

**Stanisław Włodek**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

## MOŻLIWOŚĆ WYKORZYSTANIA ŚCIEKÓW I OSADÓW ŚCIEKOWYCH W UPRAWIE ROŚLIN ENERGETYCZNYCH\*

### Wstęp

Działania zmierzające do ograniczenia zmian klimatycznych koncentrują się przede wszystkim na zmniejszeniu emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Nasz kraj zobowiązany jest do realizacji zadań wynikających z postanowień protokołu z Kioto, a przedstawionych w dokumencie „Polityka energetyczna Polski do roku 2025” (23). Zakłada ona zwiększenie ilości energii pozyskiwanej z odnawialnych źródeł do poziomu 7,5% do roku 2010 oraz 14% do roku 2025. Według tego dokumentu głównym źródłem odnawialnej energii ma być biomasa oraz energia wiatrowa. Wymienione zadania zostały zapisane również w „Strategii rozwoju obszarów wiejskich i rolnictwa na lata 2007–2013 z elementami prognozy do roku 2020” (24).

Problemem dotyczącym w głównej mierze wsi polskiej jest ochrona środowiska w zakresie gospodarki wodno-ściekowej. Szybko postępujące wodociągowanie gospodarstw domowych nie idzie w parze ze wzrostem ilości przyłączy do kanalizacji (8). Oczyszczanie ścieków jest kosztowne, szczególnie w sytuacji rozproszonej zabudowy, gdzie dostarczenie ścieków do oczyszczalni wymaga budowy rozległych sieci kanalizacyjnych. Wzrost ilości oczyszczanych ścieków stwarza problem zagospodarowania osadów ściekowych.

Końcowe lata XX wieku były okresem dynamicznych zmian, które dotyczyły również rolnictwa. Spadek opłacalności produkcji rolnej spowodował wyłączenie z uprawy gruntów o niskiej klasie bonitacyjnej i powstanie odłogów, a tym samym problemów z ich utrzymaniem (25-28). Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych wyłączonych z produkcji nakłada na właścicieli gruntów rolnych obowiązek przeciwdziałania degradacji gleb (41). Pola wyłączone z uprawy nie mogą stać się siedliskiem agrofagów stanowiących zagrożenie dla sąsiadujących terenów.

Celem pracy było przedstawienie możliwości wykorzystania ścieków do nawodnień oraz osadów ściekowych do nawożenia upraw roślin energetycznych.

---

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG - PIB

### Omówienie wyników

Wzrost zapotrzebowania na energię pozyskiwaną z odnawialnych źródeł powoduje zainteresowanie warunkami i możliwościami produkcji biomasy na ten cel. Uprawa roślin przeznaczonych na cele energetyczne stwarza, m.in., szansę zagospodarowania ścieków i osadów ściekowych przez wykorzystanie ich do nawodnień i nawożenia. Miejscem uprawy roślin energetycznych mogą być grunty orne odłogowane. Gleby lekkie, które stanowią przeważającą część gruntów odłogowanych, w pierwszej kolejności nadają się do rolniczego wykorzystania ścieków (17). Duża przepuszczalność tych gleb i duża zawartość powietrza glebowego zapewnia szybkie wsiąkanie dawek polewowych oraz mineralizację składników organicznych zawartych w ściekach. Odpowiednio dobrane dawki polewowe oraz położenie zwierciadła wody gruntowej poniżej 1,5 m zapewnia bezpieczeństwo ochrony wód gruntowych przed zanieczyszczeniem (38).

Pola wyłączone z uprawy nie mogą ulegać degradacji. Jednym z najprostszych sposobów przeciwdziałania zachwaszczeniu odłogu jest mechaniczne zwalczanie chwastów i utrzymywanie pola w czarnym ugorze. Wadą tej metody jest pozostawianie gleby bez okrywy roślinnej, co naraża ją na erozję wodną i wietrzną. Pod tym względem korzystniej wypada chemiczne zwalczanie chwastów, ponieważ pozostałości roślin działają stabilizująco na powierzchnię gleby (33). Obie metody wymagają nakładów finansowych oraz ujemnie wpływają na mikroklimat, ponieważ duże obszary utrzymywane bez okrywy roślinnej lub pokryte suchą, nieaktywną fizjologicznie roślinnością mogą powodować silne konwekcyjne ruchy w atmosferze (18).

Grunty wyłączone z produkcji rolnej mogą być zagospodarowane przez zalesienie. Wymaga ono jednak dużych nakładów w porównaniu z gospodarką leśną odnawiającą wyręby (26). Mniej kosztowne jest wprowadzenie na odłogi ekstensywnej uprawy roślin wieloletnich (14, 20). Propozycja zagospodarowania osadów oraz wykorzystania ścieków w uprawie roślin energetycznych wychodzi naprzeciw planowanemu wzrostowi produkcji energii z odnawialnych źródeł (4, 7, 11, 15, 31). Energia pozyskiwana z biomasy nie przyczynia się do potęgowania zjawiska efektu cieplarnianego. Bilans dwutlenku węgla w skali rocznej jest zerowy, ponieważ wydzielany podczas spalania CO<sub>2</sub> jest wiązany w procesie asymilacji (42).

Gleby lekkie, często wyłączone z produkcji rolnej, charakteryzują się małą pojemnością wodną, dużą przepuszczalnością oraz małą zasobnością w składniki pokarmowe. Wymienione cechy predestynują je do stosowania nawodnień ściekami. Ścieki oprócz wody zawierają pierwiastki biogenne i śladowe niezbędne do rozwoju roślin, a także substancje zwiększające zawartość próchnicy w glebie. Dokładność oczyszczania ścieków na polach nawadnianych jest znacznie większa niż w sztucznych oczyszczalniach biologicznych i mechanicznych. Stopień redukcji biologicznego zapotrzebowania tlenu (BZT), zawiesin, bakterii oraz jaj robaków sięga 100%, a związków biogenych 90-100% (17). Nieco niższy stopień redukcji zanieczyszczeń (94-99%) notował w okresie zimowym J ó ż w i a k o w s k i (13). Zatrzymywane w glebie

zanieczyszczenia pochodzące ze ścieków podlegają mineralizacji w warunkach tlenowych, w wyniku złożonych procesów mechaniczno-fizycznych i biochemicznych, a następnie są wykorzystywane przez rośliny lub stabilizowane przez tworzenie się substancji organicznej w glebie i nowych połączeń związków biogenych (22).

Wykorzystanie ścieków do nawodnień ma uzasadnienie w naszych warunkach glebowo-klimatycznych. Optymalne opady dla roślin uprawnych w różnych okresach są wyższe od średnich z wielolecia (tab. 1). Świadczy to o okresowych niedoborach wody, które wzrastają w latach o wyższych temperaturach powietrza oraz występują na glebach lżejszych, a nawet średnio zwięzłych. W porównaniu z innymi krajami gospodarka wodna w Polsce charakteryzuje się ubogimi zasobami oraz stale zwięz-

Tabela 1

Opady optymalne dla roślin uprawnych w mm (wg Klatta)  
oraz średnie z wielolecia 1956–2006 w Jelczu-Laskowicach

Wyszczególnienie	Miesiące					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Temperatura powietrza (°C)	8	13	16	18	17	14
Pszenica jara	45	65	70	60		
Pszenica ozima	35	65	70	60		
Jęczmień jary	50	60	70	45		
Jęczmień ozimy	40	65	60	30		
Żyto ozime	35	70	70	45		
Owies	50	65	75	60		
Kukurydza		50	60	70	65	50
Rzepak ozimy	50	70	75	30		
Ziemniak wczesny		60	80	60		
Ziemniak późny	50	50	60	80	70	
Burak cukrowy	50	50	60	90	90	60
Burak pastewny	50	50	70	90	85	55
Kapusta pastewna		60	70	90	90	60
Marchew pastewna	45	50	70	80	80	60
Pastwiska	50	70	90	100	80	60
Łąki	50	65	80	90	80	55

Opady i temperatury powietrza w Jelczu-Laskowicach  
(średnie z lat 1956–2006)

Wyszczególnienie	Miesiąc					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Suma opadów	36,7	61,4	68,5	81,8	67,8	45,6
Temperatura powietrza	8,2	13,6	16,8	18,4	17,7	13,6

Uwaga:

1. Podane w tabeli optymalne opady dotyczą gleb średnio zwięzłych. Na glebach lżejszych należy je zwiększyć o 15%, zaś na zwięzłych zmniejszyć o 15%.
2. Dodatkowo ww. normy można zwiększyć o 15% w warunkach intensywnego nawodnienia i wysokiego plonowania roślin.
3. Opady optymalne nawiązano do średniej miesięcznej temperatury powietrza. W przypadku innych temperatur od podanych w tabeli należy zastosować korektę, przyjmując wg Klatta 5 mm na 1°C.

Źródło: Opracowanie własne.

szającymi się obszarami objętymi deficytem wody (9). Skutki okresowych niedoborów opadów w pierwszej kolejności odczuwalne są na glebach lekkich.

Przedstawiona sytuacja skłania do podejmowania prób wykorzystania ścieków w nawodnieniach roślin energetycznych. Pojęcie roślina energetyczna utożsamiane jest najczęściej z wierzbą wiciową, trawą słoniową, różą bezkolcową lub inną rośliną o dużej wydajności biomasy z jednostki powierzchni. Rzadziej jako roślina energetyczna postrzegany jest rzepak. Według instrukcji wydanej przez Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (1) większość roślin uprawnych oraz drzewa leśne o krótkim okresie wegetacji spełnia warunki stawiane roślinom energetycznym. Zainteresowanie tymi roślinami wzrosło w związku z włączeniem ich upraw w system płatności do gruntów rolnych. Rośliną wzbudzającą duże zainteresowanie jest wierzba (*Salix sp.*) charakteryzująca się małymi wymaganiami glebowymi. Zapewnia ona pozyskiwanie biomasy co dwa lub trzy lata z tego samego podkładu korzeniowego przez okres około 25 lat. Roczny plon odnawialnego paliwa z plantacji o powierzchni 1 ha równoważy energetycznie około 11 ton węgla kamiennego (40).

Kierunek zmierzający do zakładania plantacji roślin dostarczających biomasę na cele energetyczne ma duże szanse rozwoju. Decydują o tym między innymi mniejsza szkodliwość dla środowiska spalania biomasy niż węgla oraz jej cechy energetyczne. Dla przykładu wartość opałowa 1,5 t słomy jest równoważna z 1 t węgla kamiennego (10). Słoma po zbrykietowaniu może być spalana w zwykłych piecach domowych. Na rynku krajowym pojawili się producenci kotłów do spalania biomasy oraz urządzeń do jej brykietowania (2, 6). Stwarza to możliwości wyeliminowania niezgodnego z prawem bezpośredniego wypalania słomy w polu, niekorzystnego dla środowiska i będącego częstą przyczyną pożarów.

Zapotrzebowanie na energię odnawialną, pozyskiwaną między innymi z roślin uprawnych otwiera wręcz nieograniczony rynek zbytu na płody rolne. Energia z biomasy może być pozyskiwana w różny sposób (30, 43). Najprostsze jest pozyskiwanie energii cieplej w procesie spalania. W Polsce produkowane są kotły oraz systemy grzewcze przystosowane do spalania biomasy, jak również powstają zakłady wytwarzające pelety z biomasy roślinnej. Inną metodą jest pozyskiwanie alkoholu na drodze fermentacji i destylacji, który po odwodnieniu stanowi dodatek do paliw płynnych. W tym przypadku surowcem mogą być ziemniaki, zboża, buraki cukrowe, a także inne ziemniopłody stanowiące nadprodukcję oraz nie nadające się na paszę i do spożycia z powodu porażenia przez choroby i grzyby. Perspektywiczny jest również kierunek pozyskiwania estrów z roślin oleistych – w naszych warunkach głównie z rzepaku (7, 34).

Wieloletni dorobek naukowy dotyczący rolniczego wykorzystania ścieków nie znalazł szerokiego zastosowania w praktyce ze względu na występującą w rolnictwie nadprodukcję. Dodatni wpływ nawadniania ściekami jest niewątpliwy. Według K u t e r y (16) wzrost plonów roślin uprawnych na skutek nawadniania ściekami może być nawet kilkakrotny, zwłaszcza na glebach lekkich. Nawadnianie ściekami miejskimi ziemniaka uprawianego na piaskach słabogliniastych dawką 240 mm zwiększało plon bulw

dwukrotnie w stosunku do wydajności na obiekcie kontrolnym nienawadnianym. Jeszcze lepsze efekty dawało nawadnianie buraka pastewnego. Zwiększanie rocznej dawki ścieków do 600 mm powodowało wzrost plonu korzeni do  $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nieco słabsze efekty uzyskiwano w przypadku uprawy kukurydzy oraz buraka cukrowego. Natomiast bardzo dobre rezultaty osiągnęto w plonowaniu łąk (3, 5). W przypadku małego zainteresowania chowem zwierząt trawy mogą stanowić surowiec do przetwarzania na gaz w biogazowniach.

Rozpatrując zagadnienie wykorzystania ścieków należy w pierwszej kolejności uwzględnić potrzeby wodne roślin. Dawki nawodnień powinny uzupełniać niedobory opadów. Rozwiązanie takie może mieć zastosowanie na rozległych terenach nadających się do nawodnień. W przypadku dużej ilości ścieków oraz braku dostatecznej powierzchni upraw dawki polewowe mogą przekraczać potrzeby wodne roślin. Jednak nie mogą powodować nadmiernego uwilgotnienia i ograniczenia minimalnej ilości powietrza w glebie. W obu przypadkach musi być uwzględniany bilans składników pokarmowych (17). Oczyszczanie ścieków powinno mieć miejsce tylko w tych rejonach, gdzie brakuje terenów do nawodnień.

Wzrost liczby oczyszczalni oraz ilość oczyszczanych ścieków przyczynia się do powstania znacznych ilości osadów stanowiących poważny problem. Skład osadów jest mocno zróżnicowany (tab. 2 i 3); uzależniony od charakteru jednostki osadniczej, rodzaju i pochodzenia ścieków i technologii ich oczyszczania. Osady z biologicznych oczyszczalni ścieków mają korzystną dla roślin zawartość substancji organicznej i składników pokarmowych (19, 21, 29, 35, 39). Warunki stosowania osadów w rolnictwie oraz rekultywacji podane są w aktach prawnych (12, 36, 37). Wielkość dawek osadów uzależniona jest od celu ich wykorzystania (tab. 4). Określone są również dopuszczalne zawartości metali ciężkich w warstwie gleby 0-25 cm (tab. 5) oraz

Tabela 2

Skład chemiczny osadów ściekowych z 29 oczyszczalni ścieków komunalnych w kraju

Składnik	Zawartość w % suchej masy		
	osady ściekowe		obornik
	średnio	wahania (od-do)	
Sucha masa	30,70	2,90-76,50	25,00
Azot	4,20	1,74-8,35	2,00
Fosfor	0,31	0,67-2,14	0,52
Potas	0,23	0,05-0,57	2,32
Wapń	3,02	0,45-9,46	1,43
Magnez	0,35	0,11-0,59	0,48
Sód	0,10	0,04-0,51	-
Substancja organiczna	54,65	26,88-79,14	88,00
Popiół całkowity	46,28	17,96-73,16	-
Popiół rozpuszczalny	18,98	9,52-29,21	-
Krzemionka	27,53	4,65-57,13	-
pH	-	6,50-8,70	-

Źródło: Maćkowiak Cz., 1996 (19).

Tabela 3

Zawartość pierwiastków śladowych w osadach ściekowych z 29 oczyszczalni komunalnych w kraju

Składnik	Zawartość w % suchej masy	
	średnio	wahania (od-do)
Mangan (Mg)	376	50-1965
Cynk (Zn)	1504	270-4260
Ołów (Pb)	134	15-308
Kadm (Cd)	8	0,9-146
Miedź (Cu)	200	3,2-595
Chrom (Cr)	145	17-490
Nikiel (Ni)	43	7,4-254

Źródło: Maćkowiak Cz., 1996 (19).

Tabela 4

Dopuszczalne dawki komunalnych osadów ściekowych

Cel wykorzystywania komunalnych osadów ściekowych		Dawka komunalnych osadów ściekowych (mg s.m. · ha <sup>-1</sup> )	Uwagi
Rolnictwo		do 10; dawka w ciągu 5 lat	zabieg jednokrotny lub dwukrotny
Rekultywacja	gruntów na cele rolne	do 200; zależnie od požądanej zawartości substancji organicznej w gruncie (do 3%)	zabieg jednokrotny z jedno- lub wielorazowym wprowadzaniem osadu do gruntu
	terenów na cele nierolne	do 200	zabieg jednokrotny z jedno- lub wielorazowym wprowadzaniem osadu do gruntu
Dostosowanie do określonych potrzeb wynikających z planów gospodarki odpadami, planów zagospodarowania przestrzennego lub decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu		do 200	zabieg jednokrotny z jedno- lub wielorazowym wprowadzaniem osadu do gruntu
Uprawa roślin przeznaczonych do produkcji kompostu		do 250; dawka na pierwsze 3 lata	zabiegi wielokrotne
		do 10; dawka w kolejnych dalszych latach	
Uprawa roślin nie przeznaczonych do spożycia i produkcji pasz		do 250; dawka na pierwsze 3 lata	zabiegi wielokrotne
		do 10; dawka w kolejnych dalszych latach	

Źródło: Rozporządzenie..., 2002 (37).

Tabela 5

Dopuszczalne ilości metali ciężkich w wierzchniej (0-25 cm) warstwie gleby przy stosowaniu komunalnych osadów ściekowych w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na cele rolne

Składnik	Dopuszczalne ilości w mg · kg <sup>-1</sup> suchej masy gleby		
	lekkiej	średniej	ciężkiej
Ołów (Pb)	40	60	80
Kadm (Cd)	1	2	3
Rtęć (Hg)	0,8	1,2	1,5
Nikiel (Ni)	20	35	50
Cynk (Zn)	80	120	180
Miedź (Cu)	25	50	75
Chrom (Cr)	50	75	100

Źródło: Rozporządzenie..., 2002 (37).

maksymalne ilości metali ciężkich, które mogą być wprowadzone do gleby z komunalnym osadem ściekowym (tab. 6). Osady nie zawsze mogą być stosowane na polu uprawnym, w związku z tym staje się konieczne wykonanie odpowiednio urządzonych placów składowych (32). Grunty, na których osady ściekowe mają być stosowane podlegają badaniom obejmującym oznaczanie odczynu gleby, zawartości metali ciężkich (ołów, kadm, rtęć, nikiel, cynk, miedź i chrom) oraz zawartości fosforu przyswajalnego (37).

Tabela 6

Maksymalne ilości metali ciężkich, które mogą być wprowadzane z komunalnym osadem ściekowym w ciągu roku do gleby, średnio w okresie 10 lat

Składnik	Ilość w g · ha <sup>-1</sup> · rok <sup>-1</sup> suchej masy gleby
Ołów (Pb)	1000
Kadm (Cd)	20
Rtęć (Hg)	10
Nikiel (Ni)	200
Cynk (Zn)	5000
Miedź (Cu)	1600
Chrom (Cr)	1000

Źródło: Rozporządzenie..., 2002 (37).

### Podsumowanie

Możliwość wykorzystania ścieków oraz osadów ściekowych w uprawie roślin energetycznych, zwłaszcza na glebach lekkich, rozwiązuje wiele zagadnień dotyczących ochrony środowiska. Zapewnia ochronę gleb przed erozją wietrzną i wodną, wpływa dodatnio na mikroklimat, poprawia gospodarkę wodną i próchniczną gleb. Pozyskiwanie energii na drodze przetwarzania biomasy włącza w obieg gazy powstające w procesie spalania, nie zwiększając ich koncentracji w atmosferze, co ma miejsce w przypadku wykorzystywania kopalni węgla i paliw ropopochodnych. Spodziane

wany rozwój technologii wychodzi naprzeciw problemom bezrobocia, ponieważ stwarza szansę powstawania nowych miejsc pracy przy obsłudze nawodnień, uprawie roślin energetycznych, ich przeróbce, a także produkcji urządzeń przetwarzających biomasę w nośniki energii.

Odłogi należy zagospodarować, bowiem ziemia stanowi bogactwo naturalne, które powinno być wykorzystane. Przy odpowiedniej polityce ziemia może stanowić miejsce pracy i źródło dochodu. Istnieją ku temu przesłanki natury technicznej oraz ekonomicznej. Realizacja tych zadań wymaga naukowego opracowania oraz finansowego wsparcia rozwoju infrastruktury do pozyskiwania i wykorzystania energii z biomasy. W dalszym ciągu aktualny jest problem doboru roślin charakteryzujących się dużą produkcją biomasy z jednostki powierzchni, nadających się do pozyskiwania energii, opracowania technologii uprawy mało rozpowszechnionych roślin, takich jak miskant, słazowiec pensylwański, róża bezkolcowa itp. oraz wskazania terenów nadających się do rolniczego wykorzystania ścieków i osadów ściekowych.

### Literatura

1. Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa, 2007. Instrukcja wypełniania wniosku o przyznanie płatności do gruntów rolnych, płatności cukrowej i o przyznanie pomocy finansowej z tytułu wspierania gospodarowania na obszarach górskich i innych obszarach o niekorzystnych warunkach gospodarowania. [www.arimr.gov.pl](http://www.arimr.gov.pl)
2. B e d n a r z L.: Rozwój konstrukcji wsadowych kotłów na słomę o mocy 30-500 kW. Przegląd Komunalny – dodatek branżowy. Strategia wdrażania energetyki odnawialnej – biomasa. 2001, **1**: 12-14.
3. B o ó k o J.: Zużycie wodne łąki na madzie lekkiej deszczowanej ściekami miejskimi. Roczn. Nauk Rol., F, **72(4)**: 1958.
4. C i e c h a n o w i c z W., G a r ś c i a E.: Bioetanol szansą rozwoju wsi. Aura, 2003, **1**: 11-13.
5. C z y ż y k E.: Wpływ deszczowania ściekami miejskimi na plonowanie i skład botaniczny łąki. Wiad. IMUZ, 1968, **7(4)**.
6. D y b i e c C z., P a n a s i u k J.: Brykietowanie słomy. Technika Rolnicza, 2003, **1**: 22-23.
7. D y n g u s M.: Rynek biopaliw płynnych w Polsce – perspektywy rozwoju do 2010 roku. Agencja Rynku Rolnego, Biul. Inf., 2006, **11**: 18-29.
8. Główny Urząd Statystyczny. Rocznik Statystyczny 2006.
9. D z i e ż y c J.: Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin. PWN Warszawa-Wrocław, 1993.
10. G r a d z i u k P.: Możliwości energetycznego wykorzystania słomy. Post. Nauk Rol., 1995, **5**: 31-39.
11. G r a d z i u k P. (red.): Biopaliwa. Warszawa, 2003, ss. 160.
12. G w o r e k B., G i e r c u s z k i e w i c z - B a j t l i k M.: Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych w aspekcie ochrony gleb i wód w aktach prawnych Unii Europejskiej i Polski. Roczn. Glebozn., 2004, **55(2)**: 151-161.
13. J ó Ź w i a k o w s k i K.: The efficiency of pollution removal in willow bed with subsurface flow in winter conditions. Roczn. AR Poznań, Melior. Inż. Środ., cz. II, 1999, **310(20)**: 283-290.
14. K o ś c i k B., K a l i t a E.: Analiza możliwości zagospodarowania odłogów na Zamojszczyźnie. Fragm. Agron., 1998, **5**: 63-72.
15. K u ś J.: Możliwości wykorzystania surowców roślinnych na cele energetyczne. Biul. Inf. IUNG, 2002, **18**: 3-10.



16. K u t e r a J.: Wyniki doświadczeń z nawodnieniami roślin uprawnych miejskimi wodami ściekowymi wodami ściekowymi systemem smużnym i bruzdowym w Kamieńcu Wrocławskim. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1970, 110.
17. K u t e r a J.: Wykorzystanie ścieków w rolnictwie. PWRiL Warszawa, 1978.
18. L e ś n y J., C h o j n i c k i B. H., O l e j n i k J.: Ocena bilansu cieplnego wybranych powierzchni czynnych metodą Bowena. Roczn. AR Poznań. Melior. Inż. Środ., 2002, **23**: 249-254.
19. M a ć k o w i a k C. z.: Nawozowa użyteczność osadów ściekowych w świetle badań IUNG. Mat. Teren. Konf. Nauk. Tech., „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych”. Puławy – Lublin – Jeziórko, 1996.
20. M a j t k o w s k i W.: Ocena przydatności traw w zagospodarowaniu nieużytków i odłogów. *Fragm. Agron.*, 1998, **5**: 257-262.
21. M a ń c z a k M. i in.: Ocena możliwości wykorzystania osadów z oczyszczalni ścieków Jelcz-Laskowice. Inst. Ochr. Środ. Politechniki Wrocławskiej, 2002, Raport serii SPR 16/2002.
22. M a r c i l o n e k S., N y c K., D r a b i ń s k i A.: Użytkowanie ścieków w systemach wodno-gospodarczych. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Konferencje 1996, **293(13)**: 87-93.
23. Ministerstwo Gospodarki i Pracy. 2005. Polityka Energetyczna Polski do 2025 roku.
24. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Strategia rozwoju obszarów wiejskich i rolnictwa na lata 2007–2013 (z elementami prognozy do roku 2020), 2005.
25. M a r k s M., N o w i c k i J., S z w e j k o w s k i Z.: Odłogi i ugory w Polsce. Cz. I. Przyczyny odłogowania i zjawiska towarzyszące. *Fragm. Agron.*, 2000, **1(65)**: 5-19.
26. M a r k s M., N o w i c k i J., S z w e j k o w s k i Z.: Odłogi i ugory w Polsce. Cz. II. Sposoby zagospodarowania. *Fragm. Agron.*, 2000, **1(65)**: 20-33.
27. M a r k s M., N o w i c k i J.: Aktualne problemy gospodarowania ziemią rolniczą w Polsce. Cz. I. Przyczyny odłogowania gruntów i możliwości ich rolniczego zagospodarowania. *Fragm. Agron.*, 2002, **1(73)**: 58-67.
28. M a r k s M., N o w i c k i J.: Aktualne problemy gospodarowania ziemią rolniczą w Polsce. Cz. II. Pozarolnicze możliwości zagospodarowania odłogów i gruntów marginalnych. *Fragm. Agron.*, 2002, **2(74)**: 79-86.
29. M a z u r T.: Rozważania o wartości nawozowej osadów ściekowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1996, **437**: 11-13.
30. Mat. Konf. „Biomasa dla elektroenergetyki i ciepłownictwa – szanse i problemy”. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa, 2007, 229.
31. M i k u c e w i c z K.: Biopaliwa – strategia Unii Europejskiej. Agencja Rynku Rolnego, Biul. Inf., 2006, **11**: 40-48.
32. P a l u c h J., P a r u c h A., P u l i k o w s k i K.: Przyrodnicze wykorzystanie ścieków i osadów. AR Wrocław, 2006.
33. R o l a J.: Ograniczenia zarastania chwastami segetalnymi i ruderalnymi ugorów oraz odłogów. *Fragm. Agron.*, 1998, **5**: 145-160.
34. R o s i a k E.: Sektor olejarski – prognoza rozwoju do 2013 roku. Agencja Rynku Rolnego, Biul. Inf., 2006, **11**: 30-39.
35. R o s z y k E., R o s z y k S., S p i a k Z.: Wartość nawozowa osadów ściekowych z niektórych oczyszczalni południowo-zachodniej Polski. Cz. I. Skład chemiczny osadów. *Roczn. Glebozn.*, 1987, **38(3)**: 93-102.
36. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 11 sierpnia 1999 r. w sprawie warunków, jakie muszą być spełnione przy wykorzystywaniu osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe. Dz. U., 1999, Nr 72, poz. 813.
37. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych. Dz. U., 2002, Nr 134, poz. 1140.
38. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 lipca 2004 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz. U., Nr 168, poz. 1763.

39. Siuta J. i in.: Przyrodnicze zagospodarowanie osadów ściekowych. PWN Warszawa, 1988.
40. Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M.: Biomasa krzewiastych wierzb (*Salix* sp.) pozyskiwana na gruntach ornych odnawialnym źródłem energii. Pam. Puł., 2000, **120/II**: 421-428.
41. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych. Dz. U., Nr 16, poz. 78.
42. Wiśniewski G.: Paliwa, źródła ciepła. Tech. Rol., 1996, **4**: 12-15.
43. Włodek S., Biskupski A., Pabian J.: Techniczne możliwości pozyskiwania energii z biomasy. Zesz. Nauk. Uniw. Opolskiego, Nauki Techniczne, 2003, **21**: 213-21.

Adres do korespondencji:

*dr Stanisław Włodek*  
*Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Orzechowa 61*  
*50-540 Wrocław*  
*tel./fax: 071 363 87 07, wew. 122*  
*email: [s.wlodek@iung.wroclaw.pl](mailto:s.wlodek@iung.wroclaw.pl)*