

---

|                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| <b>PRACE NAUKOWE GIG</b>      | <b>RESEARCH REPORTS</b>       |
| <b>GÓRNICtwo I ŚRODOWISKO</b> | <b>MINING AND ENVIRONMENT</b> |
| <b>Kwartalnik</b>             | <b>Quarterly</b>              |

---

**3/2005**

*Krzysztof Stańczyk, Krzysztof Gogola, Andrzej Bajerski*

## **ANALIZA MOŻLIWOŚCI UPRAW ROŚLIN ENERGETYCZNYCH NA TERENACH ZDEGRADOWANYCH NA PRZYKŁADZIE WIERZBY WICIOWEJ**

### **Streszczenie**

Celem pracy było zbadanie możliwości upraw roślin energetycznych na terenach zdegradowanych, na przykładzie wierzby wiciowej. Pracę zrealizowano badając możliwość uprawy wierzby na terenie zrehabilitowanego składowiska kamienia „Wschód I” KWK Mysłowice. Zakres pracy obejmował wykonanie badań zagęszczenia oraz badań chemicznych gruntu, następnie wykonanie poletek doświadczalnych pod uprawę wierzby oraz nasadzenie i obserwację wzrostu roślin.

Nasadzono ponad 900 sadzonek wierzby *Salix viminalis* w dwóch turach: jesienią oraz wiosną. Przyjęta technika nasadzeń obejmowała nasadzenia bezpośrednio w materialewałdowym, w dołkach zaprawionych ustabilizowanymi osadami ściekowymi oraz w tzw. warstwie uzdatnionej (wymieszana wierzchnia warstwa materiałuwałdowego z osadami ściekowymi).

Stwierdzono, że znacznie lepsze wyniki dają nasadzenia jesienne w porównaniu z nasadzeniami wiosennymi, o czym świadczyła zarówno liczba sadzonek, które się przyjęły, jak i szybkość ich wzrostu. Jednak niedostateczna wilgotność gruntu wykluczała odpowiedni przyrost masy (porównywalny z przyrostem na terenach rolnych) – zapewniający opłacalność ekonomiczną plantacji. Polepszenie wielkości plonów upraw lokalizowanych na obszarach lokowania odpadów powęglowych może być zapewnione przez wybór terenu zapewniającego odpowiednią retencję wód, a także stworzenie „warstwy urodzajnej”, na przykład przez zastosowanie komunalnych osadów ściekowych.

### **Plantation of energy willow on demoted post coalmine area**

#### **Abstract**

The purpose of the work was testing of the plantation of energy willow on the demoted post coalmine ground of Mysłowice colliery. In the scope of the work density and chemistry of ground were investigated, the experimental patches were prepared and the willow was planted and its growth observed.

Over 900 of the willow cuttings were planted in two periods, in autumn and in spring. The plantation was performed in three ways: directly in the ground not specially prepared, in the soil prepared by adding a stabilised sewage fertiliser and in the special prepared soil which was the mixture of original soil and stabilised sewage fertiliser.

The results show that the much better season for plantation is autumn when enough moisture in soil is available for the first period of vegetation. In the autumn plantation successfully have grown more cuttings to compare with the spring plantation. However not enough moisture content in the ground made that the vegetation is much slower to compare with arable grounds and is not economical. Better results may be achieved by choosing the ground with proper water retention and by preparing the soil for example by using stabilised sewage fertiliser.

## WPROWADZENIE

Uprawy roślin energetycznych w celu uzyskania biomasy, mogą być jednym ze sposobów zagospodarowywania nieużytków rolnych czy terenów zdegradowanych przez przemysł (Dubas 2003, Olejniczak 2000, Ruszkowski 1999, Szwalek 2003, Weber 2000). Zaletami wykorzystania roślin energetycznych są niewysokie koszty pozyskania biomasy, zadawalająca wartość opała, wynosząca około 10–12 GJ/t, i niska emisja zanieczyszczeń gazowych powstających w procesie ich spalania. Najbardziej popularnym gatunkiem roślin energetycznych w Polsce jest wierzba krzewiasta – *Salix viminalis*.

Rośliny energetyczne, w zależności od gatunku, wymagają odpowiednich warunków glebowych, a najistotniejszymi parametrami decydującymi o jakości i wydajności plantacji energetycznej są nawodnienie oraz odczyn gleby. Istotną zaletą roślin energetycznych jest ich łatwa zdolność adaptacyjna, przede wszystkim na terenach zanieczyszczonych i zdewastowanych przemysłowo. Na terenach zniszczonych przez przemysł, rośliny energetyczne mogą spełniać podwójną rolę: energetyczną i rekultywacyjną. Zdolność rekultywacyjna jest wynikiem akumulowania, w systemie korzeniowym roślin, zanieczyszczeń z gleby, dzięki czemu mogą być uprawiane na glebach wyłączonych spod użytkowania rolniczego.

Zalety upraw roślin energetycznych powinny być wykorzystywane przede wszystkim na terenach ekologicznie zagrożonych takich, jak teren województwa śląskiego, co mogłoby przyczynić się do rozwoju tego regionu.

Celem prezentowanej pracy była analiza możliwości upraw roślin energetycznych na terenach zdegradowanych na przykładzie wierzby wiciowej. Do badań wytypowano zrehabilitowany teren składowiska kamienia „Wschód I” KWK Mysłowice. Zakres prac obejmował badania zagęszczenia gruntu oraz jego własności chemicznych, wykonanie poletek doświadczalnych pod uprawę wierzby oraz nasadzenie i obserwację wzrostu roślin.

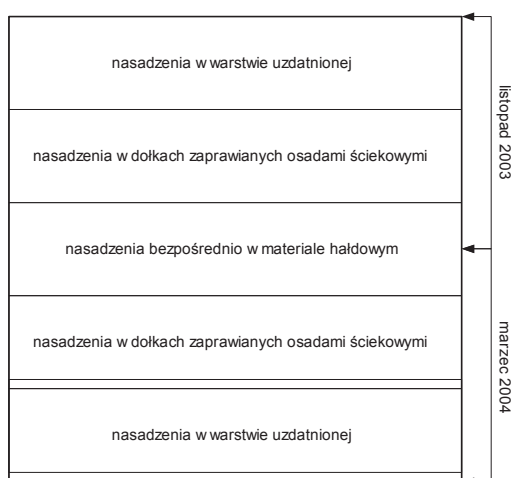
## 1. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU WYTYPOWANEGO DO BADAŃ I METODYKA BADAŃ

Do wykonania poletek doświadczalnych wytypowano obszar zrehabilitowanego składowiska kamienia „Wschód I” KWK Mysłowice (Broda i inni 1993). Teren ten jest usytuowany w Mysłowicach między ulicami Świerczyny, Obrzeżną Północną i torami PKP. Stanowi on antropogeniczny nasyp (o znacznej miąższości), wykonany z odpadów powęglowych KWK Mysłowice, lokowanych w byłym wyrobisku popiaskowym. Na obszarze tym były również składowane odpady komunalne (przykryte później warstwą odpadów powęglowych).

Zrehabilitowane składowisko charakteryzuje się dość ubogą szatą roślinną, w której dominują trawy i nieliczne drzewa i krzewy. Niedogodne warunki dla wzrostu roślinności (podobnie jak na innych tego typu terenach) są spowodowane, w głównej mierze, charakterem zdeponowanego materiału oraz bardzo małą retencją wód opadowych. Nie zaobserwowano również jakiegokolwiek anomalii termicznej. Przygotowane poletko doświadczalne miało powierzchnię 500 m<sup>2</sup>.

Do badań wytypowano najbardziej popularną w naszym kraju roślinę energetyczną: wierzbę wiciową *Salix viminalis* (Stolarski 2003; Wyżgolik, Brząkalik 1994; Brząkalik 1994, Uprawa wierzby krzewiastej *Salix viminalis* na cele energetyczne. Materiały promocyjne Jero S.C., 2002). Sadzonki (zrzezy, sztroby) wierzby umieszczano w rozluźnionym materiale hałdowym, w warstwie uzdatnionej (wzbogaconymi ustabilizowanymi komunalnymi osadami ściekowymi) oraz w dołkach zaprawionych osadami ściekowymi. Plan nasadzeń przedstawiono na rysunku 1.

W celach porównawczych zaplanowano nasadzenia wierzby zarówno w okresie późnojesiennym (listopad 2003), jak również wiosennym (marzec 2004). W okresie wzrostu i rozwoju sadzonek prowadzono również ciągły nadzór i pielęgnowano teren poletka, a po zakończeniu okresu wegetacji została dokonana ocena poszczególnych części plantacji.



Rys. 1. Organizacja plantacji doświadczalnej

Fig. 1. Organization of experimental plantation

### 1.1. Badania stopnia zagęszczenia gruntu

Badania stopnia zagęszczenia gruntu wykonano metodą sondowania z wykorzystaniem sondy wbijanej lekkiej (SL). Wyniki badań zestawiono w tabelicy 1.

Tablica 1. Wyniki sondowania sondą lekką (SL) na składowisku kamienia „Wschód I”

| Głębokość, m ppt | Liczba uderzeń bijaka na 10 cm wępudu sondy ( $N_{10}$ ) |     |     |
|------------------|--|-----|-----|
|                  | S-1  | S-2 | S-3 |
| 0,1–0,2          | 50   | 37  | 13  |
| 0,2–0,3          | 59   | 38  | 15  |
| 0,3–0,4          | 82   | 68  | 18  |
| 0,4–0,5          | –  | 79  | 34  |
| 0,5–0,6          | –  | –   | 75  |
| 0,6–0,7          | –  | –   | –   |
| 0,7–0,8          | –  | –   | –   |
| 0,8–0,9          | –  | –   | –   |
| 0,9–1,0          | –  | –   | –   |

Na ich podstawie – zgodnie z normą PN-86 B-02480 – określono średni stopień zagęszczenia gruntów dla poszczególnych sondowań. Wynosiły one odpowiednio:  $I_{d(S-1)} = 0,85$ ,  $I_{d(S-2)} = 0,83$ ,  $I_{d(S-3)} = 0,76$ . Wyniki te w zakresie 0,76–0,85 świadczą o bardzo dobrym zagęszczeniu rekultywowanego terenu.

## 1.2. Badania chemiczne gruntu

Zamiar wykorzystania ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych jako nawozu na plantacji doświadczalnej wymusił konieczność wykonania badań chemicznych wierzchniej warstwy zdeponowanego materiału (tabl. 2 i 3). Zakres badań oraz metodykę przyjęto zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. Nr 134, poz. 1140, sprostowanie: Dz. U. Nr 155, poz. 1299).

**Tablica 2.** Metody referencyjne badań gruntów, na których mają być stosowane komunalne osady ściekowe

| Wskaźnik   | Metoda   |
|--|--|
| Odczyn pH  | oznaczenie elektrometryczne w roztworze wodnym                                     |
| Zawartość metali ciężkich: ołowiu, kadmu, rtęci, niklu, cynku, miedzi i chromu     | spektrometria absorpcji atomowej po mineralizacji mocnymi kwasami                  |
| Zawartość fosforu przyswajalnego w przeliczeniu na $P_2O_5$ (pięciotlenek fosforu) | ekstrakcja mleczanem wapnia i oznaczenie spektrofotometryczne metodą Engera-Rhiema |

**Tablica 3.** Analiza chemiczna próbki gruntu

| Oznaczenie                    | Zawartość  |
|-------------------------------|------------|
| Wilgoć analityczna            | 2,15% wag. |
| pH wyciągu wodnego            | 7,8        |
| Ołów, Pb                      | 59 ppm     |
| Kadm, Cd                      | 2 ppm      |
| Rtęć, Hg                      | <1 ppm     |
| Nikiel, Ni                    | 31 ppm     |
| Cynk, Zn                      | 408 ppm    |
| Miedź, Cu                     | 57 ppm     |
| Chrom, Cr                     | 59 ppm     |
| Fosfor przyswajalny, $P_2O_5$ | 18 ppm     |

Uzyskane wyniki badań zostały porównane z zawartymi w wymienionym Rozporządzeniu dotyczącymi parametrów gruntów, na których mogą być stosowane osady ściekowe jako nawóz do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz. Jedynie zawartość cynku w badanej próbce przekroczyła nieznacznie wartość dopuszczalną. Uwzględniając jednak fakt, że *Salix viminalis* charakteryzuje się znaczną zdolnością pochłaniania metali ciężkich z gruntu, stwierdzono, że teren zreultywowanego składowiska „Wschód I” może być wykorzystywany do uprawy roślin energetycznych.

### 1.3. Przygotowanie terenu do nasadzenia

Ze względu na wysoki stopień zagęszczenia gruntu, podstawowym zabiegiem umożliwiającym nasadzenia sadzonek wierzby było rozluźnienie warstwy powierzchniowej (ok. 30 cm), do którego zastosowano ładowarkę kołową. Następnie część terenu plantacji została nawieziona materiałem wspomagającym w postaci ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych, spełniających wszelkie normy prawne w zakresie wykorzystania ich do produkcji roślin nieprzeznaczonych do spożycia. Część dowiezionych osadów została wykorzystana również przy nasadzeniach w zaprawionych dołkach.

### 1.4. Nasadzenia roślin

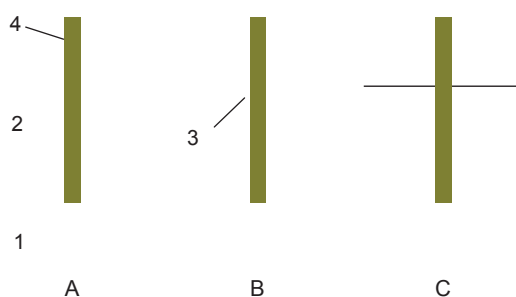
Do nasadzeń, jak wspomniano, wytypowano najbardziej popularną w naszym kraju roślinę energetyczną: wierzbę wiciową *Salix viminalis* (zwana także wierzwą konopianką), której podstawowymi zaletami są:

- rozmnażanie wegetatywne,
- szybki wzrost,
- odporność na choroby i szkodniki,
- wysoka mrozoodporność,
- dobra produktywność i jakość drewna.

Nasadzenia zaplanowano na okres późnojesienny (listopad 2003) i wiosenny (marzec 2004).

W dniu 27.11.2003 roku do nasadzenia wykorzystano zrzesy sadzonek jednorocznych długości około 20 cm. Sadzonki na plantacji rozmieszczono rzędami w odległości około 100 cm, a odległość między sadzonkami wyniosła około 30–40 cm.

Zgodnie z planem (rys. 2) sadzonki nasadzano bezpośrednio w materiale hałdowym (A), w dołkach zaprawionych ustabilizowanymi osadami ściekowymi (B) oraz w tzw. warstwie uzdatnionej – w obecności osadów ściekowych (C).



**Rys. 2.** Technika nasadzeń: 1 – materiał hałdowy zagęszczony, 2 – materiał hałdowy rozluźniony, 3 – ustabilizowany komunalny osad ściekowy, 4 – zrzesy wierzby krzewiastej

**Fig. 2.** Technics of planting: 1 – heap consolidated material, 2 – heap loosened material, 3 – stabilised communal sludge, 4 – disintegrated shrubby willows

Nasadzenia w marcu 2004 roku wykonano również w sposób opisany powyżej. Przed wsadzeniem sztabry były moczone w wodzie przez 24 do 48 godzin.

### 1.5. Pielęgnacja roślin

Wierzba krzewiasta, która jest sadzona w formie nieukorzenionej (zrzezy), szczególnie w pierwszym roku jest narażona na zachwaszczenie, dlatego w okresie wegetacyjnym sadzonki poddawane były okresowo mechanicznemu odchwaszczaniu (zwłaszcza w części plantacji uzdatnionej materiałem organicznym).

## 2. WYNIKI BADAŃ

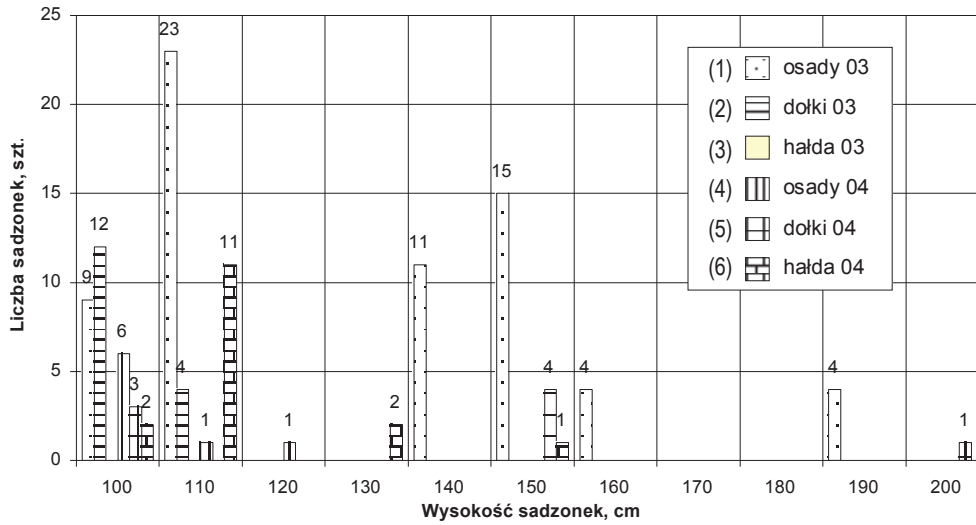
Wyniki badań prowadzonych na doświadczalnej plantacji wierzby *Salix viminalis* na składowisku odpadów powęglowych, które opracowano na podstawie prowadzonych w okresie listopad 2003 – październik 2004 okresowych kontrolach terenu plantacji, przedstawiono w tablicach 4 i 5 oraz na rysunkach 3 i 4.

Tablica 4. Wyniki badań udatności nasadzeń wierzby *Salix viminalis* – listopad 2003 rok

| Wyszczególnienie  | Warstwa uzdatniona                                      | Dołki zaprawowe  | Hałda   | Ogółem    |
|---|---|--|---|-----------|
| Pora nasadzeń   | Listopad 2003 rok                                       |  |   |           |
| Liczba sadzonek, szt.   | 219   | 143  | 99  | 461       |
| Wzeszło (nie wzeszło), szt.   | 156 (63)  | 104 (39)   | 82 (17)   | 342 (119) |
| Uschło w okresie wegetacyjnym, szt.                                 | 16  | 43   | 33  | 92        |
| W sumie nie wzeszło ogółem, % (szt.)                                | 36% (79)  | 57% (82)   | 51% (50)  | 45% (211) |
| W sumie wzeszło, % (szt.)   | 64% (140)   | 43% (61)   | 49% (49)  | 54% (250) |
| Jakość uzyskanej biomasy  | najwyższe sadzonki – 190 cm, 66 sadzonek powyżej 100 cm | najwyższe sadzonki – 110 cm, średnia wysokość sadzonek – ok. 80 cm | najwyższe sadzonki – 90 cm, średnia wysokość sadzonek – ok. 50 cm |           |
| Sadzonki powyżej 100 cm w odniesieniu do udatności, %               | 47%   | 26%  | 0%  | 33%       |
| Sadzonki powyżej 100 cm w odniesieniu do ogólnej liczby sadzonek, % | 30%   | 11%  | 0%  | 18%       |

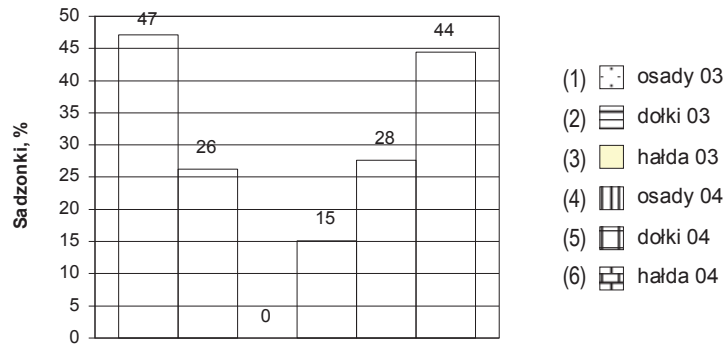
Tablica 5. Wyniki badań udatności nasadzeń wierzby *Salix viminalis* – marzec 2004 rok

| Wyszczególnienie  | Warstwa uzdatniona                                     | Dołki zaprawowe  | Hałda   | Ogółem    |
|---|--|--|---|-----------|
| Pora nasadzeń   | Marzec 2003r   |  |   |           |
| Liczba sadzonek   | 289  | 50   | 101   | 440       |
| Wzeszło (nie wzeszło), szt.   | 95 (194)   | 42 (8)   | 52 (49)   | 188 (253) |
| Uschło w okresie wegetacyjnym, szt.                                 | 42   | 13   | 16  | 73        |
| W sumie nie wzeszło ogółem, % (szt.)                                | 82% (236)  | 42% (21)   | 64% (65)  | 74% (326) |
| W sumie wzeszło, % (szt.)   | 18% (53)   | 58% (29)   | 36% (36)  | 26% (118) |
| Jakość uzyskanej biomasy  | najwyższa sadzonka – 115 cm, 8 sadzonek powyżej 100 cm | najwyższa sadzonka – 200 cm, 8 sadzonek powyżej 100 cm | najwyższa sadzonka – 150 cm, 16 sadzonek powyżej 100 cm |           |
| Sadzonki powyżej 100 cm w odniesieniu do udatności, %               | 15%  | 28%  | 44%   | 27%       |
| Sadzonki powyżej 100 cm w odniesieniu do ogólnej liczby sadzonek, % | 3%   | 16%  | 16%   | 7%        |



Rys. 3. Liczba sadzonek powyżej 100 cm na poszczególnych poletkach

Fig. 3. Number of quicksets above 100 cm on each experimental plot: 1,4 – sediments, 2,5 – holes, 3,6 – heap



Rys. 4. Procent sadzonek powyżej 100 cm w odniesieniu do udatności

Fig. 4. Percentage of quicksets above 100 cm with reference to neatness: 1,4 – sediments, 2,5 – holes, 3,6 – heap

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na plantacji doświadczalnej na składowisku kamienia „Wschód I” KWK Mysłowice nasadzono 901 sadzonek wierzby *Salix viminalis* w dwóch turach: w listopadzie 2003 roku (461 szt.) oraz w marcu 2004 roku (440 szt.). Przyjęty sposób nasadzeń obejmował nasadzenia bezpośrednio w materiale hałdowym, w dołkach zaprawionych ustabilizowanymi osadami ściekowymi oraz w tzw. warstwie uzdatnionej, którą stanowiła wierzchnia warstwa materiału hałdowego, wymieszana z osadami ściekowymi.

Na podstawie obserwacji stwierdzono, że najkorzystniejszą porą sadzenia wierzby na gruntach antropogenicznych, uformowanych z odpadów powęglowych, jest okres późnojesienny, kiedy sadzonka ma zapewnioną dostateczną ilość wilgoci, co wykorzystuje na początku okresu wegetacyjnego. Średnia udatność nasadzeń jesien-nych wyniosła 54%, przy udatności nasadzeń wiosennych wynoszącej 26%. Najlepsze wyniki uzyskano w przypadku nasadzeń jesien-nych w warstwie uzdatnionej osadami ściekowym, gdzie udatność wyniosła 64%, z czego prawie połowa sadzonek (47%) osiągnęła wysokość ponad 100 cm. Bardzo duży wypadek (74%) sadzonek wiosennych był spowodowany niekorzystnymi warunkami wodnymi. Duża liczba dni suchych, w okresie wiosennym i letnim podczas prowadzenia doświadczenia, spowodowała znaczne przesuszenie wierzchniej warstwy zwałowiska, nie zapewniając sadzonkom dostatecznej ilości wilgoci w początkowej fazie wzrostu.

Generalnie zrehabilitowane składowisko kamienia „Wschód I” nie było odpowiednim terenem do zakładania jakichkolwiek upraw, zwłaszcza roślin energetycznych. Niedostateczna ilość wody retencjonowanej powodowała, że warunki wzrostu sadzonek wierzby krzewiastej wykluczały odpowiedni przyrost masy (porównywalny z terenami rolnymi) – zapewniający opłacalność ekonomiczną plantacji.

Zwiększenie wielkości plonów w przypadku upraw lokalizowanych na obszarach lokowania odpadów powęglowych jest możliwe, gdy wybierze się teren zapewniający odpowiednią retencję wód, a także stworzy się „warstwę urodzajną”, na przykład przez zastosowanie komunalnych osadów ściekowych.

Z uwagi na to, że sadzonki wierzby krzewiastej osiągają maksymalny przyrost dopiero od drugiego roku uprawy, w celu określenia przydatności terenów pogórn-icznych do zakładania plantacji roślin energetycznych, korzystne będzie kontynuowanie obserwacji plantacji doświadczalnej jeszcze przez co najmniej jeden okres wegetacyjny.

#### Literatura

1. Dubas J. (2003): *Uprawy wierzby na cele energetyki cieplnej*. Czysta energia nr 1.
2. Olejniczak J. (2000): *Możliwości i perspektywy energetycznego wykorzystania biomasy w produkcji rolniczej*. Przegląd komunalny nr 4(103).
3. Ruszkowski J. (1999): *Biomasa-źródłem energii odnawialnej*. Czystsza Produkcja w Polsce nr 5.
4. Szwałek K. (2003): *Energetycy krzewią wierzbę, aby palić nią w piecach*. Świat energii nr 3.
5. Weber H. (2000): *Odpady roślinne źródłem energii*. Gospodarka Paliwami i Energią nr 5.
6. Broda J. i inni (1993): *Zagospodarowanie i rekultywacja składowiska kamienia „Wschód I” KWK Mysłowice*. Fundacja Wspierania Technologii Ekologicznych „Czyste Jutro”.
7. Stolarski M. (2003): *Instrukcja zakładania i prowadzenia polowych plantacji energetycznych wierzby krzewiastej*. Materiały szkoleniowe, Sosnowiec, marzec 2003.
8. Wyżgolik B., Brząkalik K.: (1994): *Produkcja biomasy na obszarach szczególnego zagrożenia*. Materiały seminaryjne. Mikołów WODR.
9. Brząkalik K. (1994): *Ogólne zasady zakładania plantacji wierzbowych na terenach zdegradowanych*. Materiały seminaryjne. Mikołów WODR.
10. *Uprawa wierzby krzewiastej Salix Viminalis na cele energetyczne*. Materiały promocyjne Jero S.C., 2002.

**Recenzent:** dr Leszek Trząski