

Franciszek ŚWITAŁA\*

## Stan ekosystemu zlewni rzeki Huczwy a możliwości energetycznego jej wykorzystania

**STRESZCZENIE.** W polskiej „Strategii rozwoju energetyki odnawialnej” w zakresie wzrostu produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, jak również dokumentach przyjętych przez Unię Europejską jest położony szczególny nacisk na wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.

Pełne i kompleksowe wykorzystanie odnawialnych źródeł powinno uwzględniać zachowanie dobrego stanu ekosystemu zlewni małej rzeki. Ocenę stanu ekosystemu zlewni dokonano opierając się na metodzie entropii Shannona, uwzględniając wykorzystanie powierzchni zlewni, a szczególnie udział powierzchni lasów, które szczególnie przyczyniają się do poprawy stanu ekosystemu. Jako element poprawy stanu ekosystemu w miejsce zalesień tradycyjnymi sadzonkami drzew przyjęto zakładanie plantacji energetycznych i pozyskiwanie biomasy.

Pozyskana w ten sposób biomasa może być przerobiona na miejscu co daje możliwość zmniejszenia bezrobocia i utworzenia nowych miejsc pracy, jak również zmniejszenie zanieczyszczenia atmosfery poprzez znaczny udział uzyskanych z przerobu pelet w domowych systemach grzewczych lub elektrociepłowniach w postaci energetyki rozproszonej.

**SŁOWA KLUCZOWE:** ekosystem, rzeka Huczwa, odnawialne źródła energii

---

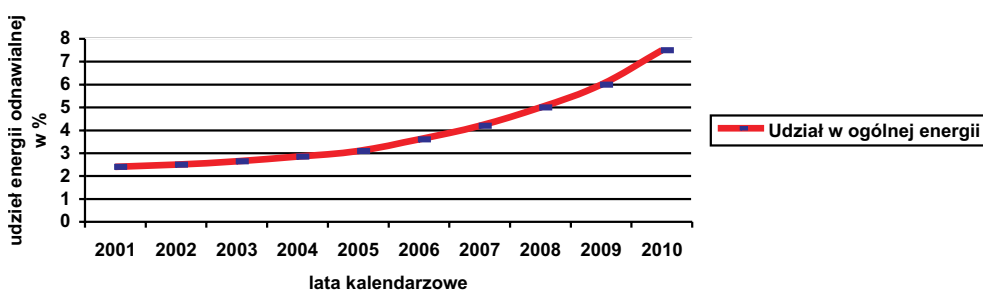
\* Dr inż. — Katedra Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Roman NEY

Od kryzysu energetycznego z lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku oraz w dobie wysokich cen na surowce energetyczne jest silny trend na wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.

Początkowo widoczne było to w krajach europejskich takich jak: Wielka Brytania, Szwajcaria, następnie Niemcy, Szwecja, a obecnie we wszystkich krajach Unii Europejskiej (UE) w tym także nowoprzyjętych i kandydujących. Zostały opracowane wymagania dotyczące zagospodarowania odnawialnych źródeł energii, oraz udziału energii odnawialnej w globalnie zużywanej energii. Kraje Unii Europejskiej obecnie posiadają w ogólnym bilansie średnio 6% energetyki odnawialnej, a strategia rozwoju przewiduje, aby do 2010 roku ten udział osiągnął 12%. Elementem zapewnienia takiego udziału była Zielona Księga gwarantująca bezpieczeństwo energetyczne krajów Unii Europejskiej, jak również odpowiednie dyrektywy z wnioskiem o zmniejszeniu redukcji CO<sub>2</sub> o 8% do roku 2012. W krajach UE wykorzystuje się wszystkie możliwe piętrzenia do produkcji energii elektrycznej i instaluje się hydrogeneratory nawet o mocy 2 kW, przykładem jest Wielka Brytania, Niemcy wykorzystując spady wody już od 1,5 m.

W polskiej „Strategii rozwoju energetyki odnawialnej” w zakresie wzrostu produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych ze szczególnym uwzględnieniem energetyki wiatrowej na lata 2003–2005 przytoczony jest udział energii odnawialnych w ogólnym bilansie jak na rysunku 1.



Rys. 1. Prognozowany udział energii z odnawialnych źródeł w ogólnym bilansie energii elektrycznej

Fig. 1. Forecast of the share of renewable energy sources in the electricity production

Zawarte w krajowej „Strategii rozwoju energetyki odnawialnej” cele to: 7,5% energii ze źródeł odnawialnych w 2010 roku oraz 14% w 2020. Częściowym instrumentem osiągnięcia tego celu jest rozporządzenie, które obliguje spółki dystrybucyjne do obowiązku zakupu energii ze źródeł odnawialnych ze wzrastającym jej udziałem.

W roku 2000 udział energetyki odnawialnej, również z produkcją elektrowni wodnych w bilansie energetycznym kraju, stanowił zaledwie 2,6%, co odpowiadało 105,7 PJ. Szczególną rolę w tym miejscu należy zwrócić na samorządy, poczynając od samorządów gminnych na wojewódzkich kończąc, które opracowując strategie energetyczne na swoich szczeblach nie zawsze uwzględniały zgodnie z obowiązującymi przepisami wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Szczególną rolę należy przypisać energii zawartej w przepły-

wających przez ich teren małych rzeczkach, które wcześniej były intensywnie wykorzystywane do napędów młynów, tartaków itp.

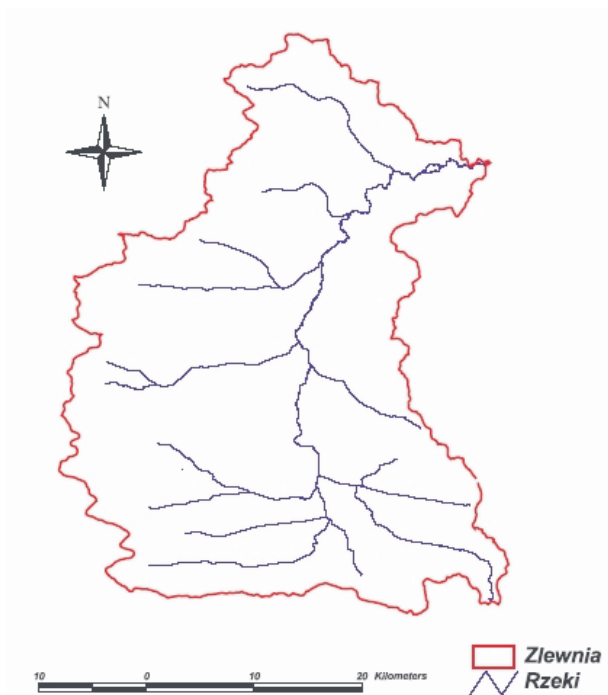
Teren województwa lubelskiego obejmujący obecnie 25 115 km<sup>2</sup> i liczący 2,244 mln mieszkańców według danych z 1935 roku na tym terenie było 15 małych elektrowni wodnych o łącznej mocy zainstalowanej 880 kW produkujące 2860 MW·h energii elektrycznej.

Województwo lubelskie jest terenem dość zróżnicowanym. Występują tu obszary nizinne (Polesie) na północy, gdzie sieć rzeczna jest dość dobrze rozwinięta, ale o powolnym nurcie i terenach bagiennych. Istnieją tam parki narodowe oraz krajobrazowe okolice jezior Biczka i Rogoźno, a płynące tam rzeczki i kanały melioracyjne uzyskują maksymalny spad do 2 m przy małych przepływach około 60 dcm<sup>3</sup>/s. Na południu przeciwieństwem jest Roztocze z Roztoczańskim Parkiem Narodowym, gdzie rzeczki płyną w wąskich dolinach i wartkim nurtem, a piętrzenia uzyskują wysokość nawet do 10 m. Do analizy wykorzystania możliwości energetycznych przyjęto rzekę Huczwę.

## 1. Charakterystyka rzeki Huczwy

Huczwa jest lewostronnym dopływem rzeki Bug, a jej zlewnia o powierzchni 1394,3 km<sup>2</sup> w całości znajduje się na terytorium Polski. Rzeka ta jest największym jego dopływem i wpada na 547 kilometrów. Początek rzeki Huczwy jej biegowi dają dwa źródła na wysokości 240 m n.p.m. o wydajności 13,5 dcm<sup>3</sup>/s. Górny odcinek rzeczki liczący około 15 km wykorzystuje równoleżnikową dolinę o stromych zboczach i o stopniowo rozszerzającym się płaskim podmokłym dnie, aby zmienić następnie swój kierunek na południkowy. W obrębie Grzędy Sokalskiej południkowa dolina ma charakter przełomu, a jej szerokość miejscami osiąga nawet 1 km, na jej obszarze znajdują się zmeliorowane łąki. Z terenu Grzędy Sokalskiej do Huczwy wpływają niewielkie dopływy, z których największymi są Wożuczynka o długości 18,8 km jako dopływ lewostronny oraz Kamień o długości 17 km jako dopływ prawostronny. Następnie rzeka ta opuszcza Grzędę Sokalską i płynie przez Kotlinę Hrubieszowską sąsiadując od wschodu z dorzeczem Bukowej. Na 34 km od ujścia przyjmuje lewostronny dopływ Siniochę odprowadzającą wodę z rozległych podmokłych obniżen terenu, pociętych siecią rowów melioracyjnych gdzie wodowskaz w Gozdowie znajduje się zamykający zlewnię o powierzchni 1215 km<sup>2</sup>. W Hrubieszowie Huczwa dzieli się na dwa ramiona, gdzie lewe jest czynnym korytem, a prawe jej ramię stanowi kanał ulgi. Dolny odcinek rzeki to granica pomiędzy padolem zamojskim, czyli Kotliną Hrubieszowską, a Działami Grabowieckim i Grzędą Horodelską. Na tym odcinku do Huczwy wpływają niewielkie cieki, a rzeka w jest na tym odcinku nieuregulowana silnie meandruje wcinając się głęboko w dno doliny. Przyczyną tak głębokiego wcięcia się rzeki w dno doliny było zniszczenie piętrzeń przy młynach wodnych w latach powojennych i dostosowaniem się profilu rzeki do podstawy erozji. Huczwa uchodzi do Bugu na wysokości 175,7 m n.p.m.

Zlewnię rzeki przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Zlewnia rzeki Huczwy [3]

Fig. 2. Drainage area of Huczwa river

Zlewnia tej rzeki zaliczana jest do zlewni drugiego rodzaju i znajduje się na terytorium dwu powiatów: Tomaszowa Lubelskiego i Hrubieszowskiego. Teren ten należy do 17 gmin – rysunek 3.

Na terytorium zlewni zamieszkuje 102 tysiące osób z tej liczby 51% są to osoby w wieku produkcyjnym, lecz wyższe wykształcenie posiada tylko 1,53%, a średnie i pół wyższe 30%. Dochód jednostkowy gmin to zaledwie 955 złotych na jednego mieszkańca w roku 2000 i równoważne są wydatkom.

Jednostkowe zużycie nośników energetycznych wynosi :

- energii elektrycznej 737 kW·h/mieszkańca /rok,
- gazu ziemnego sieciowego 698 m<sup>3</sup>/mieszkańca /rok,
- wody 21,4 m<sup>3</sup>/mieszkańca /rok.

Ogółem na terenie zlewni rzeki zużywane jest około 75 tys. MW·h energii elektrycznej, oraz 71 mln m<sup>3</sup> gazu. Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady Europy w rezolucji z 8.06.1998 roku wyznaczają osiągnięcie minimum 12% zużycia brutto energii, która ma pochodzić ze źródeł odnawialnych w roku 2010w w celu obniżenia emisji gazów cieplarnianych oraz SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> wymaganych układem z Kioto. Przekłada się to na 22,1% udziału w energii elektrycznej. W pojęciu tej dyrektywy odnawialnymi źródłami są:



Rys. 3. Gminy zlokalizowane na terenie zlewni rzeki Huczwy

Fig. 3. Communities located on drainage area of Huczwa river

- ❖ energia małych rzek,
- ❖ energia wiatru,
- ❖ energia słońca,
- ❖ energia biomasy,
- ❖ energia geotermiczna,
- ❖ energia fal morskich.

Realizacja tego celu jest poprzez bezpośrednią lub pośrednią pomoc publiczną, jak pomoc inwestycyjna lub ulgi podatkowe.

## 2. Energetyczne możliwości rzeki Huczwy

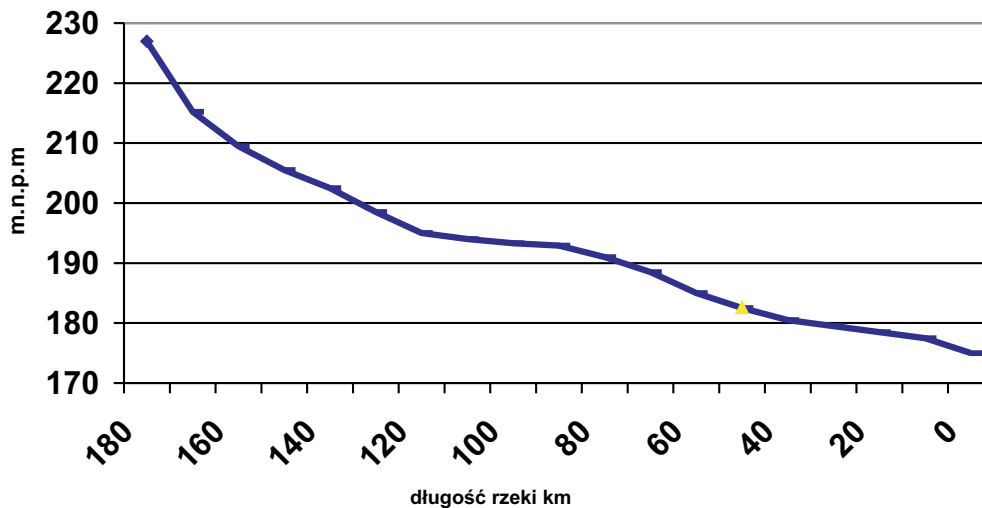
Przekładając to na możliwości uzyskania energii elektrycznej z przepływającej wody rzeki Huczwy należy stwierdzić że obecnie na niej istnieją niewykorzystane piętrzenia jak w tabeli 1.

Na całym spadzie rzeki od źródeł do ujścia wynoszącym 81,25 m, podpiętrzone jest tylko 16,25 m, czyli około 20% jej spadu (rys. 4). W początkowym odcinku przed dopływem rzeki

TABELA 1. Parametry piętrzeń znajdujących się na rzece Huczwie

TABLE 1. Parameters of existing throws on Huczwa river

Miejscowość	Odległość od ujścia	Wysokość piętrzenia	Szerokość	Przepływ
	km	m	m	m <sup>3</sup> /s
Wola Gródecka	66,9	1,05	1,8	0,2
Kol. Pieniany II	64,7	1,5	1,8	0,3
Kol. Pieniany I	63,63	1,6	2,4	0,3
Ratyczów	61,71	1,9	2,6	0,4
Zimno	59,4	1,9	2,5	0,5
Łaszczów	55,49	1,5	2,8	0,6
Turkowice	38,00	1,5	12	2,3
Malice	31,35	1,3	12	2,9
Werbkowice	23	2	12	3,6
Hrubieszów	9,48	2	16	4,0
Sumaryczne pod piętrzenie		16,25		



Rys. 4. Profil podłużny rzeki Huczwy [3]

Fig. 4. Longitudinal profile of Huczwa river

Sienichy przepływ jest niewielki około do 0,6 m<sup>3</sup>/s to po przyjęciu jej wód od 34 km, czyli od wysokości 192 m n.p.m. można ją zagospodarować również do celów energetycznych . Na tym odcinku sumaryczny możliwy do wykorzystania spadek wynosi około 17 m, a wykorzy-

stane jest obecnie zaledwie 6,8 m co stanowi około 30% spadku całkowitego. Na tym odcinku rzeki można zlokalizować małe elektrownie wodne o łącznej mocy około 400 kW, produkujące około 4000 MW·h energii elektrycznej rocznie. Uzyskana energia elektryczna stanowić będzie 5,3% energii elektrycznej zużywanej obecnie przez odbiorców zlokalizowanych na terenie zlewni tej rzeki. Taka ilość jest bardzo znacząca i spełniać będzie wymagania jakie są postawione w 2008 roku co do udziału energii ze źródeł odnawialnych.

Aktualnie możliwe jest zabudowanie istniejących stopni wodnych jak w tabeli 2.

TABELA 2. Moce elektryczne małych elektrowni przy istniejących piętrzeniach

TABLE 2. Capacities of small power plants possible to build at existing throws

Miejscowość	Odległość od ujścia	Moc do zainstalowania	Produkcja energii
	km	kW	MW·h
Wola Gródecka	66,9	2	8,8
Kol. Pieniany II	64,7	3	18,6
Kol. Pieniany I	63,63	3	19,9
Ratyczów	61,71	5	31,5
Zimno	59,4	6	39,3
Łaszczów	55,49	7,5	37,7
Turkowice	38,00	20	143
Malice	31,35	25	156
Werbkowice	23	40	298
Hrubieszów	9,48	40	331
Suma		151	1 085

Zorganizowanie się istniejących na terenie zlewni 17 gmin, w związek gmin zlewni rzeki pozwoli na realizację kompleksowego wykorzystania zasobów hydroenergetycznych rzeki, a uzyskaną energię elektryczną przekazać będzie można do wykorzystania przez szkoły i urzędy administracji gminnej, a także na oświetlenie dróg gminnych.

Nowa metoda zagospodarowania uzyskanej energii pozwoli na znaczne zmniejszenie kosztów samorządowych, ponieważ uzyskana energia nie będzie posiadała dość znacznego składnika kosztu energii elektrycznej jakim są koszty przesyłu, sięgające obecnie nawet 50% ceny jednej kilowatogodziny zakupywanej z sieci dystrybucyjnej.

Na terytorium zlewni rzeki Huczwy pola uprawne zajmują aż 83,6% powierzchni, a lasy i łąki zajmują tylko 11,68%. To właśnie lasy i łąki są najważniejszym naturalnym ekosystemem na terenie zlewni rzeki i spełniają wiele funkcji jak również regulują stosunki wodne w glebie.

### 3. Stan ekosystemu zlewni rzeki

Jak wspomniano w [1] różnorodność ekosystemu na terenie zlewni małej rzeki w znacznym stopniu określa jego stabilność szczególnie w odniesieniu do oddziaływania antropogenicznego. Realizowane jest to zgodnie z zasadą ekologicznego uzupełniania się, która głosi że, żadna funkcjonalna część ekosystemu (w tym przypadku zlewni małej rzeki) nie może prawidłowo funkcjonować bez innych uzupełniających ją części. Tak na przykład wspomniane wcześniej znaczne zwiększenie udziału powierzchni gruntów uprawnych na terytorium zlewni rzeki Huczwy znacząco zmienia możliwości zalesień w celu realizacji przez las swoich funkcji przyrodniczych.

Dla analizy stanu ekologicznego zlewni rzeki Huczwy wykorzystano metodykę nazkicowaną w pracy [1]. W niej dla oceny stopnia obciążenia technicznego terytorium wykorzystuje się następujące:

$$H_a \leq k_{\max} \times H_n$$

$H_n$  — składowa różnorodności naturalnych systemów ekologicznych,

$H_a$  — składowa różnorodności antropogenicznie zmodyfikowanych ekosystemów,

$k_{\max}$  — graniczny dopuszczalny wskaźnik stosunku składowych różnorodności zmodyfikowanych antropogenicznie zmodyfikowanych i naturalnych systemów ekologicznych.

Składowe różnorodności antropogenicznie zmodyfikowanych i naturalnych ekosystemów  $H_n$  i  $H_a$  w sumie dają ogólny wskaźnik różnorodności ekosystemów zlewni, który może być określony zgodnie ze wzorem Shannona [1]. Wartość granicznych dopuszczalnych wskaźników różnorodności antropogenicznie zmodyfikowanych i naturalnych ekosystemów dla terytorium południowo-wschodniej Polski na podstawie analiz eksperckich może wynosić około 0,8.

Wykorzystując to kryterium zakłada się że wszystkie ekosystemy zlewni mogą być podzielone na dwa rodzaje: naturalne (funkcjonujące długi okres bez ingerencji człowieka) lub antropogenicznie zmodyfikowane (istnienie których nie jest możliwe bez wkładanie w nie dodatkowych środków i energii). Naturalne systemy ekologiczne to las, zalesienia łąki pastwiska rzeki jeziora bagna i torfowiska. Do antropogenicznie zmodyfikowanych zaliczamy terytoria zabudowane budynkami gospodarczymi i mieszkalnymi, ziemie uprawne, zabudowa przemysłowa drogi, działki przyzagrodowe sady wyręby lasu osuszone i zmeliorowane pola, kopalnie torfu i inne (tab. 3).

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że obecnie tj. w 2006 roku stosunek składowych różnorodności na terytorium zlewni rzeki Huczwa przekracza graniczne dopuszczalne przyjęte wartości (rys. 5).

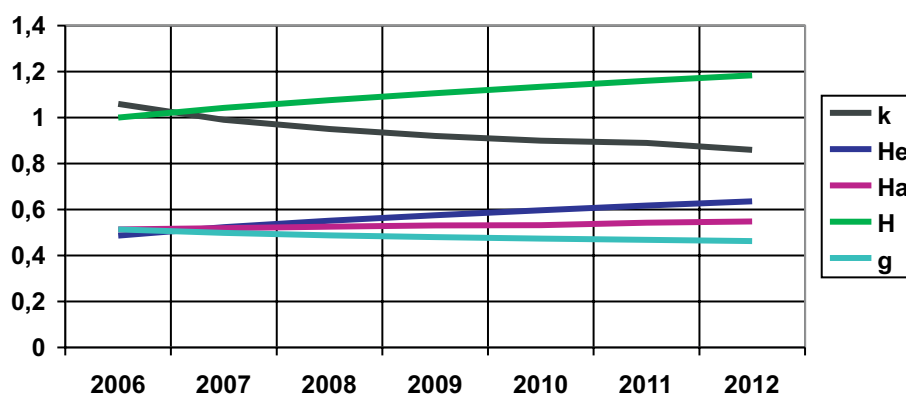
Wyniki obliczeń wykazują, że w 2006 r. terytorium zlewni rzeki Huczwy podlega znacznemu obciążeniu antropogenicznemu i naturalne istniejące tam ekosystemy nie są w stanie skompensować negatywnego wpływu na nie.



TABELA 3. Parametry przyjęte do obliczeń dla zlewni rzeki Huczwy

TABLE 3. Parameters assumed for evaluation done for drainage area of Huczwa river.

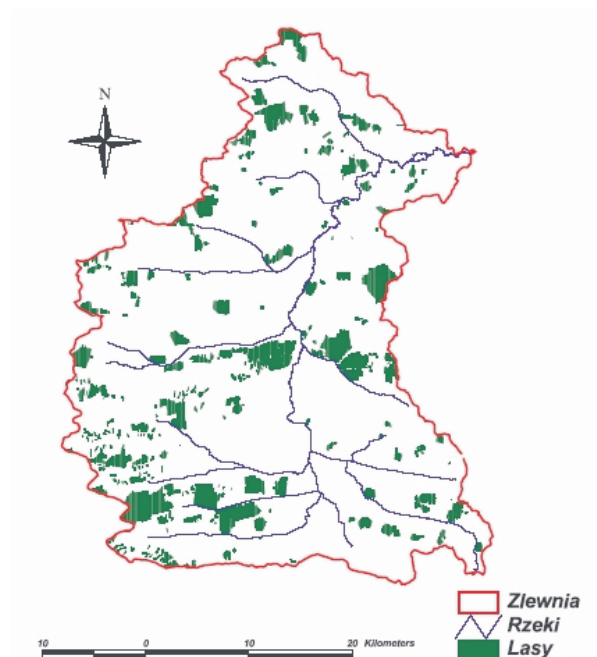
Parametr	Jednostka	Wielkość
Powierzchni zlewni	km <sup>2</sup>	1382
Lasy	%	9,82
Łąki	%	1,86
Rzeki i strumienie	%	0,13
Bagna, podtopione łąki	%	0,001
Jeziora	%	0,38
Miejscowości	%	3,19
Pola uprawne	%	83,64
Zabudowa przemysłowa	%	1,05
Drogi komunikacyjne	%	0,49
Ogródki pracownicze	%	0,01
Sady	%	0,04
Zmeliorowane bagna	%	0,011



Rys. 5. Wyniki symulacji określenia stanu ekologicznego zlewni rzeki Huczwy

Fig. 5. Results of simulation of ecological condition of drainage area of Huczawa river

Polepszenie stanu ekologicznego zlewni rzeki Huczwy może być osiągnięte tylko poprzez zwiększenie powierzchni naturalnych ekosystemów, a w pierwszej kolejności nasadzeniami lasu. Temu celowi służą dyrektywy Unii Europejskiej w zakresie finansowania zalesiania terenów niewykorzystywanych rolniczo. Obecny stan lasów pokazuje rysunek 6. Przeprowadzona została symulacja w zakresie zwiększania terenów leśnych przyjęto że



Rys. 6. Powierzchnie lasów na terenie zlewni rzeki Huczwy

Fig. 6. Forests in the drainage area of Huczwa river

corocznie o 0,5% tj. 691 ha terytorium zlewni rzeki będzie zalesiane w przeciągu najbliższych 5 lat. Po tym okresie udział lasów na terytorium zlewni zwiększy się o 2,5% i wyniesie 12,5% terytorium zlewni. Taki udział naturalnych ekosystemów leśnych będzie jeszcze zbyt mały, dlatego proces zalesiania należy kontynuować aż do lat 2018–2020, aby uzyskać zadowalający efekt.

## Wnioski

Realizując to przedsięwzięcie należy uwzględnić, że sadzonki rosną bardzo wolno i swoją dojrzałość ekologiczną osiągają po 15–20 latach, co przedłuży znacznie osiągnięcie równowagi ekologicznej na terytorium zlewni rzeki. Proponuje się dla przyspieszenia procesu normalizacji ekologicznej na terytorium zlewni rzeki Huczwy do zalesień wykorzystać uprawy ekologiczne w celu uzyskania zielonej energii i zalesienia prowadzić wierzba energetyczną (*Salix spp*). Wierzba energetyczna szybko uzyskuje dojrzałość w zakresie przyjmowanie obciążeń antropogenicznych i przy zbiorze raz na 4 lata daje 25 ton suchej masy z hektara. W rozpatrywanym okresie najbliższych 5 lat od momentu rozpoczęcia tego procesu możliwe jest uzyskanie w taki sposób około 103 608 ton suchej masy, czyli wtórnego odnawialnego źródła energii, czyli około  $3,19\text{--}6,38 \times 10^8$  GJ energii cieplnej

do wykorzystania w celu ogrzewania budynków na terenie zlewni, a szczególnie budynków administracji, szkolnych itp.

## Literatura

- [1] ROMANOW M.W., 2003 — Termodynamiczeskij podchod dlja obesieczeniya ustojcziwogo rozwitja prirodno – chazjastwiennykh sistem. Sankt – Petersburg. Izdatielstwo SPBGPU.
- [2] SEREDA S., 2001 — Próba przygotowania zasad klasyfikacji zlewni małych rzek na przykładzie rzeki Huczwy. Praca magisterska. Politechnika Lubelska, Lublin.
- [3] SOBIECH P., 2000 — Zasoby hydroenergetyczne województwa lubelskiego. Praca inżynierska. Politechnika Lubelska, Lublin.
- [4] Źródła wyżyny Lubelskiej i Roztocza. Pod redakcją Z. Michalczyka. Wydawnictwo UMCS, Lublin 2001.
- [5] Pilotowy program wykonawczy do strategii rozwoju energetyki odnawialnej w zakresie wzrostu produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych ze szczególnym uwzględnieniem energetyki wiatrowej na lata 2003–2005. Ministerstwo Środowiska. Warszawa 2002.
- [6] Komitet Wspólnot Europejskich. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europy w sprawie promocji elektryczności ze źródeł odnawialnych na wewnętrznym rynku energii elektrycznej. Bruksela 10.05.2000 r.COM(2000)279 Final.
- [7] STOLARSKI M., 2005 — Pelety z biomasy wierzby i ślazuwca. Czysta energia nr 6, str. 36–38.
- [8] LARSSON S., 2005 — Wierzba energetyczna w Europie. Czysta energia nr 2, str. 14–15.

Franciszek ŚWITAŁA

## The condition of the ecosystem in the Huczwa River drainage area and its' energetic utilization

### Abstract

Not only in the polish development strategy for energetics in the area of renewable energy sources, but also in the directives of EU, utilization of ecological energy sources is of great importance. Full and complex utilization of renewable sources should take into account the well-being of the drainage areas' ecosystem. The condition of the ecosystem is estimated with the Shannon's entropy scale, which includes the usage of the drainage area and especially the area of forests which contribute significantly to the well-being of an ecosystem. Instead of a forestation with seedlings, the plantations of energetic plants should be considered. Obtained in this way biomass can be proceeded on site what would decrease the unemployment rate. The atmosphere contamination would decrease due to usage of pellets for heating purposes.

KEY WORDS: ecosystem, Huczwa river, renewable energy sources