam największą liczbę gatunków płazów i gadów.

Ptaki. Na trzech badanych odcinkach doliny Jeziorki stwierdzono ogółem 89 gatunków ptaków, z czego na odcinku „Przęsławice” – 82 gatunki, na odcinku „Bogatki” – 64 gatunki, a na odcinku „Konstancin” – 49 gatunków (tab. 5).

TABELA 5. Występowanie ptaków na odcinkach doliny Jeziorki o zróżnicowanym stopniu naturalności
TABLE 5. Birds of Jeziorka river valley different naturalness sections

Gatunek Species	Odcinek doliny River valley section		
	„Przęsławice”	„Bogatki”	„Konstancin”
1	2	3	4
Czapla siwa	śl	nl	sn
Bocian biały*	śl	nl	nl
Łabędź niemy*	nl		nl
Krzyżówka	śl	śl	śl
Jastrząb*		sn	
Cyranka, cyraneczka	sn		
Gągoł	nl		
Śmieszka*	śl	nl	śl
Rybitwa zwyczajna*			śl
Zimorodek*	sn	sn	
Trzciniak*	śl	śl	nl
Trzcinniczek*	nl		
Potrzos*	śl	śl	śl
Krogulec*	sn	sn	
Myszołów*	sn	sn	sn
Pustułka*		sn	sn
Kuropatwa	l	l	l
Bażant	śl	nl	l
Derkacz*	sn		
Czajka*	l	l	śl
Batalion	nl		
Kszyk	śl		
Słonka	sn		
Rycyk*	śl	nl	nl
Krwawodziób*	sn		
Grzywacz	śl	śl	
Kukułka*	nl	śl	
Uszatka*	sn	sn	
Pójdźka*		sn	sn
Puszczyk*, dudek*, dzięcioł zielony*, pokrzywnica*	sn	sn	
Krętogłów*	nl	sn	

cd. tabeli 5. table 5 continue

1	2	3	4
Dzięcioł duży*	śl	śl	
Dzięciołek*	sn		
Skowronek*	śl	l	l
Świergotek łąkowy*	sn		
Pliszka żółta*	l	śl	śl
Pliszka siwa*	nl	nl	śl
Strzyżyk*	śl	sn	
Rudzik*	l	śl	śl
Słownik szary*	l	l	śl
Podróżniczek*		sn	
Pleszka*	sn		
Pokląskwa*	śl	śl	nl
Kos*	l	l	śl
Kwiczół	l	l	l
Śpiewak*	l	l	nl
Brzęczka*	sn		
Rokitniczka*, łożówka*	nl		
Zaganiacz*, gąsiorek*	nl	nl	nl
Pieczę*	l	l	śl
Cierniówka*	śl	śl	śl
Gajówka*	sn		
Kapturka*	śl	śl	sn
Pierwiosnek*	l	śl	śl
Piecuszek*	śl		
Muchołówka szara*	sn	sn	sn
Raniuszek*	śl		
Mniszka*	śl	śl	sn
Modraszka*	śl	l	śl
Bogatka*	l	l	l
Kowalik*	śl	nl	
Pelzacz leśny*	sn	sn	
Remiz*	nl	nl	
Wilga*	sn		
Dzierzba czarnoczelna*		sn	
Sójka	l	śl	nl
Sroka, kawka, gawron, wrona, szpak*, mazurek, zięba*, gil*	l	l	l
Wróbel	śl	l	l
Jer*	sn		
Szczygieł*	nl	śl	nl
Makolągwa*	śl	śl	nl
Rzepołuch*			sn
Trznadź*	l	śl	śl
Dzwoniec*	l	śl	śl
Czeczotka*	l		
Dziwonia*		sn	
Grubodziób*	sn		
Ogólna liczba gatunków	82	64	29
Total species number: 89			

Wszystkim ptakom przypisano status liczebnościowy. Gatunki o liczebności przekraczającej średnio 30 osobników w sezonie sklasyfikowano jako liczne (l), o liczebności 15–30 osobników sezonie jako średnio liczne (śl), o liczebności 5–14 osobników w sezonie jako nieliczne (nl) i o liczebności poniżej 5 osobników w sezonie jako skrajnie nieliczne (sn). Gatunki podlegające w Polsce ochronie całkowitej oznaczono w tabeli 5 symbolem*.

Ssaki. Na wszystkich badanych odcinkach doliny stwierdzono występowanie 20 gatunków ssaków, z czego na odcinku „Przysławice” – 16 gatunków, na odcinku „Bogatki” – 17 gatunków, a na

odcinku „Konstancin” – 11 gatunków. Teriofauna wydaje się dość typowa dla doliny rzeki nizinnej. Interesujące pod względem przyrodniczym jest stwierdzenie obecności myszy zaroślowej oraz rzęsorka rzeczek.

Spośród stwierdzonych w dolinie Jeziorki ssaków ochronie całkowitej podlegają: jeż wschodni, ryjówka aksamitna, rzęsorek rzeczek i łasica łąska, ochronie częściowej – kret, zając szarak, królik, wiewiórka, dzik, sarna i lis. Gatunki stwierdzone w obrębie poszczególnych stref trzech badanych odcinków doliny przedstawia tabela 6.

TABELA 6. Występowanie ssaków na odcinkach doliny Jeziorki o zróżnicowanym stopniu naturalności
TABLE 6. Mammals of Jeziorka river valley different naturalness sections

Gatunek Species	Odcinek Section		
	„Przysławice”	„Bogatki”	„Konstancin”
Jeż wschodni	+	+	
Kret	+	+	+
Ryjówka aksamitna	+	+	
Rzęsorek rzeczek	(+)	(+)	
Królik		(+)	
Zając szarak	+	+	+
Wiewiórka pospolita	+	+	
Piżmak		+	
Nornica ruda	+	+	+
Karczownik	+	+	+
Polnik	+	+	+
Mysz domowa	+	+	+
Szczur śniady			(+)
Mysz polna	+	+	+
Mysz leśna wielkooka	+	+	
Mysz zaroślowa	(+)		
Lis	+	+	(+)
Łasica łąska		(+)	+
Dzik	(+)		
Sarna	+	+	+
Ogólna liczba gatunków Total species number: 20	16	17	11

+ – gatunek występujący często, abundant species.

(+) – gatunek występujący rzadko (stwierdzony nie więcej niż 3 razy w sezonie), rare species (observed less than 3 times a year).

TABELA 7. Wartości współczynnika różnorodności gatunkowej Simpsona dla poszczególnych gromad fauny kręgowej na odcinkach doliny Jezioroki o zróżnicowanym stopniu naturalności

TABLE 7. The Simpson coefficient values for each vertebrate phylum on Jezioroka river valley different naturalness sections

Odcinek doliny Valley section	Ryby Fish	Płazy Amphibians	Ptaki Birds	Ssaki Mammals
„Przėsławice”	12,6	14,6	11,5	10,0
„Bogatki”	18,9	14,8	12,2	16,7
„Konstancin”	15,0	12,1	7,6	12,4

Różnorodność gatunkowa. W tabeli 7 przedstawiono wartości współczynnika różnorodności gatunkowej Simpsona dla czterech gromad kręgowców na badanych odcinkach doliny.

Największa różnorodność gatunkowa wszystkich gromad kręgowców cechuje odcinek „Bogatki”. Porównanie dwóch pozostałych odcinków wskazuje, że pod względem ryb i ssaków bardziej różnorodny jest odcinek „Konstancin”, a w przypadku płazów i ptaków – odcinek „Przėsławice”.

Dyskusja

Przeprowadzone badania pozwoliły na ustalenie składu taksonomicznego fauny kręgowej na charakterystycznych odcinkach doliny Jezioroki w górnym, środkowym i dolnym biegu rzeki. Jest on dość typowy dla doliny niewielkiej rzeki nizinnej, ale jednocześnie stosunkowo bogaty i zróżnicowany. W dolinie Jezioroki występuje wiele gatunków przyrodniczo cennych i objętych ochroną. Bogaty skład ichtiofauny jest wynikiem dużego stopnia naturalności strefy korytowej przy wysokim zróżnicowaniu mikrosiedlisk (głęboczki, przykosa, zastoiska, prą-

dy wsteczne). Wysoki wskaźnik różnorodności tej gromady na najmniej naturalnym odcinku przyujściowym (wyższy niż na naturalnym odcinku górnym) jest wynikiem sezonowych migracji ryb z Wisły. Herpetofauna doliny Jezioroki nie zawiera szczególnych osobliwości. Największa różnorodność tej gromady kręgowców na odcinku środkowym („Bogatki”) jest wynikiem obecności w strefie tarasów dużej ilości oczek wodnych i starorzeczy, a także największej mozaikowatości środowiska i przestrzennej zmienności warunków wilgotnościowych. W składzie taksonomicznym awifauny i teriofauny zwraca uwagę obecność gatunków rzadkich, takich jak jastrząb, krogulec, uszatka, dziwonia, rzęsorek rzeczek i mysz zaroślowa. Nie stanowią one osobliwości faunistycznych, ale ich występowanie współdecyduje o wysokim stopniu atrakcyjności przyrodniczej doliny Jezioroki.

Największa różnorodność gatunkowa wszystkich gromad kręgowców na odcinku środkowym („Bogatki”) jest skorelowana z największą mozaikowatością krajobrazu i zróżnicowania florystycznego (Ogłęcki 1999). Kępy drzew i krzewów oraz oczka wodne i starorzecza pełnią rolę wysp ekologicznych,

między którymi następują lokalne migracje małych ssaków i ptaków. Wysokie drzewa z dziuplami stanowią miejsca gniazdowania i punkty obserwacyjne dla ptaków drapieżnych (w tym sów), dzięciołów i krukowatych. Z kolei występowanie naturalnych łąk podmokłych na odcinku górnym („Przysławice”) decyduje o pojawianiu się tam interesujących gatunków wodno-błotnych w okresie przelotów.

Zachowanie bogatej i różnorodnej fauny kręgowej w dolinie Jeziorki powinno być jednym z priorytetów planowej jej ochrony. Niezbędne jest w tym celu utrzymanie naturalnego charakteru koryta rzeki. Pożądane jest wybudowanie przepławki na jazie w Konstancinie-Jeziornej w celu umożliwienia rybom z Wisły dotarcie do wyżej położonych miejsc tarliskowych. Wskazany jest także ekstensywny charakter użytkowania łąk w dolinie. Cennym zabiegiem renaturyzacyjnym na odcinku przyujściowym może być nasadzenie kęp roślinności wysokiej, pełniących rolę wysp ekologicznych.

Wnioski

1. Fauna kręgową doliny rzeki Jeziorki jest interesująca pod względem taksonomicznym ze względu na występowanie gatunków reprezentujących różne typy ekologiczne, a także rzadkich i podlegających ochronie.
2. Największa różnorodność herpetofauny, awifauny i teriofauny cechuje środkowy odcinek doliny, charakteryzujący się dużą mozaikowością siedlisk i występowaniem użyt-

ków oraz wysp ekologicznych. Duże zróżnicowanie ichtiofauny na odcinku górnym i środkowym jest wynikiem wysokiego stopnia naturalności strefy koryta rzeki, na odcinku dolnym – sezonowych migracji ryb z Wisły.

3. Fauna kręgową doliny Jeziorki wymaga kompleksowej ochrony, której niezbędnymi elementami są utrzymanie naturalnego charakteru koryta rzeki wraz z pasem przyrzecznej roślinności łąkowej oraz ekstensywne formy użytkowania łąk.

Literatura

- BNIŃSKA M. (red.) 1989: *Ryby słodkowodne Polski*. PWN, Warszawa.
- FORMAN R.T.T., GORDON M. 1986: *Landscape ecology*. J. Wiley and Sons, New York.
- GACKA-GRZESIKIEWICZ E., WILAND M., CICHOCKI Z., CIEŚLAK M., ŻARSKA B. 1995: *Ochrona przyrody i krajobrazu w planowaniu przestrzennym gmin. Wskazania*. IOS, Warszawa.
- JUSZCZYK M. 1989: *Plazy i gady krajowe* t. 1–3. PWN, Warszawa.
- ŁASZEK CZ., SENDZIELSKA B. 1989: *Chronione obiekty przyrodnicze województwa stołecznego warszawskiego*. Centralny Ośrodek Informacji Turystycznej, Warszawa.
- OGŁĘCKI P. 1999: *Walory przyrodniczo-krajobrazowe doliny rzeki Jeziorki w aspekcie ochrony środowiska*. Rozprawa doktorska. SGGW, Warszawa.
- PUCEK Z. (red.) 1984: *Klucz do oznaczania ssaków Polski*. PWN, Warszawa.
- TOLKAMP H.H. 1980: *Organism-substrate relationships in lowland streams*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
- TOMIAŁOJCZAK L. (red.) 1993: *Ochrona przyrody i środowiska w dolinach nizinnych Polski*. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków.

- TOMIAŁOJĆ L. 1990: *Ptaki Polski – rozmieszczenie i liczebność*. PWN, Warszawa.
- TROJAN P. 1980: *Ekologia ogólna*. PWN, Warszawa.
- ZACHARCZYK K., 1994: Łowiska pstrągowe okolic Warszawy. *Wiadomości Wędkarskie* 4/94.
- ZARĘBA H., BORECKI T., MACIAK H., NOWAKOWSKA J. 1981: Rezerwat krajobrazowo-leśny „Dolina Jeziorki” (projekt). Maszynopis. SGGW, Warszawa.

Summary

The vertebrates of Jeziorka river valley on three sections in lower, middle and

upper part were investigated. The coefficients of biodiversity for each phylum were figured out. The highest degree of biodiversity, noticed in middle valley section, is linked to the highest landscape fragmentation. The vertebrate fauna of Jeziorka river valley is abundant and interesting from the environmental point of view and its preservation and protection should be very important for the area sustainable development.

Author's address:

P. Oglęcki
Warsaw Agricultural University – SGGW
02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
Poland

Dariusz GÓRSKI, Leszek HEJDUK, Kazimierz BANASIK

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW

Department of Water Engineering and Environment Recultivation WAU

Nowe metody pomiarowe rumowiska unoszonego **New methods of measurements of suspended sediment in rivers**

Wprowadzenie

Znajomość parametrów ilościowych i jakościowych rumowiska unoszonego w rzekach jest potrzebna przy projektowaniu i eksploatacji zbiorników retencyjnych, doprowadzalników, ujęć wody, osadników itp. Informacje o transporcie rumowiska są wykorzystywane przy opracowywaniu ekspertyz hydrologicznych, w ocenie intensywności denudacji zlewni i stabilności koryt oraz przy ustalaniu zasad gospodarowania wodą, zagospodarowania przestrzennego zlewni rzecznych i ochrony środowiska. Wiedza o transporcie rumowiska nabiera znaczenia z powodu nowych wymagań dotyczących ochrony środowiska, w tym także ochrony wód. Wobec istotnych zmian w zagospodarowaniu terenów zlewni rzek (wylesienia, zmiany i intensyfikacja upraw rolnych), dla pełnej i prawidłowej oceny rozwoju procesów denudacji ważne staje się monitorowanie transportu rumowiska unoszonego w rzekach.

Tradycyjne pomiary transportu unosin w rzekach, prowadzone przez służby IMiGW na podstawie sieci posterunków batometrycznych i obserwacji terminowych, są niedoskonałe, głównie ze względu na trudność w odtworzeniu zmienności natężenia transportu w czasie wezbrań. W przypadku małych cieków, gdzie wezbrania trwają zaledwie kilka godzin, zachowanie odpowiedniej częstotliwości poboru prób przy wykorzystaniu batometru butelkowego PIHM staje się poważnym problemem. Duża zmienność koncentracji rumowiska unoszonego, występująca szczególnie w czasie przyrostu stanu wody i przepływu, zmusza do poszukiwania bardziej niezawodnych sposobów poboru prób wody i rumowiska. Pewną systematyczność poboru prób wody i znaczne uniezależnienie od dyspozycji obserwatora można osiągnąć stosując batometry samoczynne i próbniki automatyczne.

Do badań nad ilością i jakością odpływu, prowadzonych w b. Katedrze Budownictwa Wodnego¹ SGGW w zlewni

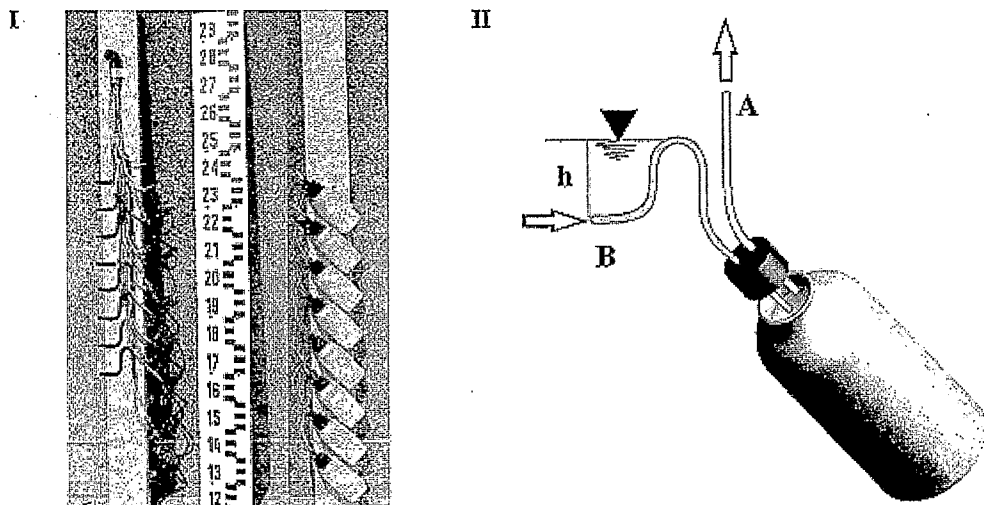
¹Z dniem 1 stycznia 2000 r., w wyniku reorganizacji Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW, przekształconego w Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW, Katedra Budownictwa Wodnego połączyła się z Katedrą Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego, tworząc Katedrę Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska.

rzeki Zagożdżonki na Równinie Radomskiej, wykorzystano urządzenia do automatycznego poboru próbek oraz ciągłego pomiaru zmaczenia wody. Celem niniejszego artykułu jest prezentacja stworzonego systemu pomiarowego, składającego się z batometru samoczynnego BS-1, automatycznego próbnika STREAMLINE 800SL, automatycznego próbnika pompowego oraz czujników zmaczenia firmy PARTECH. Do badań składu granulometrycznego unosin wykorzystywany jest analizator laserowy Mastersizer Micro Plus.

Batometr samoczynny

Batometry samoczynne służą do poboru prób wody w fazie przyboru fali wezbraniowej. Na rysunku 1 przedsta-

wiono batometr samoczynny BS-1, wykonany w b. Katedrze Budownictwa Wodnego SGGW. Urządzenie składa się ze wspornika, na którym umocowano osiem polietylenowych butelek 1-litrowych. Każda butelka jest szczelnie zamknięta korkiem, przez który przechodzą dwa elastyczne przewody. Przewód oznaczony na rysunku 1 literą A służy do odprowadzenia powietrza. Woda wraz z rumowiskiem doprowadzana jest do pojemnika przewodem B uformowanym na kształt lewara, co zapewnia pobór próby z warstwy przypowierzchniowej, na określonej głębokości h poniżej zwierciadła wody. Rozmieszczenie wlotów przewodów w równych pionowych odstępach zapewnia regularny pobór prób w miarę przyrostu stanów wody.

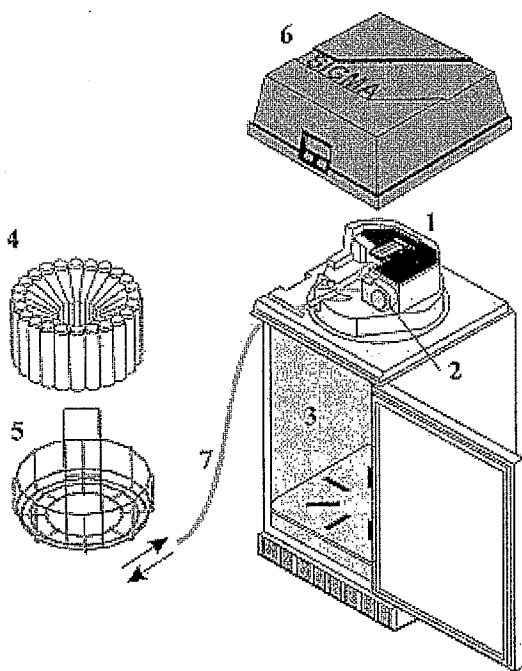


RYSUNEK 1. Batometr samoczynny BS-1: I – widok; II – schemat podłączenia przewodów: A – odpowietrzenie; B – wlot; h – zanurzenie wlotu poniżej zwierciadła wody
FIGURE 1. Suspended sediment sampler BS-1: I – view; II – connection scheme: A – air escape; B – intake; h – submersion of intake point

Próbniki automatyczne

Do automatycznego, wielokrotnego poboru prób wody z rumowiskiem mogą być stosowane programowalne próbniki, umożliwiające dobór w szerokim zakresie zarówno objętości, jak i częstotliwości poboru prób dla potrzeb oceny koncentracji unosin w fali wezbraniowej, jak i w okresie bezwezbraniowym (Byczkowski 1996; Brakensiek i in. 1979). Na posterunku pomiarowym w Czarnej k. Pionek, opisanym we wcześniejszej publikacji (Górski, Hejduk 1998) zastosowano automatyczny próbnik STREAMLINE 800SL, produkcji AMERICAN SIGMA INC (rys. 2). Urządzenie zasilane jest energią elektryczną 220 V i wyposażone w układ elektroniczny z mikroprocesorem, zegarem i pamięcią operacyjną. Próbnik programowany jest za pomocą wbudowanej klawiatury z wyświetlaczem ciekłokrystalicznym (American Sigma 1991). Aby zapobiec niepożądanym zmianom chemicznym w pobranych próbkach wody, komora, w której znajdują się pojemniki, jest chłodzona. Pobór prób może odbywać się w określonych odstępach czasu – niezależnie od stanów i przepływów bądź w zależności od natężenia przepływu wody w cieku – przy zastosowaniu zewnętrznego przepływomierza. Przedział czasowy poboru prób może być stały lub zmienny w zakresie od 1 do 9999 minut, a w przypadku współpracy urządzenia z przepływomierzem okres pomiędzy kolejnymi próbkami może obejmować od 1 do 9999 im-

pulsów, odpowiadających określonej objętości przepływu. Zastosowana w urządzeniu pompa perystaltyczna o wydajności ponad 4 l/min pozwala na pompowanie wody oraz powietrza w obu kierunkach. Dzięki temu przewody doprowadzające mogą być każdorazowo „przedmuchiwane” powietrzem przed pobraniem próby, a następnie kilkakrotnie płukane wodą z rzeki. W przypadku niedrożności przewodu ssącego urządzenie może automatycznie ponawiać operację poboru



RYSUNEK 2. Automatyczny próbnik STREAMLINE 800SL: 1 – część elektroniczna; 2 – pompa; 3 – lodówka; 4 – pojemniki z polietylenu; 5 – kontener; 6 – pokrywa; 7 – przewód

FIGURE 2. STREAMLINE 800SL sediment sampler: 1 – control unit; 2 – pump; 3 – refrigerated compartment; 4 – polyethylene bottles; 5 – bottle tray; 6 – cover; 7 – intake tube

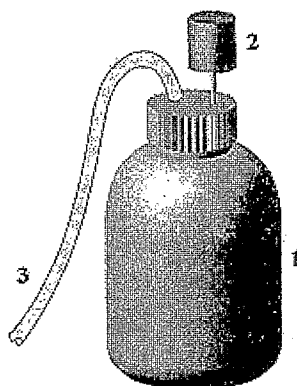
próbki zaprogramowaną liczbę razy. Próbki do oceny koncentracji rumowiska unoszonego pobierane są do kontenera zawierającego 24 polietylenowe butelki o pojemności 1 litra każda. Maksymalna wysokość ssania pompy wynosi 8,23 m. Urządzenie pozwala na określenie i skalibrowanie objętości pojedynczej próby w zależności od długości przewodu doprowadzającego. W pamięci urządzenia można przechowywać do 5 różnych programów poboru próbek, a data i czas uruchomienia programu oraz poboru każdej z próbek (do 400) są zapamiętywane i mogą być w każdym momencie odczytane. Wbudowana bateria litowa pozwala na pracę zegara i zachowanie pamięci programu w przypadku odłączenia urządzenia lub awarii zasilania.

Uruchomienie programu poboru próbek może nastąpić w określonym czasie lub też przy wykorzystaniu zewnętrznego czujnika stanu wody – przy określonym poziomie wody w cieku. W trybie pracy z zewnętrznym czujnikiem stanu wody pierwsza próba zostaje pobrana w ciągu minuty od osiągnięcia przez wodę założonego poziomu, kolejne próbki są pobierane w zaprogramowanym kroku czasowym. Jeżeli zwierciadło wody opadnie poniżej ustalonego poziomu, to wykonanie programu zostaje wstrzymane, a urządzenie przechodzi w tryb oczekiwania na ponowny przybór wody w cieku. Program poboru prób zostaje wznowiony, gdy woda ponownie osiągnie ustalony poziom itd., aż do zapełnienia wszystkich 24 pojemników. Data i czas poboru każdej próby zostają zachowane w pamięci urządzenia. Pozwala to na dokładne okre-

ślenie zmian koncentracji unosin w czasie wezbrania.

Automatyczny próbnik pompowy

Do poboru pojedynczej próby wody z rumowiskiem unoszonym może być stosowany automatyczny próbnik pompowy. Urządzenie, zaprojektowane i wykonane w b. Katedrze Budownictwa Wodnego SGGW, służy do poboru próby o znacznej objętości i ilości materiału umożliwiającej wykonanie analizy granulometrycznej rumowiska unoszonego. System składa się z 25-litrowego, polietylenowego pojemnika (rys. 3) i zanurzonej pompy – zasilanej prądem z sieci 220 V. Pompa uruchamiana jest przez włącznik pływakowy po osiągnięciu określonego poziomu wody w rzece, a ciśnieniowy czujnik powoduje zatrzymanie pompy po napełnieniu pojemnika.



RYSUNEK 3. Automatyczny próbnik pompowy: 1 – pojemnik 25 l; 2 – wyłącznik ciśnieniowy; 3 – przewód pompowy

FIGURE 3. Pump-type sampler: 1 – container 25 l; 2 – pressure-type switch; 3 – intake tube

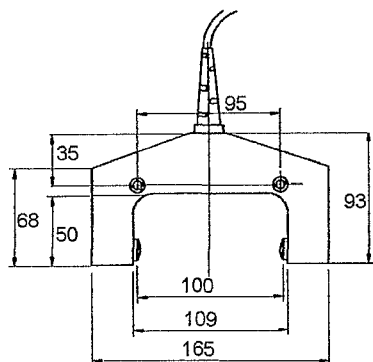
Ocena koncentracji rumowiska *in situ* za pomocą czujników fotooptycznych

Metoda fotooptyczna polega na zastosowaniu do pomiaru koncentracji materiału unoszonego czujników mierzących stopień przezroczystości wody, zależny od ilości zawartości unosin. Czujnik zmaczenia ma postać odwróconej litery U, na jednym końcu znajduje się źródło światła, na drugim zaś fotokomórka (rys. 4). Wiązka światła padając na fotokomórkę wzbudza w jej obwodzie prąd elektryczny o natężeniu zależnym od siły światła. Obecność unosin w wodzie powoduje absorpcję światła przechodzącego od swego źródła do fotokomórki, tym większą, im większe jest zmaczenie wody, a tym samym spadek natężenia prądu w obwodzie fotokomórki. Odpowiednie wycechowanie przyrządu pozwala na określenie wartości zmaczenia na podstawie zmierzonego natężenia prądu. Absorpcja światła zależy od wymiarów i kształtu ziaren unosin, ich składu mine-

ralogicznego, stopnia wygładzenia poszczególnych ziaren, jak również od stopnia zanieczyszczenia wody (Byczkowski 1996; Dojlido 1995). Wpływ ma tutaj również natężenie światła słonecznego, co może powodować uzyskanie różnych wyników w różnych porach dnia i w różnych warunkach pogodowych. W ostatnich latach, oprócz czujników promieniowania widzialnego, zaczęto stosować do pomiarów zmaczenia czujniki promieniowania podczerwonego.

Pomiar zmaczenia wymaga podłączenia czujnika do urządzenia odczytującego lub rejestratora danych. W zależności od rodzaju urządzenia rejestrującego, czujniki mogą pracować jako urządzenia przenośne lub stacjonarne. Czujniki instalowane na posterunkach pomiarowych muszą być mocowane na budowach wodnych, jak nabrzeża, przyczółki jazów itp., w sposób umożliwiający łatwy dostęp w celu okresowego czyszczenia optycznych elementów czujnika.

W pracach badawczych Katedry wykorzystywane są do pomiaru zmaczenia czujniki PARTECH, działające na podczerwień, zasilane napięciem AC 12 V, dające na wyjściu sygnał w zakresie od 0 do 5 mA w zależności od zawartości unosin w wodzie. Ze względu na wymaganą dokładność pomiaru czujnik powinien być dobrany właściwie do obserwowanych w danym cieku koncentracji unosin. Zakresy dostępnych czujników pracujących w podczerwieni zestawiono w tabeli 1.



RYСУNEK 4. Czujnik zmaczenia firmy PARTECH
FIGURE 4. Turbidity photometer PARTECH

TABELA 1. Zakresy pomiarowe czujników zmęczenia PARTECH

TABLE 1. Measure ranges of PARTECH turbidity sensors

Oznaczenie czujnika zmęczenia Sensor's symbol	Zakres pomiarowy Measure range
IR100C	$\leq 200 \text{ mg l}^{-1}$
IR40C	$\leq 1500 \text{ mg l}^{-1}$
IR150C	$\leq 10000 \text{ mg l}^{-1}$
IR8C	$\leq 30000 \text{ mg l}^{-1}$
IR12/LS	$\leq 500 \text{ mg l}^{-1}$

Kalibracja i instalacja czujnika na posterunku pomiarowym

W zlewni badawczej rzeki Zagożdżonki zainstalowano na posterunku pomiarowym czujnik IR100C i podłączono go do rejestratora danych RC-10 produkcji krajowej firmy TRAX-Elektronik z Krakowa. Czujnik zamontowano w osłonie na przyczółku jazu.

Do kalibracji fotooptycznych czujników zmęczenia wykorzystuje się roztwory formazyny (mieszanina heksaminy i siarczynu hydrazyny). Przed instalacją czujnika na stanowisku pomiarowym sprawdzono czułość przyrządu oraz położenie zera skali pomiarowej. Kalibrację czujnika przeprowadzono dla różnych wartości stężenia roztworu formazyny. Ustalona w ten sposób zależność pomiędzy wskazaniami T rejestratora RC-10 a pomierzoną koncentracją C (rys. 5) została opisana formułą:

$$C = 3,91591 \sqrt{T} - 100,474 \quad \text{przy koncentracji } C \text{ do } 50 \text{ mg l}^{-1}$$

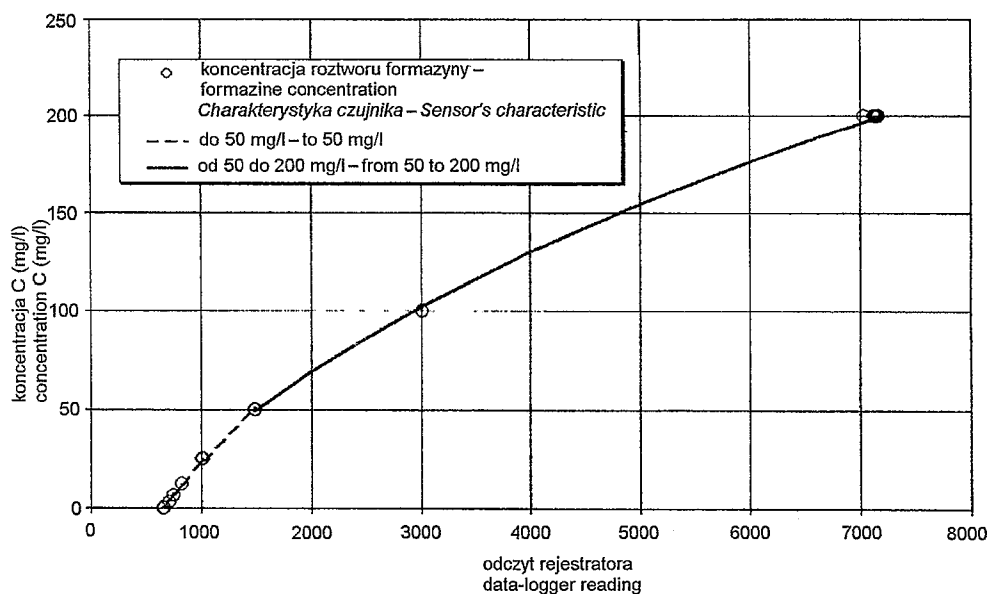
$$C = 3,24754 \sqrt{T} - 75,6623 \quad \text{przy koncentracji } C \text{ od } 50 \text{ do } 200 \text{ mg l}^{-1}$$

Dane rejestrowane przez czujnik fotooptyczny mogą być znacznie zawyżane w okresie wegetacyjnym na skutek osadzania się glonów i zakłócania w ten sposób przepływu światła. Zakładając, że przyrost glonów w czasie jest liniowy, oraz znając długość okresu pomiędzy kolejnymi czyszczeniami, należy określić zależność korygującą zarejestrowane dane. Przykładowy wykres zmęczenia przed korektą i po korekcie przedstawiono na rysunku 6.

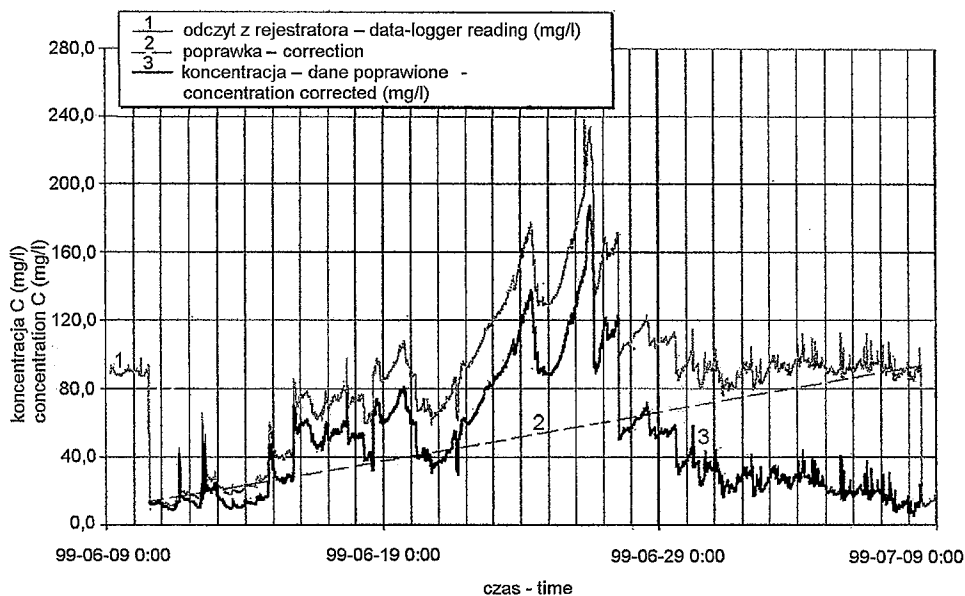
Dane zmęczenia są rejestrowane z krokiem czasowym 10 minut. System zdalnej transmisji danych pozwala na kontrolę zarejestrowanych pomiarów za pośrednictwem linii telefonicznej i komputera wyposażonego w modem.

Przenośny system pomiarowy

Do określenia zmęczenia w różnych punktach przekroju poprzecznego i w różnych przekrojach wykorzystywany jest przenośny, zasilany bateryjnie rejestrator danych System770 firmy PARTECH, z dobranym w zależności od wymaganego zakresu pomiaru czujnikiem zmęczenia (tab. 1). Pomiar koncentracji unosin polega na zanurzeniu czujnika i odczycie wartości koncentracji. Przy wykonywaniu serii pomiarów kolejne wartości mogą być rejestrowane w pamięci urządzenia i odczytane po zakończeniu pomiarów terenowych lub prze-



RYSUNEK 5. Wyniki kalibracji czujnika zmiętnienia IR100C firmy PARTECH
FIGURE 5. Results of PARTECH IR100C turbidity sensor calibration



RYSUNEK 6. Korekta pomiaru koncentracji unosin ze względu na zjawisko zarastania
FIGURE 6. Correction of turbidity measurements results for the sake of algae overgrowing

niesione do komputera wyposażonego w złącze szeregowo i specjalistyczne oprogramowanie firmy PARTECH. Obsługa rejestratora odbywa się przez wbudowaną klawiaturę z wyświetlaczem ciekłokrystalicznym. Rejestrator jest wyposażony w wewnętrzny zegar, umożliwiający zapamiętanie daty i czasu pomiaru (Partech Instruments 1996).

Pomiar składu granulometrycznego unosin za pomocą analizatora laserowego

Analizator Mastersizer Micro Plus (rys. 7) jest urządzeniem wykorzystującym zasadę dyfrakcji laserowej i pozwalającym na analizę granulometryczną cząstek w zakresie od 0,05 do 550 μm .

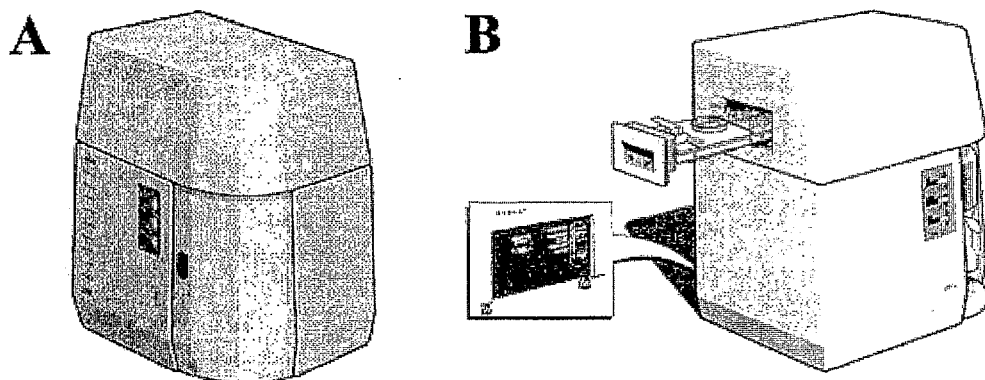
Podstawą metody dyfrakcji laserowej jest zjawisko polegające na załamaniu monochromatycznej wiązki światła padającej na ziarno rumowiska, przy czym kąt

załamania jest odwrotnie proporcjonalny do wielkości ziaren. Przyjmując, że załamanie światła na kulistej cząstce jest niemal takie samo jak dyfrakcja przez przesłone o szerokości równej średnicy tej cząstki, natężenie światła załamanego przez pojedynczą cząstkę o danym promieniu można obliczyć z zależności:

$$I(\theta) = \frac{1}{\theta} \int_0^{\infty} r^2 n(r) J_1^2(kr\theta) dr$$

gdzie: $I(q)$ – natężenie światła, θ – kąt załamania światła na cząstce, r – promień oświetlanej cząstki, $n(r)$ – funkcja rozkładu wielkości cząstek, J_1 – funkcja Bessela pierwszego rodzaju, $k = 2\pi/\lambda$, λ – długość fali światła (Agrawal et al. 1997).

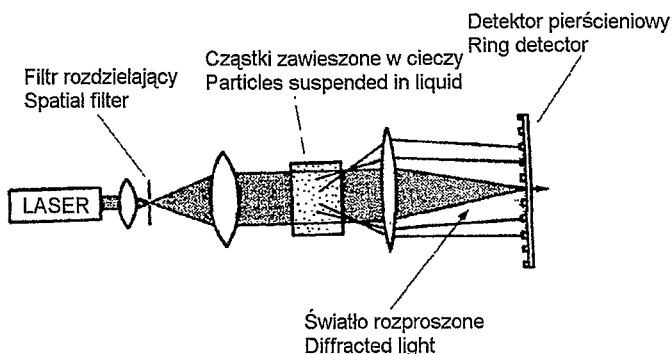
Rozmiar cząstki wyznaczany jest na podstawie pomierzonego natężenia rozszczepionego światła z przekształcenia wyżej omówionego wzoru. Pomiar składu granulometrycznego rumowiska w ba-



RYSUNEK 7. Jednostka robocza systemu Mastersizer Micro Plus: A – widok ogólny; B – widok na wysuniętą komorę pomiarową

FIGURE 7. Mastersizer Micro Plus working unit: A – overview; B – opened optimal unit

RYSUNEK 8. Schemat działania laserowego analizatora wielkości cząstek
 FIGURE 8. Diagram showing the principle of laser diffraction analyzer



danej próbie polega na umieszczeniu tej próby w komorze pomiarowej, przez którą przechodzi wiązka monochromatycznego światła. Światło ulega rozszczepieniu na badanych cząstkach i jest kierowane na wieloelementowy detektor, który rejestruje jego natężenie (rys. 8).

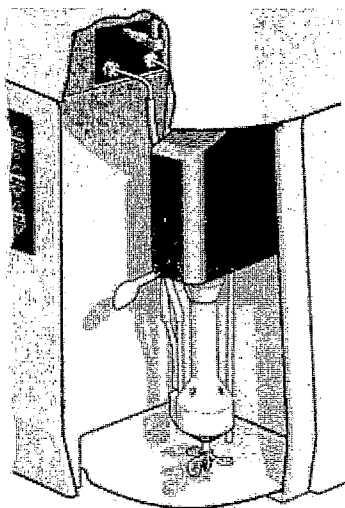
Istnieje wiele teorii przewidywania, w jaki sposób cząstki załamują i pochłaniają padające na nie światło. Jedną z najprostszych aproksymacji jest model Fraunhofera. Model ten pozwala przewidzieć widmo załamanego światła tworzone przez lity, nieprzezroczysty dysk (cząstkę) o znanym rozmiarze, przemieszczany przez wiązkę światła lasera. Zakłada się, że badane cząstki są znacznie większe niż długość fali zastosowanego światła oraz że cząstki wszystkich rozmiarów rozpraszają światło równomiernie. W przypadku, gdy średnica mierzonych cząstek jest bardzo mała, tzn. poniżej 7 lub około 10 razy długość fali stosowanego światła (Bayvel 1981), nie można stosować aproksymacji Fraunhofera ze względu na jej założenia. W takich przypadkach stosuje się teorię Mie, według której możliwe jest całkowite roz-

wiązanie równań określających wzajemne oddziaływanie światła z materią ośrodka dyspergującego.

Zastosowanie analizatora do analizy granulometrycznej rumowiska unoszonego

Do przeprowadzenia analizy potrzebna jest pewna minimalna ilość badanego materiału. W przypadku rumowiska unoszonego jest to ok. 100–500 miligramów. Przy koncentracji zawiesiny równej 20 mg/l oznacza to potrzebę przesączenia od 5 do 25 litrów wody. Jednorodną koncentrację mierzzonej zawiesiny w całej objętości próbki zapewnia mieszadło (rys. 9), utrzymujące ciągły przepływ badanej próby. Urządzenie kontrolowane jest przez komputer wyposażony w specjalistyczne oprogramowanie pozwalające na natychmiastowe uzyskanie wyników pomiaru w postaci tabel i wykresów (rys. 10).

Wyniki analizy granulometrycznej wybranych próbek rumowiska unoszonego rzeki Zagożdżonki przedstawiono na rysunku 11.



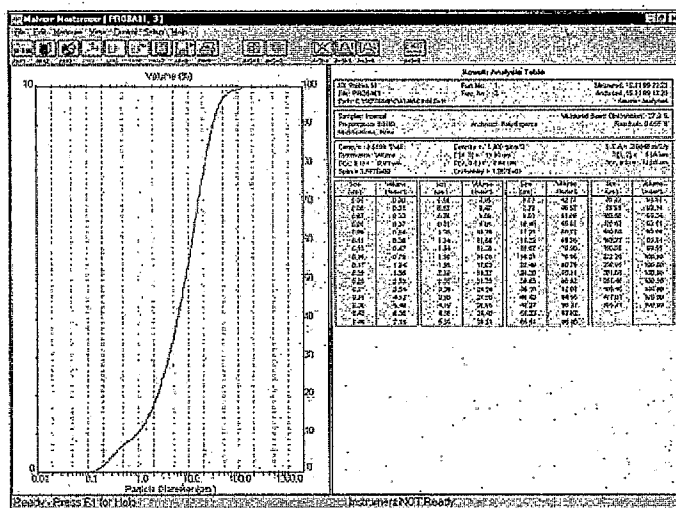
RYSUNEK 9. Widok głowicy pomiarowej z mieszadłem

FIGURE 9. View of internal sample unit with mixer

Podsumowanie

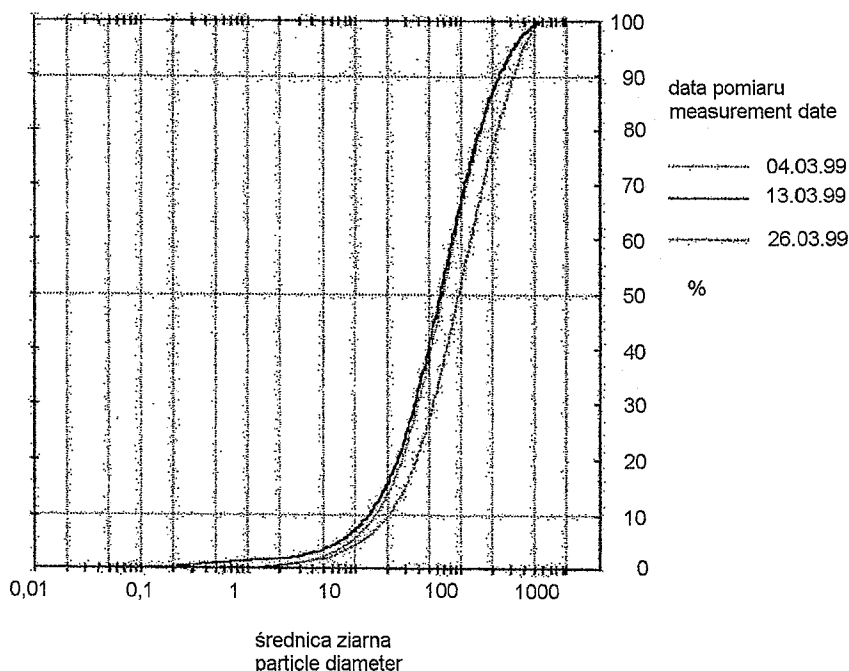
Stworzony system pomiarowy do badań rumowiska unoszonego, dzięki zastosowaniu nowoczesnych metod i urządzeń, pozwala na uzyskanie danych doty-

czących zarówno ilości, jak i składu granulometrycznego rumowiska unoszonego w profilu rzeczny. Ciągła rejestracja zmacenia oraz zastosowanie automatycznych urządzeń do poboru prób pozwala na prowadzenie badań zmienności koncentracji rumowiska w fali wezbrań, co ma duże znaczenie w pracach nad sedymentogramem wezbrań, zmiennością jakości wody oraz nad intensywnością denudacji w zlewni. Stosowanie elektronicznych urządzeń pomiarowych pozwala na uproszczenie procedur pomiarowych z jednej strony, z drugiej jednak strony wymaga stałego, fachowego nadzoru nad funkcjonowaniem systemu. Ze względu na lokalizację zlewni badawczej w odległości ok. 100 km od Warszawy warunkiem sprawnego zarządzania systemem jest zastosowanie łączności modemowej i zdalnej kontroli działania urządzeń pomiarowych.



RYSUNEK 10. Ekran programu sterującego analizatorem Mastersizer

FIGURE 10. Window of the Mastersizer control panel



RYSUNEK 11. Wyniki analizy granulometrycznej rumowiska unoszonego. Próbkę pobrane 04.03.99, 13.03.99 i 26.03.99 z rzeki Zagożdżonki w profilu Czarna
FIGURE 11. Results of suspended sediment analysis. Samples taken 04.03.99, 13.03.99 i 26.03.99 from Zagożdżonka river in Czarna profile

Literatura

- AGRAWAL Y.C., MCCAVE I.N., RILEY J.B. 1997: *Laser diffraction size analysis. Principles, methods and application of particle size analysis*. Cambridge University Press.
- AMERICAN SIGMA 1991: *Streamline 800SL Refrigerated Sampler. Operating and Maintenance Manual*.
- BAYVEL L.P., JONES A.R. 1981: *Electromagnetic Scattering and its Applications*. London. Applied Science.
- BRAKENSIEK D. L., OSBORN H.B., RAWLS W.J. 1979: *Field manual for research in agricultural hydrology*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 224.
- BYCZKOWSKI A. 1996: *Hydrologia*, tom I. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- DOJLIDO J. R. 1995: *Chemia wód powierzchniowych*. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko.
- GÓRSKI D., HEJDUK L. 1998: Stanowisko pomiarowe do badań nad ilością i jakością odpływu z małej zlewni rolniczej. *Przeg. Nauk.* Wyd. MiłŚ, SGGW, z. 15.
- PARTECH INSTRUMENTS 1996: *System 770 – Portable Suspended Solids & Turbidity Monitor*. Instruction Manual.

Summary

New methods of measurements of suspended sediment in rivers. Application of modern measurement techniques in research on suspended sediment transport has been presented. Description of automatic samplers and electronic devices used for data collection in watershed of Zagożdżonka River as

well as main principles of operation and maintenance, has been given in the paper.

Authors' address

D. Górski, L. Hejduk, K. Banasik
Warsaw Agricultural University – SGGW
02–787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
Poland

Bonifacy ŁYKOWSKI

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW

Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU

Wskaźnik temperatury efektywnej NTE w Ursynowie – SGGW **Effective temperature biometeorological indice NTE in the** **Ursynów – SGGW**

Wstęp

Temperatura efektywna (odczuwalna) jest to grupa zespołowych wskaźników fizyczno-fizjologicznych, określających odczuwanie ciepła u większości osób pod wpływem łącznego oddziaływania temperatury powietrza, prędkości wiatru, wilgotności względnej powietrza i promieniowania słonecznego. Najczęściej stosowane są trzy odmiany temperatury efektywnej, w zależności od tego, dla jakich warunków środowiskowych wykonuje się obliczenia:

1 – w przypadku pomieszczeń zamkniętych i miejsc osłoniętych przed działaniem wiatru oblicza się wartość temperatury efektywnej TE przy uwzględnieniu temperatury i wilgotności względnej powietrza,

2 – jeżeli w danym środowisku występuje wiatr o średniej prędkości $v > 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, ale nie występuje promieniowanie słoneczne, stosowany jest wskaźnik normalnej temperatury efektywnej NTE (zwany także temperaturą efektywno-ekwiwalentną),

3 – wskaźnik temperatury radiacyjno-efektywnej, który uwzględnia oprócz elementów meteorologicznych wymienionych w punktach 1 i 2 także promieniowanie słoneczne bezpośrednie (Kozłowska-Szczęsna i in. 1997; Łykowski (red.) 1999).

Zespołowe wskaźniki biometeorologiczne są stosowane do oceny odczucia cieplnego przez człowieka, gdyż zwykła temperatura powietrza jest wskaźnikiem niewystarczającym ze względu na to, że przy tej samej temperaturze otoczenia człowiek może odczuwać ciepło, komfort lub chłód w zależności od tego, jak kształtuje się bilans cieplny organizmu ludzkiego, na który wpływają, oprócz temperatury powietrza, także wiatr (przyspiesza odprowadzanie ciepła na drodze turbulencji), wilgotność względna, która ma wpływ na szybkość utraty ciepła przez organizm na drodze przemian fazowych wody oraz promieniowanie słoneczne, decydujące o wielkości bilansu radiacyjnego ciała ludzkiego.

Metoda i materiał pomiarowy

W pracy przedstawiono wyniki badań nad kształtowaniem się klimatu odczuwalnego człowieka ubranego stosownie do pory roku, wykonującego lekką pracę fizyczną na otwartej przestrzeni (np. spacer) w warunkach silnie zmieniającej się pogody (organizm jest wtedy dodatkowo obciążony ze względu na konieczność dostosowania się do tych zmian).

Do obliczeń wskaźnika klimatu odczuwalnego (Normalnej Temperatury Efektywnej – NTE) wybrano dni, w których wystąpiła zmiana ciśnienia atmosferycznego powyżej 8 hPa w okresie 24 godzin, posługując się wzorem Missenarda:

$$\text{NTE} = 37 - \frac{37 - T}{0,68 - 0,0014f + \frac{1}{1,76 + 1,4v^{0,75}}} + \\ - 0,29T \left(1 - \frac{f}{100} \right); v > 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

gdzie:

T – temperatura powietrza [°C],

f – wilgotność względna powietrza [%],

v – prędkość wiatru na wysokości 10 m n.p.g. [ms⁻¹].

Oceny klimatu odczuwalnego w danym dniu dokonywano posługując się skalą odczuwalności cieplnej Baranowskiej i in. (1986).

Dane meteorologiczne wykorzystane do obliczeń pochodzą ze stacji meteorologicznej SGGW w Warszawie-Ursynowie.

Wyniki badań

Przyjęte kryterium wydzielenia dni o zmianie ciśnienia atmosferycznego > 8 hPa jest ostre. Tak znaczne zmiany ciśnienia w okresie jednej doby występują przeważnie w półroczu chłodnym i na wiosnę, dlatego w zbiorze danych wykorzystanych w opracowaniu występują takie dni w miesiącach od października do maja. W tym okresie roku wyraźny wzrost ciśnienia atmosferycznego oznacza spadek temperatury powietrza, zmniejszenie prędkości wiatru i ciśnienia pary wodnej w powietrzu. Wilgotność względna zależy od temperatury i zawartości pary wodnej w powietrzu. Temperatura jest tu wprawdzie czynnikiem decydującym, ale zdarza się, że zawartość pary wodnej w powietrzu dość istotnie modyfikuje wielkość wilgotności względnej. W naszym wypadku miało to miejsce 3 i 4 października 1997 r., kiedy to przy niewielkim wzroście temperatury zaznaczył się także wzrost wilgotności względnej (tab. 1).

W tabeli 1 zamieszczono dane meteorologiczne, wartości NTE oraz ocenę klimatu odczuwalnego (odczucie ciepłe). Na tej podstawie można prześledzić zmiany wartości NTE na tle zmiany temperatury powietrza i innych elementów meteorologicznych. Bardzo ważnym parametrem przy obliczaniu NTE jest wiatr. Przy tej samej temperaturze powietrza wartości NTE mogą się znacznie różnić. Na przykład, w dniu 4 XI 1997 r. temperatura powietrza od godz. 4 do 7 wzrosła o 0,2°C, prędkość wiatru spadła z 1,2 do 0,6 m·s⁻¹ (wilgotność względna nie

TABELA 1. Wartości elementów meteorologicznych, wskaźnika NTE oraz ocena klimatu odczuwalnego. Warszawa-Ursynów.

TABLE 1. Values of meteorological elements, indice NTE and an assessment of sensed climate. Warsaw-Ursynów

t – temperatura [°C], f – wilgotność względna [%], e – ciśnienie pary wodnej [mm Hg], v – prędkość wiatru [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], NTE – [°C]

Odczucie ciepłe: g – gorąco, c – ciepło, k – komfortowo, ch – chłodno, z – zimno

t – temperature [°C], f – relative humidity [%], e – water vapour pressure [mm Hg], v – wind speed [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], NTE – [°C]

Thermal feeling: g – hot, c – warm, k – comfortable, ch – cool, z – cold

Data Date	Godz. Hour	t	f	e	v	NTE	
1	2	3	4	5	6	7	8
7.V.1997	1	17,3	59,2	11,7	3,7	9,7	k
	2	17,2	65,0	12,7	3,6	9,7	k
	3	17,4	64,5	12,8	3,0	10,5	k
	4	16,8	66,6	12,7	2,9	9,9	k
	5	17,0	67,0	13,0	2,7	10,3	k
	6	17,2	67,7	13,3	4,3	9,1	k
	7	15,7	81,7	14,6	5,5	6,3	k
	8	14,5	83,5	13,8	6,2	4,2	k
	9	12,4	88,5	12,7	7,2	0,5	ch
	10	12,1	84,8	12,0	6,9	0,4	ch
	11	11,4	91,9	12,4	5,1	0,4	ch
	12	12,0	85,0	11,9	3,8	2,7	ch
	13	11,5	89,3	12,1	3,0	3,0	ch
	14	13,2	73,6	11,2	4,6	3,8	ch
	15	13,4	66,6	10,2	4,7	4,1	k
	16	13,1	65,9	9,9	5,4	3,3	ch
	17	12,7	66,5	9,8	4,6	3,3	ch
	18	11,7	70,7	9,7	2,9	3,8	ch
	19	10,9	72,4	9,4	1,5	5,5	k
	20	10,0	74,0	9,1	0,7	7,2	k
	24	7,1	85,9	8,6	0,9	3,0	ch
1.X.1997	1	7,8	95,1	10,1	1,0	3,1	ch
	10	8,5	74,3	8,2	0,5	6,7	k
	13	10,2	66,8	8,3	0,4	9,0	k
	19	8,4	87,8	9,7	0,7	5,3	k
	22	8,8	93,2	10,6	2,1	1,0	ch
2.X.1997	1	9,5	83,1	9,9	4,1	-0,8	z
	4	9,5	95,1	11,3	4,0	-1,2	z
	7	10,1	85,6	10,6	5,7	-1,6	z
	10	12,2	72,5	10,3	6,5	1,2	ch
	13	13,5	59,5	9,2	6,6	3,2	ch
	16	10,7	74,2	9,5	5,4	-0,1	z
	19	9,2	77,5	9,0	5,5	-2,3	z
	22	8,2	87,0	9,4	5,9	-4,5	z

cd. tabeli 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
3.X.1997	1	8,1	88,4	9,5	4,7	-3,6	z
	4	8,3	88,6	9,7	4,5	-3,1	z
	7	8,2	86,0	9,3	3,2	-1,5	z
	10	10,9	67,5	8,8	3,4	2,3	ch
	13	13,5	57,6	8,9	3,9	5,1	k
	16	10,3	76,8	9,6	3,1	1,7	ch
	19	8,6	88,6	9,9	2,8	-0,4	z
	22	8,2	93,4	10,1	3,8	-2,7	z
4.X.1997	1	8,4	91,6	10,1	3,5	-1,9	z
	4	8,7	91,9	10,3	2,6	-0,1	z
	7	8,2	87,9	9,5	3,7	-2,3	z
	10	9,3	88,8	10,4	4,7	-2,0	z
	13	10,5	90,8	11,5	5,5	-1,1	z
	16	12,2	80,7	11,4	6,6	0,9	ch
	19	12,3	86,5	12,4	6,4	0,9	ch
	22	12,5	87,0	12,6	6,2	1,3	ch
3.XI.1997	13	5,0	73,0	6,4	6,1	-8,0	z
	16	3,7	86,0	6,8	3,8	-8,2	z
	19	1,5	82,0	5,6	5,2	-12,6	z
	22	-0,5	89,0	5,2	3,3	-13,1	z
4.XI.1997	1	-1,5	97,0	5,3	2,1	-12,2	z
	4	-2,5	100,0	5,1	1,2	-10,2	z
	7	-2,3	100,0	5,2	0,6	-6,3	ch
	10	0,5	82,0	5,2	1,7	-7,3	z
	13	4,0	59,0	4,8	0,3	4,4	k
	16	1,1	67,0	4,4	1,3	-4,1	ch
	19	-0,8	83,0	4,8	2,5	-11,2	z
	22	-3,5	99,0	4,7	1,8	-13,9	z
21.I.1998	1	1,1	87,3	5,8	0,5	-1,1	k
	4	1,8	86,5	6,0	1,7	-6,0	k
	7	1,9	84,4	5,9	1,5	-5,1	k
	10	2,0	87,0	6,1	1,5	-5,2	k
	13	2,0	94,8	6,7	1,6	-6,0	k
	16	2,4	96,0	7,0	1,3	-4,5	k
	19	1,9	94,6	6,6	2,5	-8,8	ch
	22	1,1	93,5	6,2	2,6	-9,9	ch
22.I.1998	1	0,6	94,5	6,0	1,7	-8,1	ch
	4	0,6	89,2	5,7	3,2	-11,5	z
	7	0,0	89,7	5,5	4,6	-14,6	z
	10	-0,6	88,9	5,2	4,0	-14,5	z
	13	-0,4	84,3	5,0	3,0	-11,9	z
	16	-0,8	84,2	4,8	2,7	-11,8	z
	19	-2,1	89,3	4,7	2,4	-13,1	z
	22	-2,2	85,4	4,4	2,3	-12,6	z

cd. tabeli 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
3.II.1999	1	1,4	95,0	6,4	2,3	-8,9	ch
	2	1,1	95,0	6,3	4,8	-13,9	z
	3	0,9	95,0	6,2	4,5	-13,8	z
	4	0,9	95,0	6,2	5,5	-15,0	z
	5	0,8	95,0	6,1	5,1	-14,7	z
	6	0,5	95,0	6,0	5,5	-15,6	z
	7	0,5	97,0	6,1	5,6	-15,9	z
	8	0,7	97,0	6,2	5,2	-15,1	z
	9	1,1	97,0	6,4	5,5	-14,9	z
	10	1,4	97,0	6,5	7,6	-16,4	z
	11	1,2	97,0	6,5	6,4	-15,7	z
	12	1,8	97,0	6,7	6,3	-14,7	z
	13	2,1	97,0	6,9	6,1	-14,1	z
	14	2,5	97,0	7,1	6,7	-14,1	z
	15	3,0	95,0	7,2	6,3	-12,8	z
	16	3,3	95,0	7,3	5,3	-11,4	ch
	17	3,4	94,0	7,3	5,7	-11,6	ch
	18	3,4	94,0	7,3	4,7	-10,5	ch
	19	3,3	94,0	7,3	5,2	-11,2	ch
	20	3,2	91,0	7,0	4,6	-10,4	z
	21	3,1	89,0	6,8	5,1	-10,9	z
	22	2,8	91,0	6,8	5,8	-12,2	z
	23	2,0	94,0	6,6	4,5	-12,1	z
	24	1,3	96,0	6,4	3,0	-10,8	z
	16	3,3	95,0	7,3	5,3	-11,4	z
	17	3,4	94,0	7,3	5,7	-11,6	z
	18	3,4	94,0	7,3	4,7	-10,5	z
	19	3,3	94,0	7,3	5,2	-11,2	z
	20	3,2	91,0	7,0	4,6	-10,4	z
	21	3,1	89,0	6,8	5,1	-10,9	z
	22	2,8	91,0	6,8	5,8	-12,2	z
	23	2,0	94,0	6,6	4,5	-12,1	z
	24	1,3	96,0	6,4	3,0	-10,8	z
4.II.1999	1	1,4	97,0	6,5	3,8	-12,2	z
	2	1,0	98,0	6,4	2,9	-11,1	z
	3	1,1	98,0	6,5	4,1	-13,2	z
	4	1,1	99,0	6,5	3,6	-12,5	z
	5	1,2	99,0	6,6	4,5	-13,7	z
	6	1,3	99,0	6,6	4,6	-13,7	z
	7	1,7	99,0	6,8	4,2	-12,6	z
	8	2,0	99,5	7,0	4,2	-12,2	z
	9	2,3	98,0	7,1	4,0	-11,4	z
	10	2,7	98,0	7,3	4,1	-11,0	z
	11	3,2	98,0	7,5	5,4	-11,9	z
	14	4,1	96,0	7,9	5,5	-10,5	z

cd. tabeli 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
4.II.1999	15	5,3	96,0	8,5	7,3	-10,3	z
	16	5,8	95,0	8,7	8,4	-10,2	z
	17	6,3	95,0	9,1	8,0	-9,2	ch
	18	6,9	94,0	9,3	8,7	-8,6	ch
	19	7,3	92,0	9,4	8,7	-7,9	ch
	20	7,3	93,0	9,5	10,6	-8,8	ch
	21	7,3	93,0	9,5	9,4	-8,3	ch
	22	7,5	90,0	9,3	9,5	-7,8	ch
	23	7,0	87,0	8,7	9,9	-8,5	ch
	24	5,3	90,0	8,0	6,6	-9,3	ch
5.II.1999	1	4,1	91,0	7,4	3,7	-7,9	ch
	2	4,3	84,0	7,0	5,1	-8,9	ch
	3	4,3	85,0	7,0	8,5	-11,6	z
	4	3,9	80,0	6,4	7,1	-10,8	z
	5	4,1	78,0	6,4	9,9	-12,0	z
	6	4,0	76,0	6,2	8,7	-11,3	z
	7	3,6	74,0	5,8	9,9	-12,3	z
	8	3,6	74,0	5,8	9,1	-11,9	z
	9	4,3	68,0	5,6	9,6	-10,7	ch
	10	2,9	76,0	5,7	10,0	-13,5	ch
	11	3,2	75,0	5,8	9,9	-13,0	ch
	12	3,8	73,0	5,8	9,8	-11,9	ch
	13	0,9	94,0	6,1	7,1	-16,4	z
	14	1,4	94,0	6,3	7,3	-15,9	z
	15	2,0	87,0	6,1	6,8	-13,9	z
	16	2,6	80,0	5,9	7,4	-12,8	ch
	17	2,4	77,0	5,6	8,8	-13,7	ch
	18	1,9	87,0	6,1	8,4	-15,2	z
	19	1,8	84,0	5,8	8,8	-15,3	z
	20	1,7	85,0	5,9	8,7	-15,5	z
	21	1,6	84,0	5,7	9,2	-15,8	z
	22	1,3	84,0	5,6	8,6	-15,9	z
	23	1,2	84,0	5,6	7,8	-15,5	z
	24	1,4	86,0	5,8	7,4	-15,1	z
6.II.1999	1	1,3	86,0	5,8	7,8	-15,5	z
	2	1,7	83,0	5,7	8,8	-15,3	z
	3	1,8	79,0	5,5	8,7	-14,7	z
	4	1,9	78,0	5,5	10,0	-15,2	z
	5	1,7	77,0	5,3	8,9	-14,7	z
	6	1,6	79,0	5,4	10,4	-15,9	z
	7	1,6	79,0	5,4	10,2	-15,8	z
	8	0,3	98,0	6,1	7,2	-17,8	z
	9	-0,1	93,0	5,6	6,3	-17,1	z
	10	-0,2	91,0	5,5	5,8	-16,5	z
	11	-0,9	79,0	4,5	7,9	-17,9	z
	12	-2,5	84,0	4,3	5,6	-18,7	z
	13	-3,1	70,0	3,4	7,0	-19,2	z

cd. tabeli 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
6.II.1999	14	-2,9	69,0	3,4	8,0	-19,6	z
	15	-3,0	77,0	3,8	4,9	-17,7	z
	16	-2,1	79,0	4,1	4,5	-16,2	z
	17	-1,6	74,0	4,0	4,7	-15,3	z
	18	-2,2	75,0	3,9	2,7	-12,6	z
	19	-2,0	79,0	4,2	3,5	-14,4	z
	20	-1,5	79,0	4,3	3,5	-13,8	z
	21	-0,9	82,0	4,7	3,8	-13,8	z
	22	-0,9	88,0	5,0	3,1	-13,1	z
	23	-1,5	90,0	4,9	2,1	-11,6	z
	24	-1,6	92,0	5,0	2,2	-12,2	z
7.II.1999	1	-1,4	91,0	5,0	1,9	-10,9	z
	2	-1,6	90,0	4,9	1,6	-10,0	z
	3	-1,6	92,0	5,0	2,0	-11,6	z
	4	-2,1	93,0	4,9	2,2	-12,9	z
	5	-3,0	90,0	4,4	2,7	-15,1	z
	6	-3,8	78,0	3,6	2,4	-14,1	z
	7	-4,4	76,0	3,3	2,1	-13,7	z
	8	-4,6	78,0	3,4	1,5	-12,0	z
	9	-3,7	78,0	3,6	1,8	-12,1	z
	10	-3,0	71,0	3,5	2,5	-12,7	z
	11	-2,2	67,0	3,5	1,4	-8,0	z
	12	-0,8	63,0	3,6	3,0	-10,5	z
	13	-0,4	57,0	3,4	2,0	-7,3	z
	14	-1,5	58,0	3,2	1,3	-6,2	z
	15	-1,8	59,0	3,1	0,7	-3,6	z
	16	-2,2	61,0	3,2	0,5	-2,7	z
	17	-2,7	62,0	3,1	1,6	-8,9	z
	18	-4,3	72,0	3,2	1,5	-11,1	z
	19	-4,4	76,0	3,3	2,1	-13,7	z
	20	-4,7	76,0	3,3	2,7	-15,7	z
	21	-5,2	76,0	3,1	2,0	-14,3	z
	22	-5,5	78,0	3,1	2,1	-15,2	z
	23	-4,9	79,0	3,3	2,7	-16,3	z
	24	-4,5	79,0	3,4	3,4	-17,4	z
13.III.1998	1	-4,3	58,8	2,6	1,5	-9,9	z
	2	-4,4	56,2	2,5	2,2	-12,1	z
	3	-4,3	58,2	2,6	2,5	-12,9	z
	4	-4,0	55,5	2,5	2,8	-13,0	z
	5	-4,1	55,8	2,5	3,1	-13,8	z
	6	-4,6	58,6	2,5	2,4	-13,0	z
	7	-4,2	58,0	2,6	2,1	-11,7	z
	8	-2,1	50,9	2,7	2,9	-10,7	z
	9	-0,2	45,9	2,8	2,8	-8,1	z
	10	0,7	40,1	2,6	3,0	-7,1	z
	11	1,7	36,0	2,5	3,3	-6,2	z
	12	2,2	36,9	2,6	4,8	-7,6	z
	13	2,4	37,8	2,7	5,7	-8,3	z

cd. tabeli 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
13.III.1998	14	1,9	42,8	3,0	5,6	-9,1	z
	15	1,5	57,7	3,9	5,8	-11,0	z
	16	1,2	67,3	4,5	4,5	-10,8	z
	17	0,0	82,0	5,0	4,4	-13,6	z
	18	-0,4	87,5	5,2	4,0	-14,1	z
	19	-0,2	80,0	4,8	5,6	-15,1	z
	20	-0,4	80,6	4,8	4,7	-14,4	z
	21	-0,3	80,7	4,8	4,9	-14,5	z
	22	-0,4	82,0	4,9	4,9	-14,8	z
	23	-0,9	92,6	5,3	5,4	-17,2	z
	24	-1,2	96,5	5,4	6,2	-18,9	z
14.III.1998	1	-1,1	97,9	5,5	6,0	-18,8	z
	2	-0,6	97,9	5,7	7,3	-19,3	z
	3	-0,4	98,1	5,8	5,9	-17,7	z
	4	0,0	97,9	6,0	7,3	-18,4	z
	5	0,5	96,8	6,1	8,0	-18,0	z
	6	-0,5	95,6	5,6	5,5	-17,1	z
	7	-0,2	81,4	4,9	6,0	-15,7	z
	8	-0,5	81,5	4,8	6,6	-16,6	z
	9	0,0	76,9	4,7	6,1	-15,0	z
	10	0,1	70,8	4,3	7,6	-15,5	z
	11	0,6	64,6	4,1	7,2	-13,9	z
	12	0,6	70,9	4,5	6,4	-13,9	z
	13	1,3	67,5	4,5	7,1	-13,2	z
	14	1,5	69,6	4,7	6,8	-12,9	z
	15	1,1	74,1	4,9	5,4	-12,6	z
	16	1,4	68,5	4,6	6,4	-12,6	z
	17	1,0	67,4	4,4	6,7	-13,3	z
	18	0,3	71,5	4,5	7,2	-15,0	z
	19	0,0	76,4	4,7	5,8	-14,7	z
	20	-0,8	62,0	3,6	5,8	-14,3	z
	21	-1,0	60,0	3,4	5,3	-13,8	z
	22	-1,3	65,0	3,6	4,0	-13,0	z
	23	-1,7	66,3	3,6	4,2	-13,9	z
	24	-2,3	68,7	3,5	4,3	-15,0	z
15.III.1998	1	-2,6	68,6	3,4	4,5	-15,7	z
	2	-2,8	71,2	3,5	4,0	-15,5	z
	3	-3,1	69,0	3,3	4,6	-16,5	z
	4	-3,6	70,4	3,3	5,4	-18,3	z
	5	-4,1	72,8	3,3	5,1	-18,9	z
	6	-4,5	72,0	3,1	3,8	-17,3	z
	7	-4,2	70,8	3,2	4,7	-18,2	z
	8	-3,4	66,4	3,1	3,9	-15,5	z
	9	-2,3	61,1	3,2	4,6	-14,7	z
	10	-1,6	57,3	3,1	5,1	-14,0	z
	11	-1,0	56,6	3,2	4,2	-12,1	z
	12	-0,6	52,6	3,1	3,8	-10,8	z
	13	-0,0	55,5	3,4	3,4	-9,7	z

cd. tabeli 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
15.III.1998	14	0,2	53,6	3,9	3,2	-9,0	z
	15	0,7	49,4	3,2	3,4	-8,4	z
	16	0,5	47,9	3,0	3,1	-8,0	z
	17	-0,2	46,3	2,8	3,7	-9,6	z
	18	-1,2	47,9	2,7	3,6	-10,7	z
	19	-1,9	51,9	2,7	1,8	-7,9	z
	20	-2,6	52,9	2,7	2,1	-9,6	z
	21	-2,9	52,9	2,6	1,8	-9,0	z
	22	-3,4	55,4	2,6	1,4	-8,3	z
	23	-4,0	59,5	2,2	1,5	-9,7	z
	24	-5,0	63,9	2,7	1,5	-11,1	z

uległa zmianie), natomiast wartość NTE wzrosła z $-10,2^{\circ}\text{C}$ do $-6,3^{\circ}\text{C}$, co zmieniło odczucie cieplne o jeden przedział: z „zimno” na „chłodno”.

Oddziaływanie różnych elementów meteorologicznych na kształtowanie się wartości NTE, a tym samym odczucie cieplne u człowieka, zostało bliżej scharakteryzowane przez obliczenie równań regresji NTE względem tych parametrów, które wchodzi do wzoru Missenarda na obliczanie NTE, to jest temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz

prędkości wiatru (tab. 2). Obliczono oddzielnie równania dla dni z okresu maja i października (temperatura powietrza powyżej 10°C) oraz pozostałych miesięcy półrocza zimowego (temperatura na ogół poniżej 0°C). Takie zróżnicowanie oddziaływania wilgotności względnej i prędkości wiatru na kształtowanie się wartości NTE wynika także z założeń wzorów Yaglou i Missenarda (Łykowski (red.) 1999).

Uzyskane bardzo wysokie współczynniki determinacji (R^2) wskazują, że

TABELA 2. Równania regresji między wskaźnikiem NTE a elementami meteorologicznymi
TABLE 2. Regression equations between NTE indice and meteorological elements

Temperatura powietrza Air temperature	Równanie Equation	R^2	S_{yx}	F
$> 10^{\circ}\text{C}$	$\text{NTE} = -1,19281 + 1,21246t - 0,000236891f^2 + -3,46613v + 0,272436v^2$	0,993	0,35	1646
$< 10^{\circ}\text{C}$	$\text{NTE} = 4,54761 + 1,29321t + 0,00158112t^2 + -3,26676v + 0,17857v^2 - 0,0870381f$	0,984	0,45	2730
t – temperatura [$^{\circ}\text{C}$]	t – temperature [$^{\circ}\text{C}$]			
f – wilgotność względna [%]	f – relative humidity [%]			
v – prędkość wiatru [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]	v – wind speed [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]			
R^2 – kwadrat współczynnika korelacji	R^2 – squared correlation coefficient			
S_{yx} – błąd standardowy	S_{yx} – standard error of estimation			
F – test istotności	F – test ratio			

wartość NTE można z dostateczną dokładnością obliczać za pomocą równań zamieszczonych w tabeli 2. Równania takie muszą być jednak wcześniej obliczane na drodze analizy regresji wielokrotnej krokowej w danych warunkach klimatycznych.

Na szczególną uwagę zasługuje także występowanie krzywoliniowej zależności NTE od prędkości wiatru z dodatnim współczynnikiem równania przy v^2 . Można to łatwo wyjaśnić na podstawie danych zawartych w tabeli 1. Wyższe wartości prędkości wiatru ($v > 7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) oznaczają w półroczu zimowym i wczesną wiosną napływ układów niżowych i wzrost temperatury.

Podsumowanie i wnioski

W centralnej części Polski dobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego przekraczające wartość $> 8 \text{ hPa}$ występują głównie w półroczu zimowym i w okresie wiosny. W tej porze roku układy wysokiego ciśnienia atmosferycznego przynoszą spadek temperatury powietrza i prędkości wiatru, a układy niżowe wzrost temperatury i prędkości wiatru.

Temperatura i prędkość wiatru są głównymi parametrami wchodzącymi do wzoru Missenarda; wilgotność względna ma działanie modyfikujące.

Istnieje konieczność badania oddziaływania wskaźnika biometeorologicznego NTE oddzielnie w warunkach, gdy temperatura powietrza jest wyższa od 10°C i niższa od 10°C .

Uzyskano bardzo wysokie współczynniki determinacji zależności wskaźnika NTE od wyżej wymienionych elementów meteorologicznych ($R^2 = 99\%$ i 98%). Zwraca uwagę silne oddziaływanie wiatru na klimat odczuwalny; w miesiącach zimowych i w marcu wystąpiły warunki odczucia ciepłego „zimno” przy temperaturze powietrza w pobliżu 0°C , ale przy prędkości wiatru powyżej $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Literatura

- BARANOWSKA M., BONIECKA-ŻÓŁCIK H., GURBA A. 1986: Weryfikacja skali klimatu odczuwalnego dla Polski. *Przegl. Geofiz.*, z. 1. PWN, Warszawa-Łódź.
- KOZŁOWSKA -SZCZESNA T., BŁAŻEJCZYK K., KRAWCZYK B. 1997: *Bioklimatologia człowieka*. IGI PAN, Warszawa.
- ŁYKOWSKI B. (red.) 1999: *Podstawy klimatologii stosowanej. Działy wybrane*. Wydaw. SGGW, Warszawa.

Summary

Effective temperature biometeorological indice NTE in the Ursynów – SGGW. Effective temperature biometeorological indices NTE were used for assessing sensed climate (thermal feeling) in the Ursynów area. Presented scales of sensed climate may be applied to people adapted to climatic conditions of Poland, dressed in accordance to the season of the year, during light work in the open.

Author's address:

B. Łykowski
Warsaw Agricultural University – SGGW
02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
Poland

Małgorzata KLENIEWSKA

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW
Department of Hydraulic Engineering and Environmental
Recultivation WAU

Wyniki badań zależności stężenia dwutlenku siarki od wilgotności względnej powietrza w Warszawie-Ursynowie

Results of the research on relationship between sulphur dioxide concentration and relative air humidity in Warsaw-Ursynów

Wstęp

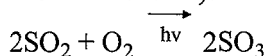
W wyniku spalania paliw zawierających związki siarki powstają dwutlenek i trójtlenek siarki. W powietrzu atmosferycznym następuje częściowa konwersja SO_2 do SO_3 i w dalszej kolejności, przy udziale pary wodnej, do kwasu siarkowego. Proces ten przebiega w wyniku reakcji fotochemicznych i katalitycznych, i zależy od następujących czynników:

- stężenia SO_2 ,
- zawartości pary wodnej w powietrzu,
- intensywności, czasu trwania i widma promieniowania słonecznego,
- liczby związków i substancji katalizujących ten proces,
- obecności sorbentów i substancji alkalicznych.

W porze dziennej, w warunkach małej wilgotności powietrza, istotną rolę odgrywają reakcje fotochemiczne SO_2 i NO_x w obecności węglowodorów. Na-

tomiast w porze nocnej, w warunkach dużej wilgotności powietrza lub podczas opadów deszczu następuje sorpcja SO_2 na alkalicznych kropelkach wody z jednoczesnym powstawaniem siarczanów.

Proces fotochemiczny utleniania dwutlenku siarki zachodzi w fazie gazowej i przebiega według reakcji (Krzyżtofik i in. 1994):



Szybkość reakcji utleniania w czystym powietrzu jest bardzo mała, jednak gdy w atmosferze znajdują się tlenki azotu i węglowodory, szybkość reakcji fotochemicznych SO_2 rośnie (Juda, Chróściel 1980). Proces konwersji dwutlenku siarki do trójtlenku siarki tłumaczony jest również obecnością tlenu atomowego powstającego w reakcji wzbudzonej cząstki dwutlenku siarki z tlenem cząsteczkowym. Na skutek pochłonięcia kwantów bliskiego ultrafioletu cząstka SO_2 ulega wzbudzeniu i reaguje z inną niewzbudzo-

ną cząstką SO_2 lub tlenem cząsteczkowym. Reakcja przebiega w kilku etapach, a jej produktami są SO_3 i O_3 . Trójtlenek siarki chłonie parę wodną tworząc cząsteczki kwasu siarkowego.

W procesie powstawania aerozolu kwasu siarkowego w atmosferze większą rolę przypisuje się reakcji katalitycznego utleniania, która zachodzi w fazie ciekłej. Falkowska i Korzeniewski (1995) podają, że ok. 80% dwutlenku siarki ulega utlenieniu w fazie ciekłej, pozostałe 20% w fazie gazowej, natomiast wg Brosset (za: Motowicka-Terelak T., Terelak H. 1998) 97–98% SO_2 utlenia się pod wpływem reakcji katalitycznych, a pozostałe 2–3% SO_2 ulega utlenieniu pod wpływem reakcji fotochemicznych. Dwutlenek siarki łatwo rozpuszcza się w wodzie i może być tam utleniony do kwasu siarkowego. Reakcja ta zachodzi szybciej, gdy w kroplach wody znajdują się katalizatory, takie jak tlenki lub sole żelaza i manganu. Bufalini (1971, za: Falkowska, Korzeniewski 1995) podaje, że w świetle dziennym przy stężeniu dwutlenku siarki 5–30 ppm i wilgotności względnej powietrza $f = 32$ –91% reakcja utleniania dwutlenku siarki do trójtlenku siarki postępuje z szybkością około 0,1% SO_2 na godzinę, natomiast w obecności katalizatorów przebiega ona szybciej, ok. 5–10% SO_2 na godzinę (Falkowska, Korzeniewski 1995). Siuta (1980) podaje, że w procesie katalitycznym światło nie ma wpływu na szybkość utleniania.

Reakcja utleniania SO_2 staje się znacznie wolniejsza, kiedy pH roztworu osiąga wartość 3

(Juda, Chróściel 1980). O szybkości utleniania SO_2 do SO_3 decyduje obecność amoniaku, który przedostając się z powietrza do roztworu tworzy wodorotlenek amonowy dysocjujący na jony NH_4^+ i OH^- . Uwalniane jony OH^- wiążą nadmiar jonów H^+ , dzięki czemu następuje podwyższenie wartości pH roztworu i zwiększenie szybkości reakcji utleniania dwutlenku siarki (Siuta 1980).

Wśród różnych czynników wpływających na przemianę dwutlenku siarki w kwas siarkowy istotne są warunki meteorologiczne, a zwłaszcza: prędkość wiatru, temperatura powietrza i wilgotność względna powietrza.

1. Prędkość wiatru – wraz ze wzrostem prędkości wiatru maleje stopień przemiany SO_2 do kwasu siarkowego (tab. 1), czyli przy większych prędkościach wiatru notowane są wyższe stężenia dwutlenku siarki.

Jak wykazały badania dotyczące zależności między wielkością stężeń SO_2 a prędkością wiatru (Sonkin, Czalikov 1968, za: Kasina 1981) w rejonach miejsko-przemysłowych często notowane są dwa maksima stężeń dwutlenku siarki przy różnych prędkościach wiatru. Pier-

TABELA 1. Wpływ prędkości wiatru na wielkość współczynnika przemiany dwutlenku siarki. (Juda, Chróściel 1980)
TABLE 1. Influence of wind velocity on sulphur dioxide transformation ratio

Średnia prędkość wiatru	Zawartość S jako H_2SO_4 zawartość S jako $(\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2) \cdot 100$
($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	%
0–2	14
2–4	11
4–6	10
6–8	10
8	9

wsze maksimum występuje przy ciszy i słabych wiatrach i jest interpretowane jako wynik emisji SO_2 z lokalnych źródeł. Drugie maksimum, występujące przy prędkości wiatru $4\text{--}6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, jest powodowane przez napływ dwutlenku siarki ze źródeł emisji położonych dalej od punktu pomiarowego.

2. Temperatura powietrza – wyniki pomiarów przemiany dwutlenku siarki w kwas siarkowy w zależności od temperatury dały obraz tych przemian pozornie przeczący teorii szybkości reakcji – zaobserwowano wzrost przemiany dwutlenku siarki przy spadku temperatury powietrza (tab. 2). Reakcja konwersji SO_2 do SO_3 zachodzi z wydzielaniem ciepła, a optymalne warunki dla jej przebiegu to temperatura wewnętrzna reakcji $400\text{--}600^\circ\text{C}$, stąd niska temperatura otoczenia powoduje szybsze odprowadzenie ciepła reakcji i wzrost wydajności utleniania.

3. Wilgotność względna powietrza – wzrost wilgotności względnej powietrza powyżej 50% przyspiesza proces katalitycznego utleniania (Quon i współaut. 1971; Katz i Gale 1971, za: Siuta 1980), natomiast silnym mgłom towarzyszy dyfuzja zanieczyszczeń w dolne warstwy

atmosfery. Stężenie SO_2 jest wtedy wypadkową obu tych procesów.

W zależności od wilgotności powietrza 20–80% dwutlenku siarki wyemitowanego do atmosfery ulega utlenieniu do siarczanu, podczas gdy pozostała jego część jest usuwana w postaci suchego opadu. Siarczany charakteryzują się małą szybkością osadzania i są usuwane z atmosfery w postaci mokrego opadu. Suchy opad, na przekór swej nazwie, dotyczy sorpcji związków siarki przede wszystkim na wilgotnych powierzchniach roślin, budowli, gleb i powierzchni wód. Mokry opad, określany również jako strącanie oczyszczające, powstaje wskutek usuwania zanieczyszczeń przez opad deszczu lub śniegu. Ładunek materii dostającej się do chmur opada wraz z deszczem, podczas gdy materiał zawarty w atmosferze poniżej chmur jest wymywany przez opad atmosferyczny. Średni okres przebywania mieszaniny dwutlenku siarki i siarczanu w atmosferze wynosi od 2 do 6 dni i przez ten czas mieszanina ta może ulec przeniesieniu nawet na odległości 4000 km od źródła emisji (O'Neill 1997).

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań wpływu wilgotności względnej powietrza na utlenianie dwutlenku siarki, czyli w efekcie na wielkość stężenia tego gazu w powietrzu atmosferycznym.

Materiał i metoda

Do badań wykorzystano dane z automatycznej stacji monitoringu atmosfery SGGW znajdującej

TABELA 2. Wpływ temperatury na wielkość współczynnika przemiany dwutlenku siarki (Juda, Chróściel 1980)

TABLE 2. Influence of temperature on sulphur dioxide transformation ratio

Średnia temperatura	Zawartość S jako H_2SO_4	
	zawartość S jako $(\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2) \cdot 100$	
$^\circ\text{C}$	%	
-4 do -1	23	
-1 do +1	10	
+1 do +3	6,4	
+3 do +6	5,3	
6	5,7	

się w Warszawie-Ursynowie za okres od 1 IV 1999 r. do 31 III 2000 r. Na podstawie średnich 10-minutowych wartości wilgotności względnej powietrza na wysokości 20 m n.p.g. i stężenia SO_2 (czerpnia poboru prób badanego powietrza znajduje się na wysokości 11 m n.p.g.) obliczono:

- średnie godzinowe wartości stężenia dwutlenku siarki i wilgotności względnej powietrza,
- średnie dobowe wartości stężenia dwutlenku siarki i wilgotności względnej powietrza,
- średnie stężenia dwutlenku siarki (na podstawie średnich dobowych) w założonych przedziałach wilgotności względnej powietrza (tab. 3).

Na tej podstawie przedstawiono charakterystyki:

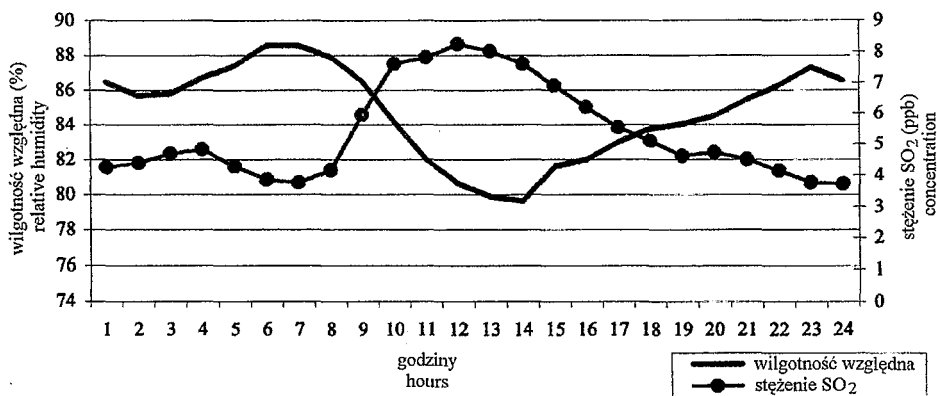
- średniego dobowego przebiegu stężenia dwutlenku siarki i wilgotności względnej powietrza w poszczególnych miesiącach (na rysunkach 1a, b, c przedstawiono wybrane charakterystyczne wykresy),
- przebiegu dobowego stężenia dwutlenku siarki i wilgotności względnej powietrza w dniu z opadem atmosferycznym (rys. 2),
- przebiegów miesięcznych stężenia dwutlenku siarki i wilgotności względnej powietrza z dnia na dzień (na rysunkach 3a, b, c przedstawiono wybrane charakterystyczne wykresy).

Wyniki

Na rysunku 1a przedstawiono przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza i stężenia dwutlenku siarki w

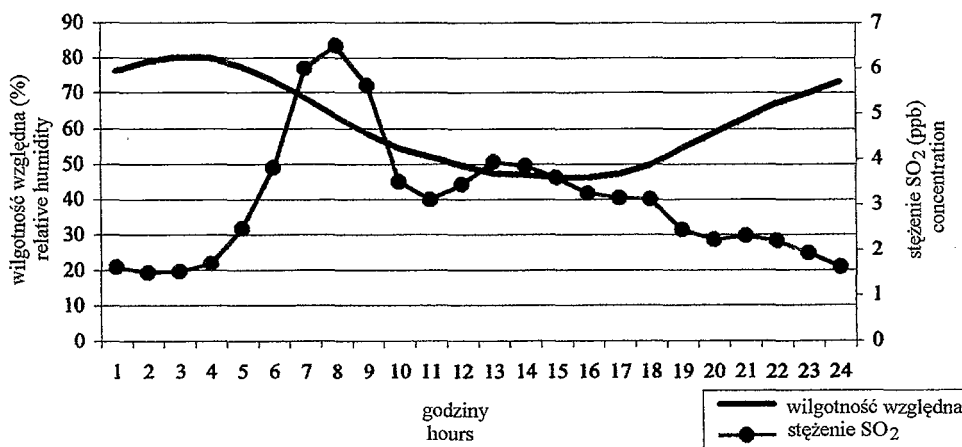
styczniu 2000 r. Wykres wilgotności jest charakterystyczny dla przebiegu dobowego i wynika z przebiegu temperatury powietrza. Natomiast stężenie SO_2 jest odwrotne do wilgotności względnej, co świadczy o konwersji SO_2 . W porze zimowej konwersja dwutlenku siarki odbywa się głównie w wyniku reakcji katalitycznych zachodzących jedynie w fazie ciekłej, dlatego spadek wilgotności względnej powietrza powoduje spadek wydajności reakcji utleniania, a tym samym wzrost stężenia SO_2 . Takiej prawidłowości nie zaobserwowano w miesiącach letnich (rys. 1b, c), co można tłumaczyć faktem, że latem utlenianie SO_2 jest wynikiem dwóch różnych procesów (katalitycznego i fotochemicznego) uzależnionych od różnych czynników. Wykresy przebiegu dobowego stężenia dwutlenku siarki w lipcu (rys. 1b) i sierpniu (rys. 1c) wykazują podobny charakter. W obu przypadkach zaznacza się wzrost stężenia około godz. 8.00, co związane jest prawdopodobnie z nasileniem ruchu komunikacyjnego w godzinach rannych. Najwyższe stężenia dwutlenku siarki rejestrowane były wtedy przy wietrze z kierunku NE (w sierpniu) oraz NE i S (w lipcu). Około godz. 11.00 w lipcu i 12.00 w sierpniu notowany jest spadek stężenia SO_2 – przeważał wówczas zachodni kierunek napływu mas powietrza.

Na rysunku 2 przedstawiono przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza i stężenia dwutlenku siarki w dniu z opadem atmosferycznym. W godz. 8.00–10.00 zanotowano wystąpienie opadu atmosferycznego i związany z tym wzrost wilgotności względnej powietrza.



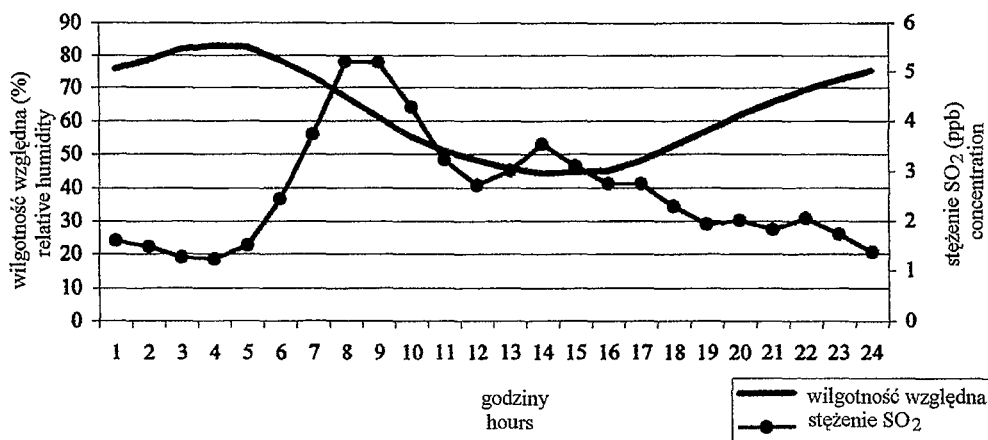
RYSUNEK 1a. Przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza (%) i stężenia SO₂ (ppb) w styczniu 2000 r. Warszawa-Ursynów

FIGURE 1a. Daily course of relative humidity (%) and SO₂ concentration (ppb) in January 2000. Warsaw-Ursynów



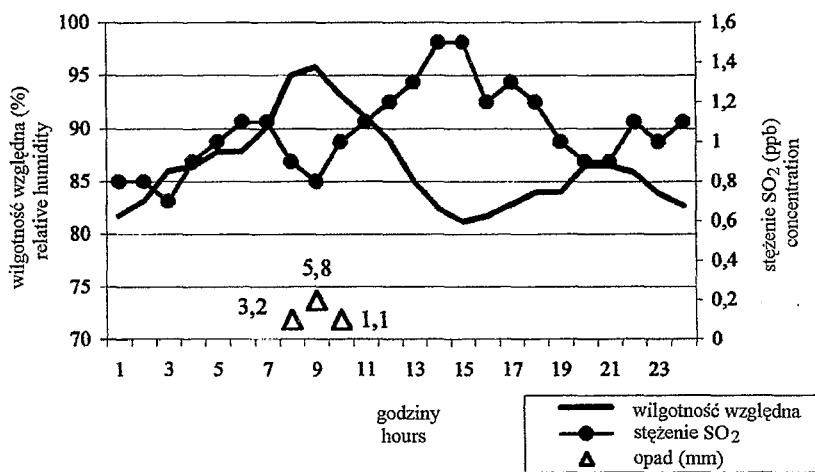
RYSUNEK 1b. Przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza (%) i stężenia SO₂ (ppb) w lipcu 1999 r. Warszawa-Ursynów

FIGURE 1b. Daily course of relative humidity (%) and SO₂ concentration (ppb) in July 1999. Warsaw-Ursynów



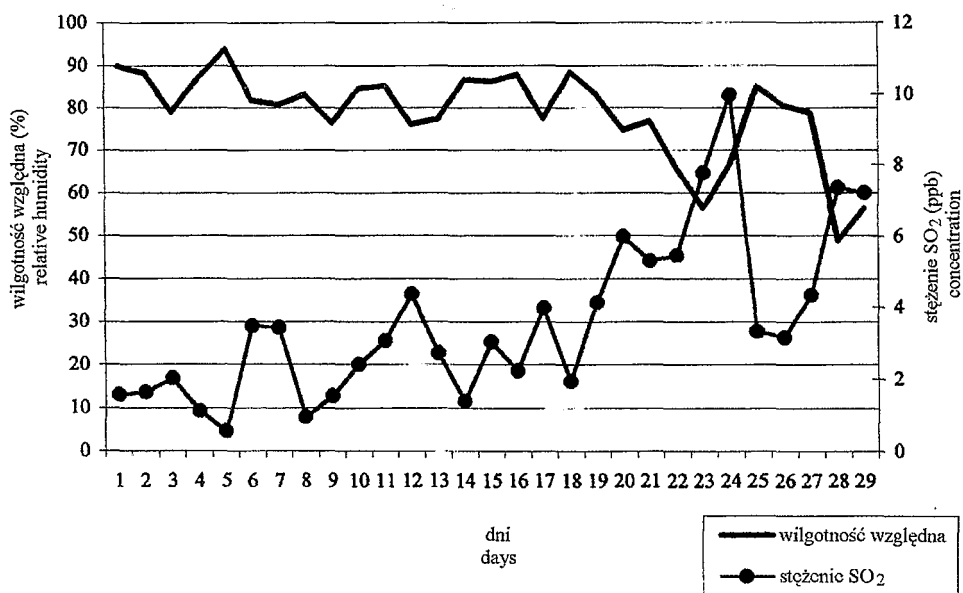
RYSUNEK 1c. Przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza (%) i stężenia SO₂ (ppb) w sierpniu 1999 r. Warszawa-Ursynów

FIGURE 1c. Daily course of relative humidity (%) and SO₂ concentration (ppb) in August 1999. Warsaw-Ursynów



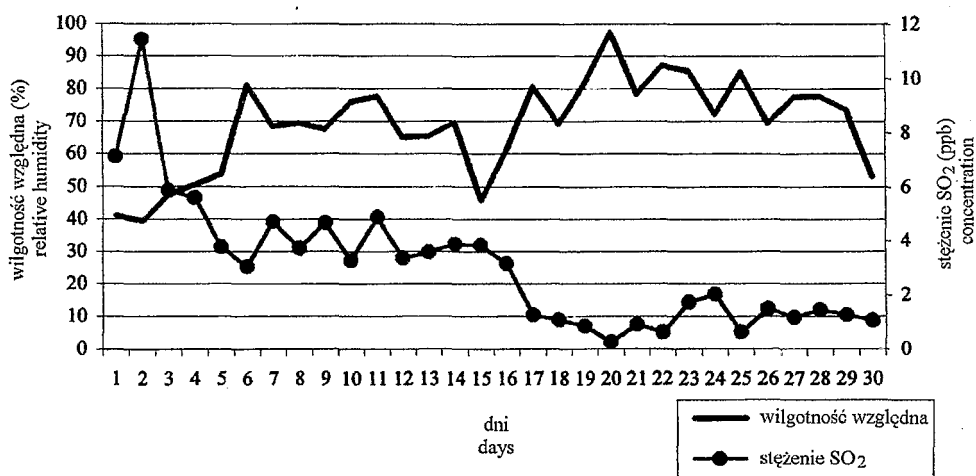
RYSUNEK 2. Przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza (%) i stężenia SO₂ (ppb) 8 VII 1999 r. Warszawa-Ursynów

FIGURE 2. Daily course of relative humidity (%) and SO₂ concentration (ppb) on 8 VII 1999 Warsaw-Ursynów



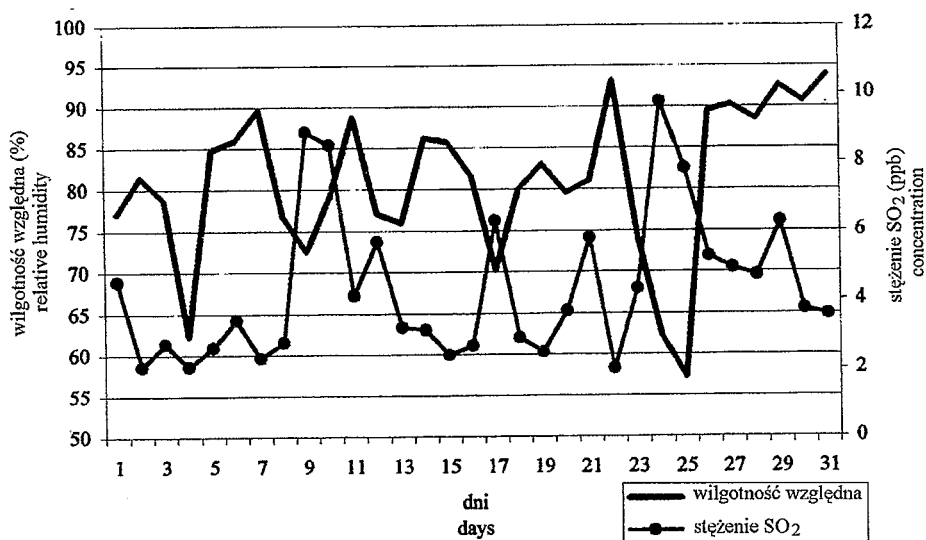
RYSUNEK 3a. Przebieg miesięczny wilgotności względnej powietrza (%) i stężenia SO₂ (ppb) w lutym 2000 r. Warszawa-Ursynów

FIGURE 3a. Monthly course of relative humidity (%) and SO₂ concentration (ppb) in February 2000. Warsaw-Ursynów



RYSUNEK 3b. Przebieg miesięczny wilgotności względnej powietrza (%) i stężenia SO₂ (ppb) w kwietniu 1999 r. Warszawa-Ursynów

FIGURE 3b. Monthly course of relative humidity (%) and SO₂ concentration (ppb) in April 1999. Warsaw-Ursynów



RYSUNEK 3c. Przebieg miesięczny wilgotności względnej powietrza (%) i stężenia SO₂ (ppb) w grudniu 1999 r. Warszawa-Ursynów
 FIGURE 3c. Monthly course of relative humidity (%) and SO₂ concentration (ppb) in December 1999. Warsaw-Ursynów

Jednocześnie obserwowany jest spadek stężenia dwutlenku siarki, związany głównie z wymywaniem tego gazu oraz zwiększeniem wydajności reakcji jego utleniania.

Na rysunku 3a przedstawiono przebieg stężenia SO₂ i wilgotności względnej powietrza z dnia na dzień w lutym 2000 r. Od 1 do 22 II obserwuje się tendencję spadkową wartości wilgotności względnej powietrza i wzrostową stężenia SO₂. 23 II zanotowano wyraźny spadek wilgotności względnej powietrza i jednocześnie wzrost stężenia SO₂, a następnie wzrost wilgotności względnej powietrza i spadek stężenia dwutlenku siarki. Świadczyć to może o zwiększeniu wydajności reakcji utleniania katalitycznego SO₂ przy wzroście wilgotności względnej powietrza i zmniejszeniu wy-

dajności reakcji przy spadku wilgotności względnej powietrza.

W przebiegu miesięcznym stężenia SO₂ i wilgotności względnej powietrza w kwietniu 1999 r. (rys. 3b) od 15 IV widać wyraźny wzrost wilgotności względnej powietrza i spadek stężenia SO₂. W tym okresie związane to jest z występowaniem opadów atmosferycznych powodujących, oprócz zwiększenia wydajności reakcji utleniania (poprzez wzrost wilgotności), także wymywanie zanieczyszczeń – w tym SO₂. Rysunek 3c obrazuje zależność pomiędzy wilgotnością względną powietrza i stężeniem SO₂ związaną z katalitycznym utlenianiem tego gazu. Wzrost stężenia dwutlenku siarki przy jednoczesnym spadku wilgotności względnej powietrza wyraźnie obserwowano 9, 17 i 25 grudnia. Mogły tu jednak

TABELA.3. Rozkład średnich dobowych wartości stężenia SO₂ (ppb) w zależności od wilgotności względnej powietrza (%) od IV 1999 r. do III 2000 r. Warszawa-Ursynów

TABLE 3. Distribution of mean daily SO₂ concentration (ppb) in response to relative humidity (%) since April 1999 to March 2000. Warsaw-Ursynów

Przedziały wilgotności (%)/ Periods of humidity	Półrocze letnie (1 IV–30 IX 1999r.) Warm half year period		Półrocze zimowe (1 X 1999 r.– 31 III 2000 r.) Cold half year period	
	Średnie stężenie SO ₂ (ppb) Mean concentration	Liczba przypadków Frequency	Średnie stężenie SO ₂ (ppb) Mean concentration	Liczba przypadków Frequency
30,1–40,0	11,4	3	.	.
40,1–50,0	4,1	20	.	.
50,1–60,0	3,1	39	7,1	4
60,1–70,0	2,8	49	4,3	11
70,1–80,0	2,0	41	3,9	54
80,1–90,0	1,4	21	3,5	74
90,1–100	0,8	7	2,7	35

oddziaływać także czynniki dynamiczne pogody, związane z występowaniem stosunkowo wysokiego ciśnienia atmosferycznego.

W tabeli 3 przedstawiono rozkład częstości średnich dobowych wartości stężenia SO₂ w zależności od wilgotności względnej powietrza dla półrocza zimowego i letniego. Pomijając przedziały o małej liczbie przypadków można stwierdzić, że wraz ze wzrostem wilgotności względnej powietrza stężenie SO₂ maleje – dzieje się tak zarówno w półroczu letnim, jak i zimowym.

Wnioski

1. Wilgotność względna powietrza wpływa na wielkość stężenia SO₂. Przy spadku wilgotności względnej powietrza wzrasta stężenie SO₂ i odwrotnie.
2. W miesiącach letnich nie widać zależności stężenia dwutlenku siarki od

wilgotności względnej powietrza – co prawdopodobnie jest spowodowane faktem, że w tym czasie w procesach utleniania SO₂ biorą udział również reakcje fotochemiczne.

3. Procesy konwersji dwutlenku siarki zależą od wielu czynników i stanowią dość złożone zagadnienie, w związku z czym wymagają dalszych badań.

Literatura

- FALKOWSKA L., KORZENIEWSKI K. 1995: *Chemia atmosfery*. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego.
- JUDA J., CHRÓŚCIEL S. 1980: *Ochrona powietrza atmosferycznego*. Wyd. Politechniki Warszawskiej.
- KASINA S. 1981: *Procesy przemieszczania, transformacji oraz usuwania związków siarki z atmosfery*, IKŚ Warszawa.
- KRZYSZTOFIK B., KRZECZOWSKA M., CHECIŃSKI J. 1994: *Podstawy chemii ogólnej i środowiska przyrodniczego*. Wyd. Politechniki Warszawskiej.

- MOTOWICKA-TERELAK T., TERELAK H.
1998: *Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenie*. PIOŚ Warszawa, Biblioteka Monitoringu Środowiska.
- O'NEILL P. 1997: *Chemia środowiska*. Wyd. Naukowe PWN.
- SIUTA J., REJMAN-CZAJKOWSKA M. (red.)
1980: *Siarka w biosferze*. PWRiL, Warszawa.

Summary

Results of the research on relationship between sulphur dioxide concentration

and relative air humidity in Warsaw-Ursynów. The paper presents evaluation of mean daily and mean monthly values of relative humidity and SO₂ concentration in each month and mean monthly values of SO₂ concentration for assuming periods of relative humidity in warm and cold half-year season. On the ground of the results the conclusions is increase in relative air humidity dropping in SO₂ concentration and inversely. Drop in SO₂ concentration conduces to is caused by SO₂ oxidation in liquid phase. When relative humidity increases efficiency of the chemical reactions too and SO₂ concentrations drops.

Joanna SZTYBER

Katedra Kształtowania Środowiska SGGW
Department of Environmental Management WAU

Próba wykorzystania metody wskaźników IAP do oceny zanieczyszczenia powietrza w obszarze wpływów Petrochemii Płock SA

The attempt of index air purity IAP method use for the valuation of air pollution in the region of Petrochemia Płock SA influence

Wprowadzenie

Bioindykacyjne miary zanieczyszczenia powietrza można podzielić na ilościowe i jakościowe. Poprzednio podjęto próbę oceny skażenia powietrza dwutlenkiem siarki za pomocą metody porostów wskaźnikowych, polegającej na sporządzeniu listy porostów nadrzewnych na danym terenie i wyznaczeniu stref lichenoidyndakacyjnych opartych na tabeli bioindykacyjnej (skali porostowej) dla okolic Petrochemii Płockiej (Szyber 1999). Metoda ta była próbą ilościowego ujęcia zanieczyszczeń atmosfery.

Do metod opartych na jakościowej mierze skażenia powietrza można zaliczyć metodę wskaźników czystości powietrza IAP (index air purity). Polega ona na wyznaczeniu wskaźników czystości powietrza, które powinno być poprzedzone oszacowaniem współczynników pokrycia porostów (Marska 1988).

Cel i zakres badań

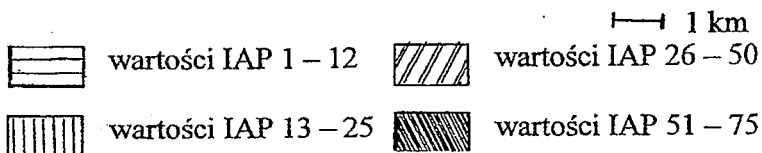
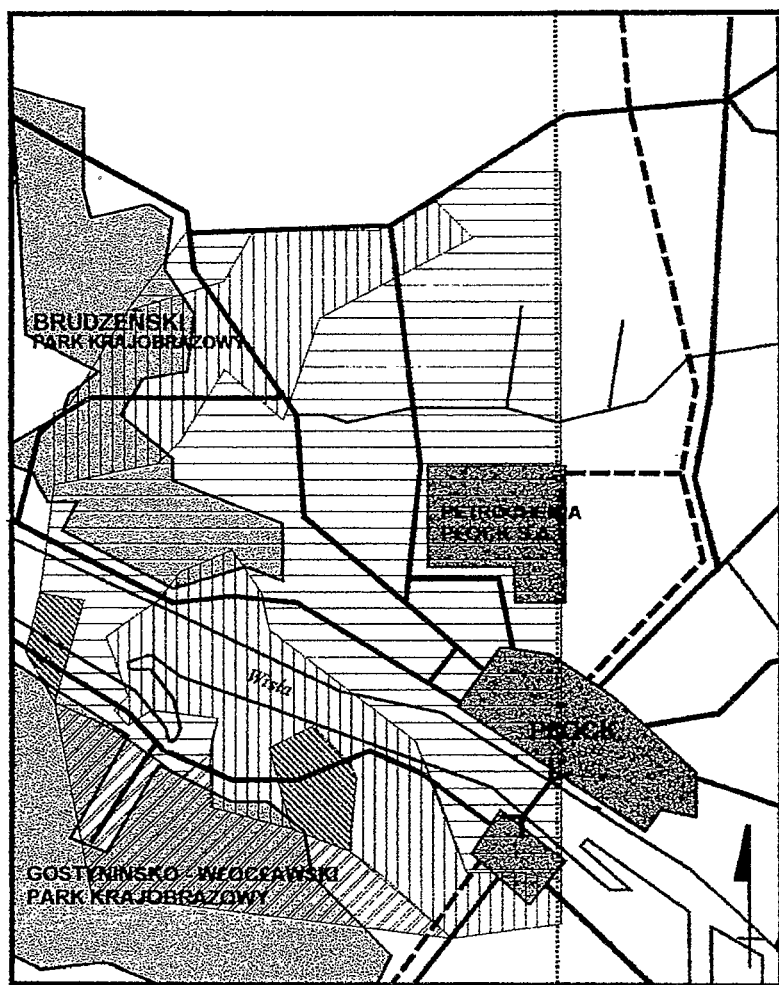
Celem badań była ocena przydatności metody wskaźnikowej IAP (metody wskaźników czystości powietrza) do szacowania stopnia zanieczyszczenia powietrza przez SO_2 na przykładzie okolic Petrochemii Płock SA, polegająca na:

- wyznaczeniu współczynników pokrycia D dla każdego gatunku porostu,
- obliczeniu wskaźników czystości powietrza,
- sporządzeniu mapy wskaźników czystości powietrza (IAP) na wybranym terenie, pozostającym pod długotrwałym wpływem działania SO_2 .

Badania ograniczono do obszaru o powierzchni ok. 13 600 ha położonego po zachodniej stronie Petrochemii Płock SA (Szyber 1998). Obejmuje on część miasta Płock oraz fragment Gostynińsko-

-Włocławskiego Parku Krajobrazowego znajdującego się na lewym brzegu Wisły (rys. 1). Przybliżone granice badanego terenu wyznaczają miejscowości: Draga-

nie, Dziarnowo, Proboszczewice, Kamionki, Sikórz, Murzynowo, Wola Brwińska, Seden, Góry, Radziwie, Płock.



RYSUNEK 1. Rozkład wartości współczynników IAP
FIGURE 1. The distribution of IAP index values

Metodyka badań

Metoda wskaźników czystości powietrza polega na wykonaniu spisu istniejących na danym terenie gatunków porostów nadrzecznych oraz wyznaczeniu na ich podstawie wskaźników czystości powietrza. Pomocne jest w tym oszacowanie współczynników pokrycia D dla każdego gatunku porostu.

Aby przeanalizować częstotliwość występowania porostów, obliczono procentowy udział każdego z nich na całym badanym terenie. Za gatunki pospolite uznano te, które wystąpiły na ponad 50% stanowisk, za częste – na 25% do 50%, za dość częste – na 10 – 24% stanowisk, za rzadkie – na 5 – 9% stanowisk, a za bardzo rzadkie – do 4% stanowisk.

Współczynnik pokrycia D dla każdego gatunku porostu na całym terenie badań obliczono za pomocą wzoru analogicznego do wzoru Kiszki (Kiszka 1977):

$$D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^q a_i \quad [\%]$$

gdzie:

a_i – średni procent pokrycia przez dany gatunek badanego i-tego płatu,

q – liczba płatów, na których występuje dany gatunek porostu,

N – ogólna liczba badanych płatów.

Dla każdego punktu wyliczono wskaźnik czystości powietrza posługując się wzorem:

$$IAP = \sum_n^1 \frac{Q \cdot f}{10}$$

gdzie:

n – liczba porostów istniejących w danym punkcie pomiarowym,

Q – współczynnik ekologiczny charakteryzujący wrażliwość danego gatunku na zanieczyszczenie, wyrażony stosunkiem sumy liczby gatunków porostów we wszystkich punktach pomiarowych do liczby punktów pomiarowych, na których występuje dany gatunek.

f – współczynnik wyrażający częstość występowania i stopień pokrycia danego gatunku w punkcie pomiarowym, wyznaczany w skali 1–5 dla każdego gatunku (przyjęto, iż wartość 3 odpowiadać będzie współczynnikowi pokrycia D danego gatunku porostu).

Za Le Blanc’iem i De Slooverem (1970) oraz Heidtem (1978) (podają za: Marska 1988) przyjęto następujące stopnie zanieczyszczenia powietrza, wyznaczone przedziałami wartości IAP:

- **1–25 – powietrze wysoko zanieczyszczone;** występują nieliczne epifity w postaci pojedynczych, często zdegenerowanych plech, plechy obumierają,
- **26–50 – powietrze zanieczyszczone;** pokrycie pni drzew porostami rzadko przekracza 10%, plechy są przebarwione bądź zniekształcone, skład gatunkowy jest już zróżnicowany,
- **51–75 – powietrze nieznacznie zanieczyszczone;** bez wyraźnego wpływu na epifity, porosty są zróżnicowane gatunkowo, ich plechy nie wykazują widocznych uszkodzeń,
- **powyżej 75 – powietrze czyste;** wegetacja porostów jest niezakłócona.

Wyznaczenie wartości współczynnika czystości powietrza dla każdego z badanych punktów umożliwiło wykonanie mapy współczynników czystości powietrza (IAP).

Wyniki badań

Za gatunki pospolite uznano porosty: misecznicę proszkowatą (*Lecanora conizaoides*) (występujące na 98% stanowisk), obrost drobny (*Physcia tenella*) (82%), obrost kolisty (*Physcia orbicularis*) (72%) i liszajca zwyczajnego (*Lepraria incana*) (60%). Do gatunków częstych zaliczono: złotorost ścienny (*Xantoria parietina*) (48%), brunatkę kropkowaną (*Buellia punctata*) (36%), złotorost wieloowocnikowy (*Xantoria polycarpa*) (30%) i złotorost postrzępiony (*Xantoria candelaria*) (30%). Za dość częsty uznano gatunek: tarczownicę bruzdkowaną (*Parmelia sulcata*) (16%), do rzadkich przypisano chrobotka szydlastego (*Cladonia coniocraea*) (6%), a do bardzo rzadkich – mąklę tarniową (*Evernia prunastri*) (4%) i misecznicę jaśniejszą (*Lecanora chlarotera*) (2%).

Współczynniki pokrycia D [%] dla każdego gatunku porostu na całym terenie badań przedstawiono w tabeli 1.

Gatunkami o największych współczynnikach pokrycia na badanym terenie były misecznica proszkowata (*Lecanora conizaoides*), obrost drobny (*Physcia tenella*) i liszajec zwyczajny (*Lepraria incana*). Gatunki te należą też do pospolitych (występują na ponad 50% stano-

wisk), można je więc uznać za dominujące we florze porostów nadrzewnych w okolicy Petrochemii. Pozostałe gatunki bądź występowały rzadko, bądź ich plechy na badanym terenie były niewielkich rozmiarów, np. brunatka kropkowana (*Buellia punctata*), która najczęściej porastała drzewa w formie plamek o średnicy 1–2 cm.

Wartości IAP dla poszczególnych punktów oraz wartości Q dla gatunków porostów i przyjęte dla nich przedziały f, pozwalające obliczyć wskaźnik czystości powietrza, przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Wartości IAP przypisane punktom pomiarowym pozwoliły na wykreślenie mapy wskaźników czystości powietrza dla okolic Petrochemii (rys. 1). Jak widać, prawie cały badany obszar zajmują tereny o wartościach IAP pomiędzy 1 a 25. Obszar ten został podzielony na dwie podstrefy o wskaźnikach od 1 do 12 oraz od 13 do 25, co umożliwiło wykazanie, że wyższe zanieczyszczenia (wyrażone przez niższe wartości IAP = $1 \div 12$) występują bliżej Petrochemii lub na terenie o zwartej zabudowie (Płock, Radziwie, Sikórz), niższe natomiast – w pewnym oddaleniu od źródeł emisji.

Tylko dwa punkty pomiarowe mają wskaźniki zawierające się w przedziale od 25 do 49. Obszary o takim stopniu czystości powietrza charakteryzują się

TABELA 1. Współczynniki pokrycia D dla poszczególnych gatunków porostów
TABLE 1. The index of vegetation coverage (D) for each lichenes

Gatunek porostu	D	Gatunek porostu	D
misecznica proszkowata	7,73	liszajec zwyczajny	3,12
obrost drobny	1,52	brunatka kropkowana	0,06
obrost kolisty	0,66	tarczownica bruzdkowana	0,37
złotorost ścienny	0,17	mąkla tarniowa	0,37
złotorost wieloowocnikowy	0,03	chrobotek szydlasty	0,20
złotorost postrzępiony	0,17	misecznica jaśniejsza	–

TABELA 2. Wartości wskaźników czystości powietrza
TABLE 2. The values of index air purity

Punkt nr	IAP	Punkt nr	IAP	Punkt nr	IAP	Punkt nr	IAP	Punkt nr	IAP
1	1,9	11	18,1	21	2,8	31	18,9	41	1,2
2	16,2	12	2,4	22	1,4	32	18,5	42	15,5
3	4,5	13	1	23	7,2	33	4,2	43	46,9
4	3,4	14	9,2	24	8,2	34	2,1	44	17,6
5	2,7	15	2,5	25	14,4	35	7,7	45	10,8
6	1,2	16	4,7	26	17,3	36	36,0	46	17,8
7	4,8	17	2,1	27	11,1	37	9,2	47	59,2
8	3,5	18	5,1	28	13,9	38	21,5	48	59,2
9	8,1	19	5,1	29	23,3	39	58,2	49	2,12
10	10,4	20	3,9	30	7,6	40	74,8	50	7,72

TABELA 3. Wartości Q i procentowe pokrycie pnia drzewa przez porost odpowiadający danym f dla poszczególnych gatunków porostów

TABLE 3. The Q values and the percentage vegetation coverage according to f given for each lichenes

Gatunek porostu	Wartość Q	Procentowe pokrycie pnia drzewa przez porost odpowiadające danym f				
		f = 1*	f = 2	f = 3	f = 4	f = 5
misecznica proskowata	4,57	do 3	3–6	6–9	9–12	ponad 12
obrost drobny	5,46	do 0,6	0,6–1,2	1,2–1,8	1,8–2,4	ponad 2,4
obrost kolisty	6,22	do 0,26	0,26–0,52	0,52–0,8	0,8–1	ponad 1
złotorost ścienny	9,33	do 0,07	0,07–0,14	0,14–0,2	0,2–0,27	ponad 0,27
złotorost						
wielooowocnikowy	14,93	do 0,014	0,014–0,03	0,03–0,04	0,04–0,05	ponad 0,05
złotorost postrzepiony	14,93	do 0,07	0,07–0,14	0,14–0,2	0,2–0,27	ponad 0,27
liszajec zwyczajny	7,74	do 1,24	1,24–2,5	2,5–3,7	3,7–5	ponad 5
brunatka kropkowana	12,44	do 0,02	0,02–0,04	0,04–0,07	0,07–0,09	ponad 0,09
tarczownica						
bruzdkowana	28	do 0,15	0,15–0,3	0,3–0,44	0,44–0,6	ponad 0,6
mąkla tarniowa	112	do 0,15	0,15–0,3	0,3–0,43	0,43–0,6	ponad 0,6
chrobotek sztydlasty	74,67	do 0,08	0,08–0,16	0,16–0,23	0,23–0,31	ponad 0,31
misecznica jaśniejsza	224	*	–	–	–	–

* f = 1 odpowiadają także gatunki występujące na drzewach śladowo bądź w ilościach, których nie da się wyrazić procentowo

pokryciem pni drzew porostami rzadko przekraczającym 10%. Plechy tych porostów są przebarwione bądź zniekształcone. Zanieczyszczenie jest jednak mniejsze niż w poprzedniej grupie, tak iż skład gatunkowy porostów jest już zróżnicowany. Punkty o wartościach IAP w tym

przedziale znajdują się po drugiej stronie Wisły niż Petrochemia.

Najwyższe wartości wskaźnika, (pomiędzy 50 a 75) mają jedynie cztery stanowiska, położone tak jak poprzednie na lewym brzegu Wisły, na terenie Gostyńskiego-Włocławskiego Parku Krajobrazowego.

Mapa wyznaczona na podstawie wskaźników czystości powietrza przedstawia charakter rozkładu zanieczyszczeń w podobny sposób jak bezpośrednie pomiary (maksymalne przy źródle) (Szyber 1998).

Wnioski

1. Metoda wskaźników czystości powietrza jest przydatna do oceny skali wielkości zanieczyszczeń powietrza i jego wpływu na środowisko przyrodnicze. Pozwala ona na ogólną ocenę stanu powietrza atmosferycznego.
2. Na podstawie metody wskaźników czystości powietrza stwierdza się, że badany obszar znajdował się pod długotrwałym wpływem szkodliwych emisji. Flora porostowa jest uboga i wyniszczona, tym bardziej, im bliżej źródła emisji.
3. Porównanie metody wskaźników czystości powietrza z metodą porostów wskaźnikowych jest trudne. Pierwsza daje nam bowiem informację o skali zanieczyszczeń, a druga próbuje oszacować stężenia SO_2 . Obydwie metody natomiast umożliwiają przedstawienie rozkładu zanieczyszczeń i dają ogólną ocenę jakości powietrza.
4. Celowe jest prowadzenie na terenach zagrożonych badań zanieczyszczenia powietrza metodą wskaźników czystości powietrza. Badania te umożliwiłyby wychwycenie zmian jakości powietrza i określenie rozkładu zanieczyszczeń. W takim ujęciu metoda wskaźników czystości powietrza może być włączona do monitoringu stanu środowiska.

Literatura

- KISZKA J. 1977: *Wpływ emisji miejskich i przemysłowych na florę porostów Krakowa i Puszcz Niepołomickiej*. Wydawnictwo Naukowe WSP, Kraków.
- MARSKA B. 1988: *Wpływ wieloletniego oddziaływania emisji przemysłowych na florę porostów zagrożonych obszarów leśnych województwa szczecińskiego*. Wydawnictwo AR, Szczecin.
- SZTYBER J. 1998: *Geograficzna analiza rozmieszczenia stężeń zanieczyszczenia powietrza w rejonie Petrochemii Płock SA, część zachodnia – bioindykacyjna rola porostów*. UW, Warszawa (maszynopis pracy magisterskiej).
- SZTYBER J. 1999: *Próba oceny skażenia powietrza dwutlenkiem siarki w obszarze wpływów Petrochemii Płock SA za pomocą stref lichenoidindykacyjnych*. Przegl. Nauk. Wydz. MiłŚ, SGGW, z. 17.

Summary

The attempt of index air purity IAP method use for the valuation of air pollution in the region of Petrochemia Płock SA influence. The valuation of index air purity method was presented in the paper. IAP – method consists in making a list of existing lichen species and determination the index air purity. It was found that IAP – method is useful for air pollution assessment – it gives the general information about air quality and may be use in the system of environmental monitoring.

Author's address:

J. Szyber
Warsaw Agricultural University – SGGW
02–787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
Poland

Barbara BANASZKIEWICZ

Katedra Meteorologii i Klimatologii Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie
Department of Meteorology and Climatology
Warmian-Mazurian University, Olsztyn

Wieloletnie fluktuacje opadów atmosferycznych w Koszalinie **Multi-year fluctuations of atmospheric precipitation** **in Koszalin**

Wprowadzenie

Wśród podstawowych składników ciągów chronologicznych (w których kolejne wartości zmiennej $x_1, x_2 \dots x_n$ odnoszą się do kolejnych momentów czasu $t_1, t_2 \dots t_n$) wyróżnia się składniki systematyczne, m.in. wahania cykliczne – zmiany, które powtarzając się regularnie w okresach zwanych cyklami są możliwe do przewidywania.

Zestawienie wyników badań cyklicznych zmian opadów w Polsce zostało opublikowane w pracy Jokiela i Kożuchowskiego (1989) oraz uzupełnione w pracy Kożuchowskiego (1994). Prace zawierają wykaz obliczonych okresów, zastosowanych metod i użytych do obliczeń danych meteorologicznych. W przeważającej większości obliczenia te wykazują cykliczność krótkookresową i średniookresową rocznych sum opadów atmosferycznych, jakkolwiek podano również okresy dłuższe – 98-letni cykl sum opadów w Poznaniu, 70-letni opadów w War-

szawie, 50-letnie opadów Wrocławia oraz Warszawy, Bydgoszczy, Krakowa i Koszalina. Dla rocznej sumy opadów atmosferycznych w Warszawie wymienia się również stwierdzoną przez Boryczkę (1993) cykliczność 112,5- i 56,4-letnią. Autor udowadnia, że widma opadów atmosferycznych zawierają okresy o zbliżonej długości, jak widma oscylacji temperatury powietrza, cyrkulacji atmosferycznej, aktywności Słońca i parametrów układu słonecznego. Dokonana przez Boryczkę prognoza zmian rocznych sum opadów dla Warszawy (przez nałożenie się wyodrębnionych cykli) wyznacza minimum opadów rzędu 400 mm na lata 2033 i 2040, a maksimum o wysokości 720 mm na 2030, 2063 i 2068 oraz przewiduje dla pierwszych dwóch dekad XXI wieku utrzymanie się opadów wokół średniej wieloletniej wynoszącej 568,9 mm.

Badania Miętusa (1996) wykazały, że na polskim wybrzeżu Morza Bałtyckiego roczne sumy opadów atmosferycznych charakteryzują krótkookresowe wahania

o długości 2,11 i 4,27 lat oraz cykl 100-letni. Dla okresu 1991–2030 autor przewiduje zmniejszanie się opadu o 17–28 mm w skali rocznej. Natomiast założone scenariusze zmian klimatu dla Polski na lata 2030–2050 odnośnie zmian sum opadów atmosferycznych cechuje duży stopień niepewności – przyjmuje się prognozy zakładające zarówno wzrost, jak i spadek opadów o około 20% (Ryszkowski i Kędziora; 1993, Kędziora 1995; Sadowski (red.) 1996).

Celem pracy jest analiza okresowości opadów atmosferycznych w Koszalinie (najdłuższa seria pomiaru opadu w Polsce) i porównawczo w Kilonii w wieloletniu 1851–1990 oraz dokonanie na drodze ekstrapolacji otrzymanych wyników prognozy sum opadów dla okresu 1991–2030.

Materiały i metoda

Badania struktury harmonicznego szeregu czasowego rocznych sum opadów atmosferycznych oraz sum opadów okresu wegetacyjnego w latach 1851–1990 w Koszalinie i w Kilonii wykonano metodą analizy pojedynczego widma Fouriera. Materiały źródłowe przedstawiono w zestawieniu literatury.

Analiza widmowa (spektralna) oparta jest na założeniu, że szereg czasowy zbudowany jest z fal sinusowych i cosinusowych o różnych częstotliwościach (Conrad, Pollak 1950; Kożuchowski (red.) 1990; Statistica 1995), który można opisać wzorem:

$$x_i = a_0 + \left(\sum_k \{a_k * \cos [2\pi f_k (t - 1)]\} + \{b_k * \sin [2\pi f_k (t - 1)]\} \right) \quad (1)$$

gdzie:

$$a_0 = \bar{x},$$

$2\pi f_k$ – częstotliwość wyrażana w radiach na jednostkę czasu.

Analizę przeprowadzono dla szeregów przefiltrowanych (Filtr 4253H), bez średniej i trendu liniowego dla okna Hamminga (5). Zastosowany do wygładzenia danych filtr 4253H jest filtrem mocnym, zachowującym charakterystyczne właściwości szeregu pierwotnego. Przekształcenie obejmuje kilkakrotne wygładzanie za pomocą średniej/mediany ruchomej, przez co nadaje się mniejszą wagę oscylacjom o krótkim okresie (Statistica 1995). Oceny gęstości widmowej dokonano stosując tzw. okno Hamminga (Tukeya-Hamminga) o szerokości 5. W oknie tym dla każdej częstotliwości wagi dla ważonej średniej ruchomej wartości periodogramu oblicza się jako:

$$w_j = 0,54 + 0,46 * \cos (\pi * j / p)$$

(dla $j = 0$ do p)

$$w_{-j} = w_j \text{ (dla } j \neq 0 \text{) gdzie } p = (m-1)/2$$

Wartości periodogramu, które można interpretować w kategorii wariancji (sumy kwadratów) odpowiadającej wahaniom o konkretnej częstotliwości lub okresie oblicza się następująco:

$$p_k = \sin^2_k * \cos^2_k * \frac{N}{2}$$

gdzie p_k jest wartością periodogramu przy częstotliwości v_k , a N jest długością szeregu. Wykonane próby obliczeń przy zastosowaniu innych okien – Bartletta, Parzena, Tukeya – dały wyniki podobne; natomiast nieco odmienne wyniki otrzy-

mano stosując okno Daniella, które wiąże się z innym rodzajem wygładzenia.

Istotność okresowości badano testami Kołmogorowa-Smirnowa d' Bartletta dla jednej próbki oraz testem Fishera Kappa (podającym wartości przewyższenia maksymalnego periodogramu powyżej średniej periodogramu) oraz przez dopasowanie rozkładu wykładniczego, tzn. testując rozkład wartości periodogramu względem rozkładu wykładniczego można sprawdzić, czy szereg wejściowy różni się od białego szumu.

Wartości elementów meteorologicznych dla lat 1851–2030 obliczono według wzoru (1). Do obliczeń przyjęto kolejno parametry trzech lub czterech pierwszych składowych periodogramu bada-

nych sum opadów Koszalina i Kilonii. Kierowano się przy tym uwagami Wibig przedstawionymi za Batyriewą (w: Kożuchowski (red.) 1990) dotyczącymi stabilności statystycznej układów funkcji ortogonalnych.

Wyniki

Zestawienie wyników analizy widmowej dotyczące pięciu najsilniejszych wahań cyklicznych rocznych sum opadów atmosferycznych i opadów w okresie wegetacyjnym (IV–X) w Koszalinie i w Kilonii zawiera tabela 1. Badanie rozkładu wartości periodogramów względem rozkładu wykładniczego wy-

TABELA 1. Wyniki analizy widmowej rocznych sum opadów atmosferycznych oraz sum opadów w okresie od IV do X w Koszalinie i w Kilonii w latach 1851–1990. Największe wartości periodogramu
TABLE 1. The spectral analysis results of annual precipitation totals and of precipitation totals in the period from IV to X in Koszalin and Kilonia in the years 1851–1990. Largest values of periodogram

Elementy meteorologiczne Meteorological elements	Częstot. Frequency	Okres Period	Wsp. przy cos Cosine coeffs	Wsp. przy sin Sine coeffs	Periodog. Periodog.	Gęstość Density	% ogólnej wartości period. % sum of all periodog. values
1	2	3	4	5	6	7	8
Roczne sumy opadów atm.	0,0071	140,00	–36,5778	24,3389	135122,3	78247,7	27,49
Annual totals of precipitation	0,0214	46,67	–23,6424	–17,6161	60850,4	47660,9	12,38
Koszalin	0,0143	70,00	3,6066	–25,1888	45323,7	67984,2	9,22
(1851–1990)	0,0929	10,77	20,6692	–11,2082	38698,7	25516,4	7,87
	0,0357	28,00	–0,0278	–22,9894	36996,0	25382,2	7,53
Roczne sumy opadów atm.	0,0714	14,00	32,0725	36,6962	166267,9	83863,3	27,97
Annual totals of precipitation	0,0571	17,50	–26,6664	22,1443	84102,6	49267,6	14,15
Kilonia	0,0857	11,67	–2,8982	27,9023	55085,8	38976,6	9,27
(1851–1990)	0,0357	28,00	2,0118	–26,7595	50408,2	34573,8	8,48
	0,0143	70,00	–8,9258	17,9682	28176,9	20163,2	4,74

cd. tabeli 1.
table 1. continue

1	2	3	4	5	6	7	8
Sumy opadów							
atm.okresu IV–X	0,0357	28,00	16,8111	–23,9910	60072,7	41847,1	18,44
Pecipitatin totals	0,0071	140,00	–26,9303	6,7630	53968,5	27945,8	16,57
in the period	0,0214	46,67	–18,9214	–19,4578	51563,7	36792,0	15,83
IV–X Koszalin	0,0286	35,00	13,1614	19,9151	39888,2	45220,0	12,24
(1851–1990)	0,0786	12,73	–10,6286	11,4835	17138,6	13306,0	5,26
Sumy opadów							
atm. okresu IV–X	0,0286	35,00	18,1424	10,9251	31395,3	21841,8	15,44
Pecipitatin totals	0,0571	17,50	–16,1352	–10,5015	25943,8	17972,3	12,76
in the period	0,0714	14,00	6,5863	17,5235	24531,7	12936,3	12,06
IV–X Kilonia	0,0357	28,00	–6,0737	–17,6115	24293,8	20199,9	11,95
(1851–1990)	0,0500	20,00	–4,4597	–17,2544	22232,1	17864,7	10,93

kazało, że szeregi wyjściowe różnią się od białego szumu na poziomie $\alpha = 0,001$. Na rysunkach 1a, b i 2a, b przedstawiono histogramy wartości periodogramów (z wykreśloną linią, odpowiadającą rozkładowi wykładniczemu) z wynikami testów Kołmogorowa-Smirnowa i Bartletta dla jednej próbki, testu Fishera Kappa i periodogramy rocznych sum opadów atmosferycznych oraz sum opadów okresu wegetacyjnego w Koszalinie.

Sumy roczne opadów atmosferycznych.

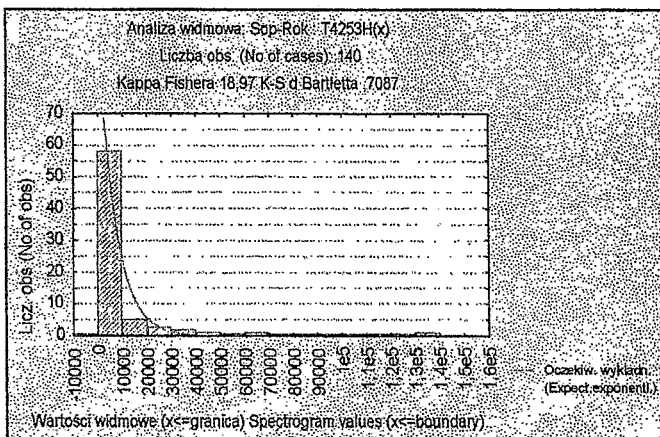
Dominującym cyklem rocznych sum opadów w Koszalinie w latach 1851–1990 jest cykl 140-letni oraz kolejno 46,67-; 70,00-; 10,77-; 28,00-letnie. Na rysunku 3 przedstawiono obliczone roczne sumy opadów atmosferycznych w Koszalinie w latach 1851–2030 jako wypadkowe trzech pierwszych, najsilniejszych cykli (zawierające w sumie 49% całkowitej

tej wartości periodogramu), na tle ich rzeczywistych wartości rocznych. Krzywa wypadkowa opisuje przebieg opadów w zakresie od minimum o wysokości 628 mm, które są obserwowane w latach 1856 i 1996, do maksimum o wysokości 760 mm występującego w roku 1918. W latach od 1919 do 1948 (minimum drugorzędne) roczne sumy opadów zmniejszają się do 637 mm, a następnie wzrastają do 707 mm w roku 1972. Mniej wyraźne rozległe maksima o sumie opadów ok. 735 mm występują w latach 1885–1890 i 2025–2030. (Analogicznie obliczone roczne sumy opadów w Kilonii charakteryzuje zbliżona tendencja wieloletnia, chociaż dominującym cyklem opadów na tej stacji okazał się 14-letni.)

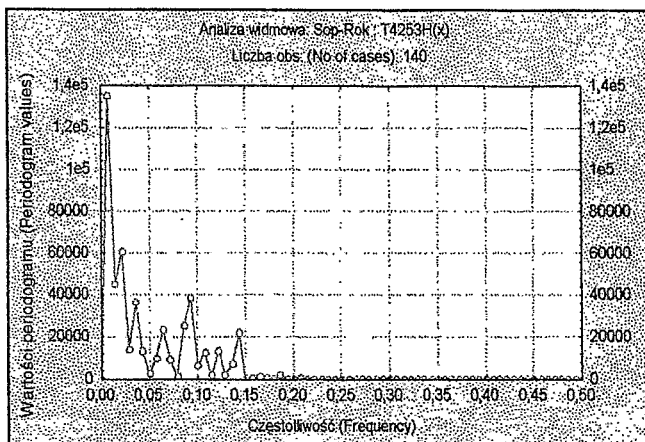
Sumy opadów atmosferycznych okresu wegetacyjnego (IV–X)

Sumy opadów atmosferycznych okresu wegetacyjnego (IV–X) w latach 1851–1990 w Koszalinie wahały się od

a



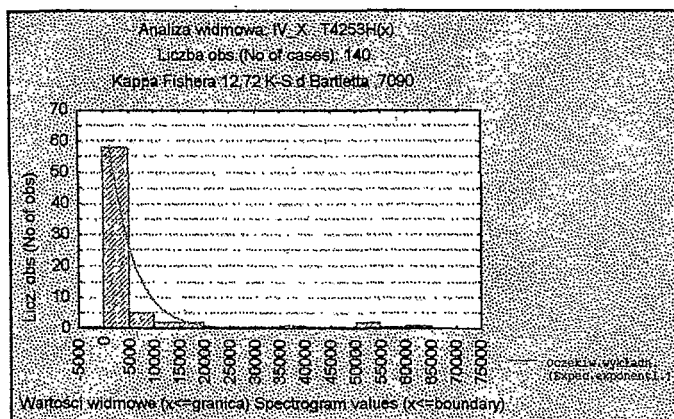
b



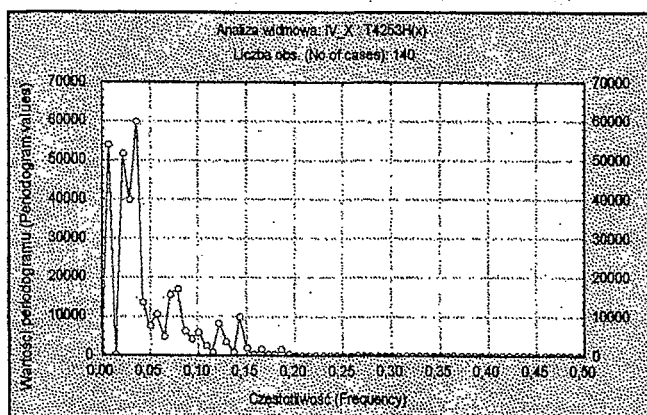
RYSUNEK 1. Histogram wartości periodogramu (a) i periodogram rocznych sum opadów atmosferycznych w Koszalinie w latach 1851–1990 (b)

FIGURE 1. Histogram of periodogram values (a) and periodogram values of annual (I–XII) of precipitation in Koszalin of the period 1851–1990 (b)

a



b



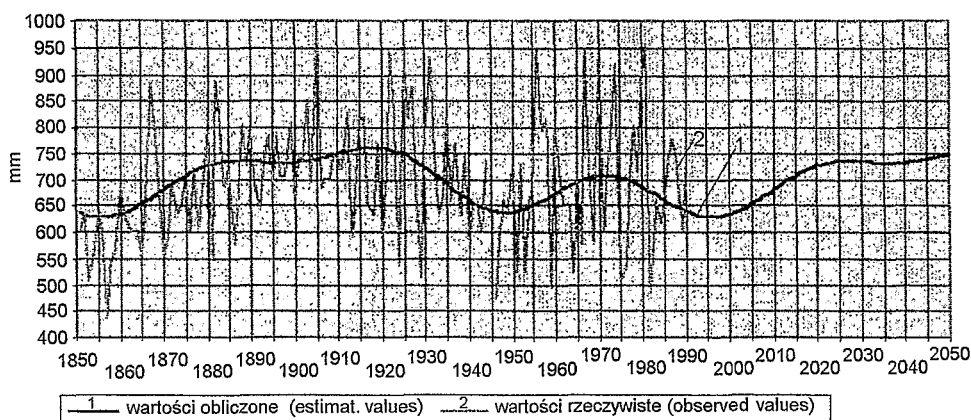
RYSUNEK 2. Histogram wartości periodogramu (a) i periodogram sum opadów atmosferycznych okresu IV-X w Koszalinie w latach 1851–1990 (b)

FIGURE 2. Histogram of periodogram values (a) and periodogram values of precipitation totals of the period IV-X in Koszalin of the period 1851–1990 (b)

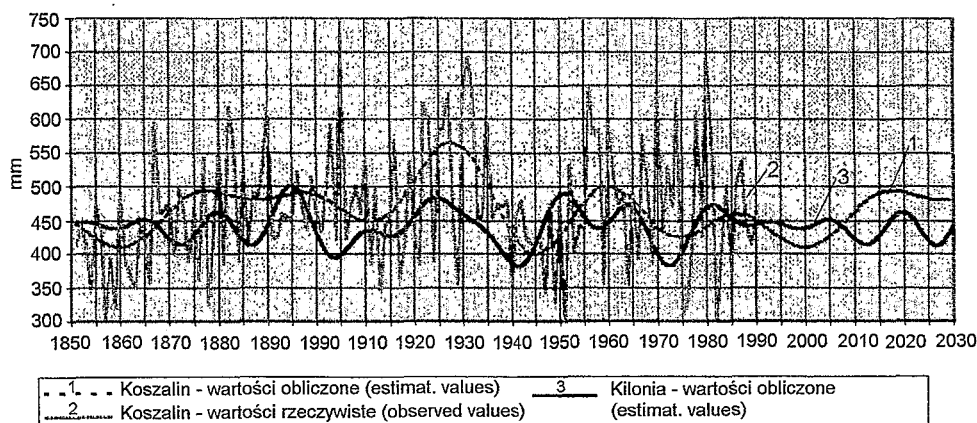
minimum (284 mm) w roku 1951 do maksimum (727 mm) w roku 1905, wynosząc średnio 468,5 mm.

Obliczone sumy opadów okresu IV–X opisane wypadkową krzywą według czterech pierwszych, najsilniejszych okresowości (rys. 4), zawierają 63% całkowitej wartości periodogramu. W latach

1851–2030 wykazują minimum (399 mm) w 1945 r. i maksimum (565 mm) w roku 1928, średnia wieloletnia suma opadów wynosi 465 mm. Drugorzędne i dalszych rzędów minima opadów okresu IV–X (410–480 mm) występują w latach 1860, 1888, 1911, 1972 i 2000; podrzędne maksima (459–500 mm) zaznaczają



RYSUNEK 3. Przebieg rocznej sumy opadów atmosferycznych w Koszalinie
FIGURE 3. The course of annual totals of precipitation in Koszalin



RYSUNEK 4. Przebieg sumy opadów w okresie od IV do X w Koszalinie i w Kilonii
FIGURE 4. The course of precipitatin totals of the period IV–X in Koszalin and Kilonia

się w latach 1878, 1897, 1960, 1987 i 2018. (Obliczone sumy opadów atmosferycznych okresu wegetacyjnego w Koszalinie i w Kilonii cechuje zbliżony przebieg wieloletni – rys. 4.)

Wstępna analiza okresowości miesięcznych sum opadów atmosferycznych w Koszalinie i Kilonii z lat 1851–1990 wykazała, że dane wygładzone filtrem

4253H nie wykazują wahań cyklicznych o okresie $< 9,33$ lat w przypadku miesięcznych sum opadów w Koszalinie i $< 7,78$ lat w Kilonii, w uszeregowanych według malejących wartości pierwszych pięciu składowych periodogramu.

Spośród okresowości miesięcznych sum opadów atmosferycznych Koszalina przedstawiono przykładowo wyniki obli-

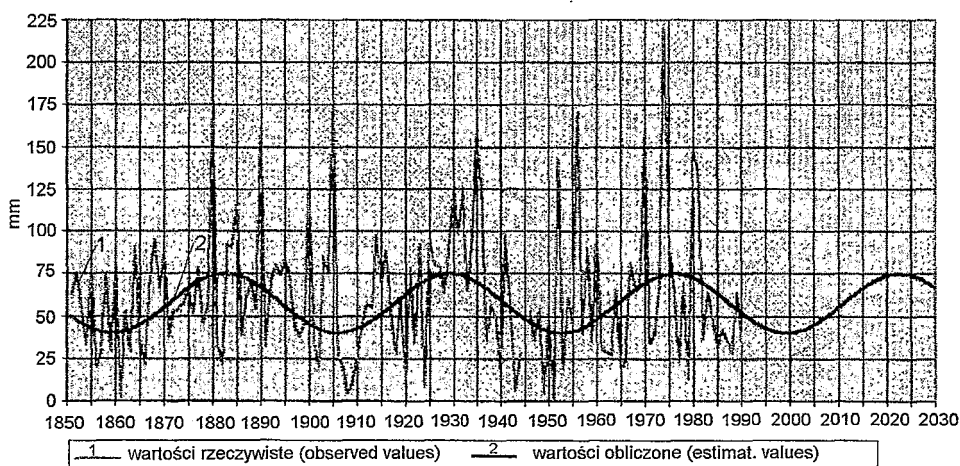
czeń dla października i czerwca (badanie rozkładu wartości periodogramu tych miesięcy wykazało, że wymienione szeregi różnią się od białego szumu na poziomie $\alpha = 0,001$). Wśród wyników analizy widmowej miesięcznych sum opadów atmosferycznych w Koszalinie wyróżnia się październik, którego wartości maksymalnego periodogramu dotyczącego okresowości 46,67-letniej aż o 26,5 razy przewyższają średnią periodogramu, kolejna występująca okresowość 10,77-letnia jest 4-krotnie słabsza (choć również istotna). Minima cyklu 46,67-letniego miesięcznych opadów października (40,3 mm) występują w latach 1859, 1953 i 1993, a maksima (74,9 mm) w latach 1883, 1922, 1929 i 1976.

Rysunek 5 przedstawia obliczone (na podstawie parametrów cyklu 46,67-letniego) wartości miesięcznych sum opadów atmosferycznych października w Koszalinie na tle rzeczywistych sum opadów tego miesiąca wynoszących w latach

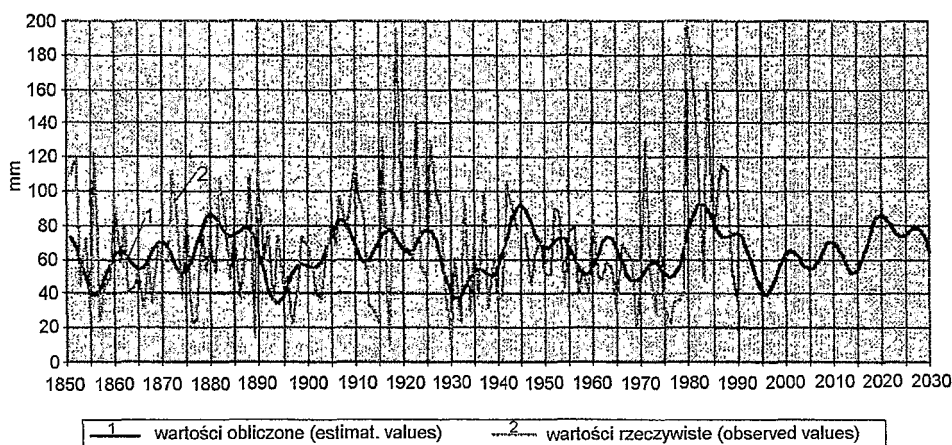
1851–1990 średnio 63 mm, z maksimum w roku 1974 (220 mm) i minimum w roku 1951 (1 mm).

Miesięczne sumy opadów atmosferycznych czerwca

Średnia wieloletnia suma opadów miesięcznych czerwca za lata 1851–1990 w Koszalinie wynosi 67 mm, wartość minimalna (10 mm) wystąpiła w roku 1917, maksymalna (201 mm) w roku 1980. Obliczone (na podstawie trzech pierwszych składowych periodogramu dotyczących okresowości kolejno: 35,00-, 20,00- i 9,33-letniej) miesięczne sumy opadów czerwca wykazują zróżnicowanie od minimum wynoszącego 34 mm w roku 1894 do maksimum 93 mm w roku 1983 (rys. 6). Wahanie miesięcznych sum opadów w czerwcu występują jako układ – zespół pięciu głównych „cykli” opa-



RYСУNEK 5. Przebieg miesięcznej sumy opadów atmosferycznych października w Koszalinie
FIGURE 5. The course of monthly sums of precipitation of October in Koszalin



RYSUNEK 6. Przebieg miesięcznej sumy opadów atmosferycznych czerwca w Koszalinie
 FIGURE 6. The course of monthly sums precipitation of June in Koszalin

dów z maksimami od 87 mm do 93 mm w latach 1880, 1907, 1945, 1983 i 2020 roku oraz minimami od 34 mm do 47 mm w 1856, 1894, 1931, 1969 i 1996 roku; w obrębie których zaznaczają się wahania sum opadów o krótszym okresie i mniejszej amplitudzie.

Wnioski

1. Analiza widmowa szeregów czasowych opadów atmosferycznych w Koszalinie i w Kilonii z lat 1851–1990 wykazała występowanie istotnej okresowości. Kolejność okresów uszeregowana jest według malejących wartości periodogramu:
 - a) w przebiegu rocznych sum opadów atmosferycznych: 140,00-; 46,67-; 70,00-; 10,77-; 28,00-letniej w Koszalinie oraz 14,00-; 17,50-; 11,67-; 28,00-; 70,00-letniej w Kilonii.
 - b) w przebiegu sum opadów okresu wegetacyjnego (IV–X): 28,00-;

140,00-; 46,67-; 35,00-; 12,73-letniej w Koszalinie oraz 35,00-; 17,50-; 14,00-; 28,00-; 20,00-letniej w Kilonii.

2. Szeregi czasowe opadów atmosferycznych, wygładzone filtrem 4253H nie wykazują wahań cyklicznych o okresie $< 10,77$ lat w Koszalinie i $< 11,67$ lat w Kilonii w przypadku rocznych sum opadów atmosferycznych oraz $< 12,73$ lat w Koszalinie i $< 14,00$ lat w Kilonii w przypadku sum opadów okresu wegetacyjnego (IV–X) w uszeregowanych według malejących wartości pierwszych pięciu składowych periodogramu.
3. Okresowość zmienności sum opadów atmosferycznych pozwala na wykazanie ich wieloletnich tendencji, dając możliwość wykorzystania tej charakterystyki w opracowaniach dotyczących spodziewanych zmian warunków meteorologicznych w bliskiej przyszłości.

Literatura

- BORYCZKA J. 1993: *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII–XX wieku*. UW, Wydz. Geogr. i Studiów Regionalnych, Warszawa.
- CONRAD V., POLLAK L.W. 1950: *Methods in climatology*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.
- JOKIEL P., KOŻUCHOWSKI K. 1989: Zmiany wybranych charakterystyk hydroklimatycznych Polski w bieżącym stuleciu. IGiPZ, *Dokumentacja Geogr.*, 6.
- MIĘTUS M. 1996: Zmienność temperatury i opadów w rejonie polskiego wybrzeża M. Bałtyckiego i jej spodziewany przebieg do roku 2030. *Materiały Badawcze. Meteorologia*, 26.
- KĘDZIORA A. 1995: Prognoza zmian klimatycznych. W: Kozłowski S. (red.), *Prognoza ostrzegawcza zmian środowiskowych warunków życia człowieka w Polsce na początku XXI wieku. Ekspertyza*. PAN Komitet Naukowy przy Prezydium PAN „Człowiek i Środowisko” Zesz. Nauk., 10: 97–132.
- KOŻUCHOWSKI K. (red.), 1990: *Materiały do poznania historii klimatu w okresie obserwacji instrumentalnych*. Wydaw. UŁ, Łódź.
- KOŻUCHOWSKI K. 1994. Zmiany wskaźnika opadów atmosferycznych w Polsce (1861–1990). [W:] Współczesne zmiany klimatyczne. Klimat Polski i regionu Morza Bałtyckiego na tle zmian globalnych. USz., *Rozpr. i Studia*, Szczecin, 226, 152: 73–103.
- Materiały źródłowe: Kilonia, Koszalin – *Klimakunde des Deutschen Reiches*. 1939. Berlin; Archiwalne materiały niemieckiej służby meteorologicznej; Koszalin – Archiwalne materiały IMiGW.
- RYSZKOWSKI L., KĘDZIORA A. 1993: Rolnictwo a efekt szklarniowy. *Kosmos*, 42 (1): 123–149.

- SADOWSKI M. (red.) 1996. *Strategie redukcji emisji gazów cieplarnianych i adaptacja polskiej gospodarki do zmian klimatu. Synteza. Studium krajowe w sprawie zmian klimatu*. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- STATISTICA 1995. Statsoft 1995.

Summary

Multi-year fluctuations of atmospheric precipitation in Koszalin. The paper presents spectral (Fourier) analysis results of annual totals of precipitation and of precipitation totals of the period IV–X in Koszalin of the period 1851–1990 (parallel to Kilonia). The series of precipitation were filtered (it was used the 4235H filter – the powerful filter for smoothing series maintaining the salient characteristics of the original series), the linear trend and means values were removed from the series before the analysis also. The periodogram values was computed using Hamming window (5). The table 1 presents statistically significant parameters of periodic oscillations which were founded in the series of precipitation in Koszalin and Kilonia. Graphs 3, 4 and 6 present observed values of precipitation and estimated values of precipitation as the superposition of 3 or 4 predominant cycles founded in adequate time series.

Author's address:

B. Banaszkiewicz
W-M University
10–718 Olsztyn, ul. Prawocheńskiego 21
Poland

Do wykonania wszystkich obliczeń użyto pakietu statystycznego STATISTICA: StatSoft.Inc. (1995). STATISTICA for Windows [Computer program manual]. Tulsa.OK: StatSoft. Inc..2300 East 14th Street.Tulsa. OK. 74104.

Mieczysław POŁOŃSKI

Katedra Geoinżynierii,
Zakład Technologii i Organizacji Robót Inżynieryjnych SGGW
Department of Geotechnical Engineering,
Division of the Technology and Organization of Engineering Works WAU

Struktura baz danych Systemu Informatycznego do zarządzania Projektem ochrony środowiska na terenach wiejskich Database structure of project management for „Rural Environment Protection Project”

Wstęp

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej przygotowuje realizację programu dotyczącego ochrony środowiska na terenach wiejskich. Celem projektu jest ograniczenie zrzutu biogenów do środowiska z terenów gospodarstw rolnych. Zostanie to osiągnięte między innymi przez wykonanie inwestycji w poszczególnych gospodarstwach, zakup odpowiedniego sprzętu oraz doradztwo proekologiczne udzielane rolnikom. Bezpośrednimi beneficjentami projektu będą indywidualni rolnicy oraz organizacje rolnicze. Projekt jest współfinansowany przez cztery instytucje zagraniczne: IBRD, GEF, NEFCO, PHARE oraz źródła krajowe: Rząd RP, NFOŚiGW, samorządy lokalne, organizacje rolnicze i indywidualnych rolników (wykaz wszystkich używanych skrótów podano na końcu artykułu). Z indy-

widualnymi rolnikami będą zawierane przez NFOŚiGW umowy określające między innymi zakres wykonywanych inwestycji oraz podział kosztów tych inwestycji pomiędzy obie strony. Wkład rolnika będzie w postaci samodzielnego wykonania części inwestycji (lub jej samodzielnego sfinansowania), przy czym wartość tej części inwestycji zostanie określona na podstawie kosztorysu.

Ponieważ realizacja projektu ma trwać około trzech lat oraz objąć liczną grupę gospodarstw zlokalizowanych w różnych częściach kraju, zarządzanie programem wymaga opracowania systemu informatycznego, w którym będą gromadzone wszystkie informacje o przebiegu projektu. Projekt takiego systemu został opracowany na podstawie założeń sformułowanych w NFOŚiGW przez autora artykułu.

Przyjęte założenia do projektu systemu informatycznego

Celem Systemu Informatycznego Zarządzania Projektem „Ochrona środowiska na terenach wiejskich” (SIZP) jest gromadzenie informacji i wspieranie zarządzania projektem od strony finansowej i technicznej. Jak wynika z definicji celu, SIZP będzie gromadził i przetwarzał dwa rodzaje częściowo wzajemnie powiązanych informacji:

- finansowe – o kosztach realizacji projektu i źródłach jego finansowania,
- techniczne – o przebiegu merytorycznym projektu.

Głównymi celami wspierania projektu w warstwie finansowej są:

- sporządzanie kwartalnych raportów o wpływach i wykorzystaniu środków, wymaganych przez instytucje współfinansujące projekt,
- rejestracja wszystkich ponoszonych wydatków związanych z finansowaniem projektu (inwestycje, administracja, doradztwo),
- rejestracja planowanych kosztów obsługi projektu na podstawie zawieranych umów z rolnikami i organizacjami rolniczymi oraz wszystkich kontraktów powodujących skutki finansowe.

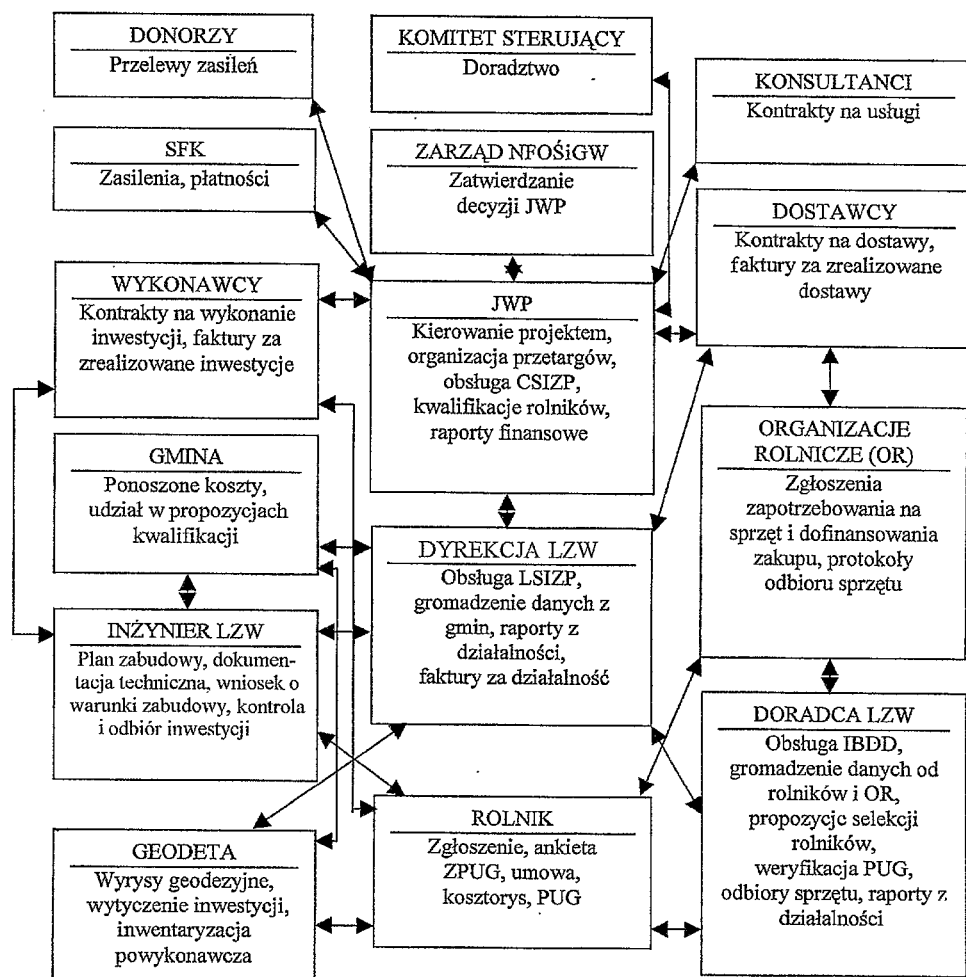
Merytoryczny przebieg projektu w odniesieniu do jednego gospodarstwa będzie wieloetapowy i będzie obejmował między innymi:

- zbieranie i kwalifikację zgłoszeń rolników,
- zebranie szczegółowych informacji o rolniku w postaci ankiety,
- opracowanie założeń do planu urządzania gospodarstwa (ZPUG),

- zatwierdzenie lub odrzucenie kandydującego rolnika na podstawie ZPUG,
- ustalenie rzeczowego i finansowego zakresu potrzebnych inwestycji,
- zestawienie zatwierdzonych na podstawie ZPUG rolników w postaci listy rankingowej na podstawie jasno sprecyzowanych, mierzalnych kryteriów,
- sporządzenie projektu zabudowy oraz uzyskanie jego zatwierdzenia,
- sporządzenie wniosku o wydanie decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania,
- wyłonienie na drodze przetargów wykonawcy zaplanowanych inwestycji oraz dostawców sprzętu,
- przyjęcie wniosku od rolnika o dofinansowanie przez NFOŚiGW inwestycji w jego gospodarstwie,
- uzyskanie zezwolenia na budowę na podstawie dokumentacji technicznej,
- podpisanie przez NFOŚiGW umowy z rolnikiem,
- realizację inwestycji,
- sporządzenie szczegółowego planu urządzania gospodarstwa (PUG),
- odbiory zrealizowanych inwestycji z ewentualnym usunięciem usterek,
- okresową weryfikację realizacji PUG.

Realizacja tak rozległych tematycznie zagadnień będzie wymagała zaangażowania szeregu zespołów. Projekt będzie realizowany przez następujące grupy:

- Jednostka Wdrażająca Projekt (JWP) – grupa pracowników etatowych NFOŚiGW zlokalizowana w Warszawie,
- Lokalne Zespoły Wdrażające (LZW) – samodzielne jednostka lub grupa samodzielnych jednostek posiadających osobowość prawną,



- niezależni eksperci i konsultanci wspomagający realizację projektu,
- wykonawcy – grupa firm realizujących niezbędne inwestycje (np. budowa zbiorników),
- dostawcy – grupa firm dostarczająca wymagany sprzęt i wyposażenie,
- rolnicy – indywidualni rolnicy uczestniczący w programie,
- Organizacje Rolników (OR) – grupy zrzeszonych na terenie gmin indywidualnych rolników działający na pod-

stawie statutu i programu działań, np. w celu zakupienia jednej drogiej maszyny przy czym członkami organizacji rolniczych mogą być rolnicy, którzy podpisali umowy z NFOŚiGW lub ich nie podpisali,

- Samorządy Lokalne (gminne) (SL) – wspierające program finansowo oraz rzeczowo (np. przez udostępnienie lokalu LZW, zapewnienie wrysów geodezyjnych itp.) oraz uczestniczące w kwalifikacjach rolników do

projektu i podpisywania umów pomiędzy rolnikami a NFOŚiGW,

- Komitet Sterujący (KS) – grupa doradcza z ramienia centralnych jednostek administracji państwowej.

Układ powiązań informacyjnych pomiędzy uczestnikami projektu podano na załączonym rysunku.

Jak wynika z podanej listy grup realizujących projekt, do jego obsługi w terenie będą powołane Lokalne Zespoły Wdrożeniowe (LZW). Każdy LZW będzie działał na innym terenie i każdy z nich będzie stanowił odrębny zespół specjalnie do tego dobranych i przeszkolonych ludzi. W skład każdego LZW będą wchodzić: dyrektor (KLZW) i grupa doradców. Z LZW będzie współpracowała grupa inżynierów i geodetów, którzy będą finansowani przez indywidualnych rolników i samorządy lokalne. Osoby pracujące na rzecz jednego LZW nie będą mogły uczestniczyć w pracach innego LZW. Poniżej podano zakres obowiązków, jakie nałożono na poszczególnych pracowników i współpracowników LZW.

Doradcy LZW (DLZW) odpowiedzialni będą za:

- werbowanie rolników do projektu,
- opracowanie ankiet,
- przygotowanie propozycji selekcji rolników zakwalifikowanych do projektu,
- opracowanie dla każdego rolnika indywidualnego ZPUG a w dalszej kolejności PUG,
- ustalenie rzeczowego zakresu potrzebnych inwestycji,
- ustalenie rzeczowego i finansowego podziału planowanych inwestycji na część wykonywaną przez rolnika oraz przez zewnętrznego wykonawcę,

- weryfikację realizacji ustalonego PUG,
- doradztwo rolnikowi w zakresie realizacji przyjętego PUG,
- pomoc rolnikowi przy wypełnianiu wszystkich wymaganych formularzy, przyjęcie od niego wniosku o dofinansowanie, podpisanie umowy,
- dokonanie odbioru kupowanego sprzętu rolniczego.

Inżynierowie LZW (ILZW) odpowiedzialni będą za:

- sporządzenie planu zabudowy,
- przygotowanie dokumentacji technicznej danej inwestycji; projekt elementów inwestycji dostarczy wykonawca, co będzie zawarte w warunkach przetargu,
- przygotowanie wniosku i uzyskanie decyzji administracyjnej o warunkach zabudowy i zagospodarowania,
- uzyskanie zezwolenia na budowę,
- kontrola realizacji inwestycji przez rolnika i wykonawcę,
- dokonanie odbioru wykonanych inwestycji z ewentualnym wykonaniem robót poprawkowych.

Geodeci współpracujący z LZW będą odpowiedzialni za:

- wykonanie wyrysów geodezyjnych w skali 1:500,
- wytyczenie inwestycji,
- inwentaryzację powykonawczą.

Każdy doradca i inżynier LZW będzie współpracował z grupą tych samych rolników (inaczej mówiąc, każdy rolnik będzie miał stałego doradcę i inżyniera LZW). Każdy doradca będzie zobowiązany do prowadzenia syntetycznych sprawozdań z zakresu wykonanych prac. Raporty będą składały się z dwóch części. Pierwsza (merytoryczna) będzie obejmowała:

- datę wykonanego zadania,
- rodzaj wykonanej pracy,
- liczbę godzin pracy poświęconych na wykonanie zadania,
- informację, którego rolnika dotyczyła wykonana praca (w przypadku spotkań grupowych będą rejestrowane nazwiska biorących w nich udział rolników),
- podjęte ustalenia (opisowe).

Drugi raport (techniczny, na podstawie karty drogowej) będzie obejmował:

- datę wykonanego zadania,
- liczbę przejechanych kilometrów,
- opis trasy.

Założenia dotyczące gromadzenia, edycji i wymiany danych w bazach CSIZP, LSIZP i IBDD

Baza danych obsługująca cały SIZP będzie składała się z trzech poziomów: CSIZP, LSIZP i IBDD. Struktura baz LSIZP i IBDD będzie zbliżona, struktura CSIZP będzie szersza, gdyż oprócz informacji zgromadzonych w LSIZP dojdą informacje o zawartych kontraktach, kosztach wykonania projektu itp. Poniżej opisano założenia dotyczące podziału struktury całej bazy na jej trzy podstawowe warstwy.

Poziom IBDD

Każdy doradca LZW w terenie będzie wyposażony w indywidualny laptop. Na każdym laptopie będzie zainstalowana jednostanowiskowa baza danych doradcy (IBDD) umożliwiająca gromadzenie informacji o każdym rolniku i OR, z którym współpracuje dany doradca. Dane z wszystkich IBDD danego LZW będą

eksportowane do LSIZP, gdzie będą agregowane. Komunikacja w postaci eksportu danych z IBDD do LSIZP będzie wyłącznie w jedną stronę. W trakcie tworzenia systemu będzie przewidziana możliwość przekazywania kompletu danych z jednego IBDD do drugiego (np. spowodowana długotrwałą chorobą jednego z doradców i koniecznością przejęcia obsługiwanego przez niego rolników przez innego doradcę).

Jedyna informacja przekazywana z CSIZP do IBDD w postaci pliku danych będzie dotyczyła wyników przeprowadzonych kwalifikacji i zestawu zmodyfikowanych słowników (tzn. zestawów opcjonalnych danych, z których użytkownik bazy podczas edycji może wskazywać wybrane elementy). Tak więc pierwszym etapem gromadzenia informacji w terenie będzie wprowadzenie wybranych danych do IBDD. Nastąpi to na podstawie pisemnego raportu na specjalnie przygotowanych drukach lub bezpośrednio z klawiatury laptopa do IBDD (według uznania doradcy).

Poziom LSIZP

W każdym LZW będzie funkcjonowała jedna lokalna baza danych (LSIZP) obejmująca informacje o obsługiwanych tam rolnikach. Baza LSIZP będzie jednostanowiskowa. Zakres informacji gromadzonych w poszczególnych LSIZP będzie dotyczył wyłącznie danego LZW. Lokalne LZW będą miały dostęp wyłącznie do informacji, które same zgromadzą. Jedyną informacją zwrotną przychodzącą z JWP do LSIZP (podobnie jak z CSIZP do IBDD) będzie wynik przeprowadzonych kwalifikacji oraz zestaw zmodyfikowanych słowników.

W każdym LZW baza będzie identyczna w sensie struktury i sposobu jej eksploataowania, a różnić się będzie gromadzonymi w niej informacjami. Ponieważ każdy LZW będzie działał na innym, ściśle wyznaczonym terenie administracyjnym (przyjęta w SIZP numeracja województw, powiatów i gmin jest zgodna z „Wykazem identyfikatorów i nazw jednostek podziału terytorialnego kraju” opracowanym przez GUS dla podziału administracyjnego po 1.01.1999 r.), informacje o poszczególnych rolnikach nigdy nie zostaną zdublowane w różnych LZW. Wszystkie informacje merytoryczne o rolnikach i ich wnioskach będą gromadzone i wprowadzane do LSIZP przez doradców LZW.

Przesyłanie danych pomiędzy JWP i LZW

Dane z LSIZP okresowo będą przesyłane do CSIZP w postaci pliku danych. LSIZP będzie wyposażony w funkcję eksportu takiego pliku. Plik z danymi (po ewentualnym spakowaniu WinZIP-em) do JWP będzie dostarczany albo pocztą elektroniczną (e-mail) albo w postaci dyskietki, gdy uzyskanie połączenia e-mailowego będzie niemożliwe. Wszystkie komputery obsługujące CSIZP, LSIZP i IBDD będą miały dostęp do takich samych urządzeń pozwalających na zapis dużych plików (np. ZIP-y wewnętrzne lub zewnętrzne zapisujące dane na dyskietkach 100 Mb). Zakłada się, że informacje z LZW do JWP będą przesyłane około raz na miesiąc. Eksport danych z CSIZP do LSIZP i/lub IBDD będzie obejmował wyniki przeprowadzonych kwali-

fikacji oraz zestaw zmodyfikowanych słowników.

Zakres gromadzonych informacji i ich edycja

W całym SIZP będzie wprowadzone jednoznaczne rozdzielenie edycji danych na poszczególnych poziomach, tzn. każdą informację będzie można wprowadzić i przeedytować tylko na jednym z tych poziomów. Zakres gromadzonych informacji na poszczególnych poziomach będzie następujący:

- IBDD (obsługuje konkretny doradcę),
 - wszystkie informacje o indywidualnym rolniku, jego gospodarstwie oraz działaniach technicznych i kosztach związanych z realizacją projektu w obrębie jego gospodarstwa (inwestycje, zakup sprzętu, szkolenia),
 - informacje o Organizacjach Rolniczych oraz zawieranych przez nie umowach na zakup sprzętu,
 - informacje o przeprowadzonych odbiorach inwestycji i maszyn,
 - sprawozdania merytoryczne i techniczne doradców;
- LSIZP (obsługuje dyrektor LZW):
 - informacje zaimportowane z wszystkich IBDD należących do danego LZW,
 - informacje o Samorządach Lokalnych współpracujących z danym LZW oraz ponoszonych przez nie kosztach,
 - sprawozdania merytoryczne i techniczne dyrektorów LZW;

- CSIZP (obsługuje specjalnie do tego przeszkoleni członkowie JWP, jeden lub kilku),
 - informacje zaimportowane z wszystkich LSIZP,
 - informacje zaimportowane z systemu finansowo-księgowego NFOŚiGW (SFK), dotyczące przychodów ze źródeł finansowania i ponoszonych kosztów,
 - koszty Komitetu Sterującego,
 - informacje o kontraktach zawieranych z dostawcami, wykonawcami i ekspertami.

Raz wprowadzony do bazy rekord danych nie będzie nigdy z niej usuwany (na poziomie IBDD będzie możliwość kasowania danych personalnych o rolniku do momentu złożenia przez niego zgłoszenia do projektu lub wykonanego eksportu z jego danymi z bazy IBDD). Będzie natomiast możliwa zmiana wartości pola (edycja) przez tego, kto ją pierwotnie wprowadził do momentu złożenia wniosku przez rolnika na dofinansowanie inwestycji przez NFOŚiGW. Po dacie złożenia wniosku edycja danych zostanie zablokowana, a będzie jedynie możliwość dopisania nowych danych dotyczących danego rolnika. Jako regułę dotyczącą edycji danych w SIZP przyjęto zapisywanie daty ostatniej edycji w każdej tabeli. Dla wybranych tabel reguła ta może obejmować każdy rekord. Ponieważ zakres gromadzonych w systemie danych będzie obejmował również dane osobowe podlegające ochronie prawnej, na etapie gromadzenia tych danych w terenie zostaną uzyskane zgody osób udostępniających te dane na ich gromadzenie, przesyłanie i używanie w zakresie wynikającym z merytorycznego charakteru projektu. Ponadto pociąga to za sobą ko-

nieczność właściwego zabezpieczenia zgromadzonych i przetwarzanych na każdym poziomie SIZP danych w bazach oraz zabezpieczenia przed odczytem przez niepowołane osoby danych zapisanych w plikach archiwizacyjnych oraz plikach przesyłanych pomiędzy bazami. Odpowiedni poziom zabezpieczenia będzie można osiągnąć przez szyfrowanie plików z danymi i uzyskiwanie do nich dostępu poprzez logowanie się do systemu z hasłem ulegającym okresowym zmianom.

Wykaz funkcji realizowanych na poszczególnych poziomach SIZP

Cały SIZP oraz jego składowe zostały zaprojektowane pod kątem realizacji funkcji i możliwości konstruowania wymaganych zapytań i raportów. Osiągnięto to poprzez zaprojektowanie odpowiednich tablic, relacji pomiędzy nimi, wskazanie kluczy podstawowych i obcych w tablicach oraz dobór merytoryczny pól i wskazanie opcjonalności lub obowiązku wypełnienia ich wartości. Poniżej wskazano na zasadnicze funkcje wynikające ze struktury zaprojektowanej bazy, jakie muszą i/lub mogą być wykonywane na poszczególnych poziomach SIZP.

Funkcje CSIZP

- import danych do bazy CSIZP eksportowanych z poszczególnych LSIZP,
- eksport danych do poszczególnych baz LSIZP z CSIZP (z filtrowaniem danych odnoszących się wyłącznie do danego LZW),

- administracja systemu (archiwizowanie, nadawanie identyfikatorów członkom JWP, zewnętrzne zabezpieczenie antywirusowe),
- modyfikacja słowników w bazie,
- rejestracja pracowników JWP,
- zakładanie nowych kont w CSIZP odpowiadających kontom w SFK,
- ewentualna modyfikacja przyznaných środków finansowych na realizację całego projektu,
- import danych z SFK, ewentualne wyjaśnianie przyczyn błędów importu z SFK,
- rejestracja danych o wykonawcach zawartych kontraktów na usługi, realizację inwestycji i zakup maszyn,
- rejestracja danych o parametrach zawartych kontraktów na usługi, realizację inwestycji i zakup maszyn,
- rejestracja danych o przydziale poszczególnych inwestycji i kupowanych maszyn z wniosków do kontraktów na ich realizację,
- rejestracja danych o planowanych terminach i zobowiązaniach finansowych rozliczania się przez NFO-ŚiGW z zawartych kontraktów,
- rejestracja danych o przeprowadzonych odbiorach usług,
- sporządzanie wymaganych raportów finansowych,
- definiowanie danych o nowych LZW,
- tworzenie pustych baz LSIZP dla nowych LZW,
- kwalifikacja zgłoszeń poszczególnych rolników do projektu,
- kwalifikacja poszczególnych rolników do projektu na podstawie ZPUG,
- przydzielanie środków finansowych na realizację poszczególnych wniosków złożonych przez rolników na inwestycje i organizacje rolnicze na zakup sprzętu,
- prognozowanie wydatków na podstawie monitorowania planowanych kosztów zgłoszonych przez poszczególne LZW na realizację inwestycji i zakup sprzętu przez organizacje rolnicze,
- monitorowanie kosztów ponoszonych przez poszczególne LZW,
- monitorowanie pracy poszczególnych pracowników i dyrektorów LZW na podstawie składanych sprawozdań technicznych i merytorycznych,
- monitorowanie szkoleń prowadzonych przez poszczególnych pracowników i dyrektorów LZW dla rolników na podstawie składanych sprawozdań technicznych i merytorycznych,
- monitorowanie szkoleń dla poszczególnych pracowników i dyrektorów LZW,
- rejestracja posiedzeń Komitetu Sterującego i ustalanie stawek godzinowych do naliczenia kosztów pracy KS,
- monitorowanie realizacji zawartych umów z rolnikami i organizacjami rolniczymi pod względem administracyjnym.

Funkcje LSIZP

- import danych z bazy CSIZP do bazy LSIZP,
- eksport danych z bazy LSIZP do bazy CSIZP,
- eksport danych do poszczególnych baz IBDD z LSIZP (z filtrowaniem danych odnoszących się wyłącznie do danego doradcy LZW),

- import danych do bazy LSIZP eksportowanych z poszczególnych IBDD,
- administracja bazy (archiwizowanie, nadawanie identyfikatorów członkom LZW, zewnętrzne zabezpieczenie antywirusowe),
- rejestracja samorządów lokalnych współpracujących z danym LZW,
- rejestracja nowych pracowników LZW,
- rejestracja nowych współpracowników LZW,
- tworzenie pustych baz IBDD dla nowych doradców LZW,
- zmiana identyfikatora doradcy współpracującego z danym rolnikiem i/lub organizacją rolniczą (w przypadku konieczności przejęcia obowiązków jednego doradcy przez innego),
- prognozowanie obciążeń finansowych projektu na podstawie monitorowania planowanych kosztów zgłoszonych przez poszczególnych doradców LZW na realizację inwestycji i zakup sprzętu przez organizacje rolnicze,
- rejestracja kosztów ponoszonych przez samorządy lokalne współpracujące z danym LZW,
- monitorowanie kosztów ponoszonych przez samorządy lokalne i organizacje rolnicze współpracujące z danym LZW,
- monitorowanie pracy poszczególnych doradców LZW na podstawie dostarczanych danych o poszczególnych rolnikach, stanie zaawansowania ich udziału w projekcie i składanych sprawozdań technicznych i merytorycznych,
- weryfikacja opinii doradców LZW o możliwości przystąpienia do projektu kandydujących rolników,
- monitorowanie pracy poszczególnych współpracowników LZW na podstawie rejestracji sporządzonych wyrysów, opracowanych planów zabudowy, uzyskanych warunków zabudowy i zezwoleń na budowę oraz przeprowadzonych odbiorów,
- monitorowanie szkoleń prowadzonych przez poszczególnych doradców LZW dla rolników na podstawie składanych sprawozdań technicznych i merytorycznych,
- monitorowanie odbytych szkoleń dla poszczególnych doradców LZW,
- monitorowanie w obrębie danego LZW realizacji zawartych umów z rolnikami i organizacjami rolniczymi pod względem administracyjnym,
- składanie sprawozdań merytorycznych i technicznych z wykonanych prac przez dyrektora LZW.

Funkcje IBDD

- import danych z bazy LSIZP,
- eksport danych z bazy IBDD do bazy LSIZP,
- administracja bazy (archiwizowanie, zewnętrzne zabezpieczenie antywirusowe),
- rejestracja nowych organizacji rolniczych współpracujących z danym doradcą LZW,
- drukowanie pustych formularzy wszystkich dokumentów będących podstawą do wprowadzania danych do IBDD,
- rejestracja wniosków składanych przez organizacje rolnicze na zakup sprzętu,
- rejestracja sprawozdań składanych przez organizacje rolnicze współpracujące

- cujące z danym doradcą LZW z wykorzystania zakupionego sprzętu,
- rejestracja nowych rolników wyrażających chęć uczestniczenia w projekcie,
- opiniowanie zgłoszeń rejestrowanych rolników,
- zbieranie danych (i ewentualna weryfikacja) o stanie gospodarstw rolników w postaci ankiety,
- rejestracja opinii samorządów lokalnych o możliwości przystąpienia poszczególnych rolników do projektu,
- rejestracja wniosków składanych przez rolników na wykonanie inwestycji,
- szacowanie parametrów technicznych planowanych inwestycji i zamawianego sprzętu,
- wycena planowanych inwestycji i zakupów sprzętu z podziałem na udział własny zamawiającego i dofinansowanie,
- rejestracja umów zawieranych przez organizacje rolnicze na zakup sprzętu,
- rejestracja danych o sporządzonych przez geodetów LZW wyrysach geodezyjnych gospodarstw,
- rejestracja danych o sporządzonych przez inżynierów LZW projektach zabudowy gospodarstw,
- rejestracja danych o składanych wnioskach i uzyskanych warunkach zabudowy i zagospodarowania WZIZ,
- rejestracja danych o składanych wnioskach i uzyskanych zezwoleniach na wykonanie inwestycji,
- rejestracja umów zawieranych przez rolników na wykonanie inwestycji,
- rejestracja danych o opracowanych planach urządzania gospodarstw PUG,
- rejestracja danych o opracowanych planach nawożenia w gospodarstwach,
- rejestracja danych o przeprowadzonych odbiorach inwestycji wykonanych przez rolników i kontrahentów,
- rejestracja danych o przeprowadzonych odbiorach zakupionych przez organizacje rolnicze maszyn,
- rejestracja danych o faktycznie poniesionych kosztach realizacji inwestycji i zakupu maszyn,
- prognozowanie wydatków na podstawie monitorowania planowanych kosztów zgłoszonych przez poszczególnych rolników obsługiwanych przez danego doradcę LZW na realizację inwestycji i zakup sprzętu przez organizacje rolnicze,
- monitorowanie kosztów ponoszonych przez organizacje rolnicze współpracujące z danym doradcą LZW,
- monitorowanie stanu zaawansowania w projekcie poszczególnych rolników na podstawie danych zgromadzonych w bazie IBDD,
- monitorowanie pracy poszczególnych współpracowników LZW, z którymi współdziała dany doradca, na podstawie rejestracji sporządzonych wyrysów, opracowanych planów zabudowy, uzyskanych warunków zabudowy i zezwoleń na budowę oraz przeprowadzonych odbiorów,
- monitorowanie szkoleń odbytych przez poszczególnych rolników na podstawie danych zgromadzonych w bazie IBDD,
- monitorowanie realizacji umów zawartych z rolnikami i organizacjami rolniczymi pod względem administracyjnym,

- składanie okresowych sprawozdań merytorycznych z wywiązywania się rolników z zawartych umów w zakresie prowadzenia gospodarstw (weryfikacja PUG i planów nawożenia),
- składanie sprawozdań merytorycznych i technicznych z wykonanych prac przez doradców LZW.

Zasady eksportu i importu danych pomiędzy CSIZP, LSIZP i IBDD

Wymiana plików z danymi pomiędzy poszczególnymi bazami systemu SIZP będzie realizowana za pomocą specjalnie do tego opracowanych funkcji systemu. Funkcje te będą dostępne na każdym poziomie bazy, zarówno w odniesieniu do eksportu, jak i importu danych. Historia wszystkich wykonanych operacji eksportu i importu będzie gromadzona w każdej bazie.

Każdy import danych do bazy musi być realizowany w dwóch etapach. W pierwszym etapie następuje sprawdzenie logiczne i fizyczne poprawności całego pliku danych podlegającego importowi bez fizycznego zapisywania danych w bazie. Drugi etap może być zrealizowany wyłącznie po poprawnym zakończeniu pierwszego i obejmuje fizyczne zapisanie danych w bazie. Funkcja importu będzie nadpisywać wszystkie istniejące dane w bazie.

Każda poprawnie lub niepoprawnie zakończona operacja całego eksportu lub importu będzie generować odpowiedni komunikat, a system na etapie sprawdza-

nia poprawności danych do importu rejestruje wszystkie napotkane błędy.

Ze względu na ochronę danych zawartych w pliku, jaki będzie przesyłany pomiędzy CSIZP, LSIZP i IBDD, konieczne jest szyfrowanie tego pliku. Do szyfrowania zostanie wykorzystana funkcja udostępniana przez narzędzie używane do implementacji bazy bądź zostanie to wykonane przez specjalistyczny program realizujący operację szyfrowania plików.

Podsumowanie

Opracowanie i realizacja tak złożonego i rozbudowanego programu jak projekt „Ochrony środowiska na terenach wiejskich” wymaga bardzo starannego przygotowania założeń, podziału kompetencji, zaprojektowania kanałów przepływu informacji, sposobów gromadzenia i przetwarzania gromadzonych danych itp. Bez opracowania tych materiałów trudno sobie wyobrazić sprawną i kompetentną obsługę projektu. W przypadku opisywanego projektu szczególną trudność sprawia znaczne rozproszenie źródeł gromadzenia informacji, konieczność gromadzenia ich w jednej bazie oraz przesyłania zwrotnych danych uzyskanych na podstawie przetworzenia zgromadzonych materiałów. Zaprojektowana struktura bazy SIZP oraz opracowane zasady eksportu i importu danych pomiędzy składowymi całej bazy pozwolą między innymi na sprawne zarządzanie realizacją projektu, szybką kwalifikację ubiegających się o włączenie do projektu rolników, bieżące bilansowanie zapotrzebowania na środki finansowe wynikające z planowanych inwestycji i zakupów ze

środkami, jakie pozostają w dyspozycji programu, merytoryczną kontrolę realizacji poszczególnych umów z rolnikami oraz sporządzanie okresowych sprawozdań finansowych wymaganych przez donorów.

Alfabetyczny spis akronimów

CSIZP – Centralny System Informatyczny Zarządzania Projektem zlokalizowany w JWP

DLZW – Doradca Lokalnego Zespołu Wdrożeniowego

GEF – Global Environmental Facility

IBDD – Indywidualna Baza Danych Doradcy zlokalizowana u doradcy

IBRD – Międzynarodowy Bank Odbudowy i Rozwoju

ILZW – Inżynier Lokalnego Zespołu Wdrożeniowego

JWP – Jednostka Wdrażająca Projekt zlokalizowana w NFOŚiGW

KLZW – Dyrektor Lokalnego Zespołu Wdrożeniowego

KS – Komitet Sterujący

LSIZP – Lokalny System Informatyczny Zarządzania Projektem zlokalizowany w LZW

LZW – Lokalny Zespół Wdrożeniowy zlokalizowany w terenie

NEFCO – Nordic Environment Finance Corporation

NFOŚiGW – Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

OR – Organizacje Rolnicze

PHARE – Program Pomocy na rzecz Państw Europy Wschodniej

PUG – Plan Urządzania Gospodarstwa,

SFK – System Finansowo-Księgowy używany w NFOŚiGW

SIZP – System Informatyczny Zarządzania Projektem

SL – Samorządy Lokalne (Gminy)

ZPUG – Założenia do Planu Urządzania Gospodarstwa

Literatura

BANACHOWSKI L. 1998: *Bazy danych. Tworzenie aplikacji*. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa.

BEYNON-DAVIS P. 1998: *Systemy baz danych*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.

SIBLINI K. 1998: *Functional Design & Terms of reference for the Development of a Project Management Information System*. Maszynopis.

Summary

Database structure of project management for „Rural Environment Protection Project”. The National Fund for Environmental Protection and Water Management with assistance of donor funding will be implementing the Rural Environmental Protection Project. To ensure proper management of this project, it is necessary to manage the relevant information associated with them. A Management Information System (MIS) developed and integrated this data. The article presents the guidelines of database, main function of the system, users roles and responsibilities and describe the general communication link of MIS.

Author's address:

M. Połoński

Warsaw Agricultural University – SGGW

02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166

Poland

e-mail: polonski@alpha.sggw.waw.pl

Władysław ROGIŃSKI, Piotr WICHOWSKI

Katedra Budownictwa i Geodezji
Department of Architecture and Geodesy

Jan BIENKOWSKI

Oczyszczalnia Ścieków w Mińsku Mazowieckim
Sewage-treatment plant in Mińsk Mazowiecki

Badanie stopnia odwadniania osadów ściekowych przy zastosowaniu wirówki

The research on sewage sludge dehydration degree using centrifuge

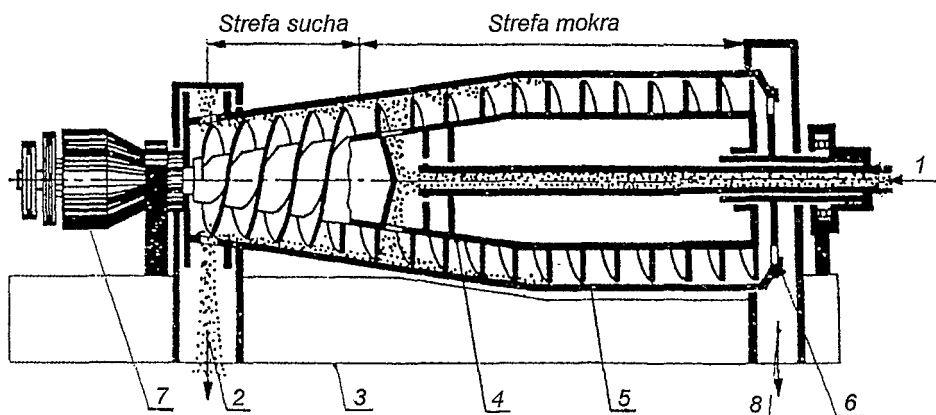
Wstęp

Osady ściekowe stanowią odpad w każdej technologii oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych, a ich właściwości zależą od rodzaju oczyszczanych ścieków i technologii oczyszczania (Bień 1995). Celem przeróbki osadów jest przede wszystkim zmniejszenie objętości, co wpływa korzystnie na ekonomikę ich transportu. Zmniejszenie uwodnienia osadów ściekowych powoduje również zmianę ich konsystencji, co w efekcie ułatwia możliwość ich mobilnego transportu i składowania. W przypadku braku nadmiernych stężeń metali ciężkich należy każdorazowo rozważyć możliwość dalszego przetwarzania osadów ściekowych w celu pozabawienia ich szkodliwego wpływu na środowisko przyrodnicze.

Naturalne odwadnianie osadów ściekowych na poletkach i lagunach osadowych jest coraz rzadziej stosowane, zwa-

szcza w dużych i średnich oczyszczalniach. W takich oczyszczalniach zaczyna dominować mechaniczne odwadnianie z wykorzystaniem filtrów, wirówek i pras. W niniejszym artykule przedstawiono badania skuteczności odwadniania osadów ściekowych przez wirowanie w wirówce zainstalowanej w oczyszczalni ścieków komunalnych w Mińsku Mazowieckim. Wirowanie jest procesem sedymentacji przy znacznym przyspieszeniu, 1500–3000 razy większym od przyspieszenia ziemskiego (Oleszkiewicz 1998).

Oczyszczalnia w Mińsku Mazowieckim została uruchomiona w 1986 roku. Do 1992 roku osad ściekowy odwadniany był na poletkach osadowych. Zła praca poletek osadowych stanowiła potencjalne zagrożenie dla wód gruntowych. Zdecydowano się wówczas na zakup wirówki francuskiej firmy Guinard centrifugation. Jest to wirówka sedymentacyjna, ślimakowa, stożkowo-walcowa (rys. 1).



RYSUNEK 1. Stożkowo-walcowa wirówka sedymentacyjna: 1 – wlot, 2 – wylot odwodnionego osadu, 3 – fundament, 4 – przenośnik ślimakowy, 5 – bęben wirówki, 6 – przelew, 7 – napęd, 8 – wylot
 FIGURE 1. Conical cylindrical setting centrifuge: 1 – inlet, 2 – outlet of dehydrated sludge, 3 – foundation, 4 – helical conveyor, 5 – centrifuge basket, 6 – overflow, 7 – power drive, 8 – outlet

Zasadniczym elementem wirówki jest bęben 5 oraz przenośnik ślimakowy 4 wykonane ze stali nierdzewnej. Wirówka napędzana jest silnikiem o mocy 30 kW zasilanym napięciem 380 V/50 Hz, którego prędkość wynosi 1450 obr./min. Nominalna średnica bębna wynosi 340 mm. Osad podawany jest do wirówki poprzez wydrążony wał 1, a następnie sedymentuje na ściankach bębna. Ślimak obraca się z prędkością kilka obr./min różną od prędkości obrotowej bębna. Powoduje to przesuwanie osadu do części stożkowej, gdzie osad podlega dalszemu odwodnieniu i jest odprowadzany na zewnątrz (2). Wody nadosadowe są odprowadzane z wirówki przewodem 8.

Metodyka badań

Badania warunków odwadniania osadów przez odwirowanie, przydatne dla celów projektowania procesu i doboru odpowiednich wirówek, powinny być

przewodzone w pełnej skali, najlepiej na wirówkach danego producenta (Pietraszek, Podędworna 1990).

Badania sprawności odwadniania osadów ściekowych na wirówce prowadzono na oczyszczalni mechaniczno-biologicznej w Mińsku Mazowieckim, oczyszczającej miejskie ścieki komunalne. W mieście znajduje się kilka zakładów przemysłowych, z których największym jest Zakład Napraw Taboru Kolejowego. Ścieki dopływające do oczyszczalni mają charakter ścieków bytowo-gospodarczych.

Powstające w oczyszczalni osady (osad wstępny i nadmierny, które razem dają osad mieszany) poddawane są fermentacji w Wydzielonej Komorze Fermentacyjnej (WKF). Przefermentowany osad trafia do osadnika Imhoffa, który pełni rolę zagęszczacza. Osad po osadniku poddawany jest odwadnianiu na wirówce. Do badań pobierano próbki na wejściu i wyjściu z wirówki, zgodnie z zasadami pobierania próbek zawartymi w normie PN-74/C-0420.

Zawartość suchej masy osadu ściekowego przed odwodnieniem i po odwodnieniu określono na podstawie wykonanego oznaczenia suchej pozostałości w temperaturze 105°C. Zawartość substancji organicznych, tzw. substancji lotnych głównie pochodzenia organicznego, wyznaczono na podstawie pozostałości po prażeniu w temperaturze 600°C. Szczegółowa metodyka oznaczeń suchej pozostałości i pozostałości po prażeniu zawarta jest w PN-78/C-04541. Oznaczenie zawartości zawiesin ogólnych w odcieku prowadzono zgodnie z normą PN-72/C-4559.02. W przypadku oznaczania zawiesin ogólnych o zawartości 10–200 mg w próbce należało odmierzoną objętość odcieku dokładnie wymieszać i przesączyć przez sączek. Zawiesiny pozostałe na sączku suszono w suszarce przez 1 h w temperaturze 105°C. Po ostudzeniu w eksykatorze do temperatury pokojowej sączek w naczynku wagowym zważono. W przypadku oznaczania zawiesin ogólnych o zawartości powyżej 200 mg w próbce i czasie sączenia powyżej 3 h w próbce umieszczano 50 ml odcieku i wirowano próbkę przez 5 minut przy 3000 obr./min. Po wirowaniu płyn nad osadu przesączono przez sączek. Zawiesiny umieszczono w naczynku wago-

wym, suszono w suszarce w temperaturze 105°C przez 1 h a następnie ostudzono do temperatury pokojowej i zważono. Oznaczanie biochemicznego zapotrzebowania tlenu w odcieku prowadzono według wskazań normy PN-84/C-04578.05.

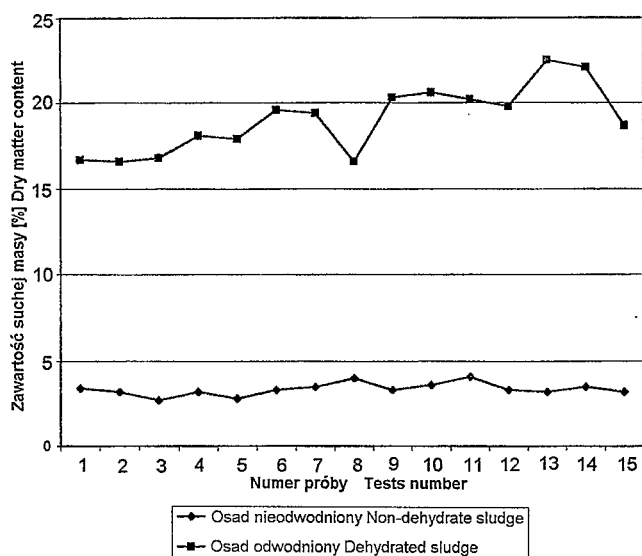
Flokulanty organiczne do kondycjonowania osadów przed odwadnianiem na wirówce dobierano na drodze doświadczałnej. Roztwory flokulantów są niezwykle lepkie, dlatego trudno jest używać ich wysoko zagęszczonych roztworów. Roztwory przygotowuje się przez powolne wsypywanie proszku na pobocznice leja utworzonego przez obracające się w wodzie mieszadło. Należy uważać, aby w czasie wsypywania proszku nie utworzyły się duże krupy flokulantu zwilżonego jedynie powierzchniowo. Z reguły godzinne mieszanie wystarczy do całkowitego rozpuszczenia polimeru. Następnie przeprowadzono próby sedymentacji w leju Imhoffa oraz próby filtracji na lejku Büchnera. Na ich podstawie określano optymalne stężenia i dawki polimerów.

Wyniki badań

Badania stopnia redukcji uwodnienia osadu przedstawia tabela 1.

TABELA 1. Wyniki badań odwadniania osadu ściekowego na wirówce
TABLE 1. Sewage sludge dehydration degree in the centrifuge

Badana cecha próby Tested characteristic	Osad nieodwodniony Non-dehydrated sludge		Osad odwodniony Dehydrated sludge	
	Zakres zmienności Lability range	Wartość średnia Average value	Zakres zmienności Lability range	Wartość średnia Average value
Sucha masa Dry matter [%]	2,7–4,1	3,35	16,6–22,5	19,06
Sucha masa organiczna [% s.m.] Organic dry matter	60,9–71,6	64,56	56,3–68,0	63,23



RYSUNEK 2. Zawartość suchej masy w osadzie nieodwodnionym i odwodnionym
FIGURE 2. Variation of dry matter content in dehydrated and non-dehydrated sludge

Przebieg zmienności zawartości suchej masy w osadzie odwodnionym i nieodwodnionym dla poszczególnych prób pokazano na rysunku 2.

Przeprowadzone badania wykazały, że osad po osadniku Imhoffa jest uwodniony w granicach od 2,7 do 4,1%. Średnia zawartość suchej masy w osadzie nieodwodnionym wynosi 3,4%. Osad o takim uwodnieniu podawany był na wirówkę. Zawartość suchej masy w odwodnionych osadach wahała się w przedziale od 16,5 do 22,5%. Jest to wartość znacznie poniżej wartości podawanej przez producenta (do 28% s.m. w odwodnionym osadzie). Średnia zawartość suchej masy w osadzie odwodnionym wyniosła 19,1%, co w porównaniu z osadem przed odwirowaniem daje pięciokrotne zwiększenie zawartości suchej masy. Uzyskane zmniejszenie uwodnienia osadu okazało się wystarczające dla potrzeb oczyszczalni. Z odwodnionego osadu o konsystencji ciastowatej, wydzielala się niewielka ilość

odcieku. Stan taki stwarzał odpowiednie warunki dla transportu osadu.

Z badań wynika, że średnia zawartość substancji organicznej w osadzie po odwodnieniu była nieco niższa niż w osadzie nieodwodnionym. Różnica wyniosła średnio 1,3%. Biorąc pod uwagę poszczególne pomiary okazało się jednak, że w pięciu przypadkach więcej substancji organicznej było w osadzie nieodwodnionym. Dane te pozwalają przypuszczać, że proces odwadniania osadów na wirówce ma niewielki wpływ na zawartość substancji organicznej w osadzie.

Istotnym problemem w projektowaniu technologicznym jest określenie odpowiednich warunków wstępnego przygotowania osadów. Badania nad doбором polimeru wspomagającego proces odwadniania przedstawia tabela 2.

Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że najbardziej korzystne stężenie koagulantu waha się od 2 do 3,4 g/dm³. Należy stwierdzić, że dobór odpowied-

TABELA 2. Dawki oraz stężenia polimeru wspomagającego proces odwadniania osadu ściekowego
TABLE 2. Doses and concentration of polymer assisting in sewage sludge dehydration process

Badana cecha próby Tested characteristic	Zakres zmienności Lability range	Wartość średnia Average value
Dawka polimeru [dm^3/h] Polymer dose	30–50	36,33
Stężenie polimeru mg/dm^3 Polymer concentration	200–340	267

TABELA 3. Wyniki badań odcieku powstającego podczas odwadniania na wirówce
TABLE 3. Tests results of run off produced during sewage sludge dehydration in the centrifuge

Badana cecha próby Tested characteristic	Zakres zmienności Lability range	Wartość średnia Average value
BZT ₅ [mg/dm^3]	175–810	459,0
Zawiesina ogólna [mg/dm^3] Suspended solid	116–1258	542,2

niej dawki polimeru nie jest sprawą łatwą. Flokulanty należy dobierać indywidualnie dla danego rodzaju osadu i określonego urządzenia odwadniającego.

Wyniki badań odcieku zawarto w tabeli 3.

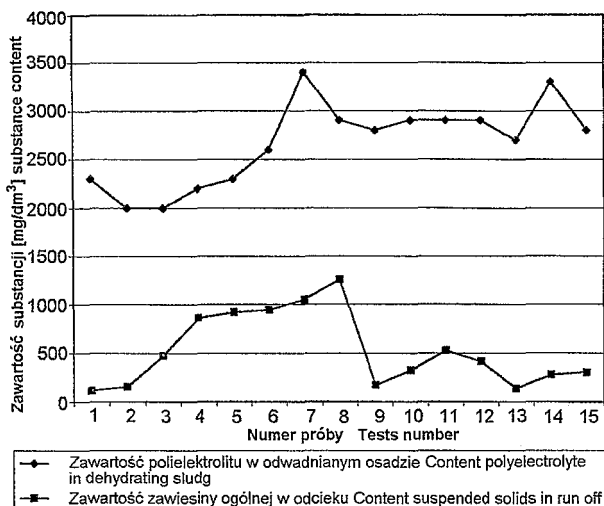
Badany odciek wydzielający się w procesie odwadniania miał barwę od jasnoszarej do czarnej. Na podstawie danych o zawartości BZT₅ i zawiesiny ogólnej w odcieku można stwierdzić, że odciek wymaga ponownego oczyszczenia. W tym celu odciek zwracany jest na oczyszczalnię. Wykres zmian zawartości zawiesiny w odcieku i stężenia flokulantu przedstawiono na rysunku 3.

Analizując wyniki przedstawione na rysunku 3 można stwierdzić, że nie ma jednoznacznej zależności między zawartością zawiesiny ogólnej w odcieku a ilością polielektrolitu dodanego do odwadnianego osadu. Wynika to ze zmienności parametrów fizycznych i chemicznych osadu trafiającego na wirówkę.

Podsumowanie i wnioski

Obecnie na rynku pojawia się wiele urządzeń służących do mechanicznego odwadniania osadów ściekowych. Coraz więcej firm stara się przekonać potencjalnych nabywców o niezawodności i dużej skuteczności swych urządzeń. Są to urządzenia z reguły kosztowne, a ponadto ich skuteczność zależy od wielu czynników. Istotne są zatem badania eksploatacyjne, które pozwolą na weryfikację danego urządzenia. W tabeli 4 dokonano porównania parametrów technicznych wirówki francuskiej firmy Guinard centrifugation z innymi urządzeniami (wg ofert poszczególnych firm).

Przeprowadzone badania pozwoliły na ocenę efektywności pracy sedymentacyjnej wirówki, stożkowo-walcowej firmy Guinard centrifugation. Wirówka nie uzyskała wydajności odwadniania osadu podawanej przez producenta. Jest



RYSUNEK 3. Wykres zawartości zawiesiny ogólnej w odcieku w zależności od stężenia polimeru użytego przy odwadnianiu osadu na wirówce
FIGURE 3. Diagram of suspended solid content variation in run off and flocculent concentration.

TABELA 4. Porównanie efektywności pracy wybranych urządzeń do mechanicznego odwadniania osadów ściekowych

TABLE 4. Efficiency comparison of selected devices for mechanical sewage dehydration

Urządzenia Installation	Wydaj- ność Producti- vity	Zużycie flokulanta Flocculent Consum- ption	Zużycie energii elektry- cznej Energy consum- ption	Zużycie wody do płukania Rinse water pro- duction	Efekt na wyjściu Output effect	Okres gwarancji Warranty period	Cena Price
	m ³ /h	g/kg s.m.	kWh	m ³ /h	% s.m.	Lata Years	tys. zł
Prasy Press							
HUBER (Ros 3)	10	2-4	6	0,2	do 40	2	300
KLEIN (KS 20)	15	różnie	7,5	6	25-30	1	530
POWOGAZ (TPF 200)	15	różnie	14	20	do 20	1	b.d.
Wirówki Centrifuge							
HYSEP (MD 43)	10	2-4	11	1	do 40	2	230
ALFA LAVAL Guinard	10	2-4	30	1	do 25	1,5	220
centrifugation	8	5-7	30	b.d.	24-28	1,5	350

to zjawisko dosyć częste w praktyce, gdyż producent podaje stopień odwodnienia osadu dla ściśle określonych warunków, których zachowanie w rzeczywistości jest wręcz niemożliwe.

Analiza pracy wirówki wykazała, że stopień odwodnienia osadów jest zależny od wielu czynników, z których najważniejsze to:

- zagęszczenie początkowe osadów,
- jakość osadów podawanych na wirówkę (rodzaj ścieków oczyszczanych na oczyszczalni)
- stężenie i dawka flokulantów (zbyt małe, jak i nadmierne dawki flokulantów mogą niekorzystnie wpływać na jakość odwadniania osadów).

Wirówki pracują w systemie zamkniętym i są najbardziej higienicznym urządzeniem odwadniającym. Różnią się od innych urządzeń brakiem filtracji, stąd nie zatykają się. Doświadczenia eksploatacyjne wskazują, że wirówka pracuje bezawaryjnie. Konieczna jest jednak stała kontrola skuteczności pracy wirówki, gdyż zbyt wysoki ładunek zanieczyszczeń w zawracanych odciekach może prowadzić do załamania procesu oczyszczania ścieków.

Literatura

BIEŃ J. 1990: *Niektóre aspekty zagospodarowania i utylizacji osadów ściekowych*. Skrypty Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa.

OLESZKIEWICZ J. 1998: *Gospodarka osadami ściekowymi*. Wydawnictwo LEM s.c., Kraków.

PIETRASZEK P., PODEDWORNA J. 1990: *Ćwiczenia laboratoryjne z technologii osadów ściekowych*. Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

Materiały handlowe firm Huber, Klein, Powogaz, Hysep, Alfa-Laval.

Polskie Normy: PN-74/C-0420, PN-78/C-04541, PN-72/C-4559.02, PN-84/C-04578.05.

Summary

The research on sewage sludge dehydration degree using centrifuge. The article presents research of sewage sludge dehydration efficiency on a centrifuge made by French company Guinard centrifugation. Tests of dry and organic matter were carried out before and after dehydration. Quality of run off together with concentration and doses of flocculent assisting in dehydration process were stated. The research proved that average content of dry mater after dehydration equals 19% (28% – according to the manufacturer). Oversludge water is heavily contaminated and demand further treatment.

Authors' address:

W. Rogiński, P. Wichowski
Warsaw Agricultural University – SGGW
02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
Poland

J. Bieńkowski
Sewage-treatment plant
Mińsk Mazowiecki
Poland

Marek KALENIK

Katedra Budownictwa i Geodezji,
Zakład Wodociągów i Kanalizacji SGGW
Department of Civil Engineering and Geodesy,
Division of Water Supply and Sewage System WAU

Wykorzystanie metody graficznej do projektowania kanalizacji ciśnieniowej

A design of pressure sewer system by using the graphical method

Wstęp

Rozwój wodociągów wiejskich w Polsce spowodował znaczny wzrost ilości ścieków bytowo-gospodarczych na wsi. Najczęściej spotykanym systemem odprowadzania ścieków na wsi jest ich wywóz taborem asenizacyjnym do najbliższej miejskiej oczyszczalni ścieków albo (w sporadycznych przypadkach) oczyszczanie ich w obrębie gospodarstwa rolnego (są to tzw. przydomowe oczyszczalnie ścieków). Brak środków na budowę systemu kanalizacji grawitacyjnej na terenach płaskich i o rozproszonej zabudowie przyczynił się do zainteresowania systemem kanalizacji ciśnieniowej.

System kanalizacji ciśnieniowej może pracować z systemem kanalizacji grawitacyjnej lub systemem kanalizacji podciśnieniowej (ATV 1998; Chlipalski 1993; Szabó 1990). Można go stosować

w warunkach, w których kanalizacja grawitacyjna sprawia kłopoty techniczno-ekonomiczne lub budzi zastrzeżenia z punktu ochrony środowiska naturalnego. System rurociągów kanalizacji ciśnieniowej jest szczelny, zapobiega drenowaniu i przesuszaniu terenu. Eliminuje możliwość skażenia terenu i wody gruntowej ściekami. Ze względu na ochronę środowiska naturalnego wskazane jest, aby kanalizacja ciśnieniowa stosowana była na terenach z wysokim poziomem wód gruntowych, na terenach stref ochrony zasobów wodnych, na obrzeżach zbiorników wodnych, w miejscowościach, które posiadają bazy turystyczne, agroturystyczne i wszędzie tam, gdzie są prowadzone gospodarstwa rolne produkujące żywność ekologiczną. Za stosowaniem systemu kanalizacji ciśnieniowej na wsi przemawiają również mniejsze koszty inwestycyjne i eksploatacyjne niż kanalizacji grawitacyjnej (Heidrich 1991). Do jedne-

go przydomowego układu zbiornikowo-pompowego może być podłączonych nawet 5 gospodarstw (Chlipalski 1993; 1996).

Obecnie w kraju istnieje wiele przedstawicielstw firm zachodnich i polskich, które w swojej ofercie handlowej proponują system kanalizacji ciśnieniowej (Chlipalski 1994; Kopacz 1994; Szabó 1990; Ways 1990).

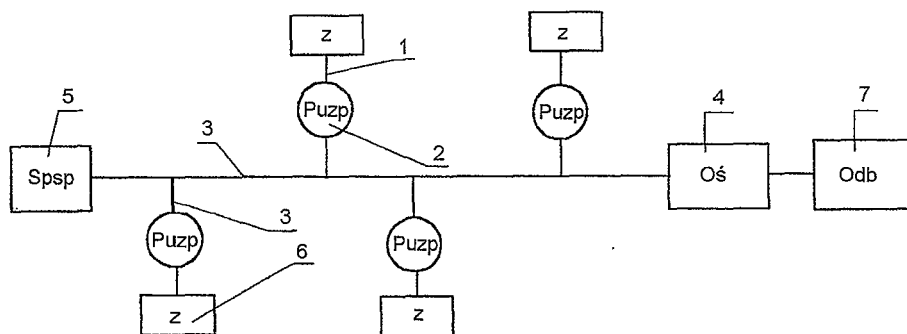
Celem artykułu jest przybliżenie budowy i zasad projektowania jednego z niekonwencjonalnych systemów odprowadzania ścieków na wsi do oczyszczalni ścieków. Zakres artykułu obejmuje system kanalizacji ciśnieniowej oraz opis zaproponowanej metody graficznej do wykorzystywania przy projektowaniu tego systemu.

Budowa systemu kanalizacji ciśnieniowej

Budowa systemu kanalizacji ciśnieniowej została schematycznie przedsta-

wiona na rysunku 1. Ścieki z gospodarstw domowych przykanalikiem 1 grawitacyjnie spływają do przydomowych układów zbiornikowo-pompowych 2. Gdy w przydomowym układzie zbiornikowo-pompowym ścieki osiągną odpowiedni poziom, mechanizm sterujący pracą pompy włącza ją i ścieki zostają przetłoczone do sieci rurociągów ciśnieniowych 3, która odprowadza ścieki do oczyszczalni ścieków 4. Dodatkowo przepływ ścieków może być regulowany i wspierany przez stacje płukania sprężonym powietrzem 5, które instalowane są na początkowych, niedociążonych odcinkach sieci.

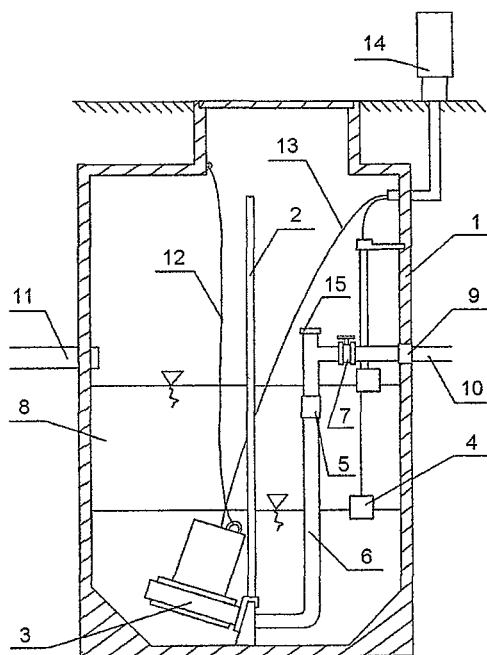
Przydomowy układ zbiornikowo-pompowy przedstawiony na rysunku 2 zbudowany jest ze zbiornika 1, najczęściej z tworzywa sztucznego. Wewnątrz zbiornika zainstalowana jest rura prowadząca 2, na której umieszcza się pompę 3 z urządzeniem tnącym stałe zanieczyszczenia. Praca pompy jest sterowana mechanizmem sterującym 4, który ją włącza i wyłącza w zależności od poziomu ście-



RYСУNEK 1. Schemat kanalizacji ciśnieniowej: 1 – grawitacyjny przykanalik, 2 – przydomowy układ zbiornikowo-pompowy, 3 – rurociągi ciśnieniowe, 4 – oczyszczalnia ścieków, 5 – stacja płukania sprężonym powietrzem, 6 – zagroda, 7 – odbiórnik ścieków

FIGURE 1. Scheme of the pressure sewer system; 1 – gravitational pipe, 2 – house sump with pump, 3 – pressure pipelines, 4 – sewage-treatment plant, 5 – compressor station, 6 – farm, 7 – receiving body of water

ków w zbiorniku. Cofaniu się ścieków z sieci rurociągów ciśnieniowych zapobiega zawór zwrotny 5, instalowany na pionowej rurze 6, którą ścieki są tłoczone do sieci rurociągów ciśnieniowych. Zawór odcinający 7 instaluje się za zaworem



RYSUNEK 2. Przydomowy układ zbiornikowo-pompowy: 1 – zbiornik, 2 – rura prowadząca, 3 – pompa, 4 – mechanizm sterujący, 5 – zawór zwrotny, 6 – rura pionowa, 7 – zawór odcinający, 8 – komora spiętrzania awaryjnego, 9 – przepust elastyczny, 10 – rurociąg ciśnieniowy, 11 – grawitacyjny przykanalik, 12 – łańcuch zawieszenia pompy, 13 – przewody elektryczne, 14 – szafka sterująca, 15 – przyłącze do płukania

FIGURE 2. House sump with pump: 1 – sump, 2 – slide rail, 3 – pump, 4 – control gear, 5 – check valve, 6 – vertical pipe, 7 – stop valve, 8 – spare chamber, 9 – elastic culvert, 10 – pressure pipeline, 11 – gravitational pipe, 12 – chain to pump, 13 – conductors, 14 – control box, 15 – terminal to rinsing

zwrotnym, żeby istniała możliwość wymiany pompy lub urządzenia tnącego. Przydomowy układ zbiornikowo-pompowy musi być zabezpieczony przed wyporem gruntu i posiadać komorę spiętrzania awaryjnego 8 na wypadek, gdyby nastąpił zanik prądu. Rurociąg ciśnieniowy przeprowadza się przez ściankę zbiornika za pomocą przepustu elastycznego 9, który zapobiega jego uszkodzeniu wskutek przemieszczeń gruntu lub drgań wywołanych pracą pompy.

Opis metody graficznej

Na podstawie rysunku 3 zostanie omówiony sposób projektowania systemu kanalizacji ciśnieniowej z wykorzystaniem metody graficznej. Autorem metody graficznej jest amerykański inżynier J.R. Freeman (1855–1932) (Freeman 1892; Howland 1943). Metoda ta ma szerokie możliwości zastosowania i dużą przydatność do prowadzenia analizy pracy układów w różnych warunkach eksploatacyjnych.

Wymiarowanie systemu kanalizacji ciśnieniowej należy zacząć od określenia obliczeniowego dopływu ścieków i uśrednionej objętości zbiornika roboczego. Wartości te można obliczyć z następujących wzorów (Ways 1980):

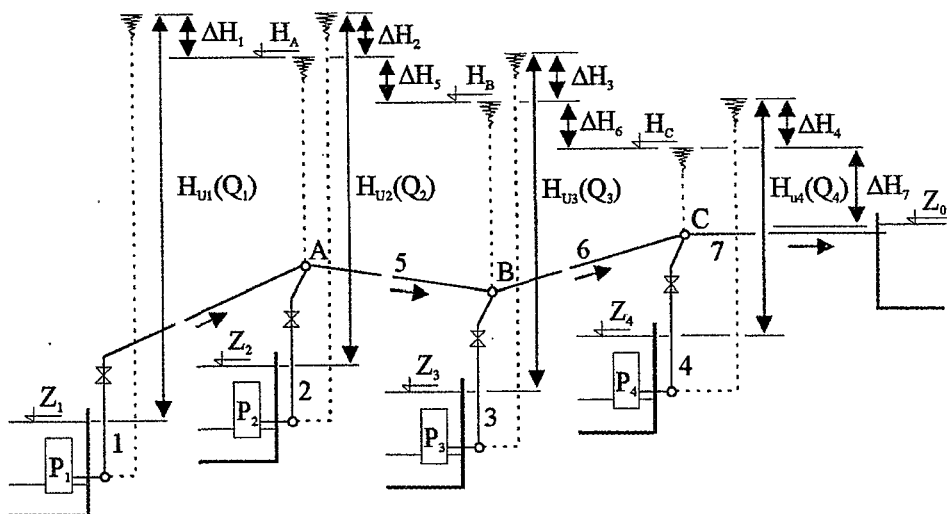
$$q_{so} = q_w + q_p \quad (1)$$

$$V_u = \frac{a \cdot q_{so} \cdot T_{\min}}{4} \quad (2)$$

gdzie:

q_{so} – obliczeniowy dopływ ścieków [m^3/s],

q_w – obliczeniowy rozbiór wody [m^3/s],



RYSUNEK 3. Schemat do obliczeń hydraulicznych kanalizacji ciśnieniowej
FIGURE 3. Scheme to the hydraulic calculations of pressure sewer system

q_p – dopływ ścieków z miarodajnego przyboru [m^3/s],

V_u – użytkowa objętość zbiornika roboczego [m^3],

a – współczynnik bezpieczeństwa, który należy przyjmować blisko wartości 1,2,
 $T_{\min}$ – minimalny czas trwania cyklu [s].

Poszczególne pompy w przydomowych układach zbiornikowo-pompowych pracują w sposób przypadkowy (losowy). Łączny czas pracy pojedynczej pompy wynosi od 5 do 10 minut w ciągu doby (Chlipalski 1994). Zaleca się zatem przyjmować $T_{\min}$ w granicach 6–10 minut.

Dobór pomp

Po zwymiarowaniu wszystkich zbiorników roboczych i obliczeniu strat hydraulicznych na poszczególnych przewodach z równania (3) dobieramy pompy

ściekowe i określamy punkty robocze R całego układu w dwóch najbardziej niekorzystnych, pod względem hydraulicznym, przypadkach. To znaczy, gdy pracują pompy 1 i 4 (rys. 3) oraz gdy pracują wszystkie pompy.

Dobór pomp z wykorzystaniem metody graficznej odbywa się w następujący sposób (Kalenik 1995):

1. Obliczamy ΔH_i z równania

$$\Delta H_i = \left(\sum \xi + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{8Q^2}{\pi^2 g d^4} \quad (3)$$

gdzie:

ΔH_i – straty hydrauliczne [m],

ξ – współczynnik oporów miejscowych [-],

λ – współczynnik oporów liniowych [-],

Q – przepływ ścieków [m^3/s],

l – długość rurociągu [m],

d – średnica rurociągu [m],

g – przyspieszenie ziemskie [m/s^2].

2. Obliczamy wysokość podniesienia – H_{U1} z równania (4) wg rysunku 3 i z katalogu dla Q i H_{U1} dobieramy pompę 1

$$z_1 + H_{U1}(Q) - \Delta H_1(Q) - \Delta H_5(Q) + \\ - \Delta H_6(Q) - H_7(Q) = z_0 \quad (4)$$

3. Postępowanie przy doborze pozostałych pomp jest identyczne, a H_U dla pozostałych pomp obliczamy z następujących równań:
dla pompy 2 według rys. 3

$$z_2 + H_{U2}(Q) - \Delta H_2(Q) - \Delta H_5(Q) + \\ - \Delta H_6(Q) - \Delta H_7(Q) = z_0 \quad (5)$$

dla pompy 3 według rys. 3

$$z_3 + H_{U3}(Q) - \Delta H_3(Q) - \Delta H_6(Q) + \\ - \Delta H_7(Q) = z_0 \quad (6)$$

dla pompy 4 według rys. 3

$$z_4 + H_{U4}(Q) - \Delta H_7(Q) = z_0 \quad (7)$$

Wyznaczenie punktu roboczego dla całego układu, gdy pracują pompy 1 i 4

1. Wyznaczenie punktu roboczego całego układu odbędzie się metodą graficzną, należy więc założyć poziom porównawczy w punkcie najbardziej niekorzystnym pod względem hydraulicznym; w tym przypadku $z_I = 0$ (Kalenik 1995).
2. Wyprowadzamy układ równań:

$$H_{U1}(Q_1) - \Delta H_1(Q_1) - \Delta H_5(Q_1) + \\ - \Delta H_6(Q_1) = H_C \quad (8)$$

$$z'_4 + H_{U4}(Q_4) - \Delta H_4(Q_4) = H_C \quad (9)$$

$$Q_1 + Q_4 = Q_7 \quad (10)$$

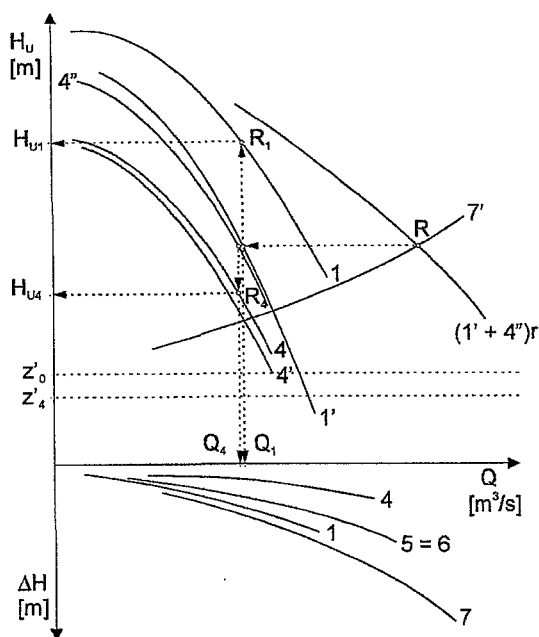
$$z'_0 + \Delta H_7(Q_7) = H_C \quad (11)$$

3. Układ równań rozwiązujemy metodą graficzną (rys. 4).

Od charakterystyki pompy 1 – $H_{U1}(Q_1)$ odejmujemy straty na przewodach 1 – $\Delta H_1(Q_1)$, 5 – $\Delta H_5(Q_1)$, 6 – $\Delta H_6(Q_1)$; otrzymujemy krzywą 1', która jest odzwierciedleniem lewej strony równania (8). Następnie od charakterystyki pompy 4 – $H_{U4}(Q_4)$ odejmujemy straty na przewodzie 4 – $\Delta H_4(Q_4)$ i otrzymujemy krzywą 4', którą podnosimy o zredukowany poziom ścieków z'_4 w studzience nr 4, a otrzymana krzywa 4'' jest odzwierciedleniem lewej strony równania (9).

Śledząc powyższe rozważania z rysunkiem 3 widzimy, że otrzymane krzywe (rys. 4) są rozwiązaniem wszystkiego, co jest podwieszone do węzła C.

Wykorzystując równanie (10), krzywe 1' i 4'' dodajemy równolegle otrzymując krzywą (1' + 4'') r. Prawe strony równań (8, 9, 11) są takie same, więc do zredukowanego poziomu ścieków z'_0 w osadniku oczyszczalni ścieków dodajemy straty na przewodzie 7 – $\Delta H_7(Q_7)$ otrzymując krzywą 7'. W miejscu przecięcia się krzywych (1' + 4'') r 7' znajdujemy punkt roboczy R całego układu. Wracając od punktu roboczego R całego układu wyznaczmy punkty robocze R_1 i R_4 pomp, przepływy Q_1 , Q_4 oraz wysokości podnoszenia pomp H_{U1} i H_{U4} .



RYSUNEK 4. Wyznaczanie punktu roboczego dla całego układu, gdy pracują pompy
FIGURE 4. Determine the working point for whole system when are pumps 1 and 4 working according to fig. 3

Wyznaczenie punktu roboczego dla całego układu, gdy pracują wszystkie pompy

1. Tak jak powyżej zakładamy poziom porównawczy; $z_1 = 0$ (Kalenik 1995).
2. Wyznaczamy układ równań:

$$H_A = H_{U1}(Q_1) - \Delta H_1(Q_1) \quad (12)$$

$$H_A = z'_2 + H_{U2}(Q_2) - \Delta H_2(Q_2) \quad (13)$$

$$Q_1 + Q_2 = Q_5 \quad (14)$$

$$H_B = H_A - \Delta H_5(Q_5) \quad (15)$$

$$H_B = z'_3 + H_{U3}(Q_3) - \Delta H_3(Q_3) \quad (16)$$

$$Q_5 + Q_3 = Q_6 \quad (17)$$

$$H_C = H_B - \Delta H_6(Q_6) \quad (18)$$

$$H_C = z'_4 + H_{U4}(Q_4) - \Delta H_4(Q_4) \quad (19)$$

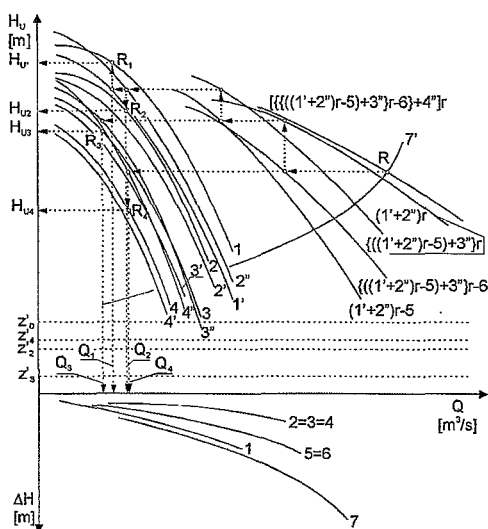
$$Q_6 + Q_4 = Q_7 \quad (20)$$

$$H_C = z'_0 + H_7(Q_7) \quad (21)$$

3. Układ równań rozwiązujemy metodą graficzną (rys. 5).

Od charakterystyki pompy 1 – $H_{U1}(Q_1)$ odejmujemy straty na przewodzie 1 – $\Delta H_1(Q_1)$ i otrzymujemy krzywą 1', która jest odzwierciedleniem prawej strony równania (12). Następnie od charakterystyki pompy 2 – $H_{U2}(Q_2)$ odejmujemy straty na przewodzie 2 – $\Delta H_2(Q_2)$ i otrzymujemy krzywą 2', którą podnosimy o zredukowany poziom ścieków z'_2 w studzience nr 2, a otrzymana krzywa 2'' jest odzwierciedleniem prawej strony równania (13).

Na podstawie równania (14) krzywe 1' i 2'' dodajemy równolegle otrzymując krzywą $(1' + 2'')$ r, która jest rozwiąza-



RYSUNEK 5. Wyznaczenie punktu roboczego dla całego układu, gdy pracują wszystkie pompy wg rys. 3

FIGURE 5. Determine the working point for whole system when are all pumps working according fig. 3

niem wszystkiego, co jest podwieszone do węzła A (rys. 3).

Następnie od krzywej $(1' + 2'')r$ odejmujemy straty na przewodzie $5 - \Delta H_5(Q_5)$ otrzymując krzywą $(1' + 2'')r - 5$, a odejmując od charakterystyki pompy $3 - H_{U3}(Q_3)$ straty na przewodzie $3 - \Delta H_3(Q_3)$ otrzymujemy krzywą $3'$, którą podnosimy o zredukowany poziom ścieków z_3 w studzience nr 3 ostatecznie otrzymując krzywą $3''$. Krzywe $(1' + 2'')r - 5$ i $3''$ (rys. 5) są odzwierciedleniem prawej strony równań (15, 16).

Wykorzystując równanie (17), krzywe $(1' + 2'')r - 5$ i $3''$ dodajemy równolegle otrzymując krzywą $\{((1' + 2'')r - 5) + 3''\}r$, która jest rozwiązaniem

wszystkiego, co jest podwieszone do węzła B (rys. 3).

Postępując identycznie jak powyżej, otrzymamy krzywą $\{ \{ ((1' + 2'')r - 5) + 3'' \} r - 6 \} + 4'' \} r$, która jest rozwiązaniem wszystkiego, co jest podwieszone do węzła C (rys. 3).

Następnie do zredukowanego poziomu ścieków z_0 w osadniku oczyszczalni ścieków dodajemy straty na przewodzie $7 - \Delta H_7(Q_7)$ otrzymując krzywą $7'$. W miejscu przecięcia się krzywych $\{ \{ ((1' + 2'')r - 5) + 3'' \} r - 6 \} + 4'' \} r$ i $7'$ znajdujemy punkt roboczy R całego układu. Wracając od punktu roboczego R całego układu wyznaczmy punkty robocze R_1, R_2, R_3, R_4 pomp, przepływy Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 oraz wysokości podnoszenia pomp $H_{U1}, H_{U2}, H_{U3}, H_{U4}$.

Podsumowanie

Zaprezentowana metoda graficzna pozwala w prosty sposób uzyskać jednoznaczne rozwiązanie skomplikowanych układów hydraulicznych. Metoda ta opiera się na graficznym układzie charakterystyk dobranych pomp i charakterystyk przewodów obliczonych według równania (3). Charakterystyki opisują hydrauliczne warunki pracy pomp i przewodów w rozwiązywanym układzie. Sposób konstruowania rozwiązań wynika z przesłanek matematycznych, co umożliwia uwzględnienie wszystkich szczególnych przypadków warunków pracy układu i nie wymaga odwoływania się do intuicji. Metoda ta ma dużą przydatność do prowadzenia analizy pracy układów

hydraulicznych w różnych warunkach eksploatacyjnych na etapie ich projektowania. Do wad tej metody można zaliczyć to, że wymaga ona umiejętności kreślarskich.

Literatura

- ATV 1998: *Specjalne systemy kanalizacji. Kanalizacja podciśnieniowa – kanalizacja ciśnieniowa. Zbiór normalizacyjny. Ścieki – odpady*. DK 628.2:628.143.2 – 98.
- CHLIPALSKI J. 1993: Projektowanie kanalizacji ciśnieniowej. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, Vol. 67, Nr 7.
- CHLIPALSKI J., DENCZEWSKI S. 1996: Kanalizacja ciśnieniowa i podciśnieniowa (artykuł dyskusyjny). *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, Nr 6.
- CHLIPALSKI J. 1994: Analiza działania kanalizacji ciśnieniowej pod względem hydraulicznym. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, Vol. 62, Nr 5.
- FREEMAN J.R. 1892, 1893: Arrangement of hydrants and water pipes for fire protection. *Journal of the New England Water Works Association*. Vol. 7 and Vol. 8.
- HEIDRICH Z. 1991: Analiza porównawcza różnych systemów odprowadzania cieków z jednostek osadniczych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, Vol. 65, Nr 7.
- HOWLAND W.E. 1943: Expansion of the Freeman method for the solution of pipe flow problems. *Journal of the New England Water Works Association*, Vol. 48, No 4.
- KALENIK M. 1995: Przegląd zasad i metod programowania i projektowania grawitacyjnych i ciśnieniowych sieci kanalizacji wiejskich. SGGW, Warszawa, praca magisterska, maszynopis.
- KOPACZ T., MYCZKA J. 1994: Autonomiczna kanalizacja ciśnieniowa. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, Nr 9.
- SZABÓ T. 1990: Kanalizacja ciśnieniowa „Preskan”. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, Vol. 62, Nr 4–5.
- WAYS M. 1990: Nowoczesne systemy kanalizacji niskiego i wysokiego ciśnienia. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, Vol. 62, Nr 7–8.
- WAYS M. 1980: Podstawy i zasady projektowania kanalizacji ciśnieniowej. P.W., Warszawa, rozprawa doktorska, maszynopis.

Summary

A design of pressure sewer system by using the graphical method. The paper describes construction and rule of design of pressure sewer system with using the graphical method. The way of using the graphical method was explained by calculation example. This method has wide range of application and major usefulness of work analysis of hydraulic systems in different conditions exploitation.

Author's address:

Marek Kalenik
Warsaw Agricultural University – SGGW
02–787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
Poland

Andrzej WANKE

Katedra Kształtowania Środowiska SGGW
Department of Environmental Development WAU

Odpływy drenowania systematycznego na gruntach ornych w Puczniewie koło Łodzi

Systematic drainage network outflow from arable land at Puczniew near Łódź

Wstęp

Drenowanie, którego zadaniem jest odprowadzenie wody grawitacyjnej z gleby i wprowadzenie na jej miejsce powietrza, niezbędnego do wzrostu i rozwoju roślin, spełnia je w krótszym lub dłuższym czasie w zależności od właściwości fizyko-wodnych gleby, spadków terenu, wysokości opadów oraz warunków hydrogeologicznych, czemu przyporządkowuje się głębokości i wielkości rozstaw.

Zgodnie z prawem Darcy, przepływ wody w glebie odbywa się przy różnicy wysokości kształtowanej warunkami filtracji. Zmienność przepływu wynikająca ze zmienności filtracji w glebach związanych ma swoje źródło w pęcznieniu i kurczliwości gleb. W związku z tym dobór właściwych parametrów hydraulicznych drenowania jest trudny, a weryfikuje je w praktyce uzyskiwanie, w określonym czasie, założonej normy odwodnienia.

Podstawą projektowania są normy odpływów opracowane na podstawie założeń teoretycznych i obserwacji terenowych dla bezciśnieniowego, niezamulającego i nierozmywającego przepływu wody w drenach zawarte w wytycznych drenowania.

Celem prezentowanych tu wyników obserwacji było, oprócz sprawdzenia trafności doboru wielkości odpływu, przedstawienie jego charakterystyki dla systematycznego drenowania działającego w warunkach środkowej Polski na przykładzie obiektu Puczniew koło Łodzi.

Obiekt badań

Obserwacje prowadzono w Puczniewie na wykonanym w 1961 roku doświadczalnym dziale drenarskim. Jest to drenowanie ceramiczne założone na głębokości 0,9 m, o zróżnicowanej rozstawie 9, 13 i 17 m. Każda rozstawa obej-

muje 1/3 ogólnej powierzchni działu drenarskiego wynoszącej 5,11 ha. Właściwa rozstawa, według ówczesnych zaleceń z 1947 r., powinna zawierać się w przedziale od 12 do 14 m, a według następnych 13 m.

Dział ten zlokalizowano przy lokalnym wododziale o 10-promilowym, północnym nachyleniu terenu. Tekstura gleby drenowanej obejmuje poziom próchniczny piasku gliniastego mocnego o miąższości 0,3 m, poziom Etg gliny lekkiej do głębokości 0,5 m i poziom Btg gliny średniej. Warunki wodne tej słabo przepuszczalnej gleby reprezentuje zmienne współczynnik filtracji 0,2–0,01 m/d. Obowiązuje tu opadowy typ zasilania przy średnich rocznych opadach 526 mm.

Wyniki badań

Okres obserwacyjny obejmował zróżnicowane warunki opadowe w latach 1966–1972. Wystąpiły wówczas cztery okresy drenarskich odpływów zimowych i siedem okresów odpływów po rozmarznięciu gleby (tab. 1).

Podstawą tej systematyzacji były codzienne pomiary stanów wody gruntowej przewyższające drewny we wszystkich rozstawach. Wielkości odpływów są sumami ich codziennych wielkości w wydzielonych przedziałach czasowych.

Z danych tabeli 1 wynika, że odpływy zimowe nie pojawiały się każdego roku, co było rezultatem wczesnego i długotrwałego występowania niskich temperatur utrzymujących ciągle zamarznięcie

TABELA 1. Przedziały czasowe i wielkości odpływów drenarskich
TABLE 1. Duration time and quantity of drainage outflows

Lp.	Okresy odpływów drenarskich Drainage outflows periods					
	zimowe winter			po rozmarznięciu gleby after soil melting		
	Przedziały czasowe Periods	Liczba dni Number of days [mm]	Odpływ Outflow [mm]	Przedziały czasowe Periods	Liczba dni Number of days [mm]	Odpływ Outflow [mm]
1	—	—	—	02.02.1966–23.04.1966	81	62
2	29.10.1966–16.02.1967	110	86	17.02.1967–12.05.1967	85	55
3	19.12.1967–05.02.1968	48	112	06.02.1968–08.04.1968	62	38
4	—	—	—	01.04.1969–23.04.1969	23	5
5	—	—	—	15.03.1970–15.05.1970	62	97
6	13.11.1970–07.03.1971	114	77	08.03.1971–05.05.1971	59	42
7	15.10.1971–14.01.1972	91	47	22.02.1972–29.04.1972	67	32
Średnio Average	11.11.–10.02.	90	80	26.02.–29.04.	63	47

gleby. Charakterystykę przemarzania gleby w tych latach w Puczniewie zawarło w publikacji Wanke (1999). Przy krótkich okresach mrozowych drenarskie odpływy zimowe były długotrwałe i obejmowały średnio 90-dniowy przedział czasowy od połowy listopada do pierwszej dekady lutego. Odpływy te następnie zanikały przeciętnie na dwa tygodnie, co wiązało się z nawrotem mrozów i po ociepleniu pojawiały się ponownie. Ten przedwegetacyjny lub przedsejny okres odpływów drenarskich trwał średnio około 60 dni. Taki okresowy podział odpływów obserwował również Kostrze-wa (1968).

W obu okresach, zimowym i przedwegetacyjnym, odpływów drenarskich związek stanów wody gruntowej w środku rozstaw z odpływami był zgodny, gdy woda gruntowa znajdowała się poniżej warstwy ornej (rys. 1). Różniły się tylko częstotliwością pojawiania się zwierciadła wody na poszczególnych głębokościach (rys. 2). Zależności te zacierają się na granicy warstwy ornej z podglebiem na głębokości 0,3 m, czego rezultatem były w obu okresach inne związki wielkości spływów jednostkowych.

Średnie odpływy z okresu zimowego były prawie dwukrotnie większe od odpływów z okresu przedwegetacyjnego, co wynika z różnych przedziałów czasowych, jak i różnych wielkości spływów jednostkowych.

Średnie ich wielkości w okresie zimowym wynosiły:

$$80 \text{ mm} : 90 \text{ dni} = 0,89 \text{ mm} = 0,1 \text{ dcm}^3/\text{s/ha}$$

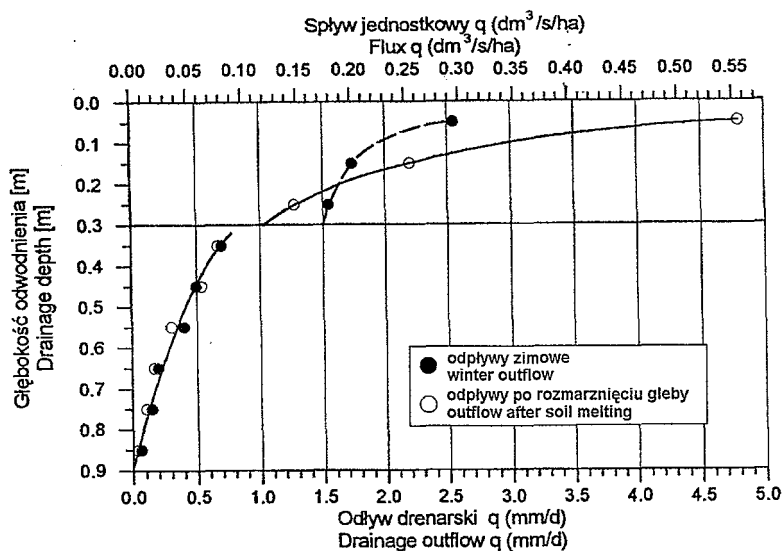
$$47 \text{ mm} : 63 \text{ dni} = 0,75 \text{ mm} = 0,07 \text{ dcm}^3/\text{s/ha}$$

To zróżnicowanie spływów i częstotliwości występowania zwierciadła wody na poszczególnych głębokościach było najprawdopodobniej wywołane zmianami porowatości gleby powodowanymi przemarzaniem oraz pęcznieniem i kurczeniem gleby przy zmianach jej wilgotności. Miały tu zapewne swój udział również podeszwa płuzna, jak i proces wymycia i wmycia. Zdaniem autora, całe to zagadnienie może stanowić przedmiot szczegółowych i odrębnych studiów glebowo-wodnych.

Mimo że notowane ekstremalne wielkości drenarskich spływów jednostkowych przekraczają przyjętą dla tego drenowania wielkość $0,5 \text{ dcm}^3/\text{s/ha}$ (tab. 2), to ich wartości średnie, poza jednym wyjątkiem (rys. 1), mieszczą się w tej wielkości.

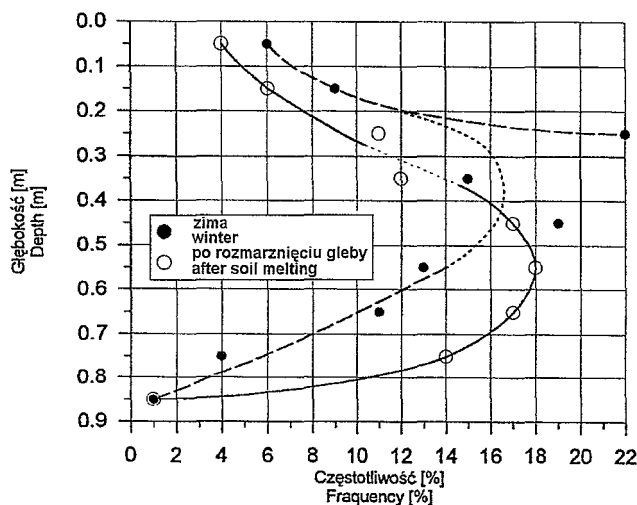
Spływy jednostkowe przekraczające normę, wskazują na pracę drenów pod ciśnieniem. Nie jest to pożądane, jak podaje Stryjewski (1978), gdyż naruszane są wówczas filtry odwrotne na stykach rurk ceramicznych. Grozi to zamuleniem drenów i jest szczególnie groźne w glebach pyłowych. W glebach gliniastych przepływy wody w drenach pod ciśnieniem przez jedną lub dwie doby nie niosą ze sobą takiej groźby.

Zanotowane przypadki dwukrotnego przewyższenia normy spływu wystąpiły w pierwszych latach po wykonaniu drenowania, co przypada na okres nie zagęszczonych zasypek drenarskich i łatwiejszego dopływu wody do drenów (Wanke 1965). W późniejszych latach obserwowane spływy już nie osiągały tak dużych wartości.



RYСУNEK 1. Współzależność odpływów drenarskich ze stanami wody gruntowej w środkach rozstaw 9, 13 i 17 m

FIGURE 1. Relationship between drainage outflow and groundwater table depth in the middle of spacings 9, 13 and 17 m



RYСУNEK 2. Częstość występowania zwierciadła wody gruntowej na poszczególnych głębokościach przy odpływach drenarskich w zimie i po rozmarznięciu

FIGURE 2. Frequency of groundwater table appearance for different soil depth at drainage outflow in winter and after soil melting

TABELA 2. Maksymalne wielkości spływów jednostkowych
TABLE 2. Maximum values of drainage flux

Lp.	Maksymalny spływ jednostkowy Maximum drainage flux [dcm ³ /s/ha]	Data wystąpienia Date of apperance	Opad Precipitation [mm]	Data początku temperatur dodatnich Date of begining of positive air temperature
1	0,65	01.04.1962	10,6	28.03.1962
2	0,98	15.05.1962	5,5	"
3	0,98	16.05.1962	2,6	"
4	1,03	29.05.1965	10,5	15.03.1965
5	0,95	30.05.1965	21,0	"
6	0,62	21.02.1966	0	20.02.1965
7	0,62	28.01.1968	2,7	28.01.1968
8	0,65	29.01.1968	1,4	"
9	0,69	30.01.1968	1,0	"
10	0,63	31.01.1968	0	"
11	0,65	24.03.1970	0	17.03.1970
12	0,56	06.04.1970	7,8	05.04.1970
13	0,75	07.04.1970	0	"
14	0,70	10.04.1971	26,5	14.03.1971
15	0,58	14.04.1972	28,6	14.03.1972

W badaniach Kostrzewy (1969) na obiekcie Czatkowice w woj. wrocławskim, w nieco innych warunkach glebowych i meteorologicznych, też obserwowano duże spływy jednostkowe rzędu 0,98–1,19 dcm³/s/ha, ale przyjęty tu spływ jednostkowy (0,6 dcm³/s/ha) był większy niż w Puczniewie i, jak pisze autor, „zdolność przepustowa zbieracza została przekroczona w ciągu stosunkowo niewielu dni” wyjaśniając dalej, że odpływy większe od przyjętego spływu zdarzały się przeciętnie 2 razy w roku, a maksymalnie 8 razy. Nie obserwowano wówczas zarówno w Czatkowicach, jak i w Puczniewie wybijania wody z sieci drenarskiej.

Podsumowanie i wnioski

Prowadzone w latach sześćdziesiątych obserwacje i badania drenarskie w kilku ośrodkach naukowych w kraju, były odzwierciedleniem ówczesnie prowadzonej dyskusji nad wprowadzanymi zmianami i uzupełnieniami do instrukcji drenarskiej z 1947 r. (Kostrzewa 1968). Prezentowane obecnie, bardzo spóźnione, opracowanie wyników obserwacji z tamtego okresu potwierdzające słuszność przyjętych wówczas wielkości spływów jednostkowych ma również elementy poznawcze, które uzasadniają celowość tej publikacji. Dotyczą one struktury i charakterystyki odpływów drenarskich, które można streścić w następujących wnioskach:

1. W rejonie środkowej Polski odpływy drenarskie występujące głównie w pierwszym półroczu hydrologicznym dzielą się na dwa okresy: trzymiesięczny zimowy i dwumiesięczny przedwegetacyjny po rozmarznieniu gleby.
2. Wielkość spływów jednostkowych, w zależności od głębokości odwodnienia, w obu okresach są takie same, gdy zwierciadło wody gruntowej w środku rozstaw nie osiąga warstwy ornej.
3. Wielkości spływów wykazują inne zależności od poziomu wody gruntowej w tych okresach, gdy znajduje się ona w warstwie ornej, tracąc ciągłość tej zależności obowiązującej w niższych warstwach.
4. Gdy poziom wody gruntowej osiąga powierzchnię terenu, spływy po rozmarznieniu gleby bywają dwukrotnie większe od zimowych, najprawdopodobniej w wyniku zmian porowatości powodowanych przemarzaniem i kurczeniem gleby przy zmianach jej objętości.
5. Potwierdzenie prawidłowości zjawiska zróżnicowania się odpływów drenarskich może mieć istotne znaczenie przy analizach z zakresu gospodarowania wodą w małych zlewniach i retencyjności środowiska.

Literatura

- KOSTRZEWA S. 1968: Sposoby ustalania norm odpływu jednostkowego z drenów. *Wiad. Melioracyjne i Łąkarskie* nr 10.
- KOSTRZEWA S. 1968: Wpływ czynników meteorologicznych, przepuszczalności gleby i rozstawy sączków na odpływ z sieci drenarskich. *Wiad. Melioracyjne i Łąkarskie* nr 12.
- KOSTRZEWA S. 1969: Wpływ poziomu wody gruntowej i rozstawy sączków na natężenie odpływu z drenów. *Wiad. Melioracyjne i Łąkarskie*, nr 11.
- STRYJEWSKI F. 1978: *Drenowanie*. PWN, Warszawa.
- WANKE A. 1965: Przesiakiliwość zasypki drenarskiej. *Wiad. Melioracyjne i Łąkarskie* nr 2.
- WANKE A. 1999: Przemarzanie gleby na polu drenowanym w Puczniewie koło Łodzi. *Roczniki Gleboznawcze*. T.L nr 1/2.

Summary

Systematic drainage network outflow from arable land at Puczniew near Łódź.

Analysis of the results of field investigations performed during the years 1966–1972 on drainage area of 5,11 ha (average drain spacing of 13 m). It showed that:

– the flux value of $0,5 \text{ dcm}^3/\text{s/ha}$ used for drainage diameter calculations was assessed properly,

– drainage outflows can be divided into two periods; winter period, two-month period after snow melting,

– the values of drainage flux show some variation due to the differences in ground water level.

Autor's address:

Warsaw Agricultural University – SGGW
 Andrzej Wanke
 02–787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
 Poland

Adam P. KOZIOL

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW

Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU

Rozmiary podłużnych makrowirów w korycie o złożonym przekroju poprzecznym

Longitudinal sizes of the largest eddies in the compound channel

Wprowadzenie

Poznanie hydrodynamicznej struktury strumienia przepływającego w korycie stanowi warunek wyjaśnienia procesów wymiany masy i pędu pomiędzy częściami koryta o zróżnicowanej prędkości, zdolności transportowej strumienia i wreszcie przepustowości koryta. Badania turbulentnej struktury strumienia w korytach rzek prowadzone są obecnie w wielu ośrodkach badawczych na całym świecie. Na podstawie dostępnych publikacji stwierdzić można, że turbulentne charakterystyki strumienia badano najczęściej na małoskalowych modelach, rzadziej na wielkoskalowych o przekrojach jednodzielnymi i wielodzielnymi (Novak 1989; Czernuszenko, Lebiecki, 1980; McQuivey, Keefer, Shirazi, 1971; Nezu, Rodi, 1986; Xingkui, Ning, 1989; Knight, Shiono, 1990). Stosunkowo nieliczne są wciąż badania charakterystyk turbulencji

w naturalnych korytach rzek (Czernuszenko, Lebiecki, 1989; Nikora, Rowiński, Suchodolov, Krasuski, 1994; Nikora, Smart, 1997; Kawanisi, Yokosi, 1993; Shteinman, Gutman, 1993).

W artykule przedstawiono wpływ szorstkości powierzchni koryta i drzew na rozmiary podłużnych makrowirów, obliczonych na podstawie pomiarów chwilowych wartości podłużnej składowej prędkości w korycie o złożonym przekroju poprzecznym. Pomiarów chwilowych składowych prędkości prowadzono w korycie głównym i na jego terenie zalewowym dla trzech wariantów: koryta hydraulicznie gładkiego, koryta z szorstkimi zalewami oraz koryta z szorstkimi zalewami i z rozmieszczoną na nich wysoką roślinnością (rys. 1). Przez pojęcie „roślinność wysoka” rozumiano pojedyncze drzewa, których korony są wzniesione ponad zwierciadło wody i nie ulegają elastycznym odkształceniom pod naporem przepływającej wody.

Metodyka i zakres badań

Pomiary chwilowych składowych prędkości w korycie o złożonym trapezowym przekroju poprzecznym prowadzono w latach 1997–1998 w Katedrze Budownictwa Wodnego Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w prostoliniowym, betonowym modelu koryta o długości 16 m i szerokości górą 2,10 m z symetrycznymi terenami zalewowymi. Podłużny spadek dna koryta głównego i terenów zalewowych był stały i równy 0,5‰ (Kozioł 1999). Chwilowe składowe prędkości mierzono w korycie głównym i w terenach zalewowych dla trzech wariantów: koryta gładkiego (Wariant 1, rys. 1a), koryta z szorstkimi zalewami (Wariant 2, rys. 1b) oraz koryta z szorstkimi zalewami i z rozmieszczonymi na nich drzewami (Wariant 3, rys. 1c). Średni współczynnik szorstkości Manninga dla gładkiego koryta trapezowego (Wariant 1) wynosił $0,011 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$, dla szorstkiej powierzchni lewego zalewu (Wariant 2) $0,018 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$, a dla zalewu prawego $0,025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$. Punktowe pomiary wartości podłużnej składowej prędkości wykonywano elektrosondą PEMS co 0,2 sekundy. Prędkości te rejestrowano w 48 punktach pomiarowych położonych w dziesięciu pionach pomiarowych przekroju (rys. 2) w każdym z wymienionych wariantów badań. Długości rejestrowanych ciągów wartości prędkości chwilowej wynosiły 8000 elementów, co praktycznie oznaczało 27-minutowy czas prowadzenia pomiaru prędkości w punkcie obszaru przepływu. Wybrane do analiz porównawczych wartości prędkości chwilowych rejestrowano przy napętnieniu $H=0,202 \text{ m}$ w Wariancie 1, $H=0,219$

m w Wariancie 2 oraz $H=0,212 \text{ m}$ w Wariancie 3. Określenie niezbędnej długości rejestrowanych ciągów wartości prędkości oraz analizę charakterystyk turbulencji na podstawie otrzymanych pomierzonych wartości podłużnej składowej prędkości przedstawiono w rozprawie doktorskiej Kozioła (1999) oraz w artykule Kozioła, Kubraka, Kuśmierczuka (1998).

Określenie rozmiarów podłużnych makrowirów w strumieniu koryta

Do oceny długości największych wirów L konieczne jest obliczenie funkcji autokorelacyjnej R , a następnie makroskali czasowej turbulencji Eulera T_E . Czasowa funkcja autokorelacyjna $R(k\tau)$ charakteryzuje stopień zależności między pulsacjami prędkości pomierzonymi w wybranym punkcie przepływu w różnych chwilach czasowych. Jej wartości estymowano zależnością (Czernuszenko, Lebiecki 1989):

$$R(k\Delta t) = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-k} v_i v_{i+k} \quad (1)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, M(1)$$

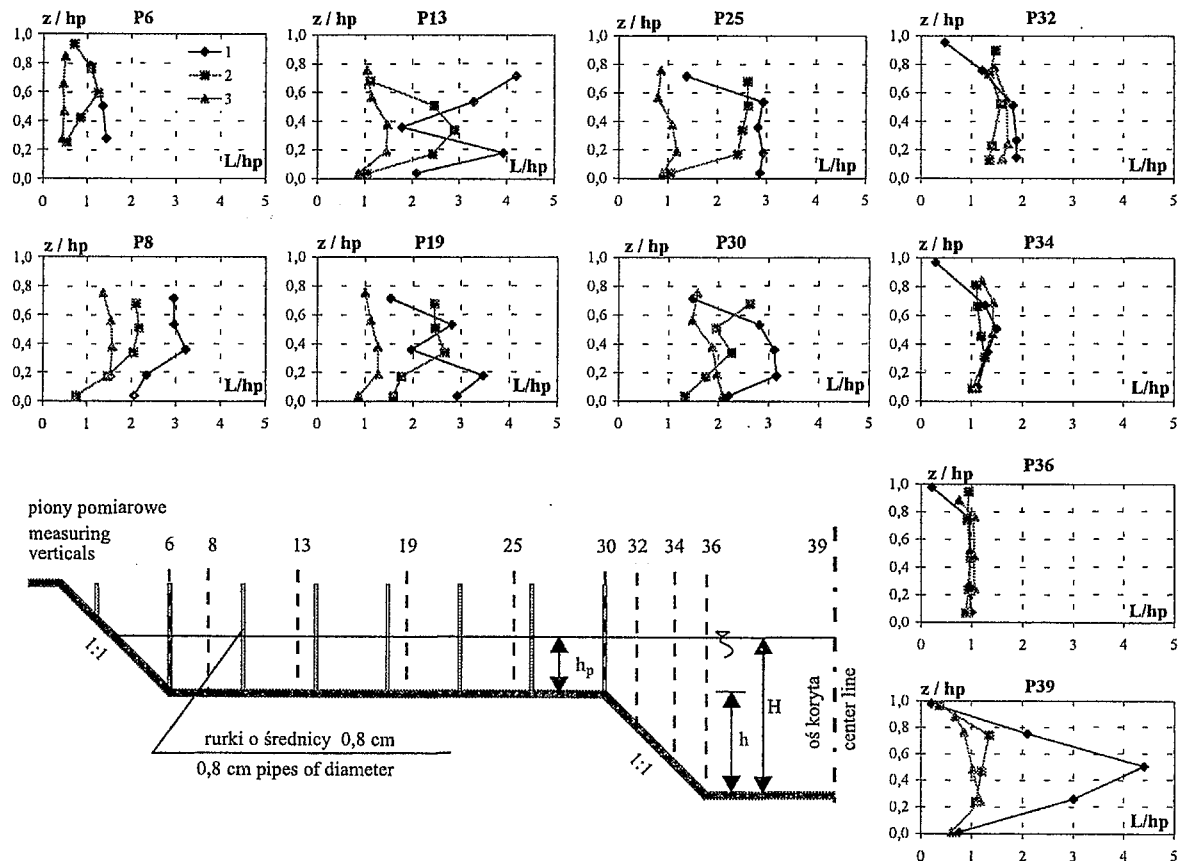
gdzie:

M – punkt obcięcia funkcji autokorelacyjnej,

$$\overline{v^2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v_i - \bar{v})^2,$$

v_i – oznacza chwilową wartość prędkości,

$\bar{v}$ – uśredniona wartość prędkości.



RYSUNEK 2. Rozkład podłużnych makrowirów w strumieniu koryta, 1 – Wariant 1, 2 – Wariant 2, 3 – Wariant 3, P6 ... P39 – numery pionów pomiarowych

FIGURE 2. Distributions of longitudinal sizes of the largest eddies 1 – test 1, 2 – test 2, 3 – test 3, P6 ... P39 – numbers of perpendiculars

Jak wspomniano, w przeprowadzonych pomiarach czas próbkowania Δt wynosił 0,2 s. Wartości funkcji korelacyjnych szybko maleją ze wzrostem czasu, a następnie nieregularnie oscylują wokół zera. Mają one podobną zmienność niezależnie od położenia punktu pomiarowego. Czas do osiągnięcia przez funkcję korelacyjną na terenie zalewowym w pierwszym wariancie badań wartości równej zero zmieniał się od 0,8 do 10,4 s, w drugim wariancie od 2 do 7,2 s, a w trzecim od 1,4 do 2,6 s. Natomiast w korycie głównym w wariancie pierwszym czas ten był pomiędzy 1,4 a 29,8 s, a w wariancie drugim zawierał się między 2,0 a 4,4 s, w trzecim zaś wariancie pomiędzy 1,6 a 2,6 s. Najkrótsze czasy osiągnięcia wartości zero przez funkcję korelacyjną otrzymano w każdym wariancie badań w pionach położonych w pobliżu płaszczyzny rozdziału złożonego przekroju, tzn. pomiędzy terenem zalewowym a korytem głównym.

Na podstawie funkcji autokorelacyjnych wyliczono makroskale czasowe Eulera T_E :

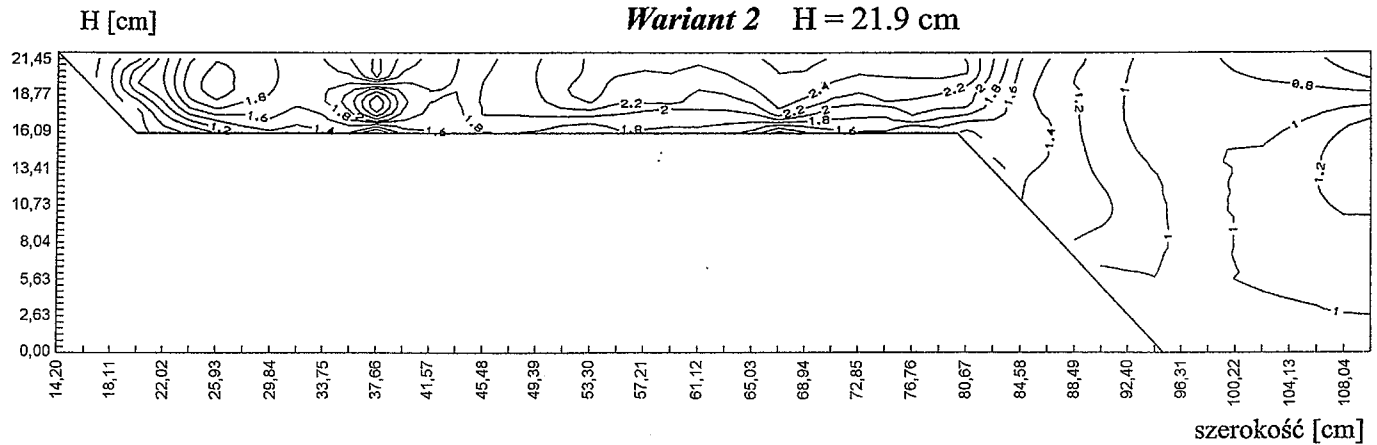
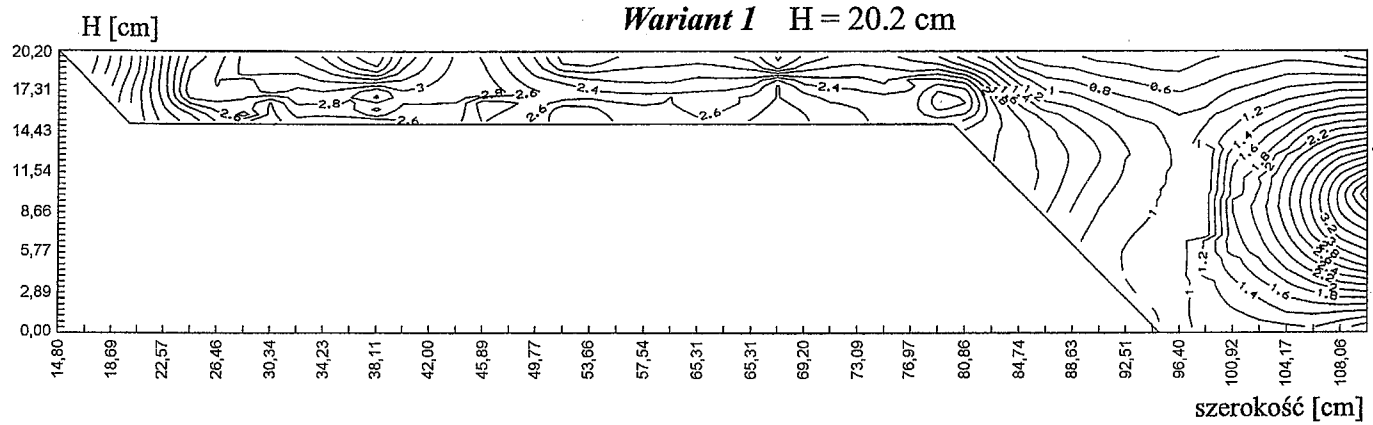
$$T_E = \int_0^{\infty} R(k\Delta t) \quad (2)$$

stanowiące w przepływie turbulentnym miarę najwolniejszych zmian, za które odpowiedzialne są wiry o największej skali. Dla stacjonarnego i jednorodnego turbulentnego przepływu o wartości prędkości średniej w punkcie przewyższającej znacznie pulsację prędkości istnieje, zgodnie z hipotezą Taylora (Elsner 1987), ścisły związek między czasowymi i przestrzennymi eulerowskimi funkcja-

mi autokorelacyjnymi. Hipoteza Taylora o „zamrożonym” charakterze struktur wirowych polega na założeniu, że w przepływie homogenicznym o niskim poziomie intensywności turbulencji ($v'/\bar{v} < 1$) prędkość unoszenia wirów o różnych rozmiarach jest identyczna i równa prędkości przepływu średniego, w związku z czym kształt struktur wirowych przenoszonych w ruchu średnim może być traktowany jako „zamrożony” w okresie t , jeżeli tylko wartość t nie jest zbyt duża. Ze związku Taylora między przestrzenną L i czasową T_E makroskalą turbulencji wynika zależność na średni podłużny rozmiar wirów L występujących w korycie:

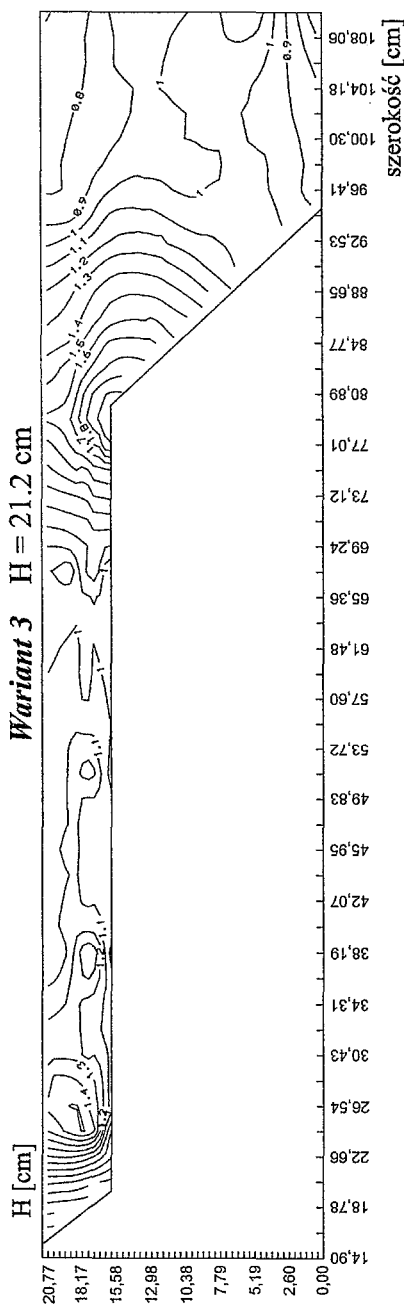
$$L = \bar{v} T_E \quad (3)$$

Zmiany długości największych wirów obliczone w wybranych punktach pionów pomiarowych pokazano na rysunku 2, a rozkłady rozmiarów wirów w przekroju poprzecznym na rysunkach 3 i 4. Na terenie zalewowym największe długości wirów występują dla gładkiego dna w Wariancie 1 i osiągają długość równą czterem głębokościom strumienia. Natomiast najmniejsze długości wirów równe 0,5 głębokości strumienia występują w pobliżu skarpy terenu zalewowego w Wariancie 3 (pion P6). W korycie głównym długości wirów w Wariancie 2 i 3 są bardzo zbliżone i równe głębokości. Natomiast w osi koryta w Wariancie 1 długości wirów rosną ze wzrostem głębokości od 0,8 (przy dnie) do 4,4 głębokości strumienia, następnie maleją od połowy głębokości koryta i przy zwierciadle wody osiągają wielkość 0,2 głębokości strumienia. Na skarpie koryta głównego



RYSUNEK 3. Rozkład podłużnych makrowirów w stosunku do głębokości L/h_p w przekroju koryta

FIGURE 3. Distributions of longitudinal sizes of the largest eddies in the ratio of the depth L/h_p at the cross-section of the channel



RYСУNEK 4. Rozkład podłużnych makrowirów w stosunku do głębokości L/h_p w przekroju poprzecznym koryta
 FIGURE 4. Distributions of longitudinal sizes of the largest eddies in the ratio of the depth L/h_p at the cross-section of the channel

długości wirów są średnio równe półtorej głębokości strumienia, natomiast przy płaszczyźnie rozdziału złożonego przekroju (pion 32) są nawet dwukrotnie większe od głębokości w pionie h_p . Generalnie długości wirów rosną ze wzrostem głębokości i maleją w pobliżu zwierciadła wody. W Wariancie 1 w pionach P6 i P19 oraz w Wariancie 3 w pionie P30 długości wirów maleją ze wzrostem głębokości lub nie wykazują jednostajnej tendencji zmian (np. w zakresie od $1,8 h_p$ do $4,2 h_p$ w pionie P13 w Wariancie 1). Długości wirów w korycie gładkim (Wariant 1) są większe niż w korycie z szorstkimi zalewami czy w korycie z szorstkimi zalewami i z drzewami. Wiry o największej długości występują w obszarze połączenia koryta głównego z terenem zalewowym i w pobliżu skarp terenu zalewowego.

Podsumowanie

Rozmiary podłużnych makrowirów w strumieniu ustalono na podstawie pomierzonych chwilowych prędkości w korycie o złożonym przekroju poprzecznym dla trzech wariantów badań o różnych szorstkościach terenów zalewowych (gładkie dno, szorstkie dno i szorstkie dno z rozmieszczonymi drzewami). Badania te wykazały, że:

- największe długości wirów w terenie zalewowym występują w gładkim korycie bez drzew w Wariancie 1 i osiągają długość równą czterem głębokościom strumienia,
- wzrost szorstkości powierzchni terenów zalewowych i rozmieszczenie

w nich drzew spowodowało zmniejszenie długości wirów nawet do 0,5 głębokości strumienia w pobliżu skarpy terenu zalewowego, a długości wirów na skarpie koryta główne- go są równe półtożej głębokości strumienia, natomiast w płaszczyźnie rozdziału złożonego przekroju (pion 32) są nawet dwukrotnie większe od głębokości,

- długości wirów w korycie głównym w Wariantach 2 i 3 są równe głębokości strumienia,
- podane w literaturze wyniki pomiarów prowadzonych w korytach zwartych w laboratoriach oraz w rzekach (np. McQuivey, Keefer, Shirazi 1971; Czernuszenko, Lebiecki 1980; Lebiecki, Czernuszenko 1987; Nikora, Rowiński, Sukhodolov, Krasuski 1994; Nikora, Smart 1997) wykazują, że uzyskane podłużne rozmiary makrowirów są zwykle równe jednej lub czterokrotnej głębokości strumienia, co jest zgodne z uzyskanymi przez autora wartościami.

Literatura

- CZERNUSZENKO W., LEBIECKI P. 1980: Turbulentne charakterystyki strumienia w kanale otwartym. *Archiwum Hydrotechniki*, XXVII, z. 1, s. 19–38.
- CZERNUSZENKO W., LEBIECKI P. 1989: Turbulencja w przepływach rzecznych. *Archiwum Hydrotechniki*, XXXVI, z. 1–2, s. 17–34.
- ELSNER J.W., 1987: *Turbulencja przepływów*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- KAWANISI K., YOKOSI S. 1993: Measurements of turbulence and suspended sediment in tidal river. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 119, No. 6, s. 704–724.
- KOZIOŁ A. 1999: Badania laboratoryjne warunków przepływu w korytach o złożonych przekrojach poprzecznych porośniętych roślinnością wysoką. Rozprawa doktorska, SGGW, Warszawa.
- KOZIOŁ A., KUBRAK J., KUŚMIERCZUK K. 1999: Charakterystyki turbulencji strumienia w korycie o złożonym przekroju poprzecznym. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 458, s. 75–87.
- KNIGHT D.W., SHIONO K. 1990: Turbulence measurements in a shear layer region of a compound channel. *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 28, No 2, s. 175–196.
- LEBIECKI P., CZERNUSZENKO W. 1987: Pomiar podstawowych charakterystyk turbulencji rzecznej. *Gospodarka Wodna*, 3, s. 52–56.
- MCQUIVEY R.S., KEEFER T.N., SHIRAZI M.A. 1971: *Basic data report on the turbulent spread of heat & matter*. USA Department of the Interior Geological Survey, Open-file Report, Fort Collins, Colorado, s. 166.
- NEZU I., RODI W. 1986: Open-channel flow measurements with a Laser Doppler Anemometer. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 112, No 5, s. 335–355.
- NIKORA V. I., ROWIŃSKI P., SUCHODOLOV A., KRASUSKI D. 1994: Structure of river turbulence behind warm-water discharge. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 120, No 2, February, s. 191–208.
- NIKORA V.I., SMART G.M. 1997: Turbulence characteristics of New Zeland gravel-bed rivers. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 123, No 1, s. 764–773.
- NOVAK P. 1989: *Turbulence characteristics in smooth open channel flow*. 5th Biennial Symposium on Turbulence, University of Missouri-Rolla.
- SHTEINMAN B., GUTMAN A. 1993: Flow turbulence and dispersion of different matter in the river mouth. *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 27, No 7–8, s. 397–404.
- XINGKUI W., NING Q. 1989: Turbulence characteristics of sediment-laden flow. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 115, No 6, s. 781–800.

Summary

Longitudinal sizes of the largest eddies in the compound channel. Investigations of longitudinal sizes of the largest eddies of the present paper are based on the measurements of instantaneous velocities in a two-stage trapezoidal channel under three various roughness conditions on the flood plains (smooth bed, rough bed and rough bed with occurrence of the trees). These investigations have shown the following: 1. The largest sizes of the macro-eddies above the flood plains are in the smooth channel without trees (Test 1) and attain the length of the order of four depths of the stream. 2. Increase of roughness of the flood plains and occurrence of the trees caused the decrease in lengths of the largest

eddies to 0,5 depths of the stream at the bed slopes of the rough flood plains with trees (Test 3). The lengths of the macro-eddies on the slopes of the main channel are approximately equal to 1,5 depths of the stream and are even twice the depth of the stream at the measuring vertical 32. 3. Lengths of the largest eddies in the main channel in Test 2 and 3 are approximately equal to the flow depth.

Author's address:

A.P. Koziol
Warsaw Agricultural University – SGGW
02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
Poland

Artur OSIŃSKI

Katedra Geoinżynierii SGGW

Department of Geotechnical Engineering WAU

Budowa dróg rolniczych z wykorzystaniem gruntów rodzimych **Rural road pavement construction with use local material**

Wstęp

Istnieje w kraju luka infrastrukturalna w sieci drogowej, dotyczy ona w głównej mierze dróg gminnych i rolniczych. Żle ukształtowana przestrzeń produkcyjna gospodarstw rolnych wymaga zwiększenia nakładu prac prowadzonych w zakresie budowy dróg transportu rolnego (Miształ 1995). Drogi rolnicze służą głównie do komunikacji wewnątrz gospodarstwa (Praca zbiorowa 1986). Trasy dróg rolniczych przebiegają często przez tereny, gdzie w podłożu występują grunty słabonośne, które nie są w stanie przenieść obciążeń pojazdami. W okresach zwiększonej wilgotności najmniejszą nośność wykazują drogi gruntowe na podłożu z gruntów spoistych (Rolla 1979). Tradycyjne metody zwiększania nośności na tych gruntach są drogie i energochłonne. Istnieje zatem potrzeba poszukiwania metod zwiększających nośność gruntów spoistych (Tulman 1979). Jedną z metod jest stosowanie stabilizacji chemicznej gruntu.

Artykuł zawiera wyniki badań wytrzymałości na ścinanie przy jednoosiowym

wym ściskaniu gliny pylastej. Badany grunt został zastabilizowany środkiem chemicznym Roadbobb SPP. W niniejszej publikacji podjęto próbę ustalenia wytrzymałości na ścinanie przy jednoosiowym ściskaniu w funkcji stężenia środka chemicznego.

Podstawowe metody stabilizacji gruntów

Stabilizacja gruntów polega na ulepszeniu i utrwaleniu właściwości gruntów przez stosowanie metod fizycznych, fizyko-chemicznych i chemicznych. Grunt stabilizowany uzyskuje zwiększoną wytrzymałość i zmniejszoną ściśliwość oraz jest bardziej odporny na działanie czynników atmosferycznych, a zwłaszcza wody i mrozu (Jaworski 1979).

Rozwój metod ulepszania gruntów umożliwił większe wykorzystanie materiałów miejscowych do budowy dróg (Kaliński 1993). Stabilizacja granulometryczna jest najstarszym i często stosowa-

nym sposobem stabilizacji gruntów do celów drogowych. Polega ona na doborze odpowiedniego uziarnienia mieszanki i zagęszczeniu jej przy wilgotności optymalnej (Wiłun 1967). Wymagane uziarnienie uzyskuje się przez uzupełnienie gruntu miejscowego potrzebnymi frakcjami granulometrycznymi. Poszczególne frakcje dobrane w odpowiedniej proporcji spełniają w mieszance określone zadania: frakcja żwirowa i piaszkowa – szkielet nośny, frakcja pyłowa – wypełniacz, frakcja ilowa – lepiszcze. Tak dobrana mieszanka nazywa się mieszanką optymalną. Jednym z ważniejszych kryteriów przy doborze mieszanki optymalnej są granice konsystencji, gdyż opisują one zachowanie się gruntu w różnych warunkach atmosferycznych (właściwą spoistość w czasie suszy i umiarkowaną nasiąkliwość podczas deszczu).

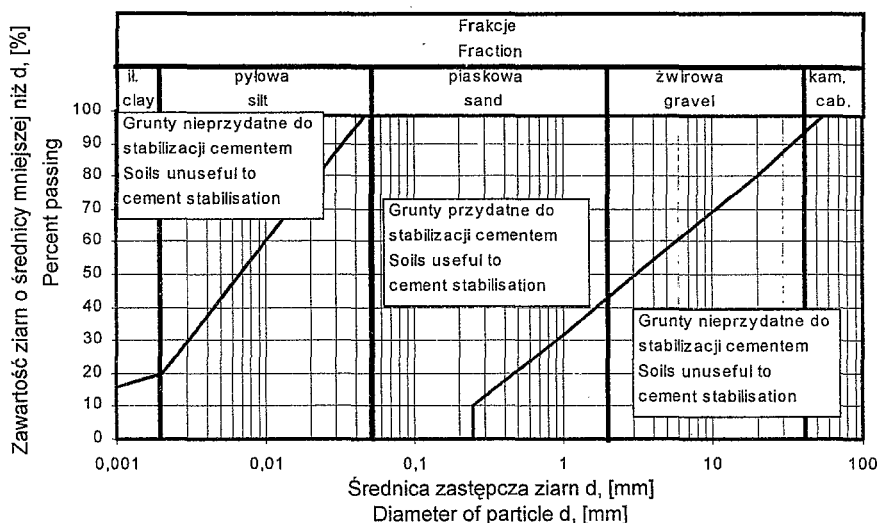
Grunt stabilizowany cementem (cementogrunty) ma mieszaną strukturę, składającą się z agregatów szkieletu nośnego i wypełnienia w postaci agregatów drobnych cząstek gruntowych. Szkielet nośny powstaje wskutek wiązania zaczynu cementowego z rozproszoną frakcją piaszkową i pyłową (tworzy się w ten sposób sztywny szkielet pajęczynowaty, nadający cementogruntom znaczną nośność). Cząstki gruntu nie związane cementem stanowią wypełnienie oraz lepiszcze agregatów szkieletu nośnego, a jednocześnie są amortyzatorem sił zewnętrznych, działających na szkielet nośny i nadają cementogruntom znaczną podatność. Powoduje to znacznie mniejszą wrażliwość cementogrunty na skurcz niż wykazują to betony żwirowe lub piaskowe. Dlatego podbudowy i nawierzchnie z

cementogrunty nie wymagają stosowania szczelin dylatacyjnych.

Do stabilizacji cementem nadają się grunty niespoiste, dające się odpowiednio rozdrobnić oraz dokładnie wymieszać z cementem. W przypadku stabilizacji czystych piasków (równoziaarnistych) zaleca się dodać do nich gruntu pylastego lub lessowego. Można zastosować piasek gliniasty, a także bardzo korzystnie wpływający na poprawę struktury cementogrunty dodatek popiołów lotnych, stanowiących wypełniacz i lepiszcze dla piasku. Uziarnienie należy uzupełnić tak, aby otrzymana mieszanka była zbliżona do optymalnej.

Grunty o znacznej zawartości frakcji ilastej są trudne do rozdrobnienia i wymagają zwiększonej ilości cementu, co sprawia, że stabilizacja staje się nieopłacalna. Stabilizacja gruntów spoistych o wskaźniku plastyczności $I_p = 18$ do 30% jest jednak możliwa po uprzednim ulepszeniu go wapnem w ilości 2 do 4%. Grunty przeznaczone do stabilizacji cementem nie mogą zawierać więcej niż 2% części organicznych, a pH gruntu nie może być mniejsze od 4 (najlepsze wyniki stabilizacji osiąga się w środowisku obojętnym). Nie nadają się do stabilizacji cementem grunty zawierające szkodliwe dla betonu sole, np. siarczany. Podział i zakres gruntów przydatnych do stabilizacji cementem przedstawia rysunek 1.

Skład mieszanki cementowo-gruntowej ustala się laboratoryjnie, wykonując kilka serii próbek z różnymi ilościami zawartości cementu. Dla każdej mieszanki należy ustalić wilgotność optymalną w_{opt} oraz maksymalną gęstość objętościową ρ_{ds} według próby Proctora. Prób-



RYSUNEK 1. Podział uziarnienia gruntów pod względem ich przydatności do stabilizacji cementem
FIGURE 1. Soils useful to cement stabilisation

ki przeznaczone do zgniatania po 7 dniach przechowywane w wilgotnym piasku. Próbkę przeznaczoną do zgniatania po 28 dniach są przechowywane przez 14 dni w wilgotnym piasku, a przez pozostałe 14 dni całkowicie zanurzone w wodzie. W celu sprawdzenia odporności cementogruntu na działanie wody i mrozu wykonuje się dodatkowe serie próbek. Część z nich poddaje się próbie moczenia i zgniatania w celu określenia różnic wytrzymałości w stosunku do próbek przechowywanych w piasku. Za przydatne przyjmuje się próbki wykazujące najmniejsze różnice wytrzymałości. Pozostałe próbki poddaje się próbie mrozoodporności i zgniatania po 14 cyklach zamrażania w temperaturze -23°C i odmrażania. Za zadowalającą przyjmuje się próbki, dla których wytrzymałość po zamrażaniu osiąga co najmniej 60% wartości

wytrzymałości próbek przechowywanych w piasku.

Warstwa gruntu stabilizowanego cementem spełnia rolę podbudowy pod nawierzchnie bitumiczne, żwirowe lub tłuczniowe. Często spełnia rolę samodzielnej nawierzchni, lecz ze względu na znaczną ścieralność i działanie czynników atmosferycznych – wody i mrozu – należałoby ją przykryć dywanikiem bitumicznym.

Podbudowy z gruntów stabilizowanych cementem wykazują następujące zalety:

- mają dużą nośność i wytrzymałość na rozciąganie, są odporne na wysadzinę i przełomy,
- można je stosować na wielu rodzajach gruntów,
- wszystkie prace można wykonać za pomocą prostych maszyn,

- niewielki koszt w porównaniu do tradycyjnych podbudów tłuczniowych. Do wad cementogruntu należy zaliczyć:

- konieczność zamykania ruchu w czasie twardnienia podbudowy,
- konieczność szybkiego przykrywania podbudowy dywanikiem bitumicznym lub warstwą mieszanki żwirowej.

Do stabilizacji wapnem nadają się grunty spoiste (nawet w stanie miękkoplastycznym) oraz żwiry gliniaste, pospółki gliniaste, piaski gliniaste i pyły. Najbardziej przydatne są grunty o wskaźniku plastyczności I_p większym niż 10. Nie nadają się natomiast grunty zawierające ponad 5% części organicznych. Grunty spoiste w stanie naturalnym wykazują duże wahania wytrzymałości i nośności zależnie od nawilgocenia, są trudne do wbudowania, w związku z czym nie stanowią odpowiedniego materiału budowlanego. Stabilizacja gruntów spoistych wapnem powoduje trwałą zmianę ich struktury w takim stopniu, że stają się one materiałem przydatnym do budowy dróg.

Po zmieszaniu wapna z dobrze rozdrobnionym i nawilgoconym gruntem zachodzą reakcje między ilastymi cząstkami gruntu a wapnem. Grunt zmienia swe właściwości, staje się makroporowaty oraz przesuszony, wykazuje znacznie większą nośność i odporność na działanie wody oraz mrozu, zmniejsza się jego skłonność do pęcznienia i skurczu. Do stabilizacji gruntów stosuje się różne rodzaje wapna (np. palone CaCO_3 lub hydratyzowane Ca(OH)_2). Dodatek wapna w procentach w stosunku do suchego gruntu wynosi do 2–4% w celu ulepsze-

nia podłoża lub gruntu do dalszej stabilizacji cementem lub bitumami 6–10 % na warstwy konstrukcyjne podbudów i nawierzchni.

W literaturze często spotyka się wzmianki o chemicznych środkach używanych do stabilizacji, jednak w praktyce nie mają one większego zastosowania. Są to głównie chemiczne środki przeciwpylne dające mały efekt wzmocnienia gruntu. Celowe są zatem badania mające określić wpływ środka chemicznego Roadbond SPP na wytrzymałość gruntów i jego przydatność do stabilizacji.

Preparat chemiczny Roadbond SPP przeznaczony jest do stabilizacji gruntów spoistych stosowanych jako podbudowy i nawierzchnie dróg rolniczych. Grunt do stabilizacji chemicznej środkiem Roadbond SPP powinien charakteryzować się następującymi właściwościami:

- wskaźnik plastyczności I_p – od 6 do 20%,
- zawartość frakcji drobnych ($\phi < 0,071$ mm) – od 15 do 55%,
- zawartość części ilastych – od 5 do 30%.

Wartości podane powyżej są wartościami optymalnymi zalecanymi przez producenta. Stabilizację wykonuje się przez rozprowadzenie preparatu Roadbond SPP na spulchnioną nawierzchnię drogi gruntowej. Preparat rozprowadzany jest wraz z wodą w ilości potrzebnej do uzyskania wilgotności większej od wilgotności optymalnej o 1%. Następnie należy grunt wymieszać i uformować nawierzchnię drogi, po czym zagęścić z zachowaniem właściwego profilu.

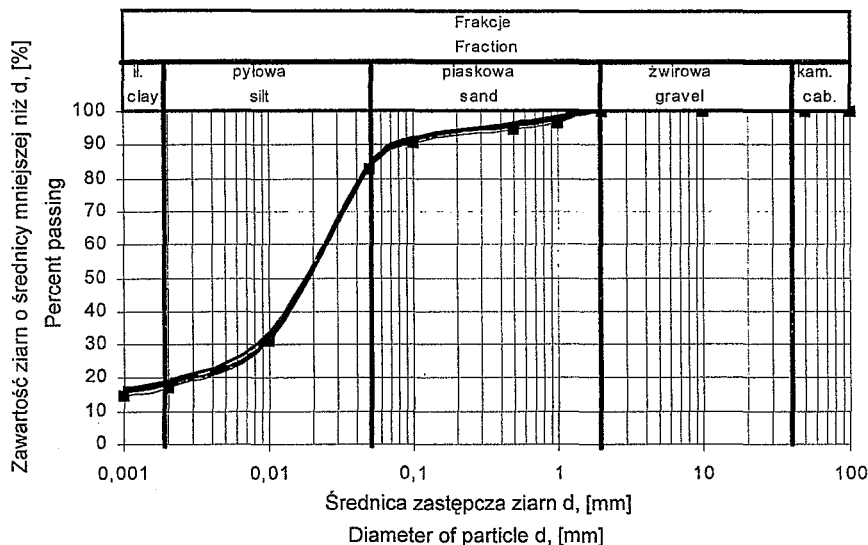
Opis materiału badawczego

Celem określenia przydatności preparatu Roadbond do stabilizacji gruntów spoistych przeprowadzono w Katedrze Geoinżynierii SGGW badania laboratoryjne na próbkach gliny pylastej.

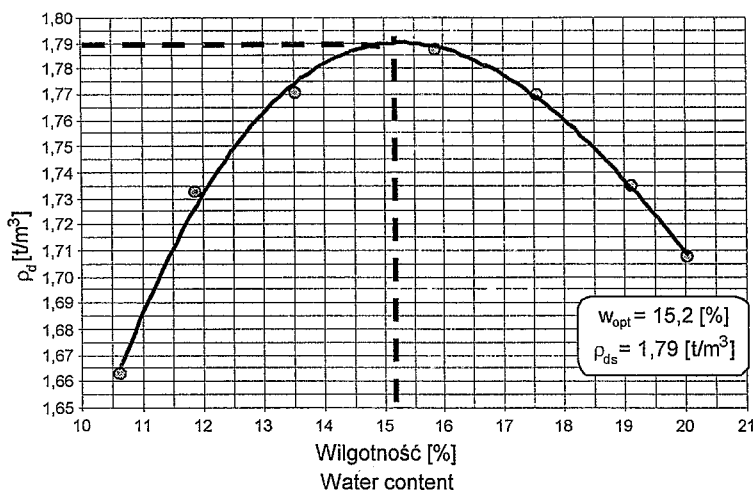
Grunt do badań pobrano z terenu Warszawskiego Rolno-Spożywczego Rynku Hurtowego SA w Broniszach koło Warszawy. Badanie składu granulometrycznego przeprowadzono stosując analizę sitową i aerometryczną według normy PN-86/B-02480. Przeprowadzone badania wykazały, że grunt ten jest gliną pylastą (rys. 2). Na wykresie przedstawiono wartości średnie i odchylenia standardowe od tych wartości dla sześciu prób.

Granice płynności wyznaczono w aparacie Casagrande'a i wyniosła ona $w_L = 33,5\%$, granicę plastyczności wy-

znaczono przez wałeczkowanie i wyniosła ona $w_p = 11,0\%$, w związku z powyższym wskaźnik plastyczności wyniósł $I_p = 22,5\%$. Dla każdego badania wykonano po cztery powtórzenia w celu sprawdzenia poprawności uzyskanych wyników. Aby wyznaczyć wilgotność optymalną i gęstość objętościową szkieletu gruntowego, przeprowadzono badanie metodą Proctora (rys. 3). Po przeanalizowaniu właściwości fizycznych badanego gruntu stwierdzono, iż znajduje się on na granicy przydatności do stabilizacji cementem. Jednakże biorąc pod uwagę wskaźnik plastyczności należałoby najpierw ulepszyć grunt wapnem w ilości od 2 do 4% lub stosować najpierw stabilizację granulometryczną w celu zmiany właściwości fizycznych badanego gruntu. W związku z powyższym zdecydowano się na badania wstępne nad zastosowaniem środka chemicznego



RYSUNEK 2. Krzywa uziarnienia badanego gruntu
FIGURE 2. Grain size distribution of tested soil



RYSUNEK 3. Krzywa zagęszczalności gruntu spoistego z Bronisz uzyskana w badaniu Proctora
FIGURE 3. Standard Proctor compaction curve for cohesive soil from Bronisze site

Roadbond SPP służącego do stabilizacji gruntów spoistych. Badany grunt spełnia wymagania przydatności do stabilizacji.

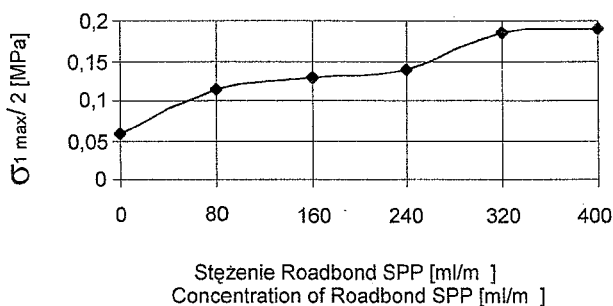
Wyniki badań

Celem badań było określenie wpływu środka chemicznego Roadbond SPP na zmianę wytrzymałości gruntu spoistego. Badania przeprowadzono w laboratorium Katedry Geoinżynierii SGGW w Warszawie.

Grunt do badań został wysuszony, a następnie doprowadzony do wilgotności optymalnej przez dodanie wody z preparatem Roadbond SPP w ilości 0, 80, 160, 240, 320, 400 ml/m³ gruntu suchego. Następnie grunt był zagęszczany zgodnie z

metodą Proctora. Z tak przygotowanego do badań gruntu wycinano próbki o wysokości 80 mm i średnicy 37,5 mm. Przygotowane próbki cechowały się następującymi parametrami: $w = 16,2\%$, $\rho = 2,02 \text{ t/m}^3$, $\rho_d = 1,74 \text{ t/m}^3$, $I_s = 0,97$. Przygotowanie próbek było umieszczane w eksykatorze wypełnionym wodą na okres 7 dni.

Badania wykazały wzrost wytrzymałości na ścinanie przy jednoosiowym ścisnieniu gliny pylastej od 0,055 MPa dla gruntu nie wzmacnianego preparatem Roadbond SPP do około 0,195 MPa dla gruntu wzmacnionego. Próbki były ścinane w aparacie trójosiowym przy $\sigma_3 = 0$. Zależność wytrzymałości na ścinanie od zastosowanego stężenia preparatu Roadbond SPP przedstawia rysunek 4.



RYSUNEK. 4. Zależność wytrzymałości na ścinanie przy jednoosiowym ściskaniu od stężenia Roadbond SPP

FIGURE 4. Relationship between unconfined compressive strength and Roadbond SPP content

Podsumowanie

Badania przeprowadzone w laboratorium Katedry Geoinżynierii SGGW wykazały skuteczność preparatu Roadbond SPP w stosowaniu go do stabilizacji gliny pylastej. Wyniki ściskania jednoosiowego wskazują, że następuje przyrost wytrzymałości gruntu z 0,055 MPa do 0,195 MPa jako wynik chemicznego wiązania minerałów ilastych. Zwiększanie stężenia środka Roadbond SPP powyżej 320 ml/m³ nie wpływa znacząco na wzrost jego wytrzymałości na ścinanie. Zatem optymalne jest stężenie 320 ml/m³, przy którym wytrzymałość gruntu na ścinanie przy jednoosiowym ściskaniu wzrosła około 4 razy. Wyniki badań potwierdzają celowość stabilizacji chemicznej gliny pylastej w celu zwiększenia jej nośności.

Literatura

- JAWORSKI J. 1979: *Drogi gruntowe*. Instytut Badańczy Dróg i Mostów, Warszawa.
- KALABIŃSKA M., PIŁAT J. 1993: *Technologia materiałów i nawierzchni drogowych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- MISZTAŁ Z. 1995: Tanie sposoby utwardzania nawierzchni dróg gminnych i rolniczych. *Drogoznictwo* 8.
- OSIŃSKI A., PÓŁTORAK G. 1998: Wykorzystanie gruntów spoistych do budowy dróg rolniczych. *Przegląd Naukowy*, Warszawa, s. 219–224.
- TULMAN E. 1979: *Technologia materiałów drogowych*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- ROLLA S. 1979: *Badanie materiałów i nawierzchni drogowych*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- WILUN Z. 1967: *Mechanika gruntów i gruntoznawstwo drogowe*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Praca zbiorowa 1986: *Projektowanie i elementy budowy dróg rolniczych i wiejskich*. Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Instytut Badań Dróg i Mostów, Warszawa.

Summary

Rural road pavement construction with use local material. The paper presents an analysis of the results of Roadbond SPP application for cohesive soil stabilisation in rural road pavement. Compaction tests carried out on silty clay indicated that the maximum dry density equal to $\rho_{ds} = 1,79 \text{ t/m}^3$ and optimum moisture content equal to $w_{opt} = 15,2\%$.

Tests were performed for silty clay with six different content of chemical stabilizer Roadbond SPP. Obtained test results indicate that the unconfined compression strength of treated soil increases four times when Roadbond content is reached 320 ml/m³.

Author's address:

A. Osiński
Warsaw Agricultural University – SGGW
Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska
SGGW
02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
osinski@alpha.sggw.waw.pl

Jerzy WYSOCKI

Katedra Budownictwa i Geodezji,
Zakład Geodezji i Fotogrametrii SGGW
Department of Building nad Geodesy,
Division of Geodesy and Photogrammetry WAU

Kataster jako baza danych dla Krajowego Systemu Informacji o Terenie

The cadastre as a base of the data for the Land Information System

Wprowadzenie

Komputerowe systemy GIS określają również jako Systemy Informacji Przestrzennej (Gaździcki 1990; Zapart 1994) są szybko rozwijającą się dziedziną, która integruje współczesną wiedzę informatyczną oraz rozumianą bardzo szeroko naukę o Ziemi i jej środowisku (o terenie). Można do niej zaliczyć geografię, geologię, hydrografię, hydrologię, fotogrametrię-teledektację, geodezję, kartografię, inżynierię, kształtowanie i ochronę środowiska oraz dziedziny im towarzyszące. Zwiększające się tempo zmian otaczającego nas lokalnego, regionalnego i globalnego środowiska pod wpływem przeobrażeń cywilizacyjnych, wymaga obecnie stosowania coraz efektywniejszych form i sposobów pozyskiwania, przetwarzania i udostępniania informacji o środowisku (terenie). Systemy

Informacji Przestrzennej mogą być odpowiednim do tego narzędziem (Konf. Nauk.-Techn. 1999).

Obecnie coraz częściej używa się pojęcia GIS zintegrowany, określającego System Informacji Przestrzennej akceptujący wszystkie źródła danych oraz sposoby reprezentacji informacji. Czyli GIS zintegrowany nie jest tylko wektorowy czy tylko rastrowy, gdyż musi uwzględniać konieczność operowania obiema metodami zapisu. Taki otwarty system może operować w przestrzeni 2D (X, Y), wykorzystywać NMT-DTM (Karaszkie-wicz, Wysocki 1998; Wysocki 1995, 1997, 1998, 1999, 2000), a w miarę potrzeby budować obiekty 3D (Konf. Nauk.-Techn. 1999; Pachelski 1999; Pachelski, Wysocka 1999; Wilkowski 1998; Wysocka 1999).

Zagadnienia te znajdują szerokie odzwierciedlenie w koncepcji krajowego systemu informacji przestrzennej

(Linsenbarth 1999), która zakłada ściśle powiązanie pomiędzy poszczególnymi ogniwami SIP, czyli twórcami danych, ich dysponentami, integratorami danych oraz ich odbiorcami – użytkownikami. Twórców danych można z kolei podzielić na twórców danych geodezyjnych i danych tematycznych-specjalistycznych (Wysocki 1999). W koncepcji przyjęto, że dane geodezyjne gromadzone przez Ośrodki Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej powinny być następnie integrowane z informacjami tematycznymi, tak aby odbiorca (użytkownik) mógł na odpowiedniej drodze (np. przez Internet) otrzymać interesujące go informacje przestrzenne.

Jednocześnie art. 5 ustawy „Prawo geodezyjne i kartograficzne” określił, że dane zawarte w ewidencji gruntów i budynków, ewidencji sieci uzbrojenia terenu oraz w państwowym zasobie geodezyjnym i kartograficznym stanowią podstawę do założenia krajowego systemu informacji o terenie. Z ustawy tej wynika, że Krajowy System Informacji o Terenie (SIT) rozumiany jest w znacznie szerszym ujęciu niż system katastralny.

Kataster a Krajowy System Informacji o Terenie

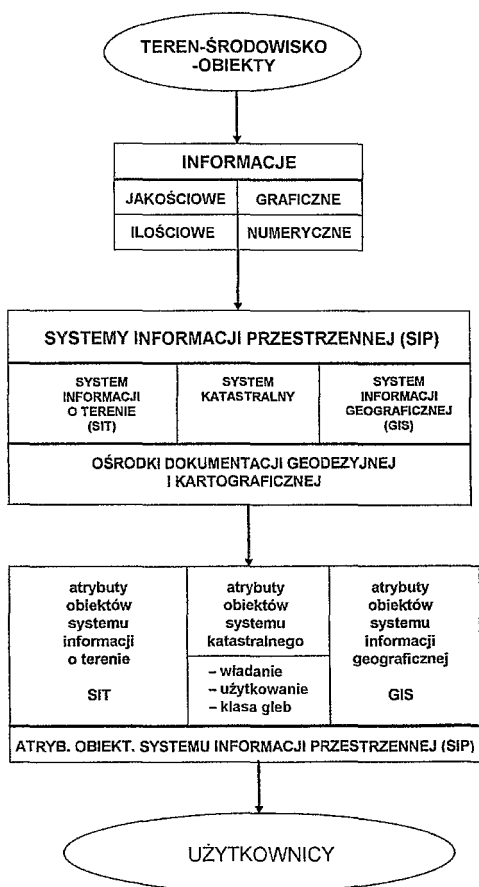
Jak wynika z ustawy „Prawo geodezyjne i kartograficzne”, krajowy system informacji o terenie obejmuje również elementy (obiekty) związane z uzbrojeniem terenu (infrastrukturą techniczną) oraz z różnymi formami zagospodarowania terenu i jest rodzajem systemu informacji o terenie, który obejmuje także stany prawne gruntów i ich wartości.

W zakresie informacji katastralnych można wyróżnić dwa stany: stan faktyczny, tj. rodzaje informacji, jakie aktualnie zawarte są w zbiorach danych katastralnych, oraz stan prawny, tj. rodzaje informacji, które będą docelowo, na podstawie obowiązujących przepisów prawnych, znajdować się w tych zbiorach.

Informacje zarejestrowane w istniejących operatach ewidencyjnych zawierają dane podmiotowe, dotyczące właścicieli oraz samoistnych posiadaczy, jak również dane przedmiotowe, dotyczące gruntów będących własnością lub znajdujących się w samoistnym posiadaniu określonych podmiotów stanowiących osoby fizyczne lub osoby prawne.

Informacje, które będą docelowo znajdować się w zbiorach Krajowego Systemu Informacji o Terenie, zostały w stosunku do powyższego zakresu znacznie wzbogacone. Będą to informacje o nieruchomościach gruntowych, budynkowych i lokalowych, jak również o budynkach i lokalach stanowiących części składowe nieruchomości. Tworzone nowe zbiory katastralne rozszerzają również zasób informacji o charakterze podmiotowym, którymi są: właściciele, użytkownicy wieczysti, samoistni posiadacze oraz podmioty ewidencjonowane wspólnie. Z powyższego wynika, że Krajowy System Informacji o Terenie (SIT) będzie zasilany ze współczesnego systemu katastralnego (rys. 1) poprzez gromadzone w komputerowych bazach dane dotyczące:

- poszczególnych obiektów katastralnych (działek),
- stanu prawnego nieruchomości,
- sposobu użytkowania nieruchomości.



RYSUNEK 1. Schemat Systemu Informacji Przestrzennej
FIGURE 1. The Scheme of the Land Information System

Podsumowanie

Z powyższych rozważań wynika, że nowoczesny kataster może dać podstawę Krajowemu Systemowi Informacji o Terenie (SIT). Według przyjętych założeń (Bujakowski 1999), system katastralny

będzie w pełni z informatyzowany, z zapewnieniem bezpośrednich połączeń pomiędzy podstawowymi członami systemu, będzie to system integrujący różne potrzeby gospodarki narodowej i administracji publicznej.

Literatura

- BUJAKOWSKI K. 1999: Kierunki rozwoju katastru nieruchomości w Polsce. *Przegl. Geodez.*, Nr 12, Warszawa.
- CHMIEL J., LADY-DRUZYCKA K., OSTROWSKI P., BIAŁOUSZ S., WILKOWSKI W., ROZYCKI S. 1999: *PRONET/CCE – cztero-godzinny moduł do nauczania katastru i SIT w Internecie*. Mat. IX Konf. Nauk.-Techn., Warszawa.
- GAŹDZICKI J. 1990: *Systemy informacji przestrzennej*. PPWK, Warszawa-Wrocław.
- GAŹDZICKI J. 1995: *Systemy katastralne*. PPWK, Warszawa-Wrocław.
- KARASZKIEWICZ W., WYSOCKI J. 1998: *Możliwości wykorzystania numerycznego modelu terenu metodą GPS jako bazy danych dla nakładki wysokościowej do mapy katastralnej*. Mat. Konf. Pol. Lwowska. Lwów, Ukraina.
- KONF. NAUK.-TECHN. 1999: *GIS w praktyce*. Mat. Konf., Poznań. Prace IGiK, t. XLVI, z. 99.
- IX KONF. NAUK.-TECHN. 1999: *Systemy informacji przestrzennej*. Mat. Konf., Warszawa.
- LINSENBARTH A. 1999: *Koncepcja krajowego systemu informacji przestrzennej*. Mat. IX Konf. Nauk.-Techn., Warszawa.
- PACHELSKI W. 1999: *Źródła europejskiego SIT oraz udział norm europejskich w jego budowie i rozwoju*. Prace IGiK, tom XLVI, zeszyt 98, Warszawa.
- PACHELSKI W., WYSOCKA E. 1999: *Standaryzacja systemów informacji przestrzennej; teoria i praktyka*. Prace IGiK, tom XLVI, zeszyt 98, Warszawa.
- WILKOWSKI W. 1998: Światowe tendencje funkcjonowania katastru. *Przegl. Geodez.*, Nr 10, Warszawa.
- WYSOCKA E. 1999: *Krajowa infrastruktura danych przestrzennych a system informacji*

- przestrzennej w Polsce*. Mat. IX Konf. Nauk.-Techn., Warszawa.
- WYSOCKI J. 1995: Możliwości zastosowania zdjęć lotniczych do rejestracji zmian w strefie podmiejskiej dla potrzeb SIP (GIS). *Przegl. Nauk. Wyzd. MiŚ, SGGW*, z. 7, Warszawa.
- WYSOCKI J. 1997: *On the approximation of land surface in the computerised methods of working out contour lines*. Mat. Konf. Pol. Lwowska. Lwów, Ukraina.
- WYSOCKI J., ORŁOWSKI P. 1998: *Zagadnienie dokładności digitalizacji w procesie transformacji map ewidencyjnych dla potrzeb katastru*. Mat. Konf. Pol. Lwowska. Lwów, Ukraina.
- WYSOCKI J. 1998: *Numeryczny model terenu jako baza danych dla przestrzennego urządzania zlewni i potrzeb konstrukcji inżynierskich*. Mat. Konf. SGGW, PAN, Warszawa.
- WYSOCKI J. 1999: Metody GPS i możliwości ich zastosowania do tworzenia numerycznego modelu terenu (NMT) dla inżynierii środowiska. *Przegl. Nauk Wyzd. MiŚ, SGGW*, z. 17, Warszawa.
- WYSOCKI J. 1999: *Specjalizacja „geodezyjna” na specjalności Urządzanie Terenów Wiejskich, kierunku Inżynieria Środowiska*. Mat. XIV Konf KiZG, Pol. Koszał. PAN, Mielno.
- WYSOCKI J. 1999: *Geodezja z fotogrametrią*. Wydaw. SGGW, wyd. V, Warszawa.
- WYSOCKI J., KARASZKIEWICZ W. 2000: *The possibilltess of the application of digital terrain model by GPS method for environmental engineering*. *Ann. Wars. Agricult. Univ., SGGW, Land Reclamation* (w druku).
- ZAPART P. 1994: *GIS, Komputerowe Systemy Informacji Przestrzennej*. Intersoftland, Warszawa.

Summary

The cadastre as a base of the data for the Land Information System. Information is playing an increasingly crucial role, and development of information systems is becoming more and more important. The cadastre and land registration sector is one of number of sectors provide essential services within a market economy and play a large part in supporting the four freedoms – movement of goods, services, people and capital. This paper presents cadastre in the Poland and its attempts to build a base of the data for the Land Information System.

Author's adress:

J. Wysocki
Warsaw Agricultural University – SGGW
02–787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
Poland

Grzegorz ADAMCZYK, Mieczysław POŁOŃSKI

Katedra Geoinżynierii,
Zakład Technologii i Organizacji Robót Inżynierskich SGGW
Department of Geotechnical Engineering,
Division of The Technology and Organization of Engineering Works WAU

Program do kosztorysowania ZUZIA '99 **The program for cost calculations ZUZIA '99**

Katedra Geoinżynierii na Wydziale Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW od lutego tego roku jest użytkownikiem programu do komputerowego kosztorysowania Zuzia '99. Jest to możliwe dzięki uprzejmości firm: Amplus z Warszawy – dystrybutora i Datacomp z Krakowa – producenta tego programu. Program ma licencję na dziesięć stanowisk i został zainstalowany w uczelnianej pracowni komputerowej na platformie systemowej MS Windows NT 4.0. Podczas semestru wiosennego odbył się pierwszy kurs dla studentów z zakresu obsługi programu w ramach przedmiotu fakultatywnego, obowiązującego studentów IV roku budownictwa: „Informatyczne systemy zarządzania przedsiębiorstwem”. Celem artykułu jest przybliżenie kosztorysowania przy użyciu metod komputerowych, wykorzystując program do kosztorysowania ZUZIA '99. W artykule opisano podstawowe funkcje programu, jego wymagania techniczne i wskazówki dla użytkowników.

Minimalna konfiguracja sprzętowa potrzebna do uruchomienia programu to dla wersji pracującej w systemie DOS:

komputer AT 286 z 1 MB pamięci RAM, kartą VGA mono, dyskiem twardym z ok. 80 MB wolnego miejsca i myszką, a dla wersji pracującej w systemie Windows: komputer 486, 8 MB RAM (32 MB dla Windows NT), dysk twardy z ok. 80 MB wolnego miejsca.

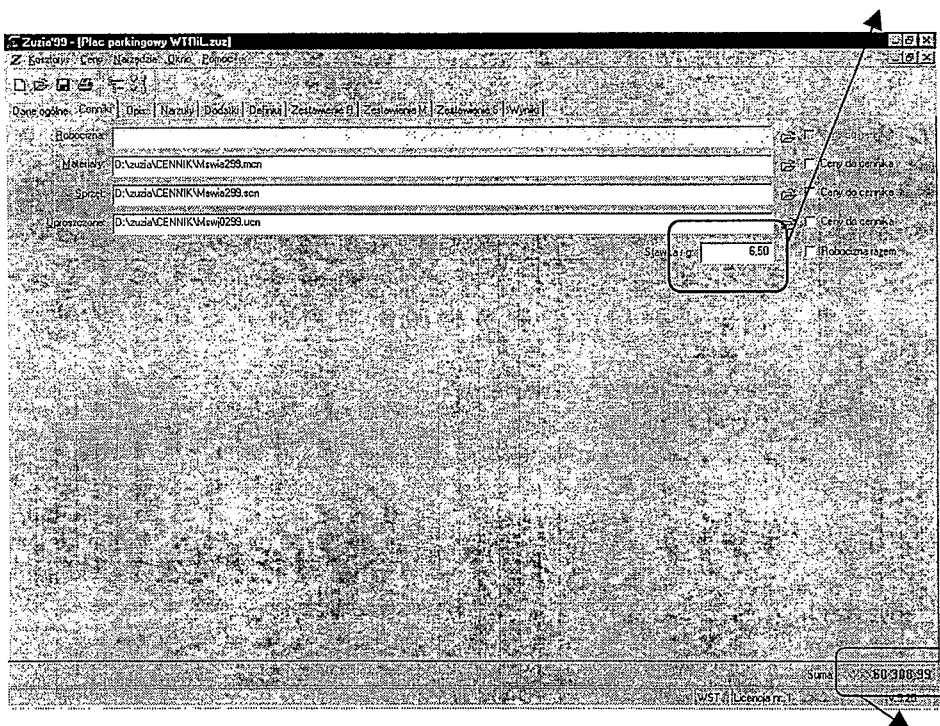
Instalacja programu przebiega bardzo sprawnie. Po przekopiowaniu do wybranego foldera na dysku podstawowych zbiorów użytkownik może zdecydować, które katalogi kosztorysowe mają zostać zainstalowane. Oczywiście w każdym momencie jest możliwa reinstalacja programu w celu zainstalowania nie wybranych katalogów, usunięcia już istniejących lub aktualizacji bazy katalogowej. Program ma zabezpieczenie sprzętowe w postaci klucza systemowego HASP wpinanego w port LPT1 lub LPT2 komputera. Bez obecności klucza w porcie użytkownik nie uruchomi komputera ani nie przeprowadzi instalacji.

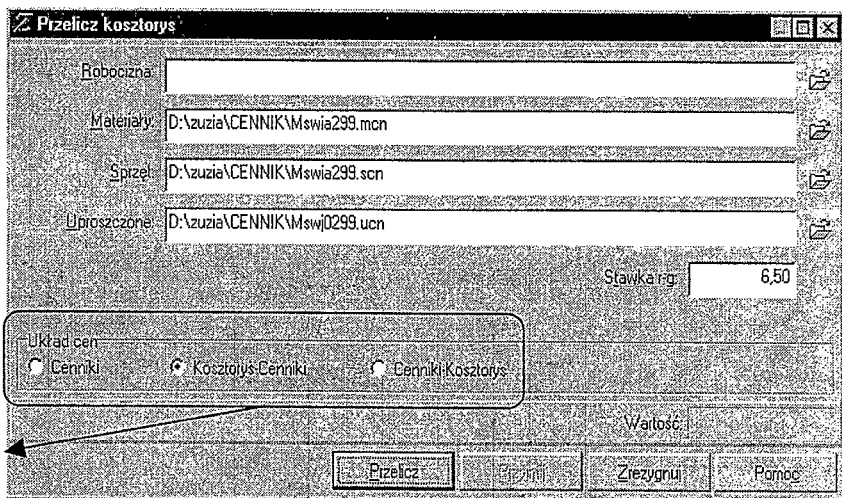
Program kosztorysujący ZUZIA '99 służy do komputerowego kosztorysowania robót budowlano-montażowych i instalacyjnych. Baza programu zawiera

244 katalogi, między innymi: Katalogi Nakładów Rzeczowych, Katalogi Scalonych Norm Kosztorysowych, Katalogi Norm Pracy, Katalogi Konserwatorskie PKZ, Katalogi Scalonych Nakładów Rzeczowych. W programie istnieje też możliwość tworzenia własnych katalogów.

Obsługa ZUZI '99 nie powinna sprawiać kłopotów nawet początkowym użytkownikom programów kosztorysujących. Interfejs programu jest bardzo czytelny, układ pasków narzędzi, stanu i linia menu głównego nie różni się od innych programów pracujących w systemie Windows. Po uruchomieniu programu i wybraniu nowego kosztorysu na

ekranie ukazuje się szereg zakładek. Pierwsza z nich to *dane ogólne* (kursywa oznacza nazwę zakładki w programie), deklaruje się tam podstawowe wiadomości o kosztorysie: nazwę, autora, inwestora, budowę i obiekt kosztorysowania. Kolejną zakładką są *cenniki*. Można w niej definiować cenniki robocizny, materiałów, sprzętu i ceny uproszczone, przypisując do kosztorysu bazę cenową, z której będą pobierane ceny dla składników w tym kosztorysie. W osobnym oknie można zadeklarować stawkę roboczo-godziny. Program może korzystać z cenników dostarczanych na dyskietkach przez wyspecjalizowane firmy, takie jak: „Orgbud”, „Secocenbud” lub „Bistyp”. Istnieje





je też możliwość stworzenia własnego cennika przez indywidualne definiowanie cen nakładów w kosztorysie. Do programu dołączane są cenniki MSWiA, umożliwiające rozpoczęcie pracy z programem. Przez cały czas pracy z programem w prawym dolnym rogu pojawia się aktualna wartość kosztorysu. Po kliknięciu na nią prawym przyciskiem myszy otwiera się okno „przelicz kosztorys”. Użytkownik może w tym oknie przyjąć nową stawkę roboczo-godzinny jak i zmienić cennik. Przeliczenie nowego kosztorysu może się odbywać w układach: cenniki (podczas przeliczania program korzysta tylko z nowego cennika, a nie znalezionym nakładom przypisuje cenę zerową), kosztorys – cenniki (ceny są brane z nowo wybranego cennika, a zerowe zastępowane cenami z kosztorysu), cenniki – kosztorys (niezerowe ceny nakładów pozostają bez zmian, a ceny zerowe są przyjmowane z nowego cennika).

Następnymi zakładkami po *cennikach* są *opis*, *narzuty* i *dodatki*. W pier-

wszej z nich zamieścić można opis kosztorysowanego obiektu i robót, w drugiej zaś określić wielkość i sposób wyliczania narzutów dla kosztorysu. Użytkownik może przyjąć oprócz standardowych narzutów (koszty zakupu, koszty pośrednie, zysk, czynny zakład i warunki szkodliwe) do 5 własnych. Stawka każdego narzutu może być definiowana indywidualnie. Trzecia zakładka *dodatki* pozwala na zdefiniowanie maksymalnie 5 narzutów lub rabatów od całej wartości kosztorysu. Najczęściej używaną podczas edycji kosztorysu jest zakładka *definiuj*. Wybranie właściwej podstawy jest możliwe na kilka sposobów, między innymi przez pełne zdefiniowanie podstawy (podanie: nazwy katalogu, numeru katalogu, numeru tablicy i numeru kolumny) lub przez podanie części podstawy (np. numeru katalogu – program poda listą rozdziałów katalogu, a po wybraniu odpowiedniego wyświetli tablice dostępne dla tego rozdziału). Tworzenie kosztorysu przebiega więc bardzo spraw-



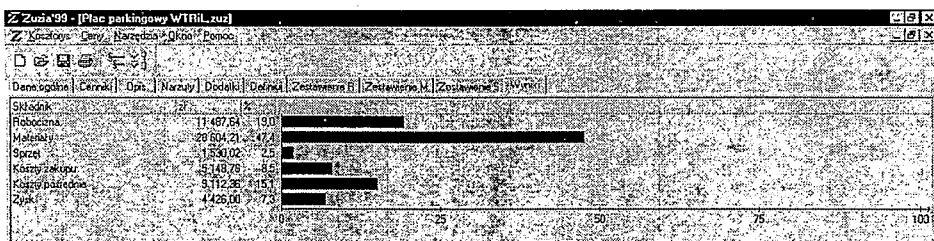
W przypadku obmiaru składającego się z kilku pozycji możliwe jest skorzystanie z funkcji ilość robót (podkreślenie oznacza nazwę funkcji programu) wywoływanej przez dwukrotne naciśnięcie lewego przycisku myszy na okienku ilość. Funkcja ilość robót pozwala zdefiniować dla jednej pozycji w polu obmiar wyrażenie matematyczne zawierające do 90 znaków i 59 pozycji dla jednej ilości robót. Jeśli chodzi o pozycje, jest to liczba wy-

ZUZIA'99 - [Plac parkingowy WTRIL.zuz]									
Z: Kosztorys Cena Narzędzia Okno Pomoc									
Dane ogólne Cenniki Opcje Narzędzia Dodatki Wyniki Zestawienie R Zestawienie H Zestawienie S Wyniki									
Numer	Podstawa / Opis	Ilość	Jednostka	Koszt					
0.001	KNR 231/101/1 Kotła wykonywane na całej szerokości jezdní i chodników, mechanicznie, grunt kategorii IV, na głębokości 20 cm	730	m ²						
0.002	KNR 231/101/2 Kotła wykonywane na całej szerokości jezdní i chodników, mechanicznie, grunt kategorii IV, dodatek za każde 5 cm głębokości	730	m ²					5,00	
0.003	KNR 231/105/3 Warstwy podsypankowe, podsypanka piaskowa, zagęszczenie mechaniczne grubość warstwy po zagęszczeniu 3 cm	730	m ²						
0.004	KNR 231/105/4 Warstwy podsypankowe, podsypanka piaskowa, zagęszczenie mechaniczne dodatek za każdy następny 1 cm grubości warstwy	730	m ²						12,0
0.005	KNR 231/105/1 Zasypki z kruszywa naturalnego, grubość warstwy po zagęszczeniu 12 cm	730	m ²						
0.006	KNR 231/105/2 Podbudowy betonowe, z dylatacją, dodatek za każdy następny 1 cm grubości warstwy	730	m ²						3,00
0.007	KNR 231/303/1 Nawierzchnie z kostki betonowej, kostka betonowa 14x12 cm na podsypance piaskowej z wypełnieniem spoin piaskiem	730	m ²						
Robocizna									
Nakład 1/1									
Jednostka Norma Ilość Cena Wartość									
Beloniarze grupa III									
Pg 0,0006 58,038 6,50 382,45									
Cieśle grupa II									
Pg 0,0008 5,84 6,50 37,96									
Robolnicy grupa II									
Pg 0,1722 125,706 6,50 817,09									
Materiały									
Beton zwykły z kruszywa naturalnego									
m ³ 0,1218 68,914 110,14 9792,99									
Krawężniki żłte obrzynane klasa III									
m ³ 0,0005 0,365 473,00 172,65									
Papa asfaltowa izolacyjna									
m ² 0,0305 22,265 1,26 26,05									
Woda									
m ³ 0,01 7,3 0,10 0,73									
Materiały pomocnicze									
Materiały inne (Materiały)									
Z 0,5 25,97									
Sprzęt									
Walec wibracyjny samojedźny 7,5 t (I)									
m ^g 0,0402 29,346 27,33 602,03									
Suma 50.008,99									
WST Licencja nr 1 5,525									

materiału lub sprzętu przenosząc tylko samą jej wartość lub też zastępując ją ceną podobnego materiału lub sprzętu. Ostatnią zakładką są *wyniki*. Zakładka zawiera zbiorcze zestawienie kosztów w kosztorysie w formie procentowego wykresu. Podane są kolejno: nazwa składnika, koszt, udział procentowy oraz wykres obrazujący ten procentowy udział. Jest to bardzo czytelna forma prezentacji końcowych wyników kosztorysu. Kończąc opis podstawowych funkcji programu należy wspomnieć o opcjach dodatkowych, ułatwiających pracę i pozwalających dostosować program do indywidualnych potrzeb użytkownika. Są one dostępne na pasku narzędzi z przycisku konfiguracja. Po wybraniu tej funkcji otwiera się nowe

okienko z dwoma zakładkami: *ogólne* i *wygląd*. Pierwsza z nich pozwala między innymi na ustawienie funkcji umożliwiającej automatyczne zapisywanie tworzonego kosztorysu. Ponieważ czas zapisu pliku z kosztorysem jest krótki (ze względu na mały rozmiar), zaleca się ustawienie krótkiego czasu pomiędzy kolejnymi zapisami.

Kolejną funkcją, bardzo przydatną szczególnie początkującym kosztorysantom, jest możliwość wyświetlania 8 aktów prawnych dotyczących kosztorysowania. Niestety, aktów nie można wydrukować co jest pewnym ograniczeniem programu. Zastanawiając się jeszcze nad ograniczeniami programu należy wymienić brak przycisku „cofnij”, który

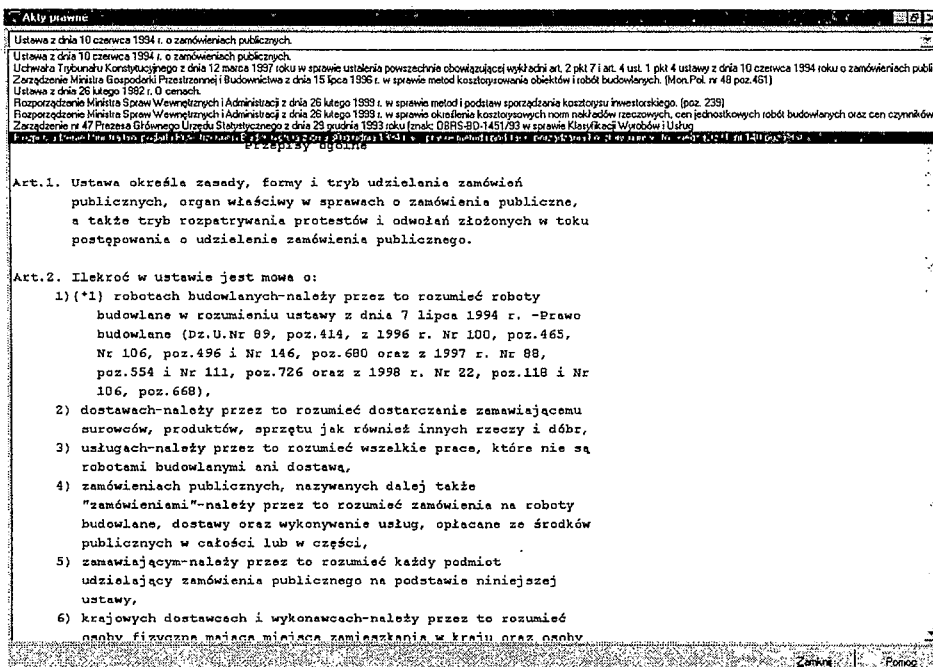


jest bardzo przydatny i często wykorzystywany w programach.

Do programu kosztorysującego ZUZIA '99 dołączony jest bezpłatny program ZUZIA BBS. Skrót BBS oznacza Bulletin Board System czyli System Rozpowszechniania Dokumentów. System ten umożliwia użytkownikowi posiadającemu dostęp do Internetu kopiowanie najnowszych cenników oraz uaktualnień kolejnych wersji programu i katalogów.

Dołączenie tego modułu świadczy o dużej dbałości producenta programu o komfort pracy użytkownika.

Program do kosztorysowania robót budowlano-montażowych i instalacyjnych ZUZIA '99 jest nowoczesnym narzędziem wyposażonym w szereg opcji ułatwiających użytkownikowi stworzenie własnego kosztorysu. Program oprócz opisanych wyżej opcji i narzędzi ma między innymi możliwości wyszuki-



wania tekstów w katalogach, dowolnego konfigurowania wydruków, eksportu danych do programów do harmonogramowania oraz definiowania kosztów jednorazowych sprzętu. Zajęcia ze studentami dotyczące tego programu udowodniły jego skuteczność i łatwość obsługi. Aktualnie w Katedrze Geoinżynierii jest realizowana praca magisterska, w której zostanie zamieszczony kosztorys wykonany przez dyplomantkę właśnie w programie ZUZIA '99.

Literatura

- ZYZCHOWICZ A.1997: *Vademecum kosztorysanta* CADCAM FORUM, Nr 12/97, Wydawnictwo LUPUS, Warszawa.
 ZYZCHOWICZ A. *Edbud kosztorys*. CADCAM FORUM, Nr 4/2000, Wydawnictwo LUPUS, Warszawa.

Instrukcja obsługi programu do komputerowego kosztorysowania robót budowlano-montażowych i instalacyjnych Zuzia '99; Datacomp, Kraków 1999.

Strona internetowa producenta programu ZUZIA firmy Datacomp; www.datacomp.com.pl.

Summary

The aim of this paper is to present modern program ZUZIA '99 made by Datacomp. The article present main functions, a few screens example and indications of using this program.

Authors' address:

G. Adamczyk, M. Połński
 Warsaw Agricultural University –SGGW
 02–787 Warszawa , ul. Nowoursynowska 166
 Poland
 Email: grzadam@go2.pl
polonski@alpha.sggw.waw.pl

Tomasz ROZBICKI

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW
Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU

Obliczenie potencjalnego przyrostu plonu pszenicy ozimej metodą optymalnych opadów atmosferycznych

Assessment of winter wheat yield potential increase using the optimum of rainfall method

Wstęp

Równania wiążące wysokość plonów roślin uprawnych i elementy meteorologiczne, zwane modelami pogoda-plon, umożliwiają symulację zachowania się rośliny w zmieniających się warunkach meteorologicznych. Istnieje wiele innych przykładów zastosowań takich modeli: prognoza wysokości i jakości plonów, określenie wartości plonotwórczej elementów meteorologicznych, prognozowanie wysokości plonów o określonym prawdopodobieństwie, sporządzanie ogólnych i szczegółowych map bonitacyjnych klimatu. W niniejszej pracy, wykorzystując wspomniane na wstępie równania oraz sumy opadów optymalnych dla roślin wg Klatta, podjęto próbę określenia potencjalnego przyrostu plonu pszenicy ozimej, to znaczy zbadania, o ile wzrośnie wysokość plonu w przypadku wystąpienia opadu optymalnego w określonym okresie rozwojowym.

Materiał i metoda

Do opracowania modeli pogoda-plon wykorzystano materiał badawczy pochodzący z czterech Stacji Doświadczalnych Oceny Odmian i związanych z nimi stacji meteorologicznych sieci IMGW. Stacje w Prusimiu i w Radostowie leżą w obrębie klimatu bałtyckiego. Stacje w Kościelcu i w Sulejowie położone są na obszarze klimatu Wielkich Dolin. Uprawa pszenicy ozimej w Prusimiu i w Kościelcu prowadzona jest na glebach lekkich, w Sulejowie na glebach średnich, a w Radostowie na ciężkich. Dla Prusimia, Kościelca i Sulejowa materiał pochodzi z 22-lecia 1969–1990, w przypadku stacji w Radostowie z 17-letniego okresu 1969–1985. Przedstawione poniżej związki między wysokością plonu a elementami meteorologicznymi określono metodą analizy regresji wielokrotnej krokowej (Rozbicki 1997). Równanie dla Prusimia przyjmuje postać:

$$Y = 12,216 - 0,222 \cdot t_{\max(WR)} + \\ - 0,0956 \cdot t_{\min(ZK)} + 0,291 \cdot P_{(ZK)} + \\ - 0,0528 \cdot L_{(ZK)} - 0,129 \cdot I_{a(KD)} + \\ - 0,757 \cdot dv_{(ZK)}$$

Dla Radostowa:

$$Y = 3,865 + 0,000191 \cdot P_{(SW)} + \\ - 0,734 \cdot IL_{(SW)} + 0,753 \cdot a_{(WR)} + \\ - 1,638 \cdot P_{(RZ)} - 6,806 \cdot IL_{(RZ)} + \\ - 0,391 \cdot d_{(RZ)}$$

Dla Kościelca:

$$Y = 11,815 - 0,312 \cdot P_{(SW)} + \\ - 0,129 \cdot I_{a(SW)} - 0,221 \cdot dv_{(SW)} + \\ + 1,729 \cdot P_{(ZK)} - 5,842 \cdot IL_{(ZK)} + \\ - 0,441 \cdot t_{\min 5(KD)}$$

Dla Sulejowa:

$$Y = 4,621 - 2,136 \cdot IL_{(RZ)} + \\ + 1,739 \cdot P_{(ZK)} + 0,168 \cdot L_{(ZK)} + \\ - 0,573 \cdot I_{a(ZK)} - 1,577 \cdot IL_{(KD)} + \\ - 0,131 \cdot I_{a(KD)}$$

gdzie:

$t_{\max}$ – temperatura maksymalna powietrza [$^{\circ}\text{C}$],

$t_{\min}$ – temperatura minimalna powietrza [$^{\circ}\text{C}$],

P – wskaźnik opadu [$\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$],

L – liczba dni z opadem,

I_a – wskaźnik wilgotności gruntu obliczony metodą „amerykańską”,

dv – iloczyn niedosytu wilgotności powietrza i pierwiastka prędkości wiatru,

IL – wskaźnik wilgotności gruntu obliczony metodą Lambora,

a – amplituda temperatury powietrza [$^{\circ}\text{C}$],

d – niedosyt wilgotności powietrza [hPa],

$t_{\min 5}$ – temperatura minimalna przy gruncie [$^{\circ}\text{C}$],

Indeksy w nawiasach oznaczają, z jakich okresów rozwojowych pochodzą elementy meteorologiczne:

SW – siew – wschody;

WR – wschody – wiosenne ruszenie wegetacji;

RZ – wiosenne ruszenie wegetacji – strzelanie w źdźbło;

ZK – strzelanie w źdźbło – kłoszenie;

KD – kłoszenie dojrzałość woskowa.

Analizie poddano wartości plonów pszenicy ozimej, po uwzględnieniu trendu czasowego, oraz plonów obliczonych za pomocą przedstawionych równań regresji – plonu teoretycznego i plonu optymalnego. Wartości plonu teoretycznego zostały obliczone przez podstawienie do równania średnich wartości wszystkich elementów meteorologicznych. Otrzymano wysokość plonu obliczoną dla rzeczywistych warunków meteorologicznych w danym roku. Wysokość plonu optymalnego w danym roku obliczono w ten sposób, że do równania regresji podstawiono wartości średnie elementów meteorologicznych oraz wskaźnik opadu optymalnego.

Suma opadu czy też ilość wody dostarczana roślinom w pewnym przedziale czasowym nie oddaje rzeczywistych możliwości jej wykorzystania, gdyż długość tej samej fazy fenologicznej zmienia się w kolejnych latach. W celu pełniejszego zobrazowania warunków opadowych wprowadzono wskaźnik opadu, obliczony jako suma opadu atmosferycznego za

okres fazy rozwojowej i podzielona przez długość tej fazy (Łykowski 1984, Rozbicki 1997). Tak zdefiniowany wskaźnik opadu występuje w równaniach regresji i w ten sposób określono wskaźnik opadów optymalnych wg Klatta dla poszczególnych faz rozwojowych pszenicy ozimej.

Wyniki

W tabeli 1 przedstawiono wybrane charakterystyki statystyczne różnic obliczonych między wysokością plonu optymalnego i rzeczywistego oraz różnic obliczonych między wysokością plonu teoretycznego i rzeczywistego. Średnia wartość różnicy pomiędzy wysokością plonu optymalnego i plonu rzeczywistego wskazuje na możliwości wzrostu plonu.

Najwyższą średnią różnicę między plonem optymalnym a plonem rzeczywistym uzyskano dla stacji w Kościelecu $1,96 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Uprawa pszenicy prowadzona jest tam na glebie lekkiej, mającej mniejsze zdolności retencyjne, a stacja leży w obrębie klimatu Wielkich Dolin,

gdzie sumy opadów są niższe. Takie warunki powodują, że opad atmosferyczny ma tu przeważnie decydujące znaczenie dla rozwoju rośliny. Dla drugiej stacji leżącej w tym klimacie, Sulejowa, uzyskano różnicę $0,70 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Mniejsze znaczenie opadu dla rozwoju roślin, a więc i mniejszy potencjalny przyrost plonu wynika z większej retencyjności gleby, na której uprawia się tu pszenicę ozimą. W przypadku stacji w Prusimiu średnia różnica (potencjalny przyrost plonu) wynosi $0,26 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Pomimo tego, że uprawa prowadzona jest na glebie lekkiej, niższa różnica spowodowana jest tym, że w obrębie klimatu bałtyckiego sumy opadów są wyższe a więc bardziej zbliżone do warunków optymalnych. Interesujący wynik osiągnięto dla stacji w Radostowie. Średnia różnica między plonem optymalnym a plonem rzeczywistym jest ujemna ($-0,11 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) i wartość ta jest prawie taka sama jak różnica między wysokością plonu teoretycznego a plonem rzeczywistym ($-0,10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Może to upoważniać do stwierdzenia, że warunki klimatyczne i glebowe Radostowa są zbliżone do optymalnych wilgotności-

TABELA 1. Różnice pomiędzy wartością plonu optymalnego a plonem rzeczywistym oraz różnice pomiędzy wartością plonu teoretycznego a plonem rzeczywistym

Stacja:	Prusim		Radostowo		Kościelec		Sulejów	
Różnica	$Y_o - Y_r$	$Y_t - Y_r$	$Y_o - Y_r$	$Y_t - Y_r$	$Y_o - Y_r$	$Y_t - Y_r$	$Y_o - Y_r$	$Y_t - Y_r$
N	22	22	17	17	22	22	22	22
X	0,26	0,02	-0,10	-0,11	1,95	0,24	0,70	0,02
σ	0,39	0,29	0,99	0,54	1,28	1,01	1,50	0,57
Min	-0,44	-0,71	-2,99	-1,54	-1,13	-1,69	-2,52	-1,76
Max	1,01	0,54	0,98	0,76	3,96	2,23	2,70	0,83
N	8		6		2		5	

Y_o – wysokość plonu optymalnego [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$], Y_r – plon rzeczywisty [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$], Y_t – teoretyczna wysokość plonu [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$], N – liczebność próby, X – średnia wartość różnicy [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$], σ – odchylenie standardowe [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$], n – częstość wystąpienia wartości ujemnej.

wych warunków rozwoju i plonowania pszenicy ozimej.

Wnioski

1. W przypadku stacji w Kościelcu, położonej na glebie lekkiej i leżącej w bardziej suchej części Polski, potencjalny przyrost plonów jest najwyższy. Oznacza to, że gdyby warunki solarne i termiczne w danym roku nie odbiegały od średnich a opad był równy optimum, to wzrost plonu pszenicy ozimej można szacować na $1,95 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.
2. W przypadku Radostowa, położonego na glebach o większej retencyjności wodnej, w obrębie bardziej wilgotnego klimatu (bałtyckiego), przeciętny przebieg warunków opadowych nie wskazuje na możliwości przyrostu plonu pszenicy ozimej.

Literatura

- ŁYKOWSKI B. 1984: Warunki klimatyczne rozwoju i plonowania soi w Polsce. *Rozprawy Naukowe i Monografie*, 84. ss. Wydaw. SGGW-AR, Warszawa.
- RADOMSKI C. 1987: *Agrometeorologia*. Wyd. IV, 534 ss. PWN, Warszawa.
- ROZBICKI T. 1997: *Wpływ warunków meteorologicznych na rozwój i plonowanie wybranych roślin uprawnych w różnych warunkach glebowych*. Praca doktorska, 124 ss. SGGW, Warszawa.

Summary

Assessment of winter wheat yield potential increase using the optimum of rain-fall method. Potential yield increase is defined as the difference between real value of the yield and yield calculated using weather-yield model with substitution the optimum of the precipitation for real sum of precipitation. The regression equations used in the analysis were worked out for four phenological stations situated in two different climatic zones of Poland and situated on different types of soils – from the light to heavy ones.

Author's address:

T. Rozbicki
Warsaw Agricultural University – SGGW
02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
Poland

Joanna MAŁEK, Piotr HEWELKE

Katedra Kształtowania Środowiska SGGW

Międzynarodowe Forum Zarządzania Środowiskowego ISO 14000 „Nasza wspólna przyszłość”

W dniach 25–26.11.1999 r. w Warszawie odbyła się międzynarodowa konferencja dotycząca systemów zarządzania jakością środowiska – Międzynarodowe Forum Zarządzania Środowiskowego ISO 14000. Przewodnim hasłem spotkania zorganizowanego przez Polski Komitet Normalizacyjny, Polskie Forum ISO 9000, Polskie Centrum Badań i Certyfikacji (PCBC) oraz Biuro Zarządzania Jakością, Środowiskiem i BHP była „Nasza wspólna przyszłość”. W konferencji, oprócz polskich specjalistów, wzięli udział specjaliści z Francji, Litwy i Niemiec. Problematyka wygłaszanych referatów obejmowała wszystkie zagadnienia związane z przygotowywaniem, wdrażaniem i certyfikacją systemów zarządzania środowiskowego, a także korzyściami płynącymi z ich stosowania w różnych gałęziach produkcji.

Jako pierwszy wystąpił dr Christian J. Favre, Asystent Sekretarza Generalnego ISO, przypominając historię powstania normy zarządzania środowiskowego serii ISO 14000. Omówił strukturę i ko-

rzyści płynące z jej wdrażania oraz podkreślił skuteczność tego narzędzia w ograniczaniu środowiskowych efektów procesów produkcyjnych. We wstępnej części konferencji podkreślono również, że systemy zarządzania środowiskiem (SZŚ) są powszechnie wdrażane na świecie jako jedno z najefektywniejszych narzędzi ekorozwoju. W Polsce systemy te zyskują dopiero popularność. Istotnym czynnikiem warunkującym ich wdrażanie jest stworzenie przez państwo odpowiednich, stymulujących do zmiany struktury produkcji, warunków ekonomicznych.

W swoim wystąpieniu, dotyczącym odmaterializowania produkcji i konsumpcji, mgr Wojciech Stodulski z Instytutu na Rzecz Ekorozwoju stwierdził jednak, że instrumenty ekonomiczne stosowane w polityce ekologicznej w Polsce w niewielkim stopniu lub w ogóle nie są ukierunkowane na odmaterializowanie produkcji i konsumpcji. System instrumentów ekonomicznych na obecnym etapie transformacji pełni głównie rolę fiskalno-dystrybucyjną, a w mniejszym zakresie służy generowaniu bodźców do oszczęd-

niejszego lub bardziej racjonalnego użytkowania surowców i materiałów w produkcji i konsumpcji.

Najważniejsze problemy, z jakimi spotykają się audytorzy oceniający dotychczasowe polskie wdrożenia systemów zarządzania środowiskiem zostały zidentyfikowane w wystąpieniu mgr inż. Ewy Wrzesińskiej z Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji jako:

- pojmowanie systemu w kategoriach dokumentacji, a nie działań praktycznych,
- częste nieuświadamianie pracownikom skutków działań wykraczających poza stanowisko ich pracy,
- nierozróżnianie pojęć aspekt środowiskowy i wpływ na środowisko oraz trudności w określeniu kryteriów istotności aspektu środowiskowego,
- interpretowanie definicji celów i zadań niezgodnie z wymaganiami normy,
- włączanie w realizację celów nielicznej grupy pracowników,
- niedokładna znajomość przepisów prawnych,
- nienadążanie z wprowadzaniem zmian w dokumentacji,
- nie zawsze skuteczne rozpowszechnianie zmian w procedurach i instrukcjach,
- braki w zakresie szkolenia, kształtowania świadomości i rozszerzania kompetencji pracowników realizujących zadania szczególnie ważne dla zarządzania środowiskowego.

Jako główne zagrożenia we wdrażaniu SZŚ postrzegane są:

- eliminowanie własnej szkodliwej działalności nie przez zmiany technologii, lecz przez „przesuwanie” jej do poddostawców, którzy nie zawsze

mogą sprostać wymaganiom ochrony środowiska,

- brak wyobraźni, zwłaszcza w postępowaniu, które może prowadzić do znaczących wpływów na środowisko.

Do mocnych stron wdrożeń SZŚ w analizowanych zakładach można zaliczyć:

- zrozumienie przez kierownictwo najważniejszych zagrożeń dla środowiska wynikających z działalności przedsiębiorstwa,
- dobrą świadomość ekologiczną u większości audytowanych, zwłaszcza pracowników bezpośrednio związanych z produkcją,
- stosowanie „filtru ekologicznego” w nowych uruchomieniach,
- właściwe przygotowanie audytorów wewnętrznych,
- staranne przygotowanie dokumentacji systemu.

Bardzo interesującą część konferencji stanowiły prezentacje dokonań zakładów, które wdrożyły z powodzeniem systemy zarządzania środowiskowego i uzyskały certyfikaty serii ISO 14000. Osiągnięcia swojego przedsiębiorstwa na tym polu przedstawili między innymi specjaliści z zakładów Polmo Łomianki, które w 1996 r. podjęły decyzję o wdrożeniu SZŚ zgodnego z normą ISO 14001. Działania te zaowocowały znacznym ograniczeniem emisji zanieczyszczeń do atmosfery, wyeliminowaniem metali ciężkich ze ścieków, ograniczeniem hałasu, oszczędnością (przede wszystkim wody i energii) oraz usprawnieniem systemu gospodarowania odpadami, włącznie z umożliwieniem powtórnego ich wykorzystania. W efekcie, oprócz certyfika-

tu ISO 14001, firma otrzymała wyróżnienie pierwszego stopnia Konkursu Polskiej Nagrody Jakości.

Doświadczenia Fabryki Farb i Lakierów Rafil SA w Radomiu potwierdzają, że stosowanie niesformalizowanych systemów zarządzania środowiskiem, takich jak Czysta Produkcja, przynosi dobre rezultaty w ograniczaniu efektów środowiskowych oraz jest efektywną drogą dochodzenia do systemów sformalizowanych. Kwestię zgodności między systemami niesformalizowanymi a systemami ISO lub EMAS poruszył w swoim wystąpieniu dr inż. Ryszard Nowosielski z Zakładu Sterowania Jakością i Czystszej Produkcji Politechniki Śląskiej. Stwierdził on, że wykorzystanie metod i doświadczeń CP może wzbogacić systemy sformalizowane oraz usprawnić ich wdrażanie i funkcjonowanie.

Interesujących informacji dostarczył referat specjalistów z Polskiego Koncernu Naftowego SA w Płocku, dotyczący

systemu nadzoru nad zapisem danych na nośnikach elektronicznych. Przedstawione rozwiązania mogą stanowić podstawę do opracowania własnych systemów zarządzania zapisem elektronicznym danych środowiskowych lub do doskonalenia istniejących. Pozostałe referaty obejmowały bardzo różne zagadnienia, poczynając od filozofii zrównoważonego rozwoju do ekonomiki ochrony środowiska i od działań organizacji ponadnarodowych do metod budowania świadomości ekologicznej w przedsiębiorstwie, dowodząc złożoności i istotności zagadnienia zarządzania środowiskowego we współczesnym świecie.

Konferencja była okazją do spotkania przedstawicieli wszystkich zainteresowanych środowisk naukowców, przedsiębiorców, audytorów i polityków. Tematyka referatów stanowiła wyczerpujący przegląd wiedzy i działań w dziedzinie zarządzania jakością w odniesieniu do środowiska.

J.D. van MANSVELT, M.J. van der LUBBE

Department of Ecological Agriculture, Wageningen Agricultural University

Lista sprawdzająca dla zrównoważonego zarządzania krajobrazem

Checklist for sustainable landscape management

1999 ELSEVIER Amsterdam-Lausanne-New York-Oxford-Shannon-Singapore-Tokyo: pp. 181.

W ostatnich latach cele Wspólnej Polityki Rolnej (CAP) zostały znacznie rozszerzone, wychodząc poza tradycyjne rozumienie produkcji rolnej do produkcji krajobrazu. Produkcja krajobrazu, podobnie jak każda inna produkcja, wymaga odpowiednich standardów jakości, które w myśl Agendy 21 powinny być zgodne z wymaganiami rozwoju zrównoważonego.

Praca zawiera opis metod i wyniki badań dotyczących ustalenia interdyscyplinarnej listy kryteriów oceny zrównoważonego zarządzania krajobrazem wiejskim w Unii Europejskiej. Jest raportem końcowym programu działania Unii Europejskiej AIR3-CT93-1210: *The Landscape and Nature Production Capacity of Organic/Sustainable Types of Agriculture*, finansowanego przez Komisję Europejską, VI Dyrektoriat Generalny i

Wydział Rozwoju Wiejskiego. Program ten został zainicjowany do dyskusji nad standardami szacowania zrównoważonych wartości rolniczo-krajobrazowych w UE oraz dla zdefiniowania kryteriów i parametrów w celu opracowania takich standardów. W programie udział wzięli naukowcy z Belgii, Danii, Niemiec, Wielkiej Brytanii, Holandii, Irlandii, Francji, Włoch, Portugalii, Grecji, Hiszpanii, Estonii, Węgier, Szwajcarii i Norwegii. Ogólny zestaw standardów oraz lista kryteriów i parametrów wraz z regionalnymi uszczegółowieniami i przykładami mogą być użyte jako przewodnik do oceny produkcji krajobrazu rolniczego.

W rozdziale 2 pracy opisano metody badań, a także podano definicje krajobrazu z punktu widzenia celu prowadzonych badań i ich zakresu. Krajobraz zdefiniowano jako ład wyrzeźbiony przez działalność człowieka, w pełnej kompleksowości jego rolniczo-leśno-pastwiskowego użytkowania wraz z istniejącą infrastrukturą, taką jak drogi, kanały wodne i budynki. Odzwierciedla on priorytety wykorzystania ziemi ustanowione przez po-

pulacje zamieszkujące krajobraz w kontekście obowiązującej polityki narodowej. Priorytety te razem z oceną estetyczną i postępowaniem technologicznym stanowią współewolucyjny kontekst przyrody i ludzkości, scalając się w historyczną sukcesję krajobrazu. Ta ewolucyjna sukcesja odzwierciedla rozwój kolejnych kultur ludzkich, aktywnie użytkujących ziemię w poszczególnych krajobrazach.

W prowadzonych badaniach przyjęto, że przetrwanie ludzkości zależy od przyrody, której przetrwanie zależy obecnie w coraz większym stopniu od człowieka. Obustronna zależność wspólnej przyszłości człowieka i przyrody buduje się na wspólnej ewolucji przyrody i ludzkości. Ta koewolucja gwarantuje wzajemną kompatybilność perspektyw do wspólnego przetrwania w zachodzącym rozwoju. Ponadto współgra to w pełni z perspektywą Agendy 21 zbudowanej na Wspólnej Przyszłości (raport Bruntlanda 1987) i obejmuje zalecenia FAO w odniesieniu do rolnictwa zrównoważonego i rozwoju obszarów wiejskich (SARD 1991). Wszystkie te argumenty prowadzą do zrównoważonego wykorzystania ziemi, a przez to w mniejszym lub większym stopniu do zrównoważonego zarządzania krajobrazem. Krajobrazy europejskie odzwierciedlają przeszłe priorytety ludzkie, wybory i interwencje, tak jak obecne interwencje znajdują odzwierciedlenie w przyszłym krajobrazie. Krajobraz odzwierciedla ludzkie motywacje połączone w społecznych procedurach motywacji społeczeństw.

Dla szerokiego przeglądu ludzkich motywacji adaptowano do badań znany trójkąt Maslova, który wyraźnie pokazuje

wzajemne interakcje pomiędzy ludzkimi motywacjami. Trójkąt Maslova podzielono na trzy etapy, z różnymi priorytetami ludzkości na każdym etapie rozwoju. Z analizy podstawowych priorytetów motywacji ludzkich według trójkąta Maslova od dołu do góry wynika, że do zagwarantowania przeżycia fizycznego i fizjologicznego ludzkości potrzebne jest dostarczenie odpowiedniej ilości i jakości wody, żywności i schronienia. W następnym etapie rozwoju do zagwarantowania przeżycia psychologicznego potrzebne jest zapewnienie wystarczających funkcji społecznych i statusu społecznego. Dopiero po spełnieniu tych dwóch kategorii priorytety motywacji człowieka leżą w jego osobistym rozwoju; jedyne i indywidualne możliwości każdego człowieka umożliwiają tworzenie jego własnej biografii. Z tego punktu widzenia spirala rozwoju człowieka skierowana jest do góry. Rozpoczyna się od nacisku na żywność i schronienie w najwcześniejszym dzieciństwie, a następnie na naukę i samorealizację.

W rozdziale 3 pracy przedstawiono wyniki badań nad ustaleniem listy sprawdzającej ocenę zrównoważonego zarządzania krajobrazem. Lista sprawdzająca została podzielona na trzy kategorie, które charakteryzują: (1) jakość środowiska abiotycznego i biotycznego, (2) jakość środowiska socjalnego i (3) jakość środowiska kulturowego. Dla każdej z trzech wyróżnionych kategorii przypisano po dwie specyficzne dyscypliny, które dokładniej opisują daną część środowiska. Do określenia jakości środowiska abiotycznego i biotycznego przypisano dyscypliny: środowisko i ekologie, do określe-

nia jakości środowiska socjalnego: ekonomicznej i socjologicznej, a do określenia środowiska kulturowego: psychologicznej i etnograficznej. Poszczególnym dyscyplinom przypisano kryteria główne i ich główny cel, a następnie wyróżniono podkryteria, dla których podano parametry i ich pożądane zakresy.

W rozdziale 4 podano ogólne ramy zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich opierając się na powszechnie przyjętych definicjach FAO, SARD i Agendy 21. Przedstawiono podstawowe cele do osiągnięcia zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich. Zaliczono do nich cztery główne grupy motywacji ludzkich: (1) bezpieczeństwo żywnościowe, (2) zatrudnienie i generowanie dochodów, (3) ochronę zasobów naturalnych lub środowiska, (4) uczestnictwo ludzi i pełnomocnictwo. Grupa 1 osiągana jest przez uzyskanie samowystarczalności w zaopatrzeniu w dobrej jakości żywność, włókno i (odnawialną) energię. Grupa 2 realizowana jest przez dywersyfikację dochodów, zapotrzebowanie na siłę roboczą w obszarach wiejskich, bezpieczeństwo socjalne, technologie akceptowane kulturowo i społecznie. Grupa 3 obejmuje: bioróżnorodność, regeneracyjny potencjał przyrody, wykorzystanie lokalnych zasobów, zdrowie i bogactwo ekosystemu oraz wartości krajobrazu lokalnego. Grupa 4 obejmuje rozwój zasobów ludzkich, potencjał samopromocji i samopomocy, upełnomocnienie farmerów i społeczności.

W rozdziale 5 przedstawiono zakres wykorzystania i potencjalnych odbiorców opracowanej listy oraz możliwości finansowania zarządzania krajobrazem.

Użytkownikami opracowanej listy, według autorów, mogą być politycy i administracja, ośrodki doradztwa rolniczego, nauka, edukacja, farmerzy i pozarządowe organizacje oraz inne grupy zainteresowane w zrównoważonym gospodarowaniu krajobrazem. Wyniki tego programu mogą pomóc rolnikom i mającym wpływ na politykę państwa, tj. rządowi i politykom, dokonać oszacowania społeczno-kulturowego krajobrazu rolno-leśnego i poprowadzić jego rozwój w kierunku zrównoważenia.

Przedstawiono dwie główne strategie finansowania zrównoważonego gospodarowania krajobrazem: (1) finansowanie celowe i (2) finansowanie procedur.

Finansowanie celowe skupia się na celach dotyczących ogólnego poziomu integracji i obejmuje:

- Finansowanie rolniczo-krajobrazowej produkcji, które rozwija i/lub utrzymuje jakość (wartość) specyficznych cech lokalnych lub regionalnych, tj. takich, które są charakterystyczne dla identyczności krajobrazu.
- Finansowanie farmerów przez wsparcie ich dochodów, dodając dotację do spadku dochodu wynikającą z obniżenia sprzedaży żywności na skutek otwarcia rynku na świat oraz eksterminację kosztów ochrony i utrzymania krajobrazu.

Finansowanie procedur obejmuje:

- Finansowanie NGO, lokalnych grup farmerów, użytkowników ziemi i wszystkich związanych grup, włączonych i zaangażowanych w planowanie zrównoważonego krajobrazu i wykorzystania ziemi. Strategia ta podnosi lokalną świadomość o prawdziwej wielofunkcyjności krajo-

brazu i zwiększa uczestnictwo społeczeństwa w tym zagadnieniu.

- Finansowanie pilotowych projektów konwersji na zrównoważone wykorzystanie ziemi i gospodarowanie krajobrazem. Na podkreślenie zasługuje fakt łatwego implementowania strategii dla realizacji celów i adaptacji kryteriów i parametrów z listy do warunków lokalnych w danym regionie i stosownej skali.

Powyższą pracę należy uznać za bardzo wartościową, szczególnie z punktu widzenia kształtowania środowiska wiejskiego. Oparta jest ona na bardzo wszech-

stronnej analizie zagadnienia przez interdyscyplinarny zespół badaczy i konsultantów, bogatej literaturze, szerokim zakresie analizowanych czynników, nowoczesnym zintegrowanym podejściu do zagadnień produkcji rolniczej i rozwoju obszarów wiejskich w aspekcie przyrodniczym, ekonomicznym, kulturowym i połączeniu tego w krajobraz – jednostkę terytorialną, gdzie te wszystkie czynniki wzajemnie na siebie oddziałują.

Opracował: Kazimierz Piekut
Katedra Kształtowania Środowiska SGGW