

**OCENA ZASOBÓW I POTENCJALNYCH MOŻLIWOŚCI
POZYSKANIA SUROWCÓW
DLA ENERGETYKI ODNAWIALNEJ
W WOJEWÓDZTWIE POMORSKIM**

Opracowanie:
Mirosława Hałuzo
Współpraca:
Ryszard Musiał
Grafika:
Barbara Brokos

Spis treści

1.	Wprowadzenie.....	3
2.	Cel i zakres opracowania.....	4
3.	Znaczenie biomasy dla energetyki.....	4
4.	Przyrodnicze uwarunkowania produkcji biomasy roślinnej na cele energetyczne w województwie pomorskim.....	6
4.1.	Użytkowanie ziemi i warunki klimatyczno-glebowe.....	6
4.2.	Struktura i zróżnicowanie obszarów leśnych.....	8
5.	Drewno.....	8
5.1.	Podstawowe cechy drewna jako paliwa energetycznego.....	8
5.2.	Uwarunkowania dla możliwości pozyskania drewna opałowego z lasów.....	9
5.3.	Ocena dostępnych zasobów drewna opałowego możliwego do pozyskania z lasów położonych na obszarze województwa pomorskiego.....	11
5.3.1.	Zasoby drewna odpadowego z lasów obliczone przy zastosowaniu metody Europejskiego Centrum Energii Odnawialnej w Warszawie.....	11
5.3.2.	Zasoby drewna opałowego z lasów na podstawie jego sprzedaży w latach 2000-2003.....	12
5.4.	Zasoby drewna odpadowego z przetwórstwa tartacznego.....	15
5.5.	Zasoby i wartość energetyczna drewna opałowego z leśnictwa i tartaków według nadleśnictw.....	17
5.6.	Zasoby i wartość energetyczna drewna odpadowego z sadów.....	18
5.7.	Zasoby i wartość energetyczna drewna odpadowego z poboczy dróg i miejskich terenów zurbanizowanych.....	19
5.8.	Bilans istniejących zasobów drewna odpadowego.....	20
5.9.	Wnioski.....	21
6.	Słoma.....	21
6.1.	Podstawowe cechy słomy jako paliwa energetycznego.....	21
6.2.	Główne kierunki wykorzystania słomy w przeszłości i obecnie.....	22
6.3.	Ocena dostępnych zasobów słomy możliwych do pozyskania na cele energetyczne na obszarze województwa pomorskiego.....	23
6.4.	Wartość energetyczna istniejących zasobów słomy.....	27
6.5.	Wnioski.....	28
7.	Przegląd roślin energetycznych możliwych do uprawy w warunkach Polski.....	29
7.1.	Rośliny drzewiaste szybkiej rotacji.....	29
7.2.	Trwałe rośliny dwuliścienne.....	34
8.3.	Trawy wieloletnie.....	37
8.4.	Wnioski.....	39
8.	Potencjalne zasoby i możliwości pozyskania roślin dla potrzeb energetyki.....	39
8.1.	Rzepak i żyto.....	39
8.2.	Istniejące zasoby produkcyjne rzepaku i żyta.....	40
8.3.	Potencjał produkcyjny tkwiący w nie zagospodarowanych gruntach rolnych.....	41
8.4.	Wnioski.....	46
9.	Potencjał techniczny produkcji biogazu rolniczego w województwie pomorskim.....	47
9.1.	Wprowadzenie.....	47
9.2.	Oszacowanie potencjału do produkcji biogazu z ferm zwierzęcych.....	48
9.3.	Wartość energetyczna biogazu rolniczego.....	51
9.4.	Proponowane rejony lokalizacji biogazowni scentralizowanych.....	52
9.5.	Planowane biogazownie na terenie powiatu człuchowskiego.....	53
9.6.	Wnioski.....	53
10.	Podsumowanie.....	54
	<i>Literatura</i>	55

1. Wprowadzenie

Do połowy XIX wieku podstawowym paliwem energetycznym było drewno, wykorzystywane zarówno w przemyśle jak i na cele bytowe. Rewolucja przemysłowa wywołała gwałtowny wzrost zapotrzebowania na energię co, zmusiło społeczeństwa do poszukiwania nowych, bardziej efektywnych źródeł energii. W rezultacie, szybko wzrastające potrzeby energetyczne zaczęto zaspakajać przy użyciu kopalnych nośników energii. Przez następnych kilkadziesiąt lat kreowano gospodarkę energetyczną opartą na wydobywanym z ziemi węglu, ropie naftowej i gazie ziemnym.

Masowe i niekontrolowane wykorzystywanie źródeł kopalnych niesie ze sobą szereg zagrożeń, z których dwa zasługują na szczególną uwagę:

- paliwa kopalne, stanowiąc nieodnawialne źródła energii skazane są, z biegiem czasu, na wyczerpanie; dla różnych paliw i w różnych scenariuszach może to nastąpić już w niedalekiej przyszłości - zapasy znane wyczerpią się już około 2060 roku, zapasy przypuszczalne - około 2200 roku (tab.1.1.),
- niekorzystne oddziaływanie produktów ich spalania na środowisko naturalne prowadzi do szeregu negatywnych zjawisk, z których najgroźniejszym wydaje się być globalne ocieplenie klimatu wywołane efektem cieplarnianym.

Tab. 1.1. Zasoby paliw naturalnych

Nośnik energii	Zapasy			Rok wyczerpania	
	Jednostka	Znane	Przypuszczalne	Znanych	Przypuszczalnych
Węgiel	Pg	600	16 400	po 2060	po 2200
Ropa naftowa	Pg	82,4	192,6	2020	2050
Gaz ziemny	Tm ³	65	339	2012	po 2060
Uran	Pg	1,02	1,08	2060	2200

Źródło: Lewandowski W. 2002. Proekologiczne źródła energii odnawialnej. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.

W celu przeciwdziałania tym negatywnym zjawiskom, podjęto na arenie międzynarodowej szereg działań, których owocem były liczne dokumenty (m.in. Raport Rzymski – 1973, konwencja o różnorodności biologicznej i konwencja o ochronie klimatu ziemskiego w Rio de Janeiro – 1992 r., Protokół z Kioto o ograniczeniu emisji gazów cieplarnianych – 1997 r.). Istotne znaczenie dla Polski mają wynikające z tych dokumentów zobowiązania międzynarodowe w zakresie ochrony powietrza, zwłaszcza wynikające z Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu oraz Protokołu z Kioto do tej konwencji, który zobowiązuje Polskę do redukcji gazów cieplarnianych o 6% do roku 2008–2012 w stosunku do roku 1988 [34].

Jedną z głównych dróg zmierzających do realizacji podjętych postanowień jest zwiększenie w bilansie paliwowo - energetycznym udziału odnawialnych źródeł energii. Biała Księga UE zakłada wzrost udziału energii ze źródeł odnawialnych w krajach UE z 5,5% w 2000 r. do minimum 12% w roku 2010. W Polsce Sejm i Rząd przyjęły w ostatnich latach szereg dokumentów prawno - programowych, w tym najważniejszy dla sektora energetyki odnawialnej: „Strategię rozwoju energetyki odnawialnej”. Dokument ten zatwierdzony przez Sejm RP uchwałą z dnia 23 sierpnia 2001 r. zakłada zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w krajowym bilansie zużycia energii pierwotnej co najmniej do 7,5% w 2010 r. i 14% w 2020 r.

Udział energii ze źródeł odnawialnych w bilansie paliwowo-energetycznym Polski stopniowo rośnie. Według szacunków Europejskiego Centrum Energii Odnawialnej 2000 roku był on szacowany na około 2,5% czyli 104 PJ [3], w 2003 r. udział energii pochodzącej z OZE wynosił już około 3%, tj. 113 PJ. Szacuje się, że w województwie pomorskim wykorzystanie ekologicznych źródeł energii wynosi obecnie około 3% [44].

W dniu 1 marca 2004 r. Sejmik Województwa Pomorskiego podjął Uchwałę w sprawie przystąpienia do opracowania „**Regionalnej strategii energetyki ze szczególnym uwzględnieniem źródeł odnawialnych**” (Uchwała Nr 250/XIX/04 Sejmiku Województwa Pomorskiego z dnia 1 marca 2004).

Regionalna strategia energetyki stanowić będzie podstawę do wdrożenia kierunkowej polityki gospodarki energetycznej w województwie pomorskim, której celem będzie równoważenie interesów przedsiębiorstw sektora energetyki, gospodarki regionu, powiatów i gmin oraz go-

spodarstw domowych dla zapewnienia rozwoju, pozwalającego na efektywne wytwarzanie, przesyłanie i dostarczanie energii odbiorcom. Realizacja Strategii pozwoli na pełne dostosowanie się do ich potrzeb oraz wymagań wynikających z procesów integracji z Unią Europejską a także na stworzenie warunków prowadzących do zwiększenia konkurencyjności i atrakcyjności regionu oraz poprawy stanu środowiska naturalnego.

Regionalna strategia energetyki, po uchwaleniu przez Sejmik Województwa, stanowić będzie dokument kierownictwa wewnętrznego, mający na celu:

- 1) wprowadzenie problematyki energetyki do integralnego planowania regionalnego,
- 2) wypracowanie narzędzi polityki realizacyjnej w zakresie gospodarki energetycznej dla władz regionalnych i lokalnych,
- 3) konkretyzację w skali regionu ustaleń polityki energetycznej państwa i krajowej strategii energetyki odnawialnej oraz przybliżenie ich decydom, w tym w zakresie sektorowych programów operacyjnych,
- 4) określenie strategicznych rynków energetycznych,
- 5) określenie kierunków rozwoju energetyki odnawialnej w regionie opartych na potencjale województwa pomorskiego,
- 6) stworzenie podstaw programowania rozwoju regionalnego w zakresie energetyki w okresie do 2006 r. oraz w latach 2007 - 2013 w celu wsparcia środkami funduszy strukturalnych Unii Europejskiej (ZPORR i SOP).

Przewidywanym terminem ukończenia prac nad Strategią jest grudzień 2005 roku.

2. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest ocena istniejących zasobów surowców pochodzących z leśnictwa i rolnictwa oraz potencjalnych możliwości ich pozyskania dla potrzeb energetyki odnawialnej. Zakres opracowania obejmuje oszacowanie zasobów i możliwości pozyskania drewna i słomy oraz surowców roślinnych pochodzących z plantacji energetycznych oraz możliwości produkcji biogazu z odchodów zwierzęcych na obszarze województwa pomorskiego.

Opracowanie pt. „Ocena zasobów i potencjalnych możliwości pozyskania surowców dla energetyki odnawialnej w województwie pomorskim” będzie stanowiło materiał pomocniczy do opracowania „Regionalnej strategii energetyki ze szczególnym uwzględnieniem źródeł odnawialnych”.

3. Znaczenie biomasy dla energetyki

Według Dyrektywy 2001/77/EC UE *biomasę stanowią biodegradowalne frakcje produktów, odpadów i pozostałości z rolnictwa (roślinne i zwierzęce), leśnictwa i pokrewnych przemysłów, jak również biodegradowalne frakcje odpadów przemysłowych i rolniczych.*

Biomasa uważana jest za największe potencjalne źródło energii w Europie i innych umiarkowanych strefach klimatycznych świata. Także w Polsce zajmuje czołowe miejsce w strukturze wykorzystania odnawialnych źródeł energii (tab. 3.1.).

Tab. 3.1. Struktura wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce w latach 1999 i 2002

Źródło	Produkcja energii z OZE			
	1999 r. ^{1/}		2002 r. ^{2/}	
	PJ	%	PJ	%
Biomasa ogółem	101,80	98,05	104,24	92,08
- biomasa stała	b.d.	b.d.	102,41	90,45
- biomasa biogaz	b.d.	b.d.	0,76	0,68
- biomasa biopaliwa	b.d.	b.d.	1,07*	0,95
Energia wodna	1,90	1,83	8,19	7,24
Energia geotermalna	0,10	0,10	0,53	0,46
Energia wiatru	0,01	0,01	0,22	0,19
Energia słoneczna	0,01	0,01	0,04	0,03
Ogółem OZE	103,82	100,00	113,22	100,00

*biomasa biopaliwa – dane za 2001 r.,

Źródło: ^{1/}według EC BREC/IBMER, ^{2/}Ochrona środowiska 2003. GUS Warszawa 2003.

W Polsce widoczny wzrost zainteresowania produkcją biomasy nastąpił po przyjęciu przez Sejm RP Strategii Rozwoju Energetyki Odnawialnej (2001 r.).

Biomasa ma największe znaczenie wśród odnawialnych źródeł energii. Składa się na nią głównie biomasa roślinna - substancja organiczna powstająca w procesie akumulowania energii słonecznej. Biomasa roślinna posiada liczne zalety - jest łatwa do pozyskania, powszechnie dostępna i wciąż sama się odtwarza. Do największych jej zalet należy zaliczyć bardzo niską emisję SO₂ podczas spalania oraz utrzymywanie (dzięki procesowi fotosyntezy) bilansu CO₂ na poziomie zbliżonym do zera. Powyższe cechy sprawiają, że jest ona uważana za doskonały surowiec energetyczny. Energię z biomasy roślinnej można uzyskać w wyniku procesów spalania, gazyfikacji, fermentacji alkoholowej i metanowej oraz przez wykorzystanie olejów roślinnych jako biopaliw.

Rozwój energetyki oparty o produkcję biomasy kreuje nową gałąź gospodarki, wymagającą dużych nakładów pracy (m.in. przy zakładaniu i pielęgnacji plantacji energetycznych, zbiorze i transporcie biomasy, przygotowaniu jej do przerobu lub spalania itp.), a więc wiąże się on z powstawaniem nowych miejsc pracy - głównie na obszarach wiejskich. Lokalna produkcja i wykorzystanie OZE znacząco wpływa na poprawę stanu środowiska naturalnego i zdrowia mieszkańców a ponadto dają gminom i małym miastom szansę na uniezależnienie się od paliw kopalnych dostarczanych z zewnątrz.

Biopaliwa pochodzące z biomasy, ze względu na stan skupienia, można podzielić na stałe, płynne (bioetanol i biodiesel) oraz biogaz występujący w postaci gazowej.

Podstawowym kierunkiem zastosowania **biopaliw stałych** jest produkcja energii cieplnej. W dłuższej perspektywie przewiduje się wykorzystanie biopaliw stałych w instalacjach do produkcji energii cieplnej i elektrycznej w systemach skojarzonych – kogeneracji. Biopaliwa stałe używane mogą być na cele energetyczne w procesach bezpośredniego spalania, gazyfikacji oraz pyrolizy. Dziś najczęściej stosowanym rodzajem biopaliw stałych jest drewno i słoma.

Produkcja **biopaliw płynnych** rozwinęła się w kilku krajach Unii Europejskiej (w tym w Czechach), to jest tam, gdzie występuje nadprodukcja surowców rolniczych nadających się do przerobu na paliwa. Wymienione kraje stosują ulgi podatkowe w odniesieniu do biopaliw, jako produktów ekologicznych. W krajach dawnej 15 – tki od początku lat 90-tych ubiegłego wieku istnieje możliwość uprawy większych ilości rzepaku na gruntach odłogowanych z przeznaczeniem na cele nieżywnościowe, głównie do produkcji biopaliw [10].

Unia Europejska w listopadzie 2001 r. opublikowała projekt dyrektywy COM (2001) 547 zwanej „Biopaliwową”, dotyczący rozwoju produkcji i stosowania biopaliw w transporcie drogowym. Przewiduje ona, że minimalny udział biokomponentów w paliwach ciekłych, zalecany w dokumentach UE, sięgać powinien według wartości energetycznej od 2% w 2005 roku do 5,75% w 2010 roku. Sejm RP przyjął w dniu 23 sierpnia 2001 r. uchwałę określającą cele ilościowe dla rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce na lata 2010-2020. Od 2010 r. przyjęto wzrost produkcji bioetanolu o 200 tys. ton/rok oraz produkcji czystego biodiesla o 50 tys. ton/rok [5]. W obowiązującej w kraju od początku 2004 r. ustawie o biokomponentach stosowanych w paliwach ciekłych i biopaliwach ciekłych, zawarto regulacje prawne m.in. w zakresie zasad wytwarzania i obrotu biokomponentami stosowanymi w paliwach i biopaliwach, zasad wykorzystywania surowców rolniczych do wytwarzania biokomponentów oraz wymagań jakościowych dla biokomponentów. W wydanym do ustawy w styczniu 2004 r. Rozporządzeniu RM w sprawie minimalnej ilości biokomponentów wprowadzanych do obrotu w paliwach i biopaliwach ciekłych w 2004 roku określono minimalny udział estru w oleju napędowym - 0,11%, minimalny udział bioetanolu w benzynie -1,6% (od 01.01 do 30.09.2004), oraz 2,4% (od 01.10 do 31.12.2004) [30, 55]. Realizacja powyższej ustawy będzie wymagała powiększenia krajowego areалу uprawy rzepaku. Dalszy rozwój produkcji i wykorzystanie biopaliw płynnych będą zależały od przyjętych rozwiązań polityczno-legislacyjnych.

Biogaz (w tym biogaz rolniczy) posiada obecnie najmniejszy udział wśród biopaliw produkowanych z biomasy (tab.3.1.). W Polsce, jak dotąd, ciągle brakuje aplikacji nowoczesnych technologii produkcji i utylizacji biogazu rolniczego, co sprawia, że nie uzyskuje się

znaczących korzyści ekologicznych płynących z efektywnego ich wdrażania [63]. W opracowanych przez EC BREC na zlecenie NFOŚ i GW „Założeniach do strategii Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w zakresie wspierania rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce na lata 2004-2010” dokonano analizy potencjału technicznego produkcji biogazu oraz określono optymalną ścieżkę rozwoju biogazowni w Polsce, w celu efektywnego wykorzystania tego potencjału. Wyniki ekspertyzy wskazują, że potencjalne możliwości wykorzystania biogazu rolniczego w Polsce są znaczne: około 26,2 PJ rocznie [63]. Biorąc to pod uwagę jak również korzyści ekologiczne płynące z produkcji i utylizacji biogazu rolniczego uznano, że biogazownie rolnicze powinny być umieszczone na liście przedsięwzięć priorytetowych ekologicznych funduszy. „Założenia...” posłużą m.in. przygotowaniu podstaw dla uruchomienia programu wsparcia biogazowni rolniczych przez fundusze ekologiczne [63].

4. Przyrodnicze uwarunkowania produkcji biomasy roślinnej na cele energetyczne w województwie pomorskim

4.1. Użytkowanie ziemi i warunki klimatyczno - glebowe

Na obszarze województwa pomorskiego użytki rolne zajmują 891,6 tys. ha, co stanowi blisko 49% jego powierzchni geodezyjnej. Według Powszechnego Spisu Rolnego w 2002 roku w użytkowaniu gospodarstw rolnych znajdowało się 861,4 tys. ha użytków rolnych, w tym grunty orne zajmowały 703,1 tys. ha, sady – 3,4 tys. ha, łąki trwałe - 103,9 tys. ha i pastwiska trwałe – 51,0 tys. ha [56]. Udział użytków rolnych w poszczególnych powiatach jest zróżnicowany. Najwyższy ich odsetek występuje w powiatach: malborskim, tczewskim, gdańskim i kwidzińskim (powyżej 65%), najniższy zaś w powiatach: chojnickim, bytowskim, człuchowskim i kościerskim (około 40% powierzchni całkowitej).

Warunki agroekologiczne przestrzeni rolniczej województwa różnicują się od bardzo dobrych do wybitnie niekorzystnych (zarówno w odniesieniu do typów i jakości gleb, rzeźby terenu jak też warunków agroklimatycznych). Zróżnicowanie to obrazuje syntetyczny wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej obejmujący łączną ocenę poszczególnych elementów środowiska (glebę, agroklimat, rzeźbę terenu i stosunki wodne). Wskaźnik ten umożliwia ogólną ocenę jakości przestrzeni rolniczej na obszarze poszczególnych powiatów [mapa nr 1].

Warunki glebowe wykazują dużą zmienność - od najlepszych w Delcie Żuław do niekorzystnych w strefach krawędziowych wysoczyzn morenowych pojezierzy i na piaszczystych utworach regionu Borów Tucholskich. Grunty orne o najwyższej przydatności dla rolnictwa – kompleksy glebowo-rolnicze 1, 2 i 4 (pszenny bardzo dobry, pszenny dobry i pszenno-żytni) występują na Żuławach Gdańskich i Wiślanych (mady rzeczne), oraz w części pojezierzy i w pasie pobrzeży (przeważnie gleby brunatne wytworzone z glin zwałowych) [mapa nr 2]. Najmniej przydatne dla rolnictwa gleby – bielicowe i pseudobielicowe wytworzone głównie ze żwirów i piasków luźnych zajmują środkową i środkowo-wschodnią część województwa (Bory Tucholskie, Równina Charzykowska oraz Pojezierza: Kaszubskie i Bytowskie), gdzie gleby te tworzą mało urodzajne kompleksy: 6, 7 i 9 (żytni słaby, żytnio-łubinowy i zbożowo-pastewny słaby) [58].

Znaczącą rolę dla rolnictwa regionu odgrywają gleby bagienne i pobagienne, które najliczniej występują w dolinach i lokalnych obniżeniach terenu (m.in. w dolinach rzek Wisły i Łeby oraz w sąsiedztwie jezior przymorskich). W użytkowaniu rolniczym znajdują się głównie torfy niskie, mułotorfy i murszotorfy, na których wykształciły się trwałe użytki zielone, przeważnie średniej jakości.

Bardzo duże znaczenie dla prawidłowej vegetacji roślin uprawnych mają warunki wodne w glebie. Zarówno nadmiar jak niedobór wilgoci w glebie utrudnia lub wręcz uniemożliwia roślinom wzrost oraz znacznie ogranicza dobór roślin możliwych do uprawy. Na mapie nr 3 przedstawiono ocenę warunków wodnych dla potrzeb uprawy roślin w przestrzeni województwa. Z waloryzacji tej wynika, że najmniej przydatne warunki wodne panują w rejonie występowania piaszczystych i przepuszczalnych gleb, w środkowej i środkowo-zachodniej części województwa (powiaty: bytowski, chojnicki, kartuski). Niedobór wilgoci w glebie stanowi tu

istotny czynnik ograniczający vegetację roślin energetycznych wymagających odpowiednio wysokiego poziomu wody gruntowej (np. wierzby i topoli).

Warunki agroklimatyczne na obszarze województwa są zróżnicowane. Decydujący wpływ na ich ukształtowanie wywiera bezpośrednie sąsiedztwo Bałtyku. Powoduje ono opóźnienie pór roku średnio o 2 tygodnie. Skrócenie i opóźnienie okresu wegetacyjnego (trwającego średnio od 180 dni w części środkowej, 210 dni w pasie nadmorskim do ponad 210 dni na krańcach południowych) może powodować ograniczenie w uprawie ciepłolubnych roślin energetycznych. Duże znaczenie dla ich uprawy mają także warunki termiczne. Najsurowsze warunki występują w centralnej części Pojezierza Kaszubskiego oraz na Pojezierzu Bytowskim (najwięcej dni przymrozkowych i mroźnych). Największą liczbą dni gorących charakteryzują się południowe tereny województwa (obszary Dolnej Wisły oraz Pojezierza Krajeńskiego). Bardzo istotna jest tu także długość okresu bezprzymrozkowego, Przeciętna jego długość w województwie waha się od 180-190 dni nad brzegiem morza do 150 dni w najwyższych partiach Pojezierza Bytowskiego i Kaszubskiego.

Ilość i rozkład opadów sprzyjają uprawie roślin okopowych, utrudniają natomiast uprawę i sprzęt zbóż. Najwięcej opadów atmosferycznych w ciągu roku występuje na Pojezierzu Kaszubskim i Bytowskim – średnio powyżej 700 mm). Ilość ta maleje w kierunku Bałtyku i na wybrzeżu osiąga średnio 600 mm. Najmniej opadów występuje na południowym skraju województwa (obszary Dolnej Wisły oraz Pojezierza Krajeńskiego) - średnio poniżej 550 mm rocznie. Tereny te cechuje ujemny klimatyczny bilans wodny w okresie wegetacyjnym [32].

4.2. Struktura i zróżnicowanie obszarów leśnych

Lasy zajmują na obszarze województwa pomorskiego 665,4 tys. ha, co stanowi 36,4% jego powierzchni geodezyjnej. Wskaźnik lesistości województwa wyraźnie przewyższa średnią krajową (30%) oraz średnią europejską (32%). Pod względem przestrzennym lasy zajmują drugie miejsce po użytkach rolnych w strukturze użytkowania terenu województwa. Najmniejszą lesistością charakteryzują się obszary Żuław Wiślanych i doliny Wisły (powiaty: nowodworski, malborski i tczewski – poniżej 15%), co uwarunkowane jest naturalnymi cechami środowiska przyrodniczego i rolniczym zagospodarowaniem tych terenów. W miarę przesuwania się w kierunku zachodnim lesistość obszaru wzrasta, osiągając najwyższy wskaźnik na obszarach pojeziernych, szczególnie w powiatach bytowskim, chojnickim i człuchowskim –około 50% powierzchni powiatu) [60]. Największe powierzchnie leśne posiadają powiaty: bytowski i słupski (mapa nr 3).

Pod względem przyrodniczym lasy województwa leżą na obszarach dwóch krain przyrodniczo-leśnych – bałtyckiej i wielkopolsko-pomorskiej. Zróżnicowanie warunków przyrodniczych w dużym stopniu oddziałuje na charakter siedlisk i zbiorowisk leśnych, gatunków dominujących w poszczególnych RDLP oraz przeciętnym wieku drzewostanów. Typy siedliskowe lasu reprezentowane są głównie przez bór świeży, bór mieszany świeży i las mieszany świeży (łącznie zajmują one ok. 80% powierzchni obszarów leśnych). Czwartym pod względem zajmowanej powierzchni siedliskiem jest las świeży – ok.12% powierzchni. Największy udział siedlisk borowych występuje na obszarze zachodniej części województwa (w granicach RDLP Szczecinek i RDLP Toruń). Po stronie wschodniej zwiększa się dominacja siedlisk lasowych i lasowych mieszanych. Przeciętny wiek drzewostanów na obszarze województwa jest zbliżony w poszczególnych RDLP i wynosi średnio 57 lat - jest nieznacznie wyższy od analogicznego wskaźnika w Polsce wynoszącego 56 lat (dane dla roku 1999) [32]. Najstarsze drzewostany dominują w pasie pobrzeży, w nadleśnictwach otaczających aglomerację trójmiejską oraz w otoczeniu Parków Narodowych – Słowińskiego i Borów Tucholskich. Stosunkowo stare drzewostany, których przeciętny wiek przekracza 60 lat występują w nadleśnictwach: Ustka, Leśny Dwór, Wejherowo, Gdańsk, Przymuszewo, Kaliska i Rytel. Najmłodsze drzewostany występują w południowo-zachodnim krańcu województwa – na pojezierzach Bytowskim, Krajeńskim, Starogardzkim i Równinie Charzykowskiej oraz w południowej części Pojezierza Kaszubskiego. Drzewostany w najniższym wieku (poniżej 50 lat) posiadają nadleśnictwa Człuchów i Lutówko.

Dużą część lasów objęta jest różnymi formami ochrony. Najwyższe reżimy ochronne obowiązują w lasach położonych w rezerwach i parkach narodowych. Ograniczenia w go-

spodarczym korzystaniu z lasów obowiązują także w lasach ochronnych oraz lasach wchodzących w skład Leśnych Kompleksów Promocyjnych (nadleśnictwa: Gdańsk, Wejherowo, Woziwoda i Tuchola).

Zarządzanie gospodarką leśną

Gospodarka leśna województwa pomorskiego znajduje się pod zarządem czterech Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych (mapa nr 5), które zajmują w przybliżeniu:

- RDLP w Gdańsku – 60 %,
- RDLP w Szczecinku – 32%,
- RDLP w Toruniu – 7%,
- RDLP w Olsztynie – 1% przestrzeni województwa pomorskiego [32].

Na obszarze województwa funkcjonuje ogółem 38 nadleśnictw lub ich części. Sprawują one jednocześnie nadzór nad gospodarką leśną w lasach należących do osób prywatnych o powierzchni powyżej 0,1 ha.

Lasy znajdujące się w zarządzie PGL Lasy Państwowe zajmują ok. 84% powierzchni ewidencyjnej wszystkich lasów na obszarze województwa. W centralnej jego części, szczególnie na obszarze Pojezierza Kaszubskiego i północnej części Borów Tucholskich, zaznacza się znaczący odsetek udziału lasów prywatnych (tereny nadleśnictw: Lipusz, Osusznicza, Kościerzyna i Kartuzy).

5. Drewno

5.1. Podstawowe cechy drewna jako paliwa energetycznego [6]

Wartość energetyczna drewna zależy przede wszystkim od jego wilgotności i gęstości, a w mniejszym stopniu od rodzaju i sposobu przygotowania. Wartość opałowa odpadów drzewnych mokrych (o naturalnej wilgotności na poziomie 50 - 60%) wynosi zaledwie 6-8 GJ/t, natomiast po podsuszeniu do stanu powietrznie suchego (wilgotność 20-10%) wzrasta do poziomu 14-16 GJ/t oraz do ok. 19 GJ/t przy całkowitym wysuszeniu (tab. 5.1.). Przy założeniu wartości opałowej węgla na średnim poziomie (23 - 25 GJ/t) w przybliżeniu 1,5 tony podsuszonego (powietrznie suchego) drewna jest równoważne energetycznie 1 tonie węgla.

Tab. 5.1. Charakterystyka wybranych właściwości odpadów drzewnych

Wyszczególnienie	Zrębki z gałęzi	Zrębki z całego drzewa	Zrębki z pnia	Zrębki z pniaka	Kora	Zrębki z odpadów tarcicy
Zawartość wilgoci (świeży materiał) /%/	50-60	45-55	40 - 55	30 - 50	50-65	10-50
Wartość opałowa /MJ/kg s.m./	18,5 - 20	18,5-20	18,5-20	18,5 - 20	18,5-20	18,5-20
Wartość opałowa świeżego materiału /MJ/kg/	6-9	6-9	6- 10	6- 11	6-9	6-15
Gęstość usypowa /kg/m ³ /	250 - 400	250 - 350	250 - 350	200 - 300	250 - 350	150 - 300
Ilość uzyskiwanej energii z jednostki objętości /MWh/m ³ /	0,7 - 0,9	0,7 - 0,9	0,7 - 0,9	0,8- 1,0	0,5 - 0,7	0,7 - 0,9
Zawartość popiołu /% s. m./	1 -3	1 -2	0,5-2	1-3	1-3	0,4- 1
Zawartość wodoru /% s. m./	6-6,2	5,4-6	5,4 - 6	5,4-6	5,7 - 5,9	5,4 - 6,4
Zawartość siarki % /s. m./	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Zawartość azotu /% s.m./	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,1-0,5

Wyszczególnienie	Odpad z cięcia piłą	Pył z cięcia piłą	Zrębki z cięcia tarcicy	Pył z mielenia tarcicy	Odpady ze sklejki	Tarcica
Zawartość wilgoci (świeży materiał) /%/	45 - 60	45 - 60	5 - 15	5 - 15	5 - 15	15 - 30
Wartość opałowa /MJ/kg s.m./	18,5 - 20	19 - 19,2	19 - 19,2	19 - 19,2	19 - 19,2	18 - 19
Wartość opałowa świeżego materiału /MJ/kg/	6 - 10	6 - 10	13 - 16	15 - 17	15 - 17	12 - 15

Gęstość usypowa /kg/m ³ /	250 -350	250 - 350	80 - 120	100 - 150	200 - 300	150-250
Ilość uzyskiwanej energii z jednostki objętości /MWh/m ³ /	0,5 - 0,8	0,45 - 0,7	0,45 - 0,55	0,5 - 0,65	0,9 - 1,1	0,65-0,8
Zawartość popiołu /% s.m./	0,5-2	0,4 - 0,5	0,4 - 0,5	0,4 - 0,8	0,4 - 0,8	1-5
Zawartość wodoru /% s.m./	6,2 - 6,4	6,2 - 6,4	6,2 - 6,4	6,2 - 6,4	6-6,4	
Zawartość siarki /% s.m./	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
Zawartość azotu /% s.m./	0,1-0,5	0,1 - 0,5	0,1 -0,5	0,1-0,5	0,1 - 0,5	0,1-0,5

Źródło: VTT Energy,Finland 1998. „Quality assurance manual for solid wood fuels in Finland”

Przeciętne zawartości części niepalnych (popiołu) w zrębkach drzewnych (0,5 - 3%) oraz innych odpadach drzewnych są niższe niż w przypadku słomy (4 %) oraz węgla (12 %). W związku z tym spalanie odpadów drzewnych cechuje powstawanie mniejszej ilości pyłów lotnych oraz popiołu.

Zawartość związków siarki w zrębkach drzewnych (jak też w większości pozostałych odpadów drzewnych) nie przekracza 0,05% i jest trzykrotnie niższa niż w przypadku słomy (0,15%) oraz kilkunastokrotnie niższa niż w przypadku węgla (0.8%).

5.2. Uwarunkowania dla możliwości pozyskania drewna opałowego z lasów

Z uwagi na obecne uwarunkowania, w tym szybko rosnące ceny kopalnych nośników energii, drewno znów staje się bardzo pożądanym surowcem energetycznym, przeżywając swój swoisty renesans. W Polsce, jak na razie, dla celów energetycznych wykorzystywane jest głównie drewno odpadowe pochodzące z lasów i przemysłu drzewnego. Produkcja drewna na plantacjach energetycznych znajduje się w fazie inicjacji.

Podstawowym kierunkiem rozwoju energetycznego wykorzystania drewna jest i prawdopodobnie będzie produkcja energii cieplnej. Coraz szerzej drewno wykorzystywane jest do ogrzewania domów, zwłaszcza na wsi i z każdym rokiem rośnie liczba domowych instalacji grzewczych przystosowanych do jego spalania. Rośnie także ilość nowoczesnych instalacji kotłowych opalanych odpadami drzewnymi, funkcjonujących przy zakładach przemysłu drzewnego, około 50 instalacji energetycznego wykorzystania odpadów drzewnych funkcjonuje w zakładach celulozowo-papierniczych o łącznej mocy 1000 MW. W sektorze komunalnym powstaje coraz więcej lokalnych ciepłowni wykorzystujących zrębki pozyskiwane w gospodarce leśnej (o mocach w zakresie 0,5-5 MW) [29].

Na terenie RDLP w Gdańsku uruchomiono, jak na razie, jedno, znaczące przedsięwzięcie w dziedzinie wykorzystania biomasy na cele energetyczne. Jest nim zapoczątkowany w 1998 r. projekt instalacji grzewczych w Szpitalu Miejskim (2,5 MW) i firmie Fornitex Sp. z o.o. w Wejherowie. Od tego czasu głównie z Nadleśnictw Gdańsk, Strzebielino i Wejherowo dostarczany jest surowiec na zrębki opałowe w ilości ok. 7 tys. m³ rocznie. Projekt powyższy powstał przy wsparciu Ekofunduszu. Niezależnie od powyższych trwają obecnie prace koncepcyjne nad nowymi projektami kotłowni na zrębki jeszcze w kilku gminach na terenie RDLP w Gdańsku (np. w Gniewie). Inwestycje te są uwzględniane w planach perspektywicznego zaopatrzenia w drewno z obszaru nadzorowanego przez RDLP [26].

Także na obszarze RDLP w Szczecinku znaleźć można przykłady szerszego wykorzystania biomasy drzewnej w ciepłownictwie, np. do ogrzewania obiektów infrastruktury komunalnej w gminie Słupsk (6 kotłowni o mocach od 100 do 249 kW) i w gminie Rzeczenica (2 kotłownie o mocy 40 i 700 kW). Na terenie gminy Kępice realizowany jest bardzo obiecujący „Program produkcji energii cieplnej w oparciu o lokalne zasoby biomasy drzewnej”. Źródłem biomasy będą: odpady z okolicznych zakładów przetwórstwa drewna, drobnica leśna i odpady pozrębowe z okolicznych lasów (Nadleśnictwa Warcino, Sławno i Polanów) oraz zrębki uzyskane w przyszłości z plantacji wierzby energetycznej. Trwają zaawansowane prace nad założeniem kilku produkcyjnych plantacji wierzby na terenie gminy. Program zakłada likwidację małych kotłowni węglowych i zastąpienie ich kotłowniami ekologicznymi w mieście Kępice oraz w kilku miejscowościach gminnych [36].

Z ekologicznego punktu widzenia takie niewielkie lokalne kotłownie wydają się korzystne, gdyż nie będą wywierały znaczących zmian w dotychczasowej gospodarce leśnej, aktywizują

jąc jednocześnie lokalne społeczności. O wiele bardziej skomplikowany wydaje się jednak proces zaopatrzenia w surowiec drzewny dużych zakładów energetycznych [26].

Leśnicy polscy są zainteresowani możliwością wykorzystania drewna, jako jednego z najczystszych nośników energii, a zarazem odnawialnego zasobu przyrody. Większe wykorzystanie drewna na cele energetyczne jest ich zdaniem szansą na realizację podstawowego postulatów ekorozwoju tak, aby w miarę ubywania zasobów odnawialnych, ich zmniejszający się zapas był kompensowany wzrostem zasobów odnawialnych. Jednakże w ich świadomości funkcjonują obok siebie dwa zagadnienia: z jednej strony poczucie odpowiedzialności za pełne wpisanie się w krajową strategię rozwoju OZE, z drugiej zaś - odpowiedzialność za stan polskich lasów. Mają na uwadze, że oprócz funkcji gospodarczej, lasy powinny także pełnić inne ważne funkcje: ochronne, krajobrazowe oraz rekreacyjne [29].

Według ogólnych szacunków miąższość masy nadziemnej drzew z cięć rębnych, możliwa do zagospodarowania na cele energetyczne (pozostałości zrębowe), wynosi w Polsce blisko 1 mln m³ rocznie. W przypadku drewna małowymiarowego pochodzącego z cięć przedrębnych szacuje się, że możliwa do zagospodarowania energetycznej biomasa wynosi około 2,2-2,8 mln m³ rocznie [24]. Do tego dolicza się ewentualnie przeszło 1,6 mln m³ drewna pniakowego, pozostającego z reguły w glebie na powierzchniach zrębowych [42]. Podane powyżej wielkości należy jednakże rozpatrywać wyłącznie jako wartości teoretyczne, ze względu na szereg istotnych uwarunkowań, takich jak [29]:

- a) niewielka koncentracja surowca (w szczególności w cięciach przedrębnych) oraz brak odpowiedniej infrastruktury do pozyskiwania tego typu drewna. Od początku lat 90-tych w Lasach Państwowych doszło do istotnych zmian strukturalnych w dziedzinie zatrudnienia i infrastruktury. Dziś znakomitą większość prac w lesie wykonują wyspecjalizowane zakłady usług leśnych (ZUL - e), które obecnie są słabo przygotowane do pozyskiwania surowca energetycznego np. w postaci zrębków. Prywatyzacji uległy też składnice drewna i transport;
- b) obowiązujące od kilkunastu lat zmiany w zasadach prowadzenia gospodarki leśnej (ekologizacja). Jak wykazują badania [7] pozyskiwanie pozostałości zrębowych, w skład których wchodzi cienkie gałązki z igliwem, może prowadzić do negatywnych efektów środowiskowych, gdyż są w nich zawarte cenne dla siedliska pierwiastki biogenne oraz składniki organiczne. Zabieranie z lasu pozostałości zrębowych, prowadzi do zubożenia siedliska, dla przykładu o 125 kg/ha azotu, 19 kg/ha fosforu, 45 kg/ha potasu, 75 kg/ha wapnia i 9 kg/ha magnezu. Jeszcze bardziej niekorzystny wpływ na środowisko leśne może wywierać pozyskiwanie części podziemnej drzew czyli drewna pniakowego. W dłuższym okresie czasu działania te mogą poważnie naruszyć stabilność lasów. Oznaki zubożenia gleb na skutek zabierania z lasu konarów, gałęzi, wierzchołków oraz liści są już zauważalne w niektórych regionach Niemiec i Danii. Według najnowszych zaleceń, wynikających z podtrzymania podstawowych funkcji lasu, drobne sortymenty pozyskiwane przy wyrębie drewna technologicznego powinny być rozdrabniane i pozostawiane na wyrębie;
- c) zgodny z europejskimi trendami, obserwowany również w Polsce, proces dynamicznego rozwoju sektora rynku płytowego i celulozowo-papierniczego. Obecnie rynek płyt jest w stanie zagospodarować praktycznie każdą ilość surowca małowymiarowego z przeznaczeniem na zrębki, zgłaszając jednocześnie znacznie większe zapotrzebowanie na tego typu surowiec w przyszłości. Na dziś, przy deficycie surowca na zrębki musi się on wspomagać drewnem średniowymiarowym. Po wielu latach modernizacji, powyższe sektory rynku drzewnego mają szansę stosunkowo dobrej konkurencji na rynkach zagranicznych;
- d) pozostałości zrębowe oraz drewno z cięć przedrębnych stanowi w wielu lokalnych uwarunkowaniach istotny element zaspokajania potrzeb opałowych miejscowej ludności (pozyskany na zasadzie tzw. samowyrobu), szczególnie jej mniej zamożnej części;
- e) dostarczane bezpośrednio z lasu drewno opałowe będzie posiadało wilgotność 50% i powyżej, w związku z czym jego wartość opałowa będzie mniejsza nawet o 50%. Uza-

sadnione więc będzie jego podsuszanie, najlepiej w warunkach naturalnych, jednak ze względów hodowlano - ochronnych proces ten nie powinien odbywać się w lesie;

- f) ważnym czynnikiem przy projektowaniu przedsięwzięć będzie koszt drewna loco zakład energetyczny. Głównymi składowymi ceny będą koszty pozyskania i zrywki, zrębkowania i transportu drewna. Ponadto przy kalkulacjach należy uwzględnić, że Lasy Państwowe są jednostką samofinansującą (bez dopłat z budżetu Państwa), a drewno w Polsce sprzedawane jest w warunkach wolnorynkowych i o jego cenie decydują relacje popytu i podaży. Stąd też należy mieć na względzie różnice w cenach na terenie kraju i regionów.

Podsumowując, na dziś dalsze możliwości zwiększania pozyskania drewna z lasów są ograniczone [26, 29]. Według prognozy opracowanej w PGL Lasy Państwowe (tab. 5.2.) w 2015 roku będzie ono wyższe w porównaniu do 2003 roku zaledwie o 6%, pomimo znacznego wzrostu powierzchni lasów [10].

Tab. 5.2. Prognoza pozyskania drewna w wybranych PGL Lasy Państwowe w latach 2000 - 2015

Wyszczególnienie	2000	2003	2005	2010	2015	Wzrost 2003 r. = 100
	w tys. m ³ grubizny netto					
Gdańsk	894	907	917	940	963	106,2
Olsztyn	1 847	1 875	1 894	1 941	1 990	106,2
Szczecinek	1 794	1 821	1 839	1 886	1 933	106,2
Toruń	1 282	1 301	1 314	1 348	1 382	106,2
Polska	22 756	23 099	23 331	23 920	24 524	106,2

Źródło: Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe

Zdaniem polskich leśników w Lasach Państwowych bez wątplenia istnieje pewna rezerwa drewna, a mówiąc ogólniej biomasy, którą można przeznaczyć na cele energetyczne, ale precyzyjne określenie jej wielkości dzisiaj jest bardzo trudne. Nie należy jednak mieć złudzeń, że w obecnych uwarunkowaniach ilość ta może mieć istotny udział w krajowym bilansie energetycznym, przynajmniej na przestrzeni najbliższych lat [26, 29].

5.3. Ocena dostępnych zasobów drewna opałowego możliwego do pozyskania z lasów położonych na obszarze województwa pomorskiego

W opracowaniu dokonano próby oceny dostępnych zasobów drewna opałowego z lasów województwa dwiema metodami:

- przy pomocy metody opracowanej przez Europejskie Centrum Energii Odnawialnej w Warszawie [31] - agregacja danych w układzie powiatów.
- na podstawie rzeczywistej sprzedaży drewna opałowego z lasów PGL Lasy Państwowe oraz lasów niepaństwowych położonych na terenach poszczególnych nadleśnictw – agregacja danych w układzie nadleśnictw (tą metodą obliczono także odpady z przetwórstwa drewna w tartakach); metoda ta nie uwzględnia drewna odpadowego z pozostałych lasów Skarbu Państwa (w Zasobie ANR, Parkach Narodowych i in.), które stanowią ok. 5% powierzchni lasów województwa.

5.3.1. Zasoby i wartość energetyczna drewna odpadowego z lasów obliczone według metody Europejskiego Centrum Energii Odnawialnej w Warszawie

Metoda ta pozwala na oszacowanie teoretycznych zasobów drewna odpadowego z lasów w poszczególnych powiatach województwa. Do obliczenia tych zasobów wykorzystano metodę [31], wg której zasoby te obliczono na podstawie wzoru:

$$Z_d = A \times P \times (P_{dr} \times Z_e) \quad [m^3/rok] \text{ gdzie:}$$

A – powierzchnia lasów w ha

P – przyrost roczny w m³/ha

P_{dr} – wskaźnik pozyskania drewna na cele gospodarcze – 70% przyrostu (P)

Z_e – wskaźnik pozyskania drewna na cele energetyczne – 25% P_{dr}

Roczny przyrost drewna (P) dla województwa pomorskiego został oceniony przez Szkołę Główną Gospodarstwa Wiejskiego i dla województwa pomorskiego wynosi 3,58 m³/rok. Po wymnożeniu i przyjęciu ciężaru objętościowego drewna 0,65 t/m³ [25] wzór przybiera postać:

$$Z_d = A \times 0,408 \text{ [t/rok]}$$

Dane dotyczące powierzchni lasów w województwie oraz poszczególnych powiatach pochodzą z geodezyjnych wykazów gruntów sporządzonych na dzień 1.01. 2004 r. [60, 61].

Energię możliwą do pozyskania z drewna odpadowego wyliczono przyjmując, że wartość energetyczna drewna świeżego wynosi średnio 10 GJ/tonę.

q – wartość energetyczna świeżego drewna opałowego pochodzącego z lasów, (jak również drewno z sadów, poboczy dróg oraz terenów miejskich) - przyjęto 10 GJ/t

e – sprawność urządzeń do spalania drewna (np. 80 %)

przyjmując ciężar objętościowy drewna – 0,65 t/m³

Tab.6.6. Zasoby energetyczne drewna z lasów w 2003 r. według powiatów

Powiaty	Powierzchnia lasów /ha ^{1/}	Zasoby drewna odpadowego /t/	Energia /GJ/
<i>Podregion słupski</i>	375 396	153 161,6	1 225 293
bytowski	115 466	47 110,1	376 881
chojnicki	70 934	28 941,1	231 529
człuchowski	78 177	31 896,2	255 170
łęborski	27 670	11 289,4	90 315
słupski	82 573	33 689,8	269 518
m. Słupsk	576	235,0	1 880
<i>Podregion gdański</i>	277 772	99 457,7	906 647
gdański	14 370	5 863,0	46 904
kartuski	34 003	13 873,2	110 986
kościerski	51 922	21 184,2	169 474
kwidzyński	18 648	7 608,4	60 867
malborski	941	383,9	3 071
nowodworski	5 171	2 109,8	16 878
pucki	17 592	7 177,5	57 420
starogardzki	56 854	23 196,4	185 571
sztumski	11 668	4 760,5	38 084
tczewski	9 943	4 056,7	32 454
wejherowski	56 660	23 117,3	184 938
<i>Podregion G-G-S</i>	11 822	4 823,4	38 587
m. Gdańsk	4 691	1 913,9	15 311
m. Gdynia	6 196	2 528,0	20 224
m. Sopot	935	381,5	3 052
Ogółem	665 350	271 462,8	2 171 702

Uzyskane wyniki wskazują, że zasoby drewna odpadowego pochodzącego z lasów województwa pomorskiego wynoszą 271 463 t/rok (dla powierzchni lasów z 2004 r.). Największe zasoby znajdują się w powiatach: bytowskim, słupskim, człuchowskim, starogardzkim, księgarskim i wejherowskim (tab. 5.6.).

5.3.2. Zasoby drewna opałowego z lasów na podstawie jego sprzedaży w latach 2000-2003

Sprzedaż drewna opałowego z Lasów Państwowych

Analiza danych uzyskanych z RDLP w Gdańsku, Szczecinku, Olsztynie i Toruniu wskazuje, że w ostatnich latach ilość drewna sprzedawanego na cele opałowe z Lasów Państwowych systematycznie i znacząco rosła. W 2003 roku sprzedaż ta wyniosła 322,3 tys. m³ i w porównaniu z rokiem 2000 zwiększyła się o 136,2 tys. m³ (tj. o 73%), zaś średnioroczny

wzrost sprzedaży w tym okresie wynosił 45,4 tys. m³ (tab. 5.3.). W przeliczeniu na jednostkę powierzchni średnia sprzedaż drewna opałowego z nadleśnictw województwa w 2003 roku wyniosła średnio 0.56 m³ z 1 ha powierzchni zalesionej.

Tab. 5.3. Sprzedaż drewna opałowego w latach 2000-2003 z obszaru Lasów Państwowych położonych w granicach województwa pomorskiego według Nadleśnictw

Nadleśnictwo	Powierzchnia		Sprzedaż drewna opałowego w latach /m ³ /			
	całkowita	w tym: zalesiona.	2000	2001	2002	2003
<i>RDLP Szczecinek</i>	267 843	241 703	61 789	71 698	82 911	108 731
Bytów	28 048	25 379	7 007	7 982	9 508	10 953
Czarne Czluchowskie	28 320	25 086	5 632	5 864	6 819	9 226
Czluchów	23 939	21 908	9 573	12 097	14 968	20 464
Dretyń	14 839	13 501	1 938	2 274	2 615	4 059
Leśny Dwór	21 011	19 412	7 009	8 594	10 128	12 538
Łupawa	12 723	11 701	4 908	5 473	4 247	5365
Miastko	13 389	12 283	1 800	2 200	2 600	3 100
Niedźwiady	26 040	23 567	3 486	3 245	3 798	6 088
Osusznica	24 995	22 538	3 736	4 641	5 685	7 380
Sławno	1 912	1 723	684	906	1 086	1 367
Ustka	16 301	14 428	2 746	3 970	4 177	5 184
Warcino	20 608	18 655	4 393	4 778	7 830	9 341
Damnica	16 120	14 015	5 412	5 775	6 251	8 127
Trzebielino	19 598	17 507	3 465	3 899	4 285	5 539
<i>RDLP Gdańsk</i>	304 292	279 726	109 308	114 607	150 491	190 123
Choczewo	18 272	16 778	3 427	5 118	6 144	9 650
Elbląg	18 849	16 752	5 354	4 375	4 035	4 846
Gdańsk	20 681	19 224	9 057	8 470	9 908	14 362
Kaliska	19 757	18 447	7 955	7 697	11 256	16 634
Kartuzy	18 054	16 503	8 997	8 437	13 555	17 568
Kolbudy	20 629	18 749	7 328	7 503	9 334	13 665
Kościerzyna	17 683	16 341	5 203	4 562	6 415	7 077
Kwidzyn	26 241	24 028	10 162	1 4168	19 120	15 376
Lębork	18 893	17 401	9 257	8195	10 524	13 196
Lipusz	22 812	20 979	4 677	4745	5 710	6 526
Lubichowo	28 223	25 968	6 853	6 993	8 730	11 136
Starogard	21 685	19 928	9 136	9 522	13 074	18 050
Strzebielino	17 642	16 351	8 559	9 172	12 147	15 280
Wejherowo	20 231	18 851	7 626	9 885	12 609	16 126
Cewice	14 640	13 426	5 717	5 765	7 930	10 631
<i>RDLP Olsztyn</i>	5 666	5 122	720	925	1 909	2 219
Dobrocin	141	123	20	25	9	19
Susz	5 525	4 999	700	900	1 900	2 200
<i>RDLP Toruń</i>	53 203	47 949	14 243	14 845	21 010	21 198
Czersk	14 517	13 129	3 807	4 637	6 102	6 457
Jamy	109	62	10	15	15	17
Lutówko	616	562	283	219	268	312
Przymuszewo	18 622	16 801	4 943	5 034	7 896	6 409
Rytel	16 557	14 903	3 647	3 368	4 861	6 108
Tuchola	152	136	33	82	18	105
Woziwoda	2 630	2 356	1 520	1 490	1 850	1 790
Ogółem	631 004	574 500	186 060	202 075	257 407	322 271
Dynamika /%/ (rok poprzedni = 100)	x	x	100,0	108,6	127,4	125,2

Źródło: RDLP w Gdańsku, Szczecinku, Olsztynie i Toruniu.

Do ilości sprzedanego drewna opałowego należałoby jeszcze doliczyć znaczne ilości papierówek liściastych sprzedawanych do opalania kominków. Sprzedaż ta nie jest ewidencjonowana szczegółowo w sensie przeznaczenia. Te znaczące i trudne do oszacowania ilości sprzedawane są głównie odbiorcom indywidualnym.

Można przypuszczać, że ilość pozyskanego i sprzedanego w 2003 roku drewna opałowego z Lasów Państwowych zbliżyła się do wartości maksymalnych. Potwierdzają to ostatnie wypowiedzi Dyrektorów tutejszych RDLP, mówiące o braku rezerw drewna opałowego na obszarach zarządzanych przez nich nadleśnictw.

Sprzedaż drewna opałowego z lasów niepaństwowych

Nie uzyskano wiarygodnych danych na temat wielkość sprzedaży drewna opałowego z lasów niepaństwowych leżących w zasięgu administracyjnym RDLP w Szczecinku. Wielkość tę oszacowano na podstawie znanej sprzedaży drewna opałowego z lasów niepaństwowych na terenie RDLP w Gdańsku (średnio 0,20 m³/ha lasu - tab. 5.4.) oraz powierzchni lasów niepaństwowych w obrębie poszczególnych nadleśnictw RDLP w Szczecinku.

Tab. 5.4. Sprzedaż drewna opałowego z lasów niepaństwowych na terenie PGL LP w Gdańsku

Nadleśnictwo	Powierzchnia lasów niepaństwowych /ha/	Sprzedaż drewna opałowego /m ³ /			
		2000 r.	2001 r.	2002 r.	2003 r.
<i>RDLP Gdańsk</i>					
Choczewo	315	239	193	207	120
Elbląg	352	60	75	70	70
Gdańsk	2 208	894	503	630	259
Kaliska	3 498	940	1650	880	820
Kartuzy	6 544	2 381	1 203	1 406	1 287
Kolbudy	1 560	218	72	221	292
Kościerzyna	8 000	500	500	500	500
Kwidzyn	1 411	192	344	182	157
Lębork	401	70	151	57	41
Lipusz	8 648	121	130	108	422
Lubichowo	3 079	2 262	1 493	1 478	1 531
Starogard	4 096	2 135	2 208	1 893	2 105
Strzebielino	4 617	680	310	450	380
Wejherowo	1 559	1 050	650	1 150	800
Cewice	781	100	102	351	189
Ogółem	47 069	11 842	9 584	9 583	8 973
Średnio (m ³ /ha)	0,25	0,20	0,20	0,20	0,19
Dynamika /%/ (rok poprzedni = 100)	x	100,0	80,9	100,0	93,6

Źródło: RDLP w Gdańsku

W ogólnym bilansie pozyskania drewna opałowego z lasów niepaństwowych doszacowano zużycie opału przez właścicieli lasów na własne potrzeby. Założono, że sprzedaż stanowiła ok. 20 % ilości pozyskanej na opał. Z przeprowadzonych wyliczeń wynika, że w roku 2003 szacunkowe pozyskanie drewna opałowego z lasów niepaństwowych województwa wyniosło 57 313 m³, tj. 37 253 tony.

W rezultacie obliczono, że w 2003 roku wielkość pozyskania i sprzedaży drewna opałowego pochodzącego z lasów państwowych i niepaństwowych województwa pomorskiego wyniosła 379,6 tys. m³, tj. 246,7 tys. ton (tab. 5.5.).

Tab. 5.5. Drewno opałowe pochodzące z lasów państwowych i niepaństwowych w województwie pomorskim w 2003 r.

Nadleśnictwo	m ³	tony
<i>RDLP Szczecinek</i>	120 995	78 647
Bytów	12 110	7 872
Czarne Człuchowskie	9 319	6 057
Człuchów	20 960	13 624
Dretyń	4 254	2 765
Leśny Dwór	12 664	8 232
Łupawa	5 492	3 570
Miastko	3 568	2 319
Niedźwiady	6 232	4 051
Osusznica	15 983	10 389
Sławno	1 379	896
Ustka	5 546	3 605
Warcino	9 449	6 142
Damnica	8 303	5 397
Trzebielino	5 736	3 728
<i>RDLP Gdańsk</i>	234 988	152 742
Choczewo	10 250	6 663
Elbląg	5 196	3 377
Gdańsk	15 657	10 177
Kaliska	20 734	13 477
Kartuzy	24 003	15 602
Kolbudy	15 125	9 831
Kościerzyna	9 577	6 225
Kwidzyn	16 161	10 505
Lębork	13 401	8 711
Lipusz	8 636	5 613
Lubichowo	18 791	12 214
Starogard	28 575	18 574
Strzebielino	17 180	11 167
Wejherowo	20 126	13 082
Cewice	11 576	7 524
<i>RDLP Olsztyn</i>	2 403	1 562
Dobrocin	19	12
Susz	2 384	1 550
<i>RDLP Toruń</i>	21 198	13 779
Czersk	6 457	4 197
Jamy	17	11
Lutówko	312	203
Przymuszewo	6 409	4 166
Rytel	6 108	3 970
Tuchola	105	68
Woziwoda	1 790	1 164
Ogółem	379 584	246 730

5.4. Zasoby drewna odpadowego z przetwórstwa tartaczego

W bilansie energetycznym województwa znaczące zasoby drewna odpadowego powstają w trakcie przerobu drewna w zakładach przetwórstwa i obróbki drewna (tartaki, paleciarnie itp.). Zasoby te oceniono na podstawie wielkości sprzedaży drewna z lasów państwowych położonych na obszarze województwa pomorskiego do lokalnych zakładów przetwórczych. Założono, że odpady drzewne (zrzyny, trociny, odłamki, wióry itp.), stanowią

średnio 20% masy początkowej sprzedanej do przerobu. W ocenie zasobów drewna odpadowego z przetwórstwa nie uwzględniono drewna pochodzącego z lasów niepaństwowych (z uwagi na brak wiarygodnych danych).

Tab. 5.7. Sprzedaż drewna z Lasów Państwowych do lokalnych zakładów przetwórstwa drewna na obszarze województwa pomorskiego

Wyszczególnienie	Liczba zakładów	Sprzedaż drewna do przetwórstwa /m ³ /			
		2000 r.	2001 r.	2002 r.	2003 r.
RDLP Szczecinek	110	560 972	518 699	596 719	684 489
RDLP Gdańsk	218	645 101	567 551	636 220	684 841
RDLP Olsztyn	10	5 500	5 000	5 000	5 800
RDLP Toruń	20	15 985	15 816	21 932	24 158
Ogółem	358	1 227 558	1 107 066	1 259 871	1 399 288
Dynamika /%/		100,0	90,2	113,8	111,1

Źródło: DRLP w Gdańsku, Szczecinku, Olsztynie i Toruniu.

W analizowanym okresie sprzedaż drewna do przetwórstwa ulegała niewielkim wahaniom (tab. 5.7.). W 2003 roku sprzedaż ta wyniosła 1 399,3 tys. m³ ogółem, tj. średnio 2,44 m³ /ha powierzchni zalesionej.

Tab. 5.8. Szacunkowa ilość odpadów drzewnych powstająca w lokalnych zakładach przetwórstwa drewna na obszarze województwa pomorskiego wg Nadleśnictw

Nadleśnictwa	Liczba zakładów	Szacunkowa ilość odpadów drzewnych /m ³ /			
		2000 r.	2001 r.	2002 r.	2003 r.
<i>RDLP Szczecinek</i>	<i>110</i>	<i>112 195</i>	<i>103 740</i>	<i>119 344</i>	<i>136 897</i>
Bytów	13	14 592	14 504	13 713	16 587
Czarne Człuchowskie	8	9 995	11 414	10 889	13 367
Człuchów	8	8 951	9 030	9 162	10 256
Dretyń	1	6 635	4 508	8 033	7 920
Leśny Dwór	10	10 260	9 048	10 548	13 329
Łupawa	1	5 528	5 371	5 647	6 227
Miastko	19	4 600	5 000	4 800	5 600
Niedźwiady	4	9 153	7 865	10 313	11 469
Osusznica	17	7 006	6 608	9 962	12 000
Sławno	1	1 608	1 660	1 980	2 167
Ustka	7	8 021	7 326	7 725	7 847
Warcino	14	11 624	9 186	10 366	11 780
Damnica	6	6 554	5 115	6 280	7 871
Trzebielino	1	7 668	7 105	9 926	10 477
<i>RDLP Gdańsk</i>	<i>218</i>	<i>129 021</i>	<i>113 512</i>	<i>127 245</i>	<i>136 969</i>
Choczewo	2	7 142	6 170	6 531	7 051
Elbląg	6	6 759	6 616	7 085	6 724
Gdańsk	6	8 858	7 598	8 558	8 731
Kaliska	21	4 620	5 737	8 403	8 470
Kartuzy	37	7 260	6 360	6 355	7 546
Kolbudy	12	10 874	7 966	8 999	10 417
Kościerzyna	18	5 559	5 972	6 305	6 520
Kwidzyn	11	14 088	10 866	11 129	10 266
Lębork	13	10 258	7 605	8 059	10 109
Lipusz	18	8 297	7 381	7 170	8 632
Lubichowo	10	12 437	11 856	13 337	15 338
Starogard	19	7 401	7 209	7 694	9 425
Strzebielino	12	8 674	6 550	9 950	9 511
Wejherowo	23	9 307	8 893	10 694	10 791

Cewice	10	7 487	6 733	6 976	7 438
<i>RDLP Olsztyn</i>	10	1 100	1 000	1 000	1 160
Dobrocin	5	0	0	0	0
Susz	5	1 100	1 000	1 000	1 160
<i>RDLP Toruń</i>	20	3196,6	3163	4 386	4 832
Czersk	12	886	778	1 030	1 210
Jamy	-	0	0	0	0
Lutówko	2	0	0	76,2	151
Przymuszewo	4	162,6	232	143	18
Rytel	2	2 148	2 153	3 137	3453
Tuchola	-	0	0	0	0
Woziwoda	-	0	0	0	0
Ogółem	358	245 512	221 412	251 974	279 858

W 2003 r. odpady z przetwórstwa drewna pochodzącego z Lasów Państwowych na obszarze województwa pomorskiego wyniosły 279 858 m³ (tab. 5.8.), zaś średnia ilość odpadów drzewnych z 1 ha powierzchni zalesionej wynosiła 0,49 m³.

Znaczące ilości odpadów powstających podczas mechanicznego przerobu drewna w zakładach przetwórczych zużywane są na własne potrzeby grzewcze tych zakładów.

5.5. Zasoby i wartość energetyczna drewna opałowego z leśnictwa i tartaków wg nadleśnictw

Do obliczenia wartości opałowej drewna przyjęto następujące wartości energetyczne:

- wartość energetyczna drewna opałowego sprzedanego z lasów (drewno świeże) – 10 GJ/t,
- wartość energetyczna drewna pochodzącego z przetwórstwa (drewno podsużone) – 18 GJ/t.

Wielkość zasobów drewna odpadowego z lasów i przetwórstwa w poszczególnych nadleśnictwach przedstawiono w tabeli nr 5.9. oraz na mapie nr 6.

Tab. 5.9. Bilans drewna pochodzącego z lasów i zakładów przetwórczych w 2003 r. wg nadleśnictw.

Nadleśnictwo	Drewno opałowe z lasów państwowych i niepaństwowych	Energia /GJ/	Odpady drzewne z zakładów	Energia /GJ/	Drewno z leśnictwa ogółem	Energia /GJ/
	/ton/	/GJ/	/ton/	/GJ/	/ton/	/GJ/
<i>RDLP Szczecinek</i>	78 647	629 176	88 984	1 281 370	167 631	1 910 546
Bytów	7 872	62 976	10 782	155 261	18 654	218 237
Czarne Człuchow.	6 057	48 456	8 689	125 122	14 746	173 578
Człuchów	13 624	108 992	6 666	95 990	20 290	204 982
Dretyń	2 765	22 120	5 148	74 131	7 913	96 251
Leśny Dwór	8 232	65 856	8 664	124 762	16 896	190 618
Łupawa	3 570	28 560	4 047	58 277	7 617	86 837
Miastko	2 319	18 552	3 640	52 416	5 959	70 968
Niedźwiady	4 051	32 408	7 455	107 352	11 506	139 760
Osusznica	10 389	83 112	7 800	112 320	18 189	195 432
Sławno	896	7 168	1 409	20 290	2 305	27 458
Ustka	3 605	28 840	5 101	73 454	8 706	102 294
Warcino	6 142	49 136	7 657	110 261	13 799	159 397
Damnica	5 397	43 176	5 116	73 670	10 513	116 846
Trzebielino	3 728	29 824	6 810	98 064	10 538	127 888
<i>RDLP Gdańsk</i>	152 742	1 221 936	89 030	1 282 030	241 772	2 503 966
Choczewo	6 663	53 300	4 583	65 995	11 246	119 295

Elbląg	3 377	27 019	4 370	62 928	7 747	89 947
Gdańsk	10 177	81 416	5 675	81 720	15 852	163 136
Kaliska	13 477	107 817	5 506	79 286	18 983	187 103
Kartuzy	15 602	124 816	4 905	70 632	20 507	195 448
Kolbudy	9 831	78 650	6 771	97 502	16 602	176 152
Kościerzyna	6 225	49 800	4 238	61 027	10 463	110 827
Kwidzyn	10 505	84 037	6 673	96 091	17 178	180 128
Lębork	8 711	69 685	6 571	94 622	15 282	164 307
Lipusz	5 613	44 907	5 611	80 798	11 224	125 705
Lubichowo	12 214	97 713	9 970	143 568	22 184	241 281
Starogard	18 574	148 590	6 126	88 214	24 700	236 804
Strzebielino	11 167	89 336	6 182	89 021	17 349	178 357
Wejherowo	13 082	104 655	7 014	101 002	20 096	205 657
Cewice	7 524	60 195	4 835	69 624	12 359	129 819
<i>RDLP Olsztyn</i>	<i>1 562</i>	<i>12 496</i>	<i>754</i>	<i>10857,6</i>	<i>2 316</i>	<i>23 354</i>
Dobrocin	12	96	0	0	12	96
Susz	1 550	12 400	754	10857,6	2 304	23 258
<i>RDLP Toruń</i>	<i>13 779</i>	<i>110 232</i>	<i>3140</i>	<i>45216,4</i>	<i>16 919</i>	<i>155 448</i>
Czersk	4 197	33 576	787	11332,8	4 984	44 909
Jamy	11	88	0	0	11	88
Lutówko	203	1 624	98	1411,2	301	3 035
Przymuszewo	4 166	33 328	11	158,4	4 177	33 486
Rytel	3 970	31 760	2 244	32 314	6 214	64 074
Tuchola	68	544	0	0	68	544
Woziwoda	1 164	9 312	0	0	1 164	9 312
Ogółem	246 730	1 973 840	181 908	2 619 475	428 638	4 593 315

5.6. Zasoby i wartość energetyczna drewna odpadowego z sadów

Drewno odpadowe z towarowych upraw sadowniczych powstaje podczas całkowitej likwidacji starej plantacji oraz w czasie corocznych cięć sanitarnych - drzew porażonych chorobami, szkodnikami, wyłamanych przez wiatr itp. Likwidacja starego sadu następuje średnio po upływie 25 lat od posadzenia drzew, zaś ubytki naturalne stanowią średnio 2% drzewostanu rocznie.

Produkcja sadownicza w województwie pomorskim jest stosunkowo słabo rozwinięta. Według PSR w 2002 r. w użytkowaniu rolniczym gospodarstw rolnych znajdowało się 3 373 ha sadów, co stanowiło zaledwie 0,18% powierzchni całkowitej województwa. Najkorzystniejsze warunki naturalne dla rozwoju sadownictwa występują w rejonie Powiśla oraz na Pojezierzu Krajeńskim, dlatego też w tych rejonach produkcja sadownicza (w tym towarowa) rozwinęła się na nieco większą skalę. Świadczy o tym wyższy udział powierzchni sadów w powiatach: kwidzyńskim (0,25%), człuchowskim (0,30%), gdańskim (0,45%) oraz najwyższy – w powiecie tczewskim (1,13%). Na pozostałym obszarze występują głównie niewielkie, przydomowe sady służące zaspokojeniu własnych potrzeb rolników, niejednokrotnie zaniebane i pozbawione części drzewostanu. Z tych względów oraz z uwagi na brak szczegółowych danych dotyczących powierzchni sadów towarowych i nietowarowych, do obliczenia drewna odpadowego przyjęto, średni jednostkowy odpad drzewny z sadów - 0,35 m³/rok [31]. Dla powiatów: kwidzyńskiego, człuchowskiego, gdańskiego i tczewskiego wskaźnik ten zwiększono dwukrotnie.

Uzyskana w wyniku obliczeń szacunkowa ilość drewna odpadowego pochodzącego z wyczystek, cięć sanitarnych i odnowieniowych wynosi w województwie 1 184 ton rocznie (tab. 5.10., mapa nr 7).

Z wypowiedzi pomorskich sadowników wynika, że drewno pochodzące z wyczystek, cięć sanitarnych i odnowieniowych jest najczęściej spalane we własnym gospodarstwie - w piecu

lub wprost na polu. Jak na razie drewno to nie stanowi produktu handlowego z uwagi na niewielkie ilości odpadów powstających w dużym rozproszeniu.

Tab. 5.10. Drewno odpadowe z upraw sadowniczych

Powiaty	Powierzchnia sadów /ha/	Drewno odpadowe		Energia /GJ/
		/m ³ /rok/	/t /rok/	
<i>Podregion słupski</i>	939	494	321	2568
bytowski	74	26	17	136
chojnicki	92	32	21	168
człuchowski	473	331	215	1720
łęborski	60	21	14	112
słupski	169	59	38	304
m. Słupsk	71	25	16	128
<i>Podregion gdański</i>	2347	1298	843	6744
gdański	355	249	162	1296
kartuski	130	46	30	240
kościerski	74	26	17	136
kwidzyński	211	148	96	768
malborski	59	21	13	104
nowodworski	36	13	8	64
pucki	167	58	38	304
starogardzki	231	81	53	424
sztumski	141	49	32	256
tczewski	790	553	359	2872
wejherowski	153	54	35	280
<i>Podregion G-G S</i>	88	31,4	20,2	162
m. Gdańsk	71	25	16	128
m. Gdynia	16	6	4	32
m.. Sopot	1	0,4	0,2	2
Ogółem	3 373	1 821	1 184	9 472

Źródło: Użytkowanie gruntów według rodzaju użytków oraz podregionów i powiatów. Grupowanie według granic administracyjnych. PSR 2002 r. US Gdańsk.

5.7. Zasoby i wartość energetyczna drewna odpadowego z poboczy dróg i miejskich terenów zurbanizowanych

Zasoby drewna pochodzącego z przecinki drzew rosnących przy drogach obliczono przyjmując następujące założenia:

- ilość drewna odpadowego wynosi 2.0 t/km drogi
- połowa długości dróg jest zadrzewiona.

Dane dotyczące długości dróg powiatowych i gminnych leżących na obszarze województwa pomorskiego uzyskano z Rocznika Statystycznego 2003 [38]. Długość dróg krajowych i wojewódzkich położonych na terenie poszczególnych powiatów obliczono wykorzystując bazę danych Systemu Informacji Przestrzennej Województwa.

Wielkość drewna odpadowego powstająca podczas porządkowania zadrzewionych i zakrzewionych miejskich terenów zurbanizowanych oszacowano na podstawie średniej rocznej ilości drewna pozyskiwanej z tych terenów na obszarze miasta Słupska, która wynosi około 150 m³/rok (według danych Miejskiego Przedsiębiorstwa Zieleni w Słupsku).

Ogółem szacunkowa ilość drewna odpadowego pochodzącego z przecinki drzew rosnących przy drogach oraz porządkowania miejskich terenów zadrzewionych i zakrzewionych wynosi około 13,1 tys. ton rocznie, co umożliwi uzyskanie 104,5 tys. GJ energii rocznie (tab. 5.11., mapa nr 7.).

Tab.5.11. Zasoby drewna odpadowego z poboczy dróg i miejskich terenów zurbanizowanych

Powiaty	Masa drewna odpadowego z dróg /t/	Masa drewna odpadowego z terenów miejskich /t/	Ogółem /t/	Energia możliwa do pozyskania /GJ/
<i>Podregion słupski</i>	3947	358	4 305	34 433
bytowski	954	48	1 002	8 017
chojnicki	571	71	642	5 137
człuchowski	762	48	810	6 480
łęborski	396	67	463	3 701
słupski	1 129	26	1 155	9 237
m. Słupsk	135	98	233	1 861
<i>Podregion gdański</i>	6375	549	6924	55 393
gdański	711	51	762	6 092
kartuski	679	29	708	5 664
kościerski	558	34	592	4 735
kwidzyński	555	7	562	4 497
malborski	446	52	498	3 987
nowodworski	558	25	583	4 661
pucki	451	71	522	4 177
starogardzki	688	68	756	6 051
sztumski	408	28	436	3 490
tczewski	540	71	611	4 885
wejherowski	781	113	894	7 154
<i>Podregion G-G-S</i>	1002	832	1 834	14 679
m. Gdańsk	618	562	1 180	9 443
m. Gdynia	320	226	546	4 369
m. Sopot	64	44	108	867
Ogółem	11 324	1 739	13 063	104 505

5.8. Bilans istniejących zasobów drewna odpadowego

Dokonane obliczenia pozwoliły na ocenę istniejących zasobów drewna odpadowego w województwie pomorskim, które może być wykorzystane na cele energetyczne. W tabelach 5.12. i 5.13. przedstawiono dane wynikowe otrzymane przy wykorzystaniu obu zastosowanych metod.

Tab.5.12. Zasoby drewna w województwie pomorskim

Drewno /ton/rok/					
z lasów	z przetwórstwa	z sadów	z dróg	z miast	ogółem
271 463 ^{1/}	181 908	1 184	11 324	1 739	467 618
246 730 ^{2/}					442 885

^{1/} Drewno opałowe z lasów liczone wg metody ECEO w Warszawie

^{2/} Drewno opałowe z lasów liczone wg sprzedaży drewna opałowego z terenu nadleśnictw

Tab. 5.13. Energia możliwa do uzyskania z istniejących zasobów drewna w województwie pomorskim

Drewno /GJ/rok/					
z lasów	z przetwórstwa	z sadów	z dróg	z miast	ogółem
2 171 702 ^{1/}	2 619 475	9 472	90 592	13 912	4 905 153
1 973 832 ^{2/}					4 707 283

^{1/} Drewno opałowe z lasów liczone wg metody ECEO w Warszawie

^{2/} Drewno opałowe z lasów liczone wg sprzedaży drewna opałowego z terenu nadleśnictw.

5.9. Wnioski

- 1) Województwo pomorskie posiada stosunkowo wysoką lesistość – ponad 1/3 jego obszaru pokryta jest lasami. Wśród typów siedliskowych przeważają lasy iglaste (bory). Średni wiek drzewostanów wynosi ponad 57 lat i nieznacznie przewyższa średni wskaźnik dla kraju. Rozmieszczenie lasów jest nierównomierne, większa ich część znajduje się w zachodniej i środkowej części województwa.
- 2) Teoretyczne zasoby drewna opałowego w lasach województwa pomorskiego wynoszą 271,5 tys. ton rocznie. Największe zasoby znajdują się w powiatach: bytowskim, słupskim, człuchowskim, starogardzkim, kościerskim i wejherowskim.
- 3) W 2003 roku w lasach państwowych i niepaństwowych województwa pozyskano i sprzedano ok. 246,7 tys. ton drewna opałowego. Na obszarze PGL Lasy Państwowe nie ma obecnie rezerw drewna opałowego. Z przetwórstwa tartacznego uzyskano w analogicznym okresie około 181,9 tys. ton drewna odpadowego.
- 4) Dodatkowe zasoby drewna, które można przeznaczyć na cele energetyczne stanowi drewno odpadowe z sadów, poboczy dróg oraz miejskich terenów zurbanizowanych. Szacunkowa wielkość tych zasobów ogółem wynosi około 14,2 tys. ton.
- 5) Ocenia się, że całkowity potencjał drewna, jaki można przeznaczyć na cele energetyczne wynosi w województwie pomorskim około 443 – 468 tys. ton. Wielkość ta pozwoli na uzyskanie energii w ilości ok. 4,7 - 4,9 mln. GJ rocznie.

6. Słoma

6.1. Podstawowe cechy słomy jako paliwa energetycznego

Wykorzystanie słomy dla celów energetycznych jest jedną z możliwości zagospodarowania jej nadwyżek pozostających w rolnictwie. Do spalania może być użyta słoma wszystkich gatunków zbóż, rzepaku oraz gryki. Jednak ze względu na właściwości najbardziej przydatna jest słoma: żytnia, pszenna, rzepakowa i gryczana oraz słoma i osadki kukurydzy. Słoma owsiana ze względu na bardzo niską temperaturę topnienia popiołu nie jest zalecana jako paliwo [9]. W porównaniu z innymi nośnikami energii, słoma jest bardziej uciążliwym materiałem energetycznym, gdyż stanowi materiał niejednorodny i posiada niższą wartość energetyczną, szczególnie w odniesieniu do jednostki objętości. Zwiększona zawartość krzemu i potasu powoduje problemy z zapiekaniem i usuwaniem żużla z paleniska (tab. 6.1.).

Słoma świeża, w literaturze nazywana „żółta”, zawiera w swoim składzie wiele metali alkalicznych i związków chloru, które wpływają na procesy korozji i powstawanie żużla. Pozostawienie jej po ścięciu na polu i poddanie działaniu wody deszczowej powoduje wypłukiwanie niepożądanych składników i poprawia właściwości opałowe. Charakterystyczną cechą takiej słomy jest jej szary kolor.

Słomę wykorzystywaną do celów energetycznych powinny cechować określone parametry termofizyczne takie jak wartość opałowa, wilgotność i stopień zwiędnięcia. Dla słomy suchej wartość opałowa zawiera się w stosunkowo wąskim przedziale od 14 do 15 MJ/kg i zależy przede wszystkim od rodzaju rośliny. Przyjmuje się, że pod względem energetycznym 1,5 tony słomy równoważne jest jednej tonie węgla kamiennego średniej jakości [9]. Wartość energetyczna słomy zależna jest głównie od jej wilgotności. Wilgotność słomy świeżej najczęściej mieści się w przedziale między 12 a 22%.

Poniżej zestawiono porównanie właściwości fizykochemicznych słomy, zrębków drzewnych oraz paliw kopalnych badanych w warunkach duńskich [6].

Tab.6.1. Właściwości fizykochemiczne słomy, zrębków drzewnych oraz paliw kopalnych

Parametr	Jednostki	Słoma żółta	Słoma szara	Zrębki drzewne	Węgiel	Gaz ziemny
Ciepło spalania	MJ/kg	18,2	18,7	19,4	32	48
Wartość opałowa robocza	MJ/kg	14,4	15	10,4	25	48
Wilgotność	%	10-20	10-20	40	12	0
Zawartość popiołu	% s. m.	4	3	0.6- 1,5	12	0
Zawartość składn. lotnych	%s.m.	>70	>70	>70	25	100

Węgiel	%s.m.	42	43	50	59	75
Wodór	% s.m.	5	5,2	6	3,5	24
Tlen	% s.m.	37	38	43	7,3	0,9
Chlor	% s.m.	0,75	0,2	0,02	0,08	-
Azot	% s.m.	0,35	0,41	0,3	1	0,9
Siarka	% s.m.	0,16	0,13	0,05	0,8	0

Źródło: The Centre for Biomass Technology, Denmark, 1998"Straw for energy production. Technology-Environment-Economy"

6.2. Główne kierunki wykorzystania słomy w przeszłości i obecnie

Słoma stanowi cenny produkt uboczny zużywany w rolnictwie głównie na paszę i ściółkę ale także jako nawóz organiczny, materiał izolacyjny itp. Ponadto słoma wykorzystywana jest w przemyśle oraz stanowi niekonwencjonalne źródło energii cieplnej.

Podstawowym składnikiem słomy jest włókno surowe i związki bezazotowe wyciągowe. Charakteryzuje się wysoką zawartością suchej masy (około 85%) oraz zdolnością do chłonięcia wody i gazów (ściółka). Stosuje się ją w chowie wszystkich zwierząt gospodarskich. Duże zapotrzebowanie na słomę występuje w chowie tradycyjnym, zaś w gospodarstwach prowadzących chów zwierząt w systemie bezściółkowym, rola słomy jako ściółki maleje, wzrasta natomiast jej wykorzystanie w postaci nawozu organicznego.

Z badań przeprowadzonych w gospodarstwach RZD IUNG w Puławach wynika, że na początku lat 80-ych aż 94% zebranej słomy przeznaczano dla hodowli, a resztę zużywano do okrywania kopców i na przyoranie [22]. Zapoczątkowana w ostatniej dekadzie ubiegłego wieku transformacja ustrojowa wywołała szereg istotnych zmian w polskim rolnictwie. Ich efektem był m.in. drastyczny spadek pogłowia zwierząt inwentarskich (zwłaszcza bydła i owiec), niekorzystne zmiany w strukturze zasiewów (nadmierny udział roślin zbożowych), błędy w zmianowaniu (wieloletnie monokultury zbożowe). Zmiany te prowadzą do powstania znacznych nadwyżek słomy - trudnej do zagospodarowania w samym rolnictwie i ogrodnictwie. Zjawisko to jest szczególnie widoczne na terenach popegeerowskich, gdzie przeważają gospodarstwa wielkoobszarowe i raczej bezinwentarzowe, a jeśli już prowadzi się w nich hodowlę, to najczęściej w systemie bezściółkowym.

Na obszarze dzisiejszego województwa pomorskiego, w ostatnim 15-leciu, nastąpił znaczący spadek pogłowia zwierząt gospodarskich, przede wszystkim: bydła, owiec i koni. Proces ten obserwowany jest nadal (tab. 6.2.). Z drugiej zaś strony w strukturze zasiewów nastąpił wzrost udziału zbóż - średnio z około 55% w 1985 r. do 77% w 2002 r. i rzepaku odpowiednio z około 3,5% do 6,2% (tab. 6.3.) [39].

Tab.6.2. Zmiany w pogłowiu zwierząt gospodarskich w województwie pomorskim* w latach 1995 – 2003 w tys. szt.

Lata	Bydło	krowy	Trzoda	Owce
1995	278,4	117,8	1 041,4	22,4
2000	247,2	100,0	932,8	17,2
2001	221,1	91,5	973,4	15,6
2002	201,2	85,9	1 042,8	14,0

* wg siedziby użytkownika

Tab. 6.3. Zmiany w powierzchni zasiewów zbóż oraz roślin oleistych w województwie pomorskim* w latach 1996 – 2002

Lata	Zboża		Rzepak i rzepik	
	ha	%	ha	%
1996	438,6	71,7	24,8	4,1
2000	455,2	73,7	32,2	5,2
2001	454,1	72,5	34,7	5,6
2002	425,7	76,6	34,5	6,2

* wg siedziby użytkownika

Tendencja do coraz szybszego powiększania się nadwyżek słomy, widoczna jest, od dłuższego już czasu, na obszarze całego kraju. Z przeprowadzonych badań [9] wynika, że od 1983 roku zbiory słomy zaczęły przewyższać zapotrzebowanie wynikające z produkcji zwierzęcej. Na ogół pozostająca na polu słoma jest rozdrabniana i razem z dodatkiem nawozów azotowych przyorywana. W ubiegłych latach często spalano nadmiar słomy na polu. Obecnie w Polsce zostało to zabronione prawem z uwagi na bezpieczeństwo przeciwpożarowe [40].

Znaczenie słomy jako paliwa energetycznego z każdym rokiem wzrasta. Bogate doświadczenia w tej dziedzinie posiada Dania, gdzie w 1992 roku wykorzystanie słomy na cele energetyczne osiągnęło 55% całości produkcji. Tak znaczne wykorzystanie słomy na opał wynika z niższych kosztów wytwarzania energii cieplnej niż w przypadku spalania nośników kopalnych oraz z potrzeby obniżenia emitowanych do atmosfery zanieczyszczeń.

Podobnie w Polsce, słoma może stanowić poważne źródło energii odnawialnej pochodzącej z biomasy. Zakładając, że tendencje w produkcji i zapotrzebowaniu na słomę zostaną utrzymane, można stwierdzić, iż w najbliższym czasie mogłaby ona dostarczyć 237 PJ energii, to jest 5% zapotrzebowania gospodarki narodowej na energię [9]. W odpowiedzi na to w kraju zaczynają powstawać pierwsze kotłownie opalane słomą.

Udanym przedsięwzięciem jest uruchomienie pierwszych kotłowni na słomę na terenie województwa pomorskiego służących ogrzewaniu obiektów użyteczności publicznej. Sprawdziły się już kotłownie w Lęborku (o mocy 400 kW), Przechlewie (2 x 2,5 MW) oraz w Wierzchowie Dworcu (300 kW). W listopadzie br. zostanie uruchomiona kolejna kotłownia w Barkowie. Planuje się realizację nowej kotłowni w Polnicy (gmina Człuchów).

6.3. Ocena dostępnych zasobów słomy możliwych do pozyskania na cele energetyczne w województwie pomorskim

Rozmiary produkcji słomy uzależnione są od szeregu czynników, takich jak: wielkość arealu uprawy, uzyskane plony, gatunek rośliny itp. Wprowadzenie do uprawy nowych odmian zbóż szywno- i krótkosłomych nie spowodowało zmniejszenia plonów słomy, a wprost przeciwnie - nastąpił 20-procentowy ich wzrost, podczas gdy plony ziarna zbóż zwiększyły się o około 50% [9].

Do oszacowania wielkości produkcji słomy w województwie pomorskim, w tym nadwyżek możliwych do wykorzystania na cele energetyczne, posłużono się metodą opisaną przez Gradziuka [9, 10]. Zastosowano w niej wskaźniki uzyskane na podstawie wieloletnich badań prowadzonych w warunkach produkcyjnych w 14 rolniczych zakładach doświadczalnych IUNG Puławy (tab. 6.4.). Przyjęto, że dla rzepaku stosunek ziarna do słomy wynosi 1:1.

Tab.6.4.. Stosunek plonu słomy do plonu ziarna* zbóż (średnie z 14 RZD IUNG z lat 1984-1989)

Poziom plonu ziarna (t/ha)	Zboża ozime				Zboża jare		
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	pszenica	jęczmień	owies
2,01-3,0	0,86	1,18	1,45	0,94	1,13	0,78	1,05
3,01-4,0	0,91	1,13	1,44	0,80	0,94	0,86	1,08
4,01-5,0	0,91	1,14	1,35	0,70	0,83	0,77	1,05
5,01-6,0	0,92	1,13	1,24	0,71	0,81	0,72	1,01
6,01-7,0	0,90	0,94	-	-	-	0,68	-
7,01-8,0	0,83	-	-	-	-	0,67	-

* plon ziarna – 1

Źródło: Harasim A. 1994: Relacja między plonem słomy i ziarna u zbóż. Pamiętnik Puławski. Zeszyt 104, s. 56.

Do dalszej analizy wykorzystano wyniki Powszechnego Spisu Rolnego z 2002 r. Powierzchnię zasiewów oraz pogłowie zwierząt obliczono według siedziby gospodarstwa. Z uwagi na brak danych statystycznych dotyczących plonów roślin w poszczególnych powiatach, w opracowaniu posłużono się szacunkiem plonów w 2002 r. sporządzonym przez Wojewódzki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Gdańsku.

Całkowita powierzchnia zasiewów zbóż w województwie pomorskim w 2002 r. wynosiła 425,8 tys. ha, co stanowiło średnio blisko 77% powierzchni zasianej ogółem w województwie. We wszystkich powiatach w strukturze zasiewów dominowały zboża ale ich odsetek był zróżnicowany – najniższy zanotowano w powiatach: malborskim, nowodworskim, gdańskim (68 - 70%), najwyższy zaś w powiatach: starogardzkim, człuchowskim, bytowskim, lęborskim i kościerskim (80 - 85%) – tab. 6.5. Pod względem wielkości powierzchni uprawy zbóż dominowały powiaty: słupski, człuchowski, bytowski, starogardzki, kartuski i sztumski (średnio 30-40 tys. ha w powiecie).

W analizie wzięto pod uwagę wyłącznie słomę powstającą podczas uprawy zbóż podstawowych (pszenicy, żyta, jęczmienia, owsa, pszenżyta) oraz mieszanek zbożowych na ziarno – powierzchnia uprawy w.w. grup roślin stanowiła 98% powierzchni wszystkich zbóż. Ponadto w województwie uprawiano lokalnie niewielkie ilości kukurydzy na ziarno oraz gryki, które tutaj pominięto.

Obok zbóż, bogatym źródłem słomy jako surowca energetycznego jest również uprawa rzepaku. Jest on podstawową rośliną przemysłową uprawianą na obszarze województwa. Najwięcej rzepaku pod względem powierzchni znajdowało się w powiatach: słupskim, gdańskim, malborskim, nowodworskim, człuchowskim i tczewskim.

Tab. 6.5. Struktura zasiewów w gospodarstwach rolnych w 2002 r. w rolnictwie ogółem wg siedziby gospodarstwa /%/

Powiaty	Ogółem	Zboża ^{1/}	w tym: zboża podst. z miesz. ^{2/}	Strącz. jadalne	Ziemniaki	Przemysłowe	w tym: rzepak i rzepik	Pastewne ^{2/}	Pozostałe
<i>Podregion słupski</i>	100,0	80,4	78,5	0,0	7,0	5,1	4,7	5,9	1,6
bytowski	100,0	84,2	79,7	-	5,8	0,8	0,8	7,3	1,8
chojnicki	100,0	78,7	78,4	0,0	8,7	2,5	2,3	8,9	1,2
czyłuchowski	100,0	84,8	81,6	-	3,5	6,3	6,0	3,7	1,8
lęborski	100,0	82,8	82,7	0,3	6,6	3,6	3,6	6,0	0,7
słupski	100,0	74,8	74,3	0,1	9,8	8,8	7,9	4,9	1,7
m. Słupsk	100,0	71,1	71,1	-	2,5	21,8	21,8	1,4	3,2
<i>Podregion gdański</i>	100,0	75,1	74,7	0,5	5,0	10,5	6,9	6,2	2,8
gdański	100,0	69,7	69,7	0,8	4,1	14,0	7,5	7,4	4,0
kartuski	100,0	74,6	74,5	0,0	11,1	2,1	2,1	9,1	3,2
kościerski	100,0	80,1	80,0	0,0	10,0	0,0	0,02	8,7	1,1
kwidzyński	100,0	71,9	69,6	1,0	2,8	12,7	7,0	3,1	8,5
malborski	100,0	68,1	68,0	1,4	1,3	19,6	10,4	5,1	4,5
nowodworski	100,0	69,3	69,0	1,1	2,0	16,4	10,2	8,2	3,1
pucki	100,0	74,1	74,1	0,0	9,7	4,6	3,9	8,2	3,5
starogardzki	100,0	85,2	84,8	0,2	4,7	3,9	3,1	5,2	0,8
sztumski	100,0	75,6	75,6	0,1	1,2	19,4	14,8	3,0	0,6
tczewski	100,0	74,6	74,1	0,8	2,1	15,3	9,9	6,5	0,8
wejherowski	100,0	79,0	79,0	0,0	9,3	5,0	4,8	5,4	1,3
<i>Podregion G-G-S</i>	100,0	59,1	59,1	0,4	8,5	2,8	2,3	3,6	25,6
Ogółem	100,0	76,9	75,8	0,3	5,7	8,7	6,1	6,0	2,5

^{1/} Zboża podstawowe, mieszanki zbożowe, kukurydza na ziarno, gryka, proso o inne zbożowe. ^{2/} Łącznie z mieszkankami zbożowo-strączkowymi na ziarno.

Źródło: PSR 2002 Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich. Województwo pomorskie 2002. US w Gdańsku. Gdańsk 2003.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że w 2002 r. produkcja słomy zbożowej i rzepakowej na obszarze województwa pomorskiego wyniosła 1 550,5 tys. ton ogółem (tab. 6.6.). W strukturze produkcji dominowała słoma zbożowa (94 % produkcji całkowitej) - mapa nr 8.

Tab. 6.6. Produkcja słomy zbóż i rzepaku w województwie pomorskim w 2002 r. /ton/

Powiaty	Zboża podstawowe z mieszankami zbożowymi ^{1/}	Rzepak i rzepik	Produkcja słomy ogółem
<i>Podregion słupski</i>	456 332,00	22202,5	478 534,50
bytowski	76 638,4	460,8	77 099,2
chojnicki	82 800,8	1 922,5	84 723,3
człuchowski	133 672,6	8 193,1	141 865,7
łęborski	30 700,2	834,6	31 534,8
słupski	130 817,3	10 450,6	141 267,9
m. Słupsk	1 702,7	340,9	2 043,6
<i>Podregion gdański</i>	992 166,80	71 188,40	1 063 355,20
gdański	73 667,9	5 729,8	79 397,7
kartuski	86 254,8	2 435,4	88 690,2
kościerski	63 491,1	16,1	63 507,2
kwidzyński	105 909,4	7 251,8	113 161,2
malborski	120 626,0	13 326,7	133 952,7
nowodworski	81 328,7	7 010,0	88 338,7
pucki	37 701,4	1 809,0	39 510,4
starogardzki	122 295,6	3 157,9	125 453,5
sztumski	124 590,6	16 280,0	140 870,6
tczewski	102 293,7	10 150,3	112 444,0
wejherowski	74 007,6	4 021,4	78 029,0
<i>Podregion G-G-S</i>	8 544,70	251,9	8 796,60
m. Gdańsk	6 745,0	251,9	6 996,9
m. Gdynia	1 788,1	-	1 788,1
m. Sopot	11,6	-	11,6
Ogółem	1 457 043,5	93 642,8	1 550 686,3

1/ zboża podstawowe: pszenica, żyto, jęczmień, owies, pszenżyto

Na rozmiary produkcji słomy oraz jej przestrzenny rozkład na obszarze województwa największy wpływ miała powierzchnia uprawy roślin „słomotwórczych”. Największe ilości słomy wyprodukowano w powiatach: człuchowskim, słupskim, sztumskim, malborskim i starogardzkim - powstało w nich średnio po około 120 - 140 tys. ton słomy (mapa nr 8).

W celu oceny realnych możliwości wykorzystania słomy na cele energetyczne, należy uwzględnić potrzebę jej zużycia w rolnictwie, tj. do hodowli i na przyoranie.

Zapotrzebowanie słomy dla hodowli zostało obliczone na podstawie normatywów potrzeb paszowych i zużycia słomy na ściółkę [6]. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że w 2002 roku zapotrzebowanie na słomę do hodowli (na paszę i ściółkę) wyniosło 491 445,2 tony (31,7% produkcji). Rozmiary zapotrzebowania w układzie przestrzennym przedstawiono na mapie nr 9.

Zapotrzebowanie słomy do hodowli jest w pełni zaspokajane przez jej produkcję w ramach każdego powiatu. Jedynie w gospodarstwach hodowlanych mających swoją siedzibę w Sopocie występują lokalne niedobory słomy na paszę i ściółkę. Powodem takiego stanu jest znikomy areal uprawy zbóż i rzepaku, przy stosunkowo wysokim poziomie konsumpcji (wynikającym m.in. z funkcjonowania toru wyścigów konnych).

W ostatecznym bilansie słomy należy także uwzględnić zapotrzebowanie na słomę, która powinna być przeorywana, jako nawóz organiczny w celu utrzymania zrównoważonego bilansu substancji organicznej w glebie.

Postępujący od wielu lat w województwie pomorskim spadek produkcji obornika, spowodował znaczące obniżenie dopływu substancji organicznej do gleb województwa. Istotne było także zmniejszenie powierzchni upraw roślin pastewnych wzbogacających glebę w masę organiczną (traw w uprawie polowej, roślin motylkowych, strączkowych itp.) przy wzrastającym udziale roślin wyczerpujących (głównie zbóż i roślin przemysłowych). Działania te do-

prowadziły w niektórych rejonach województwa do ujemnego bilansu glebowej masy organicznej, co w konsekwencji prowadzi do postępującego ubywania próchnicy i degradacji gleby.

Jedną z możliwości zwiększenia zawartości próchnicy w glebie staje się przyorywanie słomy. Słoma pozostająca na polu po sprzęcie zbóż jest, obok obornika, jednym z bardziej liczących się źródeł dopływu do gleby substancji organicznej. Plon słomy wynoszący przeciętnie 40-50 dt/ha odpowiada w przybliżeniu 150 –200 dt świeżego obornika [16].

W celu określenia **zapotrzebowania słomy na przyoranie** przeprowadzono dodatkowo bilans substancji organicznej w glebie. Podstawę rachunku stanowiły współczynniki reprodukcji i degradacji substancji organicznej w glebie [27]. W przeprowadzonej analizie uwzględniono przestrzenne zróżnicowanie ciężkości gleb na obszarze województwa pomorskiego [58].

Znając powierzchnię zasiewów poszczególnych grup roślin oraz ilość produkowanego obornika (na podstawie pogłowia zwierząt i przyjętych normatywów [9]) obliczono saldo substancji organicznej dla poszczególnych powiatów wg następującego wzoru:

$$S = SP_{r_i} \times W_{r_i} + SP_{d_i} \times W_{d_i} + SZ_i \times N_i$$

gdzie:

S - saldo substancji organicznej,

Pr_i - powierzchnia grup roślin zwiększających zawartość substancji organicznej,

Pd_i - powierzchnia grup roślin zmniejszających zawartość substancji organicznej,

Wr_i - współczynnik reprodukcji substancji organicznej dla danej grupy roślin,

Wd_i - współczynnik degradacji substancji organicznej dla danej grupy roślin,

Z_i - pogłowia inwentarza żywego w sztukach fizycznych wg gatunków i grup wiekowych,

N_i - normatywy produkcji obornika w tonach/rok wg gatunków i grup wiekowych.

Przeprowadzona dla warunków województwa pomorskiego analiza wykazała, że bilans substancji organicznej w glebie przyjmuje obecnie wartości ujemne i w 2002 roku wynosił dla całego obszaru – minus 171 517 ton suchej masy obornika. W układzie przestrzennym bilans ten był bardzo zróżnicowany – ogólnie korzystniejszy w powiatach, o przewadze tradycyjnej gospodarki rolnej, niekorzystny zaś w powiatach o dominacji wielkoobszarowych gospodarstw roślinnych nastawionych na wysokotowarową produkcję zbóż, rzepaku, ziemniaków, buraków cukrowych oraz warzyw gruntowych. Największe potrzeby w zakresie uzupełnienia substancji organicznej ujawniły się w glebach powiatów: malborskiego, słupskiego, sztumskiego, kwidzyńskiego, nowodworskiego i gdańskiego oraz miasta Gdańska.

Z dalszych obliczeń wynika, że w 2002 roku, dla zrównoważenia bilansu substancji organicznej w glebach województwa na przyoranie należałoby przeznaczyć 349,4 tys. ton słomy, czyli około 22,5 % całkowitej jej produkcji (tab. 7.11.). Założono, że 1 tona słomy równoważna jest 0,65 tony suchej masy obornika [9].

W rezultacie nadwyżkę słomy, jaka pozostała po uwzględnieniu potrzeb związanych z hodowlą skorygowano o tę ilość, którą należy przeznaczyć na przyoranie.

Tab. 6.7. Bilans słomy w rolnictwie ogółem w województwie pomorskim w 2002 r. /w tonach/

Powiaty	Produkcja słomy ogółem	Zapotrzebowanie na słomę			Saldo słomy	Nadwyżka słomy na cele energetyczne
		do hodowli	na przyoranie	ogółem		
<i>Podregion słupski</i>	478 534,5	162 225	70258	232 482	246 051	246 051
bytowski	77 099	33 232	4 418	37 650	39 449	39 449
chojnicki	84 723	43 597	-	43 597	41 126	41 126
człuchowski	141 866	42 481	-	42 481	99 385	99 385
łęborski	31 535	12 685	-	12 685	18 850	18 850
słupski	141 268	30 006	65 785	95 791	45 477	45 477
Słupsk	2 044	224	55	279	1 765	1 765
<i>Podregion gdański</i>	1 063 355	326 200	271 380	597 581	465 775	463 720

gdański	79 398	17 927	35 958	53 885	25 513	25 102
kartuski	88 690	56 819	-	56 819	31 871	31 460
kościerski	63 507	38 639	-	38 639	24 868	24 868
kwidzyński	113 161	26 296	41 831	68 127	45 034	45 034
malborski	133 953	17 551	68 601	86 152	47 801	47 801
nowodworski	88 339	18 911	36 127	55 038	33 301	32 890
pucki	39 510	19 444	-	19 444	20 066	19 655
starogardzki	125 454	43 640	14 422	58 062	67 392	67 392
sztumski	140 871	25 881	45 884	71 764	69 106	69 106
tczewski	112 444	29 222	28 558	57 780	54 664	54 664
wejherowski	78 029	31 870	-	31 870	46 160	45 748
<i>Podregion G-G-S</i>	<i>8 797</i>	<i>1 596</i>	<i>7 735</i>	<i>10 755</i>	<i>-1 958</i>	<i>97</i>
m. Gdańsk	6 997	1 424	7 735	9 159	-2 162	-
m. Gdynia	1 788	1 280	-	1 280	508	97
m. Sopot	12	316	-	316	-304	-
Ogółem	1 550 686	491 445	349 373	840 819	709 868	709 868

Całkowite zapotrzebowanie słomy dla rolnictwa (na paszę, ściółkę i przyoranie) w województwie pomorskim wyniosło 840,8 tys. ton, tj. 54,2% jej produkcji (tab. 6.7., mapa nr 9). W gospodarstwach mających swoją siedzibę w miastach Gdańsk i Sopot wystąpił ujemny bilans słomy (2,5 tys. ton) spowodowany zwiększonym zapotrzebowaniem na przyoranie (Gdańsk) i do hodowli (Sopot). Przyjęto, że niedobór ten równoważony jest zakupem słomy i obornika z terenu powiatów ościennych (gdańskiego, nowodworskiego, kartuskiego, wejherowskiego, puckiego i m. Gdyni), co uwzględniono w ostatecznym bilansie słomy (znalazło to swoje odzwierciedlenie w wielkości ostatecznej nadwyżki słomy w tych powiatach - tab. 6.7).

Do zagospodarowania na cele energetyczne pozostało blisko 710 tys. ton słomy, najwięcej w powiatach: człuchowskim, sztumskim, starogardzkim i tczewskim (mapa nr 10).

Bilans słomy sporządzony dla powiatów ma charakter ogólny i nie uwzględnia lokalnej specyfiki poszczególnych gmin czy też pojedynczych gospodarstw, dlatego też w powiatach, o średnio dodatnim bilansie substancji organicznej, mogą ujawniać się lokalne niedobory słomy. Analogicznie w powiatach popegeerowskich występują rejon, w których produkcja obornika zaspokaja potrzeby związane z nawożeniem.

Na podstawie ankiet przeprowadzonych wśród rolników przez ODR w Bytowie wnioskuje się, że w gospodarstwach tradycyjnych o powierzchni do 20-30 ha słoma zużywana jest na potrzeby gospodarstwa a ewentualne nadwyżki słomy są niewielkie. Znaczące jej nadwyżki, możliwe do alternatywnego zagospodarowania pojawiają się dopiero w gospodarstwach o powierzchni powyżej 50 ha.

Istotnym zadaniem producentów słomy na cele energetyczne winny być działania na rzecz niedopuszczenia do degradacji gleby, stanowiącej podstawowy czynnik produkcji rolnej.

Przewiduje się, że bilans materii organicznej w glebach województwa ulegnie w niedalekiej przyszłości poprawie w wyniku wejścia w życie (od 2005 r.) programów rolno-środowiskowych, w tym pakietu KO1: ochrona gleb i wód [37]. Dodatkowe uprawy roślin strukturotwórczych częściowo zastąpią potrzebę przyorywania słomy, powiększając tym samym nadwyżki słomy energetycznej.

6.4. Wartość energetyczna istniejących zasobów słomy

Energję możliwą do pozyskania ze słomy obliczono na podstawie wzoru [29]:

$$E_{st} = Z_{st} \cdot q \cdot e \quad [\text{GJ}] \quad \text{gdzie:}$$

Z_{st} – nadwyżka słomy dla celów energetycznych - [ton/rok]

q – wartość energetyczna słomy o wilgotności 18 – 22% -15 GJ/tonę

e – sprawność urządzeń do spalania słomy (np. 80%).

Z uzyskanych nadwyżek słomy można uzyskać energię w ilości 8 518,4 tys. GJ rocznie (tab. 6.8.).

Tab. 6.8. Bilans energii możliwej do uzyskania ze słomy w rolnictwie ogółem w 2002 r. /w tonach/

Powiaty	Nadwyżka słomy (t)	Energia (GJ)
<i>Podregion słupski</i>	246 052	2 952 616
bytowski	39 449	473 388
chojnicki	41 126	493 516
człuchowski	99 385	1 192 614
łęborski	18 850	226 196
słupski	45 477	545 723
Słupsk	1 765	21 179
<i>Podregion gdański</i>	463 720	5 564 635
gdański	25 102	301 224
kartuski	31 460	377 519
kościerski	24 868	298 415
kwidzyński	45 034	540 407
malborski	47 801	573 607
nowodworski	32 890	394 682
pucki	19 655	235 860
starogardzki	67 392	808 698
sztumski	69 106	829 276
tczewski	54 664	655 967
wejherowski	45 748	548 980
<i>Podregion G-G-S</i>	97	1 163
m. Gdańsk	-	-
m. Gdynia	97	1 163
m. Sopot	-	-
Ogółem	709 868	8 518 412

6.5. Wnioski

- 1) Podstawowym źródłem słomy powstającej w województwie pomorskim są zboża i rzepek. Produkcja słomy tych roślin w 2002 r. wyniosła 1 550,5 tys. ton. W strukturze produkcji dominowała słoma zbożowa (94 % produkcji całkowitej).
- 2) Zapotrzebowanie do hodowli (na paszę i ściólkę) wynosiło 491,4 tys. ton słomy rocznie, tj ok. 32% produkcji całkowitej.
- 3) Na obszarze województwa pomorskiego stwierdzono występowanie rejonów o ujemnym bilansie substancji organicznej w glebie spowodowane niewystarczającym nawożeniem organicznym oraz zintensyfikowaniem towarowej produkcji roślinnej. Oba te zjawiska powodują wyczerpywanie gleby z substancji organicznej, a w dłuższej perspektywie jej ubożenie i degradację.
- 4) W ostatecznym bilansie uwzględniono zapotrzebowanie na słomę niezbędną do przyorania w celach nawozowych. W 2002 roku wynosiło ono 349,4 tys. ton, tj. 22,5% całkowitej produkcji słomy.
- 5) Nadwyżka słomy, jaka pozostaje w województwie do zagospodarowania energetycznego wynosi ok. 710 tys. ton rocznie (46% jej produkcji). Wielkość ta pozwoli na uzyskanie energii w ilości ok. 8,5 mln GJ rocznie.

7. Przegląd roślin energetycznych możliwych do uprawy w warunkach Polski

Przewiduje się, że w najbliższej przyszłości istotnym uzupełnieniem bilansu podaży biomasy stałej na rynku energetycznym będą wieloletnie plantacje roślin energetycznych zakładane i prowadzone na gruntach rolnych.

W Polsce produkcja biomasy na użytkach rolnych umożliwi wykorzystanie znacznej części gruntów, na których zaprzestano uprawy roślin ze względów koniunkturalnych (odłogi i ugory), jak też gruntów marginalnych - nieprzydatnych do uprawy roślin żywnościowych (skażonych przez przemysł, odpady, okresowo nadmiernie wilgotnych lub zbyt suchych).

Uprawa roślin energetycznych powinna obejmować jak najwięcej gatunków dostosowanych do zróżnicowanych warunków klimatyczno-glebowych. Zwiększenie różnorodności biologicznej przyczyni się do zachowania równowagi ekologicznej a przez to do ograniczenia rozprzestrzeniania się chorób i szkodników, które z łatwością atakują rozległe monokultury rolnicze i leśne. Wprowadzanie nowych gatunków roślin energetycznych powinno być poprzedzone odpowiednimi badaniami. Obecnie badania takie prowadzone są na niewielką skalę [28].

Zestaw roślin możliwych do uprawy na cele energetyczne w polskich warunkach obejmuje kilkadziesiąt gatunków ale większość z nich jest nadal mało znana w naszym kraju. Poniżej przedstawiono listę gatunków roślin możliwych do uprawy w warunkach Polski. Szczególną uwagę zwrócono na ich przydatność dla energetyki, wymagania klimatyczno-glebowe, dotychczasowe doświadczenia polowe oraz perspektywy uprawy na cele energetyczne.

Spośród roślin wieloletnich gatunkiem najbardziej popularnym i przebadanym do uprawy w Polsce jest wierzba krzewiasta. Duże nadzieje związane są także z topolą, ślazowcem, różą wielokwiatową, miskantem, topinamburem, sylfią i rdestem.

7.1. Rośliny drzewiaste szybkiej rotacji

Określenie „drzewiaste plantacje szybkiej rotacji” odnosi się do plantacji drewna twardego, rosnącego szybko w początkowej fazie wzrostu oraz posiadającego zdolność rozmnażania się poprzez sadzonki oraz pędy [28].

Wierzba krzewiasta (Salix sp.)

Wierzba jest gatunkiem wieloletnim należącym do rodziny wierzbowatych (*Salicaceae*), który obejmuje około 350 gatunków i nieokreśloną liczbę mieszańców naturalnych i sztucznych. Charakteryzuje się szybkim przyrostem masy organicznej - około 10-krrotnie wyższym niż sosna czy świerk [19]. Do uprawy wykorzystywać można różne gatunki wierzb krzewiastych szybko rosnących: *S. viminalis* – wierzba wiciowa syn, konopianka, *S. triandra* (*amygdalina*) - wierzba migdałowa, wierzba purpurowa - *S. purpurea* etc. oraz liczne hybrydy międzygatunkowe – formy te nazywane są wikliną.. Najodpowiedniejszymi do uprawy w Polsce na glebach mineralnych są formy z gatunku *S. viminalis* i jej krzyżówki.

Wierzba energetyczna *S. viminalis* to gatunek krzewiasty osiągający wysokość do 8 m. Cechą charakterystyczną tej odmiany jest niezwykle silny wzrost. Przy dobrych warunkach, zwłaszcza dużej wilgotności gleby roślina przyrasta 3 m w jednym sezonie. Produkcja prawidłowo założonej plantacji powinna trwać co najmniej 15-20 lat z możliwością 5-8 krotnego pozyskiwania drewna w ilości 10 -15 ton s.m./ha/rok.

Znaczenie dla energetyki i innych dziedzin gospodarki.

Wierzba jako uprawa energetyczna daje ekologiczny i odnawialny surowiec do produkcji energii cieplnej. Podczas spalania drewna wierzbowego prawie nie wydzielają się związki siarki i azotu, zaś powstający podczas spalania gaz cieplarniany – CO₂ jest asymilowany przez rośliny rosnące na polach. Zawartość popiołów przy spalaniu wynosi około 1% spalanej masy, podczas gdy przy spalaniu gorszych gatunków węgla zawartość ta sięga do 20%.

Wartość energetyczna jednej tony suchej masy drzewnej wynosi 4,5 MWh, co odpowiada wartości kalorycznej jednej tony niskiej jakości mialu węglowego lub 500 litrom oleju opałowego [9]. Koszt wytworzenia 1 GJ energii termicznej ze zrębków wierzbowych (rozdrobionego drewna długości 5-50 mm) jest około dwukrotnie niższy niż przy opalaniu gazem ziemnym i ponad trzykrotnie niższy niż przy użyciu oleju opałowego. Zrębki wierzbowe można

również wykorzystywać w postaci 30% domieszek do mialu węglowego spalanego w lokalnych ciepłowniach, co znacznie poprawia efektywność jego spalania.

Tab.7.1. Plon suchej masy drewna i energii brutto w przeliczeniu na rok użytkowania plantacji oraz w przeliczeniu na wartość energetyczną węgla kamiennego * [51]

Częstotliwość zbioru pędów	Plon suchej masy drewna t/ha/rok ¹	Energia brutto GJ/ha/rok ¹	Energia wyrażona w tonach węgla kamiennego/ha/rok
Corocznie	15,79	294,16	9,81
co 2 lata	17,72	341,11	11,37
co 3 lata	18,74	361,12	12,03
Średnio	17,41	332,13	11,07

*Wyniki doświadczeń polowych prowadzonych w Oborach k. Kwidzyna, na madzie ciężkiej wytworzonej z gliny ciężkiej pylastej, kompleks zbożowo-pastewny mocny, kl. III b. Wartość energetyczna drewna wynosiła tu średnio 18,6 MJ/kg s.m.

Sposób produkcji opału odnawialnego z wierzby energetycznej jest szeroko rozwinięty w Danii, Szwecji, Niemczech i w Austrii. W ostatnich latach powierzchnia szwedzkich plantacji energetycznych zwiększyła się znacznie, aktualnie przekracza 30 tys. ha, a do 2010 roku prognozuje się tam uprawiać ponad 500 tys. ha. Natomiast w USA na północy Stanu Nowy Jork pilotażowe i wdrożeniowe plantacje wierzb krzewiastych na cele energetyczne zajmują powierzchnię 1100 ha, zaś do 2010 roku będzie się tam uprawiać 20 tys. ha tych roślin [51].

Drewno wierzby krzewiastej stanowi także przyszłościowy surowiec do produkcji biometanolu, który byłby dodatkiem do paliw płynnych zmniejszającym zanieczyszczenie środowiska a w najbliższej przyszłości alternatywnym paliwem dla silników pojazdów samochodowych. Od dłuższego czasu prowadzone są prace nad produkcją alkoholu metylowego z biomasy wierzbowej. Wykorzystanie części terenów rolnych pod uprawy energetyczne jest główną tendencją w państwach wysoko rozwiniętych i w znacznym stopniu rozwiązuje problem nadprodukcji żywności.

Wierzba jest najefektywniejszą z roślin fitomelioracyjnych używanych do oczyszczania gleb z metali ciężkich i innych po przemysłowych związków toksycznych. Z powodu tych właściwości może być stosowana w formie pasów ochronny wokół szkodliwych zakładów przemysłowych, składowisk odpadów, wzdłuż autostrad itp. Plantacje wierzby mogą także utylizować osady pościekowe i gnojowicę. Silnie rozwinięty i głęboki (do 8 m.) system korzeniowy wychwytuje z roztworu glebowego i unieszkodliwia ponad 80% zanieczyszczeń. Badania wskazują, że 1 ha plantacji utylizuje w ciągu roku 20 ton suchej masy osadu pościekowego.

Tereny nadrzeczne (żyzne mady napływowe) stanowią naturalne siedliska wierzby, które najczęściej nie są wykorzystywane rolniczo. Wierzba sadzona w sąsiedztwie rzek i zbiorników wodnych pełni funkcje ochronne stanowiąc naturalne umocnienie ich brzegów i jednocześnie biologiczną ochronę dla wód przed sptywami powierzchniowymi z pól uprawnych. Obsadzenie międzywali i polderów wierzbą tworzy wytrzymałą zaporę zwiększającą bezpieczeństwo przeciwpowodziowe. Powyższe cechy wierzby sprawiają, że jest ona doskonałą rośliną chroniącą i poprawiającą stan środowiska przyrodniczego, która może dodatkowo i niejako „przy okazji” dostarczać znacznych ilości surowca energetycznego.

Wymagania klimatyczno-glebowe oraz wybór i przygotowanie stanowiska.

Rośliny wierzby są szczególnie wrażliwe na przebieg warunków atmosferycznych w czasie maksymalnego przyrostu masy roślinnej, tj. od połowy czerwca do końca sierpnia. Opady i umiarkowanie wysoka temperatura w tym okresie wpływają korzystnie na plony biomasy, susza natomiast może powodować spadek plonowania nawet o 50%. Jest ona szczególnie niebezpieczna w czasie ukorzenia się zrzeczów, wiosną w pierwszym roku uprawy. Wierzba do bujnego wzrostu potrzebuje około 500 mm opadów ale korzystniejsza jest ich wyższa ilość. Szczególnie duże znaczenie, oprócz wody z opadów atmosferycznych ma wilgoć nagromadzona w glebie po zimie oraz odpowiedni poziom wody gruntowej.

Warunki termiczne w województwie pomorskim są korzystne do uprawy wierzby. Jedynie wczesnowiosenne przymrozki w przypadku niektórych gatunków (np. wierzby migdałowej) mogą powodować uszkodzenia młodych pędów [52].

Właściwy wybór gleby decyduje o sukcesie uprawy wierzby na cele energetyczne. Wierzba z rodzaju *Salix viminalis* stosunkowo łatwo przystosowuje się do różnych warunków siedliskowych. Można ją uprawiać na wielu rodzajach gleb - rośnie zarówno na piaszczystych glebach bielicowych jak też na glebach organicznych. Ale generalnie możliwość uzyskania wysokich plonów wierzby dają gleby o wyższym wskaźniku bonitacji. Dobrym stanowiskiem są grunty orne klasy III a i b, IV a i b, zaś słabsze gleby piaszczyste V klasy posiadają pewien potencjał dla wzrostu i plonowania wierzby pod warunkiem, że będą nawadniane i nawożone nawozami mineralnymi lub organicznymi [52].

Do założenia plantacji wierzby bardzo dobrym stanowiskiem są gleby aluwialne napływo-we, o dużym potencjale produkcyjnym (mady). Przydatne do uprawy wierzby są także stanowiska, które zwykle uważane są za nieodpowiednie dla większości upraw polowych (zboż, okopowych), ze względu na zbyt wysoki poziom wód gruntowych. Nie nadają się natomiast do tego celu gleby trwale zabagnione. Optymalne warunki to lekko kwaśny odczyn gleby oraz stosunkowo duża wilgotność (ustabilizowany i dość wysoki poziom wód gruntowych - 1-1,5 m). Plantacje wierzby mogą być również zakładane na glebach o niskiej produktywności rolniczej i nieużytkach. W celu podwyższenia produktywności tych gleb stosuje się nawożenie ściekami bytowymi i przemysłowymi, lub też nawozem wyprodukowanym z osadów ściekowych (np. w Nowej Dębie, woj. podkarpackie – w 2002 r. nawozem tym użyżniano 23 ha plantacji, docelowo planuje się powiększenie uprawy i nawożenie osadem ok. 600 ha) [10].

W wielu regionach kraju (w tym także w województwie pomorskim), występują znaczne obszary użytków zielonych torfowych (gleby organiczne), na których zaniechano użytkowania rolniczego lub są one wykorzystywane ekstensywnie (niewspółmiernie do swojej jakości i możliwości produkcyjnych). W literaturze spotyka się sprzeczne informacje dotyczące możliwości uprawy wierzby na glebach organicznych. W starszych pracach na ogół przeważa pogląd, że głęboko korzeniące się gatunki wierzby krzewiastej nie udają się na torfach z powodu wiosennych ruchów gleby, powodujących trwałe uszkodzenia systemu korzeniowego. Ponadto plantacje na glebach organicznych wymagają na ogół intensywnego nawożenia potasem oraz istnieje duże ryzyko szybszej, niż na glebach mineralnych degeneracji roślin na skutek ubytków. Ubytki te mogą wynosić ponad 50% w stosunku do stanu wyjściowego już w czwartym roku uprawy [51]. Należy się także liczyć z trudnościami w zmechanizowaniu prac polowych na tych glebach.

Wierzbę krzewiastą rozmnaża się wegetatywnie za pomocą krótkich 20-22 cm sadzonek (zrzewów, sztoprów) z pędów jednorocznych. W pierwszym roku uprawy najważniejszym zabiegiem agrotechnicznym jest odchwaszczanie oraz nawożenie mineralne. Zbiór pędów najlepiej jest przeprowadzać od końca listopada do połowy marca, gdy gleba jest zamrznięta. Pędy te mogą być przeznaczone na sadzonki.

Drugi rok uprawy jest praktycznie pierwszym sezonem produkcyjnym. W drugim roku rośliny należy intensywnie nawozić. Po opadnięciu liści i uformowaniu się ściółki, nawożenie jest nieco niższe. Zbiór przeprowadza się ręcznie lub maszynowo w okresie XII-III.

Uzyskiwany plon drewna wierzbowego jest bardzo zróżnicowany i może zawierać się w przedziale od 16 do 40 ton/ha świeżej masy, tj. od 8 do 20 t/ha suchej masy/rok. [50]. Wysokość plonu zależy od wielu czynników: doboru odmiany (klonu), stanowiska glebowego, zagęszczenia roślin, częstotliwości zbioru i zabiegów agrotechnicznych.

Wyniki doświadczeń

W Katedrze Hodowli Roślin i Nasiennictwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie już od 1989 roku prowadzone są prace hodowlane i agrotechniczne nad wykorzystaniem wierzby do celów energetycznych. Badaniom poddano około 150 genotypów (klonów) rodzaju *wierzby*. Wyselekcjonowano spośród nich formy, które mogą być wykorzystane do zakładania polowych plantacji energetycznych. W 2003 r. zgłoszono trzy polskie odmiany wierzby energetycznej - Start, Sprint i Turbo. Aktualnie prowadzone są prace hodowlane, które mają na celu wyprowadzenie wysoko produkcyjnych klonów charakteryzujących się

zwiększoną tolerancją wobec chorób i szkodników, odpowiednim dostosowaniem do różnych warunków glebowych. Poniżej przedstawiono niektóre wyniki przeprowadzonych doświadczeń [48, 49, 52].

Duży wpływ na plonowanie wierzby ma zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni. W jednym z prowadzonych doświadczeń stwierdzono, że zwiększanie obsady roślin z 20 tys. do 40 tys. i 60 tys. szt./ha istotnie zwiększało plon biomasy. Dlatego przy planowanym zbiorze roślin w cyklach jednorocznych wskazana byłaby obsada 40-60 tys. roślin/ha.

Plon drewna z jednostki powierzchni w dużym stopniu uzależniony jest także od częstotliwości zbioru. Stwierdzono, że znacznie wyższe plony suchej masy uzyskuje się przy zbiorze w cyklu 3 letnim niż 1 rocznym (tab. 7.1. i 7.2.).

Tab. 7.2. Plon suchej masy drewna wierzb krzewiastych w zależności od częstotliwości zbioru w t/ha/rok

Klon	Częstotliwość zbioru roślin		
	co rok	co 2 lata	co 3 lata
„Rap Valne”	12,77	14,79	19,39
„Ulv Valne”	16,75	17,40	22,88
„Orm Valne”	14,38	17,79	22,42
Salix viminalis 082”	17,96	19,43	25,88
Salix viminalis var. gigantea	15,54	14,75	19,91
Salix viminalis „Piaskówka”	11,46	12,24	18,37
Średnio	14,81	16,07	21,47

W innym doświadczeniu badano produktywność wierzby na dwóch różnych glebach w jednorocznych cyklach zbioru. Rośliny uprawiane na madzie średniej plonowały około 2,5-krotnie wyżej niż na madzie lekkiej. Na madzie średniej zdecydowanie najwyżej plonował klon *S. viminalis* - zaś zdecydowanie najniższej *S. Americana*. Uprawa tych samych klonów na słabszym stanowisku glebowym (mada lekka), przy okresowym niedostatku wody wpłynęła na znaczne obniżenie plonów. Najmniejszy spadek plonu zaznaczył się w przypadku *S. viminalis* x *S. purpurea*, co pozwala przypuszczać, że klony z gatunku *S. purpurea* i ich mieszańce mogą być bardziej przydatne do uprawy na słabszych stanowiskach glebowych. Obecnie prowadzone są w tym kierunku doświadczenia.

Zdecydowanie dodatni wpływ jakości gleby na wysokość plonów uwidocznił się także przy trzyletnim cyklu zbioru. Plony wierzby uprawianej na madzie ciężkiej były o 1/3 wyższe niż uzyskane na madzie średniej i wynosiły odpowiednio – 19,92 i 15,22 t s.m. /ha/rok.

W doświadczeniu prowadzonym na glebie mineralnej kompleksu pszennego dobrego, klasy III a, badano produktywność klonów wierzby, uprawianej w cyklu czteroletnim. Po czterech latach plon suchej masy w doświadczeniu wyniósł średnio 96,6 t/ha (śr. 24,2 t/ha/rok.).

Prowadzone były również doświadczenia dotyczące wpływu stosowania nawożenia mineralnego na produktywność wierzb krzewiastych. W jednym z nich uprawiano klon *S. viminalis* x *gigantea* na glebie organicznej (mułowo-murszowej), w bardzo dużym zagęszczeniu 100 tys. roślin na 1 ha w trzech cyklach zbioru. Stwierdzono, że zastosowane nawożenie mineralne w ilościach 40-60-80 NPK istotnie wpłynęło na zwyżkę plonu suchej masy drewna w każdym roku zbioru. (badania przeprowadzone w południowym Quebecu w Kanadzie wykazały, że nawożenie wierzby osadami ściekowymi (dawką równoważącą 150 kg N/ha) powodowało wzrost plonu biomasy o 63% w porównaniu z obiektami nie nawożonymi [49]).

Bardzo interesujące wnioski wypływają z wieloletniej praktyki rolników uprawiających wierzbę energetyczną na większych arealach. W Polsce są dwie takie plantacje: w gospodarstwie rolnym Marzęcin koło Zielonej Góry i w pobliżu Świerzawy na Dolnym Śląsku. Z wieloletnich obserwacji i wyliczeń wynika, że w dobrych warunkach pogodowych (duże ilości opadów), bez stosowania nawozów, na plantacjach tych otrzymuje się roczny przyrost suchej masy w przedziale 22-26 ton. Nie popełniając dużego błędu można przyjąć, że rocznie produkuje się tam około 22 ton suchej masy drzewnej na 1 hektarze plantacji [20]. Wyniki te są tym ciekawsze, że uprawy te są prowadzone na glebach słabych. Uzyskano je na po-

wierzchni około 5 ha w Świerzawie i około 30 ha w Marzęcinie (od niedawna gospodarstwo w Marzęcinie powiększyło swój areal do ok. 150 ha plantacji założonych na słabych gruntach mineralnych, wieloletnio odłogowanych, o niskiej bonitacji kl. V i VI, przepuszczalnych). Z obserwacji prowadzonych w Marzęcinie wynika, że w warunkach prawidłowo prowadzonej plantacji (dobór stanowiska, odmiany, właściwa agrotechnika itp.) największy wpływ na wielkość plonowania mają: wysokość opadów oraz poziom wód gruntowych [33]. Z praktyki rolników z Marzęcina wynika ponadto, że z 1 ha mącznika uzyskuje się materiał wystarczający do założenia 3-5 ha plantacji produkcyjnej, a z 1 ha uprawy (prętów dwuletnich) otrzymuje się średnio 20 ton suchej biomasy. Plantację w pełni produkcyjną uzyskuje się dopiero w piątym roku od posadzenia (tab. 7.3.).

Tab. 7.3. Ilość suchej biomasy z 20 000 sztuk sadzonek na ha [33]

Rodzaj gruntu	Ilość suchej biomasy (t)		
	po pierwszym roku	po trzecim roku	po piątym roku
Grunty mineralne	5-8	12-15	18-20
Grunty organiczne	8-10	15-20	20-25
Grunty o wysokim poziomie wody gruntowej	10-12	18-20	25-30

Podsumowując, można stwierdzić, że warunki klimatyczne w województwie pomorskim są korzystne dla uprawy wierzby, zaś warunki glebowe – na ogół korzystne z wyjątkiem terenów przewagi gleb suchych i przepuszczalnych jak również długotrwale podtopionych. Uprawa wierzby energetycznej powinna się odbywać na starannie wybranym stanowisku, o odpowiednim poziomie wód gruntowych a do nasadzeń należy wykorzystywać sprawdzone odmiany i klony, dostosowane do lokalnych warunków klimatyczno-glebowych. Wysokie plony wierzby gwarantuje wyłącznie intensywna uprawa na gruntach rolnych w krótkich rotacjach, przy zastosowaniu właściwej agrotechniki. Ekstensywna uprawa wierzby na słabych, a zwłaszcza suchych stanowiskach glebowych oraz bez odpowiednich zabiegów agrotechnicznych daje plony bardzo niskie a uprawa jest nieopłacalna.

Z ekonomicznego punktu widzenia uprawa wierzby krzewiastej do celów energetycznych na gruntach ornych, w porównaniu np. do opłacalności uprawy zbóż (jęczmienia jarego i pszenicy ozimej) wypada korzystnie [48].

Ocena dotychczasowej sytuacji pozwala na stwierdzenie, że powierzchnia uprawy wierzby energetycznej będzie w Polsce rosła. Świadczy o tym duże zapotrzebowanie na zrzesy [10]. Jak na razie w Polsce są zakładane głównie plantacje, z których pozyskuje się sadzonki, np. 25-hektarowa plantacja k. Jeleniej Góry oraz liczne kilkuhektarowe plantacje masowo pojawiające się na terenie całej Polski. Większe - produkcyjne plantacje energetyczne (istniejące lub planowane) – znajdują się, jak na razie, najczęściej „pod patronatem” lokalnych samorządów lub różnorodnych przedsiębiorstw, które organizują i wspierają całe przedsięwzięcie. Przykładem może tu być np. Przedsiębiorstwo Rekultywacji Terenów Górniczych „Jeziórko” (w 2002 r.- 3 ha), PGKiM w Nowej Dębie (w 2002 r. 23 ha, docelowo 600 ha z przeznaczeniem dla energetyki cieplnej), gmina Sułów na lubelszczyźnie (w 2002 r. 8 ha, docelowo 450 ha do ogrzewania obiektów użyteczności publicznej) [10]. W województwie pomorskim przykładem takich inwestycji może być plantacja wierzby energetycznej w gminie Gniewino, powstała z inicjatywy i przy pomocy samorządu gminnego, jak też będąca w trakcie realizacji plantacja w gminie Kępice (początkowo na 10 ha, w przyszłości na 100 ha). W obu tych przypadkach, biomasa z plantacji przetwarzana będzie na ciepło służące do ogrzewania gminnych obiektów komunalnych.

Topola (Populus sp.)

Topola, podobnie jak wierzba energetyczna, należy do rodziny wierzbowatych. Jest najszybciej rosnącym drzewem w naszych warunkach klimatycznych. Uprawiana obok wierzby w takich krajach jak: Anglia, Irlandia, Belgia, Austria i Niemcy.

Topola posiada zbliżone znaczenie użytkowe i środowiskowe jak wierzba. Do swego wzrostu wymaga dużo wilgoci i światła najwyższe zatem plony biomasy uzyskuje się w wa-

runkach zbliżonych do tych, jakie panują w dolinach rzek. Do nasadzeń topolowych mogą być wykorzystywane przede wszystkim brzegi wód płynących i stojących oraz odcinki dróg przebiegających przez nisko położone tereny. Wymagania glebowe topoli są podobne jak wierzby, woli ona jednak glebę mniej kwaśną (optimum pH 6,5 – 7,2). Najczęściej na plantacjach topoli wysadzanych jest 700-2000 roślin/ha, z których biomasa pozyskiwana jest w cyklu 4-6 letnim [28]. W warunkach produkcyjnych roczna wydajność topoli wynosi 6-12 t s.m./ha.

W wyniku prowadzonych w kilku krajach europejskich prac hodowlanych uzyskano szybko rosnące mieszańce topoli, m.in. osiki szwedzkiej i osiki amerykańskiej (P. tremula x P. tremuloides). Roślinę tę testowano w latach 1996-2001 na AR w Szczecinie a prowadzone badania potwierdziły, że nadaje się ona do uprawy na nieużytkach i gruntach zdegradowanych, pod warunkiem dostatecznie wysokiego poziomu wody gruntowej. Mieszańiec ten charakteryzuje się bardzo dużym przyrostem masy oraz krótkim okresem reprodukcji (w krajach skandynawskich plantacje tego mieszańca likwidowane są po 18-20 latach po osiągnięciu pełnej wartości użytkowej) [28].

Topola bujna jest mieszańcem wyhodowanym w Polsce. Odnacza się bardzo szybkim wzrostem (najszybciej rosnące drzewo w Polsce) i jest odporna na choroby. Jest jednym z nielicznych drzew nadających się do uprawy biomasy. Drzewa ścina się co 3-4 lata. Dostarczona z nich biomasa porównywalna jest z wierzbową [15].

Przewiduje się, że dużą wartość produkcyjną w uprawie plantacyjnej będzie miał także wyselekcjonowany klon topoli szarej (P. tremula x p. alba) [19].

Róża wielokwiatowa (Rosa multiflora)

Roślina, ta z dużym powodzeniem może być uprawiana na plantacjach energetycznych. Jej olbrzymią zaletą jest łatwość rozmnażania wegetatywnego. Tworzy bardzo wysokie i szerokie krzewy, których łukowate pędy dorastając osiągają długość 4-6 m. Na 1 ha plantacji powstaje 10 –15 t biomasy. Dla celów energetycznych kosi się ją od końca października, a następnie pędy tną się na zrębki (materiał szybciej wysycha). Surowiec ten może być brykietowany, spalany lub zgazowywany do metanolu [14].

Przeprowadzone nad tą rośliną badania wykazały, że jednym z niekorzystnych dla plantatorów czynników jest fakt przemarzania plantacji na północy kraju, co powoduje, że przez dwa lata są niższe plony biomasy. Rośnie dobrze na glebach słabych zasilanych gnojowicą i nawozami pościekowymi.

Prace hodowlane prowadzone na ATR w Bydgoszczy doprowadziły do powstania bezkolcowej, silnie odrastającej mieszańcowej odmiany JART, która może być uprawiana na piaskach i ubogich piaszczystych glebach klasy V i VI. Jest wytrzymała na suszę, silnie rośnie na osadach pościekowych. Po ścięciu róża silnie odrasta. Pędy kosi się nisko nad ziemią 8-10 cm od podłoża. Możliwy do uzyskania plon wynosi ok. 20 t/ha biomasy [14].

7.2. Trwałe rośliny dwuliścienne

Ślazowiec pensylwański (Sida hermaphrodita Rusby)

Ślazowiec pensylwański, zwany także malwą lub sidą pochodzi z Ameryki Północnej, jest rośliną wieloletnią. Tworzy mocne kępy, złożone z okrągławych, wewnątrz pustych łodyg o średnicy 5-30 mm i wysokości do 3 m. W pierwszym roku po założeniu plantacji roślina wytwarza jedną łodygę, liczba ta zwiększa się do 20-30 w czwartym i następnym latach.

Ślazowiec pensylwański jest jedną z ważniejszych roślin, które podobnie jak wierzba, mogą być wykorzystywane do celów energetycznych. Nadaje się do przetworzenia na pelety bo do ich produkcji może być używany każdy surowiec roślinny, nawet wilgotny (pelety – produkt opałowy zbudowany z rozdrobnionego drewna, głównie trocin i wiórów sprasowanych pod wysokim ciśnieniem, o średnicy 8-12 mm i długości 5-40 mm). Z uwagi na dużą objętość i wilgotność biomasy malwy, nie opłaca się jej transportować na zbyt duże odległości. Z tego względu roślina ta powinna być uprawiana na co najmniej 100 ha, by jej zbiór i przetworzenie na pelety było opłacalne. Pelety także nie nadają się do zbyt długiego magazynowania [23].

Formy malwy mniej ulistnione (tzw. łodygowe) są bardziej przydatne do spalania, natomiast formy obficie ulistnione bardziej nadają się do produkcji biogazu. Roślina ta posiada także inne zastosowanie – m.in. jest rośliną midodajną, może być uprawiana na paszę, włókno, do przemysłu celulozowego – papierniczego i in. Plantacja ślázowca może być użytkowana przez okres 15-20 lat. Z 1 ha można uzyskać do 15 ton suchej biomasy, z czego 6,7 ton stanowi celuloza [28]. Ciepło spalania cienkich łodyg ślázowca wynosi 14,5 MJ/kg, a grubszych łodyg 11,9 MJ/kg [47].

Ślázowiec jest stosunkowo odporny na niesprzyjające warunki klimatyczne. Trwające od blisko 50 lat obserwacje prowadzone przez pracowników AR w Lublinie nie wykazały aby ślázowiec wymarzał podczas ostrych zim lub wysychał w czasie upalnych, suchych lat. Dzięki głębokiemu systemowi korzeniowemu jest to roślina odporna na okresowe susze, doskonale nadająca się do uprawy we wszystkich regionach kraju [10].

Zaletą ślázowca jest możliwość uprawy na słabszych glebach – pod tym względem nie ma specjalnych wymagań. Uduje się na wszystkich typach gleb, nawet na glebach piaszczystych V klasy bonitacyjnej, pod warunkiem dostatecznego jej uwilgotnienia. Jednakże na żyzniejszych glebach ślázowiec wytwarza większą masę nadziemną (wyrastając do 4 m wysokości) niż na glebach ubogich i suchych. Dodatkową zaletą rośliny jest łatwość rozmnażania z nasion lub przez podział karp, jest ona także wygodniejsza w uprawie od wierzby energetycznej [28]. Ślázowiec jest rośliną o corocznie zamierających pędach, w związku z czym zbiór łodyg na cele energetyczne musi być przeprowadzany każdego roku po zakończeniu wegetacji.

Odmiana **PETEMI**

Malwa pensylwańska – odmiana PETEMI została wyhodowana i opatentowana przez firmę „Biotek” z Puław. Jest rośliną wyhodowaną na cele przemysłowe, odporną na suszę i wymarzenie, o przeciętnej długości roślin wynoszącej 280 cm. Nadaje się do uprawy na nieużytkach, gruntach marginalnych i odłogowanych.

Rolnicza produkcja biomasy

Cechy biologiczne rośliny zostały wykształcone w procesie wieloletniej hodowli metodą selekcji prowadzonej w niekorzystnych warunkach siedliskowych na glebach okresowo zbyt suchych i ubogich w składniki mineralne. Ze względu na niewielkie wymagania glebowe rośliny, uprawa PETEMI gwarantująca wysoki i stabilny plon możliwa jest nawet na glebach klasy IV i czasami V. Grunty przeznaczone do uprawy malwy pensylwańskiej powinny być właściwie wybrane i przygotowane tj. spełniać następujące warunki:

- klasa gleby: wszystkie za wyjątkiem VI i słabych gleb klas V
- odczyn: optimum – obojętny, dopuszczalny lekko kwaśny
- zasobność: P, K, Mg – na poziomie przynajmniej średnim, optimum – wysoka
- pole wolne od chwastów.

Uprawa plantacji trwa od 20 do 30 lat z jednego nasadzenia. Stabilność corocznego plonowania i wieloletniość stwarzają idealne warunki do długoterminowej współpracy rolnictwa z przemysłowymi odbiorcami surowca. Wysoka wydajność jednostkowa umożliwi lokalizację plantacji będącej znaczącym źródłem surowca w bezpośrednim sąsiedztwie odbiorcy przemysłowego. Uprawę, nawożenie, pielęgnację i zbiór biomasy prowadzi się tradycyjnymi metodami przy zastosowaniu standardowych maszyn rolniczych.

Plon PETEMI z jednego hektara rocznie stanowi 15-20 ton suchej masy surowca w postaci zrębków o kaloryczności 18 MJ/kg [62]. Pełną wydajność osiąga się w trzecim roku uprawy. Do nawożenia upraw stosuje się osady ściekowe w dawkach wynikających z zasobności gleby. W początkowej fazie uprawy bardzo ważne jest zwalczanie chwastów. Zbiór pędów następuje jesienią, zazwyczaj od 1 dekady listopada do końca marca.

W trakcie wieloletnich badań nie stwierdzono przypadku przenoszenia malwy na sąsiednie pola, gdyż rozmnażanie z nasion nie jest możliwe bez zabiegu otoczkowania.

Malwa PETEMI to przede wszystkim paliwo z biomasy. Rozdrobnione łodygi w postaci zrębków służą do wyrobu brykietów brix o średnicy 5 cm. Roślina stanowi korzystną alternatywę dla węgla. Wartość energetyczna brykietów zbliżona jest do średniej jakości węgla. 1ha = 20 ton biomasy = 30 MWh energii elektrycznej + 60 MWh energii cieplnej. Oprócz produkcji

energii cieplnej i elektrycznej biomasa z PETEMI znajduje zastosowanie m.in. w produkcji: paliwa płynnego (bioxol) [2].

Odmiana PETEMI znajduje się obecnie w badaniach rejestrowych. Wszelkie prawa do przemysłowego wykorzystania PETEMI (produkcji pelet, papieru, płyt i usuwania zanieczyszczeń z gleby) są chronione międzynarodowym prawem odmianowym i patentowym. Posiadająca wyłączność firma Biotek prowadzi uprawę ślazu w Ostrowąsie k. Połczyna Zdroju na własnym polu doświadczalnym o powierzchni 20 ha, skąd czerpie nasiona tej rośliny. Z firmą współpracuje jeden, jak na razie producent biomasy z PETEMI, mający wyłączność na uprawę malwy na Żuławach i Powiślu. Przewidywane rozmiary jego plantacji wynoszą 20 tys. ha, planowana jest także budowa własnej linii do produkcji pelet. Pelety te mają w założeniu stanowić opał dla nowej elektrociepłowni w Elblągu. Czynnikiem ograniczającym szersze wprowadzenie upraw PETEMI przez rolników jest brak nasion [23].

Topinambur, słonecznik bulwiasty (Helianthus tuberosus)

Roślina ta pochodzi z Ameryki Północnej, należy do rodziny astrowatych. Jej wzniesione łodygi o średnicy do 3 cm osiągają wysokość 2-4 m. Gatunek ten wytwarza podziemne rozłogi, na końcach których tworzą się bulwy (jak u ziemniaków).

Topinambur jest rośliną o bardzo wysokim potencjale produkcyjnym. Wysokość plonów uwarunkowana jest przede wszystkim genotypem roślin, ale istotny wpływ ma również kultura i zasobność gleby. W jednym z badań krajowych łączny plon biomasy wyniósł około 110 t/ha, w tym: zielonej masy 75,6 t/ha a bulw 32,4 t/ha [47]. Plony w cytowanym doświadczeniu były znacznie wyższe na glebie klasy IIIa w porównaniu do klasy IVb. W warunkach polskich średni plon topinamburu w przeliczeniu na suchą masę kształtuje się na poziomie 10-16 t s.m./ha [28].

Roślina posiada wielostronne zastosowanie. Surowcem do celów energetycznych są zarówno bulwy, które można przeznaczyć do produkcji etanolu lub biogazu, jak też części nadziemne: świeże lub zakiszzone – do produkcji biogazu, suche – do bezpośredniego spalania rozdrobnionej masy lub do produkcji brykietów opałowych i peletów.

Podobnie jak rośliny okopowe topinambur najlepiej udaje się na glebach średnio zwężonych, przewiewnych, zasobnych w składniki pokarmowe i dostatecznie wilgotnych [28, 47]. Może być także uprawiany na gorszych stanowiskach, mniej przydatnych do uprawy ziemniaków. Nie nadają się do jego uprawy gleby podmokłe i kwaśne. Przedplonem mogą być wszystkie rośliny uprawne a nawet niezbyt zachwaszczone odłogi, wymaga jednak głębokiej orki (20-30 cm). Może być uprawiany na tym samym stanowisku przez 3-4 lata. Rozmnaża się wegetatywnie poprzez bulwy, które można wysadzać jesienią albo wiosną. Bulwy są odporne na niskie temperatury. Zbiór części nadziemnych (łodyg) dokonuje się zazwyczaj w październiku. Bulwy zbiera się najczęściej późną jesienią, przed nastaniem mrozów, można je także zbierać zimą w okresie odwilży lub wiosną.

Wysoki potencjał plonowania, łatwość uprawy, niski koszt założenia plantacji oraz duże zdolności adaptacyjne do warunków glebowych, przemawiają za rozpowszechnieniem tego gatunku w Polsce [28]. Realna możliwość uzyskania wysokich plonów przy niskich kosztach powoduje wzrost zainteresowania tym gatunkiem [10].

Sylfia (Silphium perfoliatum), rożnik przerośnięty

Trwała roślina dwuliścienna pochodząca z centralnych regionów Ameryki Północnej. Posiada niewielkie wymagania glebowe może być polecana jako roślina pionierska przy rekultywacji terenów zdegradowanych. Pędy sylfii osiągają wysokość do 2,5 m. Plantacje energetyczne sylfii należy zakładać późną jesienią (X-XI). Rozmnażanie następuje za pomocą nasion. Po upływie 3-4 lat z plantacji można uzyskać około 100 t biomasy z ha (ok. 19 t s.m./ha) [28]. Sylfia stanowi jednocześnie cenną roślinę miododajną, leczniczą oraz pastewną.

Rdest japoński (Reynoutria japonica) i rdest sachaliński (R. Sachalinensis).

Byliny pochodzące z Azji Wschodniej. Rdesty to rośliny bardzo silnie rosnące, dochodzące do 6 m wysokości, jednoroczne pędy dorastają do 4 m. W warunkach Polski rdesty

rozpoczynają wegetację stosunkowo późno (kwiecień-maj) ale rosną bardzo szybko do wysokości 2-4 m. Kończą wegetację wraz z nastaniem pierwszych przymrozków. Pędy ścina się jesienią lub zimą. Nie jest wymagane jej dosuszanie, ponieważ w okresie zbioru zawiera tylko 32-36% wody. Przy takiej zawartości wody może być natychmiast po zbiorze spalana lub zgazowywana.

Nie nawożone rdesty szybko wyjaławiają podłoże, ponieważ intensywnie rosną. Po pierwszym roku nie wymagają pielęgnacji, gdyż skutecznie tłumią chwasty. Gatunki te łatwo dziczeją i tworzą gęste, trudne do likwidacji skupiska. Łatwo się rozprzestrzeniają przez szybko dojrzewające nasiona oraz długie 5-6 m rozłogi. Ze względu na niewielkie wymagania glebowe oraz dużą dynamikę wzrostu zasługują na szersze zainteresowanie genetyków i hodowców [28].

7.3. Trawy wieloletnie

Dla celów energetycznych, z uwagi na intensywną produkcję biomasy oraz niską zawartość związków popielnych przydatne są trawy wieloletnie o typie fotosyntezy C_4 . Rośliny te wywodzące się najczęściej z Azji i Ameryki Północnej charakteryzują się wydajniejszym wiązaniem CO_2 oraz kilkakrotnie niższą zawartością popiołu powstałego w procesie spalania ich słomy w porównaniu do słomy zbóż i wieloletnich traw rodzimych typu C_3 (np. mozgi trzcinowatej czy trzciny pospolitej). Słomę z traw C_4 można więc porównać z biomasą szybko rosnących drzew.

Miskant olbrzymi (*Miscanthus x giganteus*)

Rodzaj *Miscanthus* obejmuje ponad 20 zróżnicowanych morfologicznie gatunków wywodzących się z południowo-wschodniej Azji. Miskant olbrzymi został wyhodowany w Danii w wyniku skrzyżowania miskanta chińskiego z miskantem cukrowym. Stanowi okazałą trawę kępową o bardzo głębokim, silnym systemie korzeniowym (sięgającym do 2,5 m. w głąb ziemi) oraz części nadziemnej osiągającej wysokość 200-350 cm.

Miskant olbrzymi jest uprawiany dla grubych, sztywnych, wypełnionych gąbczastym rdzeniem źdźbeł. Charakteryzuje się szybkim wzrostem (szczególnie w upalne lata), wysokim plonem biomasy z jednostki powierzchni oraz stosunkowo wysoką odpornością na niskie temperatury. W warunkach polskich krytycznym momentem w jego uprawie jest wrażliwość sadzonek na niskie temperatury w trakcie zimowania po pierwszym roku wegetacji. Wykazuje on wówczas dużą wrażliwość na ujemne temperatury zarówno zimowe jak i wiosenne. Przed nadejściem zimy młode plantacje wymagają zabezpieczenia (np. ściółkowanie). W warunkach europejskich nie wytwarza nasion i rozmnażany wyłącznie wegetatywnie. Koszt założenia plantacji miskanta olbrzymiego kształtuje się na poziomie kosztów plantacji wierzby, gdyż przy wyższej cenie sadzonek miskanta obsada roślin na 1 ha jest kilkakrotnie mniejsza [28]. Optymalny termin zbioru miskanta przypada na luty lub marzec, co jest uwarunkowane niską zawartością wody w roślinach. Ułatwia to mechanizację zbioru oraz przechowywanie zebranego materiału. Pod względem wysokości plonu biomasy, wahającego się w zależności od żyzności gleby w granicach 6-24 ton suchej masy z ha, zdecydowanie przewyższa wszystkie spotykane w Europie gatunki traw. Już w pierwszym roku uprawy można uzyskać do 8 ton suchej masy z ha. W trzecim roku miskant olbrzymi osiąga w warunkach intensywnej uprawy najwyższe plony nawet powyżej 30 t suchej masy z ha [47]. Plonowanie na tak wysokim poziomie utrzymuje się najczęściej do 8-9 lat prowadzenia plantacji, zaś później systematycznie spada. Maksymalny czas komercyjnego wykorzystania plantacji może wynosić 10-12 lat. Wartość kaloryczna miskanta wynosi 19,25 MJ/kg s.m.

Biomasa miskanta traktowana jest przede wszystkim, jako odnawialny surowiec energetyczny ale ze względu na wysoką zawartość celulozy i ligniny stanowi również cenny materiał wykorzystywany (głównie w Niemczech) do produkcji materiałów budowlanych, w przemyśle celulozowo-papierniczym i w rolnictwie (doniczki i palety).

Miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus*)

Gatunek osiągający wysokość 100-250 cm posiadający sztywne źdźbła wypełnione rdzeniem. Lubi gleby lekkie, zasobne w składniki pokarmowe, o umiarkowanej wilgotności,

choć toleruje także stanowiska suche, pozbawione kompleksu sorpcyjnego [28]. Posiada zdolność do intensywnego pobierania z gleb metali ciężkich jest także wykorzystywany jako roślina przeciwerozyjna. Pozytywnie reaguje na nawożenie azotem. Uprawiany przez wiele lat na jednym miejscu nie wymaga większej pielęgnacji. Zbiór i wykorzystanie biomasy podobnie, jak miskanta olbrzymiego. Daje się łatwo rozmnażać przez podział rozłogów.

Spartina preriowa (*Spartina pectinata*)

Roślina ta pochodzi z Ameryki Północnej. Charakteryzują ją duże zdolności przystosowawcze się do skrajnych warunków siedliskowych. Uduje się zarówno na stanowiskach bardzo suchych jak i nadmiernie wilgotnych. Tworzy okazałe, luźne kępy wyrastające do około 2 m. Wysokości, gęsto pokryte liśćmi długimi do 80-90 cm i szerokimi do 1,5 cm. Posiada mocne, ostro zakończone korzenie, przerastające podłoże niezależnie od jego zwięzłości, dzięki czemu trawa ta nadaje się do umacniania piaszczystych wałów, grobli i tam. Z powodu niskiej zdolności kiełkowania nasion, produkcja nasion na większą skalę jest nieopłacalna.

Spartina preriowa brana jest pod uwagę jako potencjalna roślina energetyczna do uprawy w Europie północno-zachodniej. W Polsce roślina ta nie znalazła szerszego zastosowania. Doświadczenia rekultywacyjne prowadzone przez Ogród Botaniczny IHAR potwierdziły wysokie zdolności adaptacyjne rośliny. Trawa ta przewyższała pozostałe gatunki pod względem trwałości, rozmiarów masy korzeniowej oraz wysokości plonu biomasy [28]. Z tych względów zasługuje ona na szersze zainteresowanie jako roślina przeciwerozyjna oraz cenne źródło surowca dla przemysłu i energetyki, zwłaszcza na glebach o bardzo niskiej pojemności sorpcyjnej, na których uprawa miskanta olbrzymiego jest zawodna.

Powstaje problem określenia listy roślin uprawianych dla celów energetycznych. W trakcie seminarium pt. Bioenergia w rolnictwie, jakie odbyło się w październiku br. w Poznaniu przedstawiono wyniki badań nad ich wytypowaniem. W badaniach tych brano pod uwagę [15]:

- stosunek energii zawartej w biomase do energii potrzebnej na jej uprawę i pozyskanie,
- zdolność gromadzenia energii słonecznej w postaci biomasy,
- sprawność przetwarzania biomasy na paliwa ciekłe i gazowe, która zależy m.in. od tego, czy materię organiczną rośliny tworzy celuloza, przetwarzana chemicznie, czy cukry, które są przetwarzane biologicznie.

Przeprowadzone pod tym kątem badania wykazały, że najbardziej odpowiednimi roślinami są: wierzba krzewiasta, topola bujna, róża wielokwiatowa, rdest sachaliński, sylfia przerosła, miskant olbrzymi oraz trawy palczatka i spartina.

Istotne są także dodatkowe wymagania stawiane przez przedsiębiorstwa przetwarzania biomasy do postaci wtórnych nośników energii: muszą one mieć zapewnioną ustaloną wielkość dostawy biomasy w ciągu roku o określonej cenie, objętości i wartości kalorycznej. Dopiero po spełnieniu tych warunków przez dostawcę biomasy, przedsiębiorstwo będzie mogło zapewnić odbiorcy bioenergii ustaloną wielkość dostawy. Ponadto do tych warunków należy dostosować rodzaj roślin energetycznych oraz technologię ich przerobu.

Wyżej wymienione rośliny przyjęto jako strategiczne uprawy energetyczne, ponieważ charakteryzują się odpowiednim stosunkiem energii uzyskiwanej w relacji do energii potrzebnej na ich uprawę oraz większym ciężarem jednostkowym, co ma wpływ na koszty transportu [15].

Jako potencjalne źródło biomasy stałej brane jest również pod uwagę **siano łąkowe**. Ocenie poddano siano pochodzące z zaniedbanych, ubogich i podmokłych łąk, na których przeważały turzyce. W badaniach brano pod uwagę siano z domieszką turzycy błotnej, sztywnej, pospolitej, owłosionej, żółtej oraz prosowatej. Balotowane, niskiej jakości siano, gdzie przeważały te turzyce, jest dobrym materiałem energetycznym i po przesuszeniu nadaje się do spalania.

Duże nadzieje wiąże się także z technologią zbioru zbóż, gdzie w baloty zwija się **całe skoszone rośliny wraz z ziarnem**, co znacznie zwiększa kaloryczność tych roślin. Chodzi tu głównie o rośliny uprawiane na ziemiach słabszych, a mianowicie żyto i owies. Przy dopłatach unijnych i zapewnionym zbyciu produkcja tego rodzaju staje się opłacalna [15].

7.4. Wnioski

- 1) Warunki klimatyczno-glebowe na obszarze województwa pomorskiego umożliwiają uprawę różnorodnych gatunków roślin energetycznych. Warunkiem powodzenia uprawy jest staranny dobór gatunku, odmiany lub genotypu rośliny do danego stanowiska.
- 2) Grunty orne o odpowiednio wysokim i ustabilizowanym poziomie wód gruntowych, podobnie jak mineralne użytki zielone (zwłaszcza leżące w sąsiedztwie wód płynących i stojących), stanowią bardzo dobre naturalne siedliska dla wierzby i topoli energetycznej. Ogólnie najmniej korzystne glebowe warunki wodne dla uprawy tych roślin występują w środkowej i środkowo-zachodniej części województwa.
- 3) Trwałe użytki zielone pochodzenia organicznego, z uwagi na swoją specyficzną budowę raczej nie nadają się do uprawy krzewiastych roślin głęboko korzeniących się (wierzba, topola). Na gruntach tych można natomiast uprawiać wieloletnie trawy energetyczne (np. miskant, spartina, itp.).
- 4) Słabsze i suchsze gleby można wykorzystać pod uprawę róży wielokwiatowej, sylfii, spartiny oraz – przy odpowiednim nawożeniu – malwy pensylwańskiej (ślazowca) i rdestów.
- 5) Wszystkie rośliny przeznaczone na cele energetyczne mogą być nawożone osadami z lokalnych oczyszczalni ścieków oraz odciekami i kompostami pochodzącymi ze składowisk odpadów. Nawożenie to w istotnym stopniu zwiększa plonowanie tych roślin.
- 6) Należy wykorzystać możliwość łączenia korzyści wynikających z uprawy roślin energetycznych w celach ochrony środowiska (umacnianie brzegów i wałów, oczyszczanie gleb ze skażeń, ochrona przed erozją, ochrona przed hałasem i zanieczyszczeniami komunikacyjnymi itp.) z dodatkowymi korzyściami wynikającymi z potencjału energetycznego tych roślin.
- 7) Dodatkową korzyścią płynącą ze wzrostu uprawy szybko rosnących roślin o dużej zawartości celulozy i ligniny (wierzba, topola, malwa, miskant itp.) będzie zmniejszenie presji przemysłu celulozowo-papierniczego i płytowego na surowiec drzewny pochodzący z lasów.

8. Potencjalne zasoby i możliwości pozyskania roślin dla potrzeb energetyki

8.1. Rzepak i żyto

Rzepak jest najbardziej rozpowszechnioną rośliną oleistą uprawianą w województwie pomorskim. Jego nasiona zawierają tłuszcz, który może służyć zarówno do produkcji oleju jadalnego jak również energetycznego. Pozostała po wyrobieniu oleju śruta poekstrakcyjna, tzw. makuchy, jest cenną paszą treściwą. Twarda słoma nie nadaje się na paszę i ściólkę ale jest bardzo dobrym surowcem energetycznym.

Rzepak jest rośliną bardzo pozytywnie oddziałującą na glebę. Posiada właściwości fitosanitarne, pozostawia po sobie stanowisko odchwaszczone i stanowi bardzo dobry przedplon pod większość roślin uprawnych. Rzepak należy do roślin objętych płatnościami uzupełniającymi płatności obszarowe [1].

Wymagania klimatyczno-glebowe rzepaku.

Dobrze rozwinięty i zahartowany jesienią rzepak ozimy wytrzyma mrozy do $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, jest natomiast dość wrażliwy na wiosenne wahania temperatury. W warunkach województwa pomorskiego zasiewy rzepaku częściej uszkodzone są przez wiosenne przymrozki niż przez mrozy w czasie zimy. Następną przyczyną strat w zasiewach jest wymakanie w czasie zimy i wiosną. Rzepak jary jest wytrzymały na przymrozki występujące po wschodach, jest natomiast wrażliwy nawet na krótkotrwałe susze.

Najbardziej odpowiednie pod uprawę rzepaku ozimego i jarego są gleby żyzne, głębokie, zasobne w próchnicę i składniki pokarmowe (kompleksy glebowo-rolnicze pszenne, klasy I – III), nie zakwaszone, o pH powyżej 6,5. Nieodpowiednie są natomiast gleby piaszczyste, podmokłe i zbyt kwaśne.

W województwie pomorskim uprawiany jest głównie w powiatach o korzystnych warunkach glebowych. Najwięcej rzepaku pod względem powierzchni uprawiano w powiatach: słupskim, gdańskim, malborskim, nowodworskim, człuchowskim i tczewskim.

Żyto zajmuje po pszenicy ozimej drugie miejsce pod względem obsiewanego arealu w województwie pomorskim i stanowi około 20% zasiewów wszystkich zbóż. Żyto jest rośliną paszową (ziarno, otręby, zielonka). Ziarno żyta jest też wykorzystywane w przemyśle zbożowo-młynarskim oraz gorzelnicznym. Słoma żytnia wykorzystywana jest w rolnictwie, zaś jej nadwyżki mogą stanowić surowiec energetyczny. Żyto należy do roślin uprawnych objętych płatnościami uzupełniającymi płatności obszarowe.

Wymagania klimatyczno-glebowe żyta.

Żyto jest najbardziej odpornym ze zbóż, cechuje się największą zimotrwałością (znosi temperatury do -30°C). Ma małe wymagania wodne (ok. 210 mm rocznie), z czego 2/3 przypada na wiosnę. Posiada silny, dobrze rozwinięty system korzeniowy o dużej zdolności pobierania wody i składników pokarmowych, krzewi się głównie jesienią i szybko rozpoczyna wegetację wiosną. Właściwości te pozwalają na uprawę żyta na glebach lekkich, piaszczystych, gliniasto-piaszczystych (kompleksy glebowo-rolnicze żytnie dobry i słaby, klasy IV-V). W warunkach prawidłowej agrotechniki zadowalająco plonuje nawet na najłabszym kompleksie żytnio-lubinowym. Mniej odpowiednie są gleby o dużej zawartości próchnicy, gleby ciężkie i bardzo wilgotne, na których żyto jest mniej zimotrwałe i wylega. Dużą zaletą żyta jest to, że udaje się na glebach o odczynie lekko kwaśnym.

Jest to roślina sprawdzona i bardzo popularna w województwie pomorskim. Największe rejony jego uprawy występują na pojezierzach i w pasie pobrzeży (powiaty bytowski, człuchowski, chojnicki, kartuski, kościerski, starogardzki, lęborski i wejherowski).

8.2. Istniejące zasoby produkcyjne rzepaku i żyta

Polska dysponuje dużym potencjałem w produkcji rzepaku ale wielkość tej produkcji jest bardzo niestabilna, przez co trudna do prognozowania w dłuższej perspektywie czasu.

Na przestrzeni ostatnich 15 lat produkcja ziarna rzepakowego podlegała znacznym wahaniom, które powodowane były wahaniami w powierzchni zasiewów i plonach (różnice w zbiorach krajowych różniły się nawet trzykrotnie) [10]. W ostatnich latach występuje nadwyżka popytu nad podażą ziarna rzepakowego przeznaczonego na tłuszcze konsumpcyjne. Nierównowagę tę może pogłębić zwiększony skup tego surowca na cele techniczne (produkcja biopaliw). Będzie to prawdopodobnie skutkowało wzrostem powierzchni jego zasiewów.

Polska jest także dużym producentem żyta. Dotychczas znaczne jego ilości z produkcji krajowej były wykupywane z rynku w ramach zakupów interwencyjnych wspomaganymi finansowo z budżetu państwa. Po wejściu Polski do UE żyto przestało być przedmiotem zakupów interwencyjnych [13]. Cenę żyta będzie kształtował rynek, co w przypadku dużych nadwyżek podaży nad popytem (szczególnie w okresie żniw) może skutkować znaczną obniżką jego ceny i spadkiem opłacalności uprawy. Stanowi to poważne zagrożenie dla producentów żyta gospodarujących na słabszych glebach, chyba, że wyprodukowane przez nich żyto wchłonie przemysł bioenergetyczny.

Próby jednoznacznego oszacowania potencjału produkcyjnego rzepaku i żyta na obszarze województwa pomorskiego napotykają na duże trudności, ponieważ brakuje jednoznacznych i pełnych danych dotyczących powierzchni zasiewów, plonów i zbiorów tych roślin w powiatach. Szacunkowe dane GUS publikowane są dla obszaru całego województwa i liczone wg siedziby użytkownika (a nie wg siedziby gospodarstwa). Z uwagi na to, do określenia zasobów żyta i rzepaku w województwie pomorskim posłużono się danymi uzyskanymi z Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Gdańsku.

W latach 2002 i 2003 na obszarze województwa uprawiano około 100 tys. ha żyta i około 25 tys. ha rzepaku (tab. 8.1.). Uzyskane plony ziarna kształtowały się na poziomie 2,1-2,4 t/ha żyta i 2,6-2,7 t/ha rzepaku. Zbiory ziarna uzyskane w tych latach kształtowały się na poziomie około 190-250 tys. ton żyta oraz 25-26 tys. ton rzepaku.

Tab.8.1. Powierzchnia i zbiory rzepaku i żyta w latach 2002 i 2003 w województwie pomorskim

Powiat	Wyszczególnienie	2002 r.	2003 r.	2002 r.	2003 r.
		Żyto		Rzepak	
Bytów	Powierzchnia w ha	13580	12 300	331	451
	Zbiory w t.	24 172,4	18 735,0	476,5	712,2
Człuchów	Powierzchnia w ha	13 200	13 750	1930	2 040
	Zbiory w t.	38 544,0	24 670,0	5 864,4	4 120,0
Lębork	Powierzchnia w ha	4 680	3 400	1 000	700
	Zbiory w t.	12 495,6	7 280,0	1 948,7	1 648,0
Słupsk	Powierzchnia w ha	7 500	7 670	3 702	3 400
	Zbiory w t.	23 025,0	22 764,0	9 152,2	6 468,0
Gdańsk	Powierzchnia w ha	3 848	3 689	2 125	1 435
	Zbiory w t.	11 043,8	8 598,6	5 695,0	3 302,0
Tczew	Powierzchnia w ha	2 450	2 300	1 700	1 959
	Zbiory w t.	6 737,5	5 520,0	4 437,0	4 738,0
Starogard Gdański	Powierzchnia w ha	9 140	8 960	1 095	970
	Zbiory w t.	17 366,0	16 202,0	2 518,5	2 146,0
Kościerzyna	Powierzchnia w ha	11 080	9 030	0	100
	Zbiory w t.	19 722,4	14 700,0	0,0	1 800,0
Chojnice	Powierzchnia w ha	9 660	8 150	800	910
	Zbiory w t.	21 252,0	16 049,0	2 000,0	2 238,5
Kartuzy	Powierzchnia w ha	12 188	9 486	0	0
	Zbiory w t.	24 010,4	18 921,9	0,0	0,0
Wejherowo	Powierzchnia w ha	9 360	7 460	1 104	1 310
	Zbiory w t.	25 459,2	18 194,0	3 143,7	3 154,0
Puck	Powierzchnia w ha	2 780	3 148	510	520
	Zbiory w t.	7 645,0	9 156,0	1 527,3	1 238,0
Kwidzyn	Powierzchnia w ha	3 960	1 575	1 344	2 410
	Zbiory w t.	13 701	5 121,5	3 870,7	7 902,0
Malbork	Powierzchnia w ha	1 925*	80	6 155*	1 180
	Zbiory w t.	5 967,5*	288,0	18 615,5*	3 776,0
Nowy Dwór Gdański	Powierzchnia w ha	293	118,00	2 190	2 415
	Zbiory w t.	1 166,1	502,1	5 475,0	6 470,0
Sztum	Powierzchnia w ha	.	1 774	.	5 750
	Zbiory w t.	.	5 464,0	.	16 222,0
RAZEM	Powierzchnia w ha	105 644	92890	23 986	25 550
	Zbiory w t.	252 308,5	192166,1	64 724,5	65 934,7

* łączne dane dla powiatów Malbork i Sztum.

Źródło: Wojewódzki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Gdańsku (szacunek).

Przy założeniu, że na obszarze województwa pomorskiego powstanie korzystny rynek zbytu na surowce do produkcji biopaliw płynnych, można założyć, że powierzchnia uprawy rzepaku może wzrosnąć co najmniej dwukrotnie.

Nie objęcie żyta przez ARR zakupem interwencyjnym spowoduje nadwyżkę żyta na rynku, którą rolnicy w jakiejś części mogą przeznaczyć na powiększenie hodowli (przy założeniu, że będzie to opłacalne). Można szacować, że w tej sytuacji co najmniej 20-30% obecnych zasiewów żyta można będzie przeznaczyć na produkcję bioetanolu. Istnieje także możliwość uprawy żyta na cele nieżywnościowe i wykorzystania całych roślin do spalania (po ścięciu i sprasowaniu) - jako biomasy stałej. Na takie cele żyto mogłoby być uprawiane w

sposób ekstensywny (przy minimalnych kosztach) jak również nawożone ściekami i osadami pochodzącymi z oczyszczalni ścieków i składowisk odpadów.

8.3. Potencjał produkcyjny tkwiący w nie zagospodarowanych gruntach rolnych

Na obszarze województwa pomorskiego ciągle jeszcze znajdują się znaczne obszary gruntów rolnych nie wykorzystywanych rolniczo. Według PSR, w 2002 roku odłogowano lub ugorowano blisko 150 tys. ha gruntów ornych (tab. 8.2.).

Tab. 8.2. Powierzchnia odłogów i ugorów na gruntach ornych w gospodarstwach rolnych wg siedziby gospodarstwa

Powiaty	Ogółem (ha)
<i>Podregion słupski</i>	83 690
bytowski	24 541
chojnicki	5 418
człuchowski	7 793
łęborski	8 486
słupski	36 632
Słupsk	820
<i>Podregion gdański</i>	60 607
gdański	13 572
kartuski	5 172
kościerski	8 065
kwidzyński	4 805
malborski	875
nowodworski	3 351
pucki	3 973
starogardzki	6 450
sztumski	3 357
tczewski	3 292
wejherowski	9 694
<i>Podregion Gdańsk-Gdynia Sopot</i>	1 783
Gdańsk	1 547
Gdynia	218
Sopot	18
Ogółem	148 079

Źródło: Rolnictwo w województwie pomorskim. 2003. Urząd Statystyczny w Gdańsku /szacunek własny na podst. Tab.14 i 3 (68) wg siedziby gospodarstwa/.

Powierzchnia nie zagospodarowanych trwałych użytków zielonych jest obecnie trudna do oszacowania, gdyż nie jest ona objęta żadną statystyką. Według PSR, w 2002 r. w gospodarstwach rolnych województwa znajdowało się około 100 tys. ha łąk i 50 tys. ha pastwisk [57]. Na podstawie własnego rozeznania szacuje się, że zupełnie nie wykorzystywanych lub użytkowanych w niepełnym zakresie (jeden pokos w ciągu roku) jest obecnie co najmniej 30% obszaru tych użytków. Stanowi to areał wielkości około 45 tys. ha degradujących się łąk i pastwisk. Problem ten jest szczególnie widoczny w północnej i zachodniej części województwa, na terenach popegeerowskich. Użytki te wykorzystane pod uprawy energetyczne, mogłyby stanowić istotny element w całości wyprodukowanej w województwie biomasy roślinnej. Ostrożnie szacując można więc założyć, że minimum 20 % powierzchni trwałych użytków zielonych województwa mogłoby być przeznaczone pod produkcję biomasy (w zależności od lokalnych uwarunkowań przyrodniczych - pod produkcję słomy z traw energetycznych, drewna wierzby czy też po prostu zdrewniałego siana zbieranego jeden raz w roku późną jesienią).

Znaczący dodatkowy potencjał gruntów rolnych województwa stanowi areał ponad 25 tys. ha wchodzących w skład Zasobu Agencji Nieruchomości Rolnych i aktualnie będących w trakcie prywatyzacji (tab. 8.3.). W ostatnim okresie obserwuje się zwiększone zainteresowanie pomorskich rolników dzierżawą lub kupnem gruntów rolnych pozostających w Zasobie.

Tab. 8.3. Użytki rolne będące w Zasobie Agencji Nieruchomości Rolnych w Gdańsku (ha)

Powiaty	Grunty orne w klasach						Trwałe użytki zielone w klasach				Użytki rolne ogółem
	I-II	III	IV	V	VI	razem	I-II	III-IV	V-VI	razem	
<i>Podregion słupski</i>		1 254,5	5 225,5	3 194,1	1 337,2	11 050,1	8,0	5 594,0	3 411,8	9 013,8	20 063,9
bytowski		112,75	1234,87	695,60	243,19	2325,25	-	801,26	411,10	1212,36	3537,61
chojnicki		11,28	34,20	23,34	37,77	106,59	-	20,14	40,12	60,26	166,85
człuchowski		96,49	822,39	1227,11	560,26	2706,25	-	213,62	387,54	601,16	3307,41
łęborski		144,00	256,00	149,00	99,00	648,00	7,00	1772,00	217,00	1996,00	2644,00
słupski		890,00	2878,00	1099,00	397,00	5264,00	1,00	2787,00	2356,00	5144,00	10408,00
<i>Podregion gdański</i>	195,0	517,2	1 362,5	939,2	1 053,8	4 067,7	521,9	1 208,8	1 623,3	3 193,0	7 260,8
gdański	87,79	157,91	196,18	113,22	141,35	696,45	274,94	442,07	630,52	1347,53	2043,98
kartuski	32,02	87,91	48,06	16,56	53,78	238,33	48,50	97,81	164,90	311,21	549,54
kościerski	-	0,21	49,39	79,37	60,33	189,30	-	9,96	46,22	56,28	245,28
kwidziński	0,80	37,20	304,10	204,80	228,80	775,60	2,00	225,00	273,50	500,00	1275,60
malborski	37,60	67,80	83,80	48,70	60,60	298,60	22,20	35,70	51,00	108,90	407,50
nowodworski	26,80	48,20	59,70	34,60	43,10	212,40	12,70	20,30	29,00	62,00	274,40
pucki	-	11,28	6,67	11,98	17,18	47,11	-	39,37	28,30	67,04	114,50
starogardzki	0,23	10,59	85,60	57,77	64,52	218,71	0,64	77,94	94,73	173,31	392,02
sztumski	1,10	54,40	444,3	299,2	334,4	1133,40	160,90	181,00	219,60	402,3	1535,70
tczewski	8,42	25,05	15,73	6,90	3,73	59,83	-	10,66	3,76	14,42	74,25
wejherowski	0,24	16,62	68,99	66,10	46,01	197,96	-	68,27	81,75	150,02	347,98
<i>Podregion G-G-S</i>											
m. Gdańsk	9,72	25,48	49,95	10,31	12,69	193,3	26,56	43,95	67,95	138,46	336,67
Ogółem	204,7	1 797,2	6 637,9	4 143,6	2 403,7	15 311,1	556,4	6 846,1	5 103,0	12 345,3	27 661,3

Źródło: GNiAZWRSP w. Bytowie, Słupsku, Pruszczu Gdańskim, Strzebielinie, Skarszewach i Malborku. Agencja Nieruchomości Rolnych Oddział Terenowy w Gdańsku. Stan w lipcu 2004 r.

Największy potencjał nie zagospodarowanych użytków rolnych znajduje się w zachodniej i północnej części województwa, szczególnie w powiatach: słupskim i bytowskim. Znaczące powierzchnie takich gruntów posiadają także powiaty gdański, lęborski, wejherowski i kościerski.

Przy szacowaniu potencjalnej powierzchni gruntów rolnych, możliwej do przeznaczenia pod uprawy energetyczne zrobiono następujące założenia:

- a) spośród wolnych gruntów będących w Zasobie ANR pod uprawy energetyczne wykorzystanych zostanie:
 - pod dodatkowe uprawy roślin oleistych - 50% gruntów ornych kl. I-III (ok. 1 tys ha),
 - pod dodatkowe uprawy żyta - 70% gruntów ornych kl. IV (ok. 4,6 ty. ha)
 - pod plantacje roślin energetycznych - grunty orne kl. V i 50% gruntów ornych kl. VI (ok. 5,3 tys. ha),
 - pod plantacje roślin energetycznych - 25% trwałych użytków zielonych (ok.3,1 tys.ha).
- b) spośród gruntów ornych odłogowanych i ugorowanych w gospodarstwach rolnych, pod uprawy roślin energetycznych zostanie przeznaczonych ok. 75% ich areału, tj. ok. 111 tys. ha. Zakłada się, że spośród tych gruntów wykorzystane zostanie:

- pod dodatkowe uprawy roślin oleistych - 2% gruntów (ok. 2,2 tys. ha)
 - pod dodatkowe uprawy żyta energetycznego - 40% gruntów (około. 44,4 tys. ha),
 - pod plantacje roślin energetycznych - pozostałe grunty, tj. około 64,4 tys. ha
- c) spośród trwałych użytków zielonych będących w użytkowaniu gospodarstw, pod uprawy energetyczne można przeznaczyć ok.20% (31.0 tys. ha - tab. 8.4. i 8.5.).

Tab. 8.4. Szacunkowy obszar użytków rolnych, które mogą być przeznaczone pod uprawy energetyczne w województwie pomorskim według powiatów (ha)

Powiat	Grunty pochodzące z Zasobu ANR		Odłogi i ugory w gospodarstwach rolnych	Trwałe użytki zielone w gospodarstwach rolnych	Ogółem
	Grunty orne	Trwałe użytki zielone			
<i>Podregion słupski</i>	8 148	2 253	62 768	13502	86671
bytowski	1 737	303	18 406	3048	23494
chojnicki	72	15	4 064	1931	6082
człuchowski	2 131	150	5 845	1523	9649
lęborski	450	499	5 940	1881	8770
słupski	3 758	1286	27 474	5060	37578
m.Słupsk	-	-	615	59	674
<i>Podregion gdański</i>	2 778	800	45 455	17308	66341
gdański	444	337	10 179	1193	12153
kartuski	137	78	3 879	2445	6539
kościerski	145	14	6 049	1883	8091
kwidzyński	551	125	3 604	1653	5933
malborski	191	27	656	785	1659
nowodworski	136	16	2 513	1145	3810
pucki	32	17	2 980	1710	4739
starogardzki	155	43	4 838	1854	6890
sztumski	805	101	2 518	1548	4972
tczewski	37	4	2 469	892	3402
wejherowski	145	38	7 271	2199	9653
<i>Podregion G-G-S</i>	70	35	1 337	181	1623
m. Gdańsk	70	35	1 160	140	1405
m.Gdynia	0		164	39	203
m. Sopot	0		14	2	16
Ogółem	10 993	3 086	111 059	30 991	156 129

Z uwagi na objęcie płatnościami zalesień gruntów rolnych, przewiduje się, że najślabsze grunty będące w Zasobie ANR oraz najślabsze odłogi będą sukcesywnie zalesiane (w latach 2004-2006 AR i MR planuje, w oparciu o posiadane środki, zalesienie blisko 50 tys. ha gruntów rolnych na obszarze kraju, tj. średnio w województwie ok. 3 tys. ha).

Tab. 8.5. Przewidywany przyrost powierzchni upraw przeznaczonych na cele energetyczne w województwie pomorskim po zagospodarowaniu gruntów Zasobu ANR oraz odłogów i ugorów

Powiat	Rzepak (ha)	Żyto (ha)	Plantacje energetyczne (ha)
<i>Podregion słupski</i>	1 882	28 765	42 521
bytowski	424	8 226	11 795
chojnicki	87	1 649	2 414
człuchowski	165	2 914	5 047
lęborski	199	2 725	4 389

słupski	994	13 005	18 519
m. Słupsk	12	246	357
<i>Podregion gdański</i>	2 060	35 011	52 409
gdański	1 032	18 319	27 348
kartuski	264	4 106	6 284
kościerski	78	1 587	2 438
kwidzyński	140	2 633	3 841
malborski	125	1 501	2 294
nowodworski	51	305	464
pucki	56	1 010	1 495
starogardzki	65	1 252	1 835
sztumski	125	2 246	3 315
tczewski	67	1 018	1 570
wejherowski	57	1 036	1 525
<i>Podregion G-G-S</i>	45	570	828
m. Gdańsk	41	499	725
Gdynia	3	65	95
Sopot	0	5	8
Razem	3 222	49 071	72 845

Wielkość energii możliwa do uzyskania z plantacji roślin energetycznych można określić ze wzoru [31]

$$E_u = A \times n \times B \times q \times e \quad [\text{GJ}] \text{ gdzie:}$$

A – dostępny areał pod uprawy roślin energetycznych w ha,

n – rotacyjność upraw 10 lat, $n = 0,9$

B – średnia wydajności upraw energetycznych - 20 ton/ha,

q – średnia wartość energetyczna roślin 18 GJ/tonę

e – sprawność urządzeń (np. 80 %).

Energia możliwa do uzyskania z **plantacji roślin energetycznych** wynosi:

$$26\,914\,291 \text{ GJ/rok}$$

Energia możliwa do pozyskania z **ziarna rzepaku i żyta** uprawianych na dodatkowych powierzchniach:

1) orientacyjna wydajność 100% spirytusu ze 100 kg żyta wynosi 38 litrów [54]

Przy założeniu, że średni plon żyta będzie się kształtował na poziomie 2,5 t/ha, jego zbiory z dodatkowej powierzchni uprawy będą wynosiły średnio

$$49\,071 \text{ ha} \times 2,5 \text{ t/ha} = 122\,677,5 \text{ ton ziarna żyta/rok}$$

z których można będzie otrzymać około 46,6 mln litrów 100% spirytusu rocznie,

2) wydajność energetyczna rzepaku przy plonie 2,5 t/ha wynosi 850 dm³ diestru z 1ha [54],

3) wartość energetyczna biopaliwa uzyskanego z 1 tys. ton rzepaku wynosi ok. 0,0372 PJ [54],

Przy założeniu, że średni plon rzepaku będzie się kształtował na poziomie 2,8 t/ha (952 dm³ diestru z 1ha), można będzie otrzymać 3 222 ha x 952 dm³ /ha = 3,1 mln dm³ diestru rocznie (tab. 9.7.).

Zatem przy zbiorach z dodatkowej powierzchni uprawy wynoszących

$$3\,222 \text{ ha} \times 2,8 \text{ t/ha} = 9\,0216 \text{ ton ziarna rzepaku/rok}$$

można będzie otrzymać energię w ilości 0,3356 PJ/rok

Oprócz ziarna dodatkową energię można będzie uzyskać ze słomy żytniej i rzepakowej w ilości 2 242 848 GJ/rok (tab. 8.6.).

Tab. 8.6. Przewidywany przyrost energii z dodatkowych upraw przeznaczonych na cele energetyczne w województwie pomorskim po zagospodarowaniu gruntów Zasobu ANR oraz odłogów i ugorów

Powiaty	Ziarno rzepaku (tony)	Bioester (litry)	Ziarno żyta (ha)	Bioetanol (litry)	Słoma żytnia i rzepakowa		Plantacje energetyczne	
					(tony)	Energia (GJ)	(ha)	Energia (GJ)
<i>Podregion słupski</i>	5 270	1 791 664	71 913	27 326 750	109 543	1 314 513	42 521	14 521 162
bytowski	1 187	403 648	20 565	7 814 700	31 006	372 077	11 795	3 847 306
chojnicki	244	82 824	4 123	1 566 550	6 221	74 655	2 414	1 126 224
człuchowski	462	157 080	7 285	2 768 300	11 025	132 303	5 047	1 702 944
łęborski	557	189 448	6 813	2 588 750	10 435	125 224	4 389	1 625 184
słupski	2 783	946 288	32 513	12 354 750	49 926	599 116	18 519	6 111 677
m. Słupsk	34	11 424	615	233 700	925	11 104	357	107 827
<i>Podregion gdański</i>	5 768	1 961 120	87 528	33 260 450	132 683	1 592 195	52 409	18 070 646
gdański	2 890	982 464	45 798	17 403 050	69 296	831 552	27 348	7 397 827
kartuski	739	251 328	10 265	3 900 700	15 623	187 481	6 284	2 262 557
kościerski	218	74 256	3 968	1 507 650	5 971	71 655	2 438	1 120 003
kwidzyński	392	133 280	6 583	2 501 350	9 937	119 240	3 841	1 424 045
malborski	350	119 000	3 753	1 425 950	5 791	69 494	2 294	798 077
nowodworski	143	48 552	763	289 750	1 248	14 981	464	417 053
pucki	157	53 312	2 525	959 500	3 818	45 817	1 495	830 736
starogardzki	182	61 880	3 130	1 189 400	4 721	56 646	1 835	956 189
sztumski	350	119 000	5 615	2 133 700	8 492	101 901	3 315	1 260 490
tczewski	188	63 784	2 545	967 100	3 878	46 534	1 570	638 150
wejherowski	160	54 264	2 590	984 200	3 915	46 981	1 525	965 261
<i>Podregion G-G-S</i>	126	42 840	1 425	541 500	2 192	26 307	828	261 533
m. Gdańsk	115	39 032	1 248	474 050	1 924	23 084	725	224 208
Gdynia	8	2 856	163	61 750	244	2 928	95	34 733
Sopot	0	0	13	4 750	18	218	8	2 592
Razem	9 022	3 067 344	122 678	46 617 450	186 904	2 242 848	72 845	26 914 291

8.4. Wnioski

- 1) Żyto i rzepak należą do roślin tradycyjnie uprawianych na obszarze województwa pomorskiego. Uprawa tych roślin na cele energetyczne stanowi potencjalne źródło biomasy do produkcji biopaliw. W latach 2002 i 2003 w województwie uprawiano około 100 tys. ha żyta i około 25 tys. ha rzepaku. Uzyskane zbiory ziarna kształtowały się na poziomie 190-250 tys. ton żyta oraz 25-26 tys. ton rzepaku.
- 2) Szacuje się, że w oparciu o niewykorzystywane rolniczo odłogi, ugory oraz grunty pozostające w zasobie ANR możliwe jest powiększenie areалу uprawy tych roślin na cele energetyczne o co najmniej 49 tys. ha żyta i 3 tys. ha rzepaku. Przy korzystnych uwarunkowaniach rynkowych możliwe jest dalsze zwiększanie powierzchni ich uprawy kosztem innych roślin rolniczych.
- 3) Pozostałą, powierzchnię nie zagospodarowanych gruntów rolnych można w znacznej części przeznaczyć pod plantacje roślin energetycznych. Szacuje się, że obszar możliwy do takiego zagospodarowania wynosi około 73 tys. ha.

- 4) Szacuje się, że z upraw roślin energetycznych można będzie rocznie uzyskać dodatkowo: biopaliwa płynne w ilości około 47 mln litrów/rok bioetanolu i 3 mln litrów/rok bioestru rzepakowego oraz biopaliwa stałe o wartości energetycznej równej blisko 30 mln GJ/rok.

9. Potencjał techniczny produkcji biogazu rolniczego w województwie pomorskim

9.1. Wprowadzenie

Hodowla zwierząt gospodarskich, w tym szczególnie hodowla fermowa o wysokiej koncentracji zwierząt w jednym miejscu, niesie ze sobą znaczne problemy z zagospodarowaniem dużej ilości odchodów zwierzęcych. Są one zazwyczaj wykorzystywane do nawożenia upraw rolniczych ale wysoka zawartość pierwiastków biogenych i bakterii chorobotwórczych sprawia, że stanowią zagrożenie dla czystości środowiska glebowego i wodnego (wód powierzchniowych i podziemnych). Zagrażają także zdrowiu ludzi i zwierząt z powodu posiadania w swym składzie różnorodnych patogenów. Ulatniający się do atmosfery metan zwiększa niebezpieczeństwo wystąpienia efektu cieplarnianego.

Ilość odchodów zwierzęcych powstających w Polsce (bydło oraz trzoda chlewna), oszacowana na podstawie analizy produkcji zwierzęcej i prognozy Ministerstwa Rolnictwa i Żywności przedstawia tabela 9.1. Wynika z niej, że w latach 2000-2010 przewiduje się znaczny wzrost produkcji odchodów zwierzęcych w kraju (blisko 3-krotny wzrost produkcji nawozów płynnych i półpłynnych oraz 2,5 – krotny wzrost produkcji obornika).

Tab. 9.1. Obecna i przewidywana produkcja odchodów zwierzęcych [6]

Wyszczególnienie	w 2000 roku [10 ⁶ t/r]	w 2010 roku [10 ⁶ t/r]
Gnojowica	7.0	38.0
Gnojówka	14.0	25.0
Odciek	2.0	4.0
Razem	23.0	67.0
Obornik	21.0	51.0

Odchody zwierzęce można podzielić na gnojówkę, o zawartości 0,5-1% stałej masy, gnojowicę o zawartości około 2-10% stałej masy, odciek z bardzo małą zawartością stałej masy oraz obornik o zawartości stałej masy 25-30%.

Jak wykazały badania doświadczalnych biogazowni eksploatowanych w rolnictwie, z 1 m³ płynnych odchodów można uzyskać średnio 20 m³ biogazu, a z 1 m³ obornika - 30 m³ biogazu o wartości energetycznej ok. 23 MJ/m³ [6]. Jeden m³ biogazu jest porównywalny z 0,7 m³ gazu ziemnego lub 0,8 kg węgla [18]. Produkcja metanu zależy m.in. od zawartości suchej masy (s.m.) odniesionej do masy odpadów oraz suchej masy organicznej (s.m.o.) w stosunku do suchej masy.

Obornik uważany jest za doskonały nawóz organiczny ale stosowane obecnie sposoby jego przechowywania i długi czas jego rozkładu w glebie nie sprzyjają pełnemu wykorzystaniu wszystkich jego właściwości. Są one przyczyną powstania znacznych strat zawartego w nim azotu (straty te mogą dochodzić do 40%), dużych ubytków substancji organicznych (do 35%) oraz niewykorzystania właściwości energetycznych obornika (straty energii wynoszą około 350.000 kcal, tj. ok. 50 kg paliwa umownego na tonę obornika) [53]. Technologia pozyskiwania biogazu z obornika jest nieco bardziej skomplikowana niż w przypadku odpadów półpłynnych, jednak uzyskane korzyści z jego przetwarzania są bardzo duże (biogaz, nawóz naturalny wysokiej jakości, koncentrat witaminy B₁₂).

Oprócz biomasy z odchodów zwierzęcych do produkcji biogazu rolniczego można także wykorzystać (jako materiał uzupełniający) odpady roślinne lub uprawiane do tego celu rośliny oraz odpadki z przetwórstwa rolno-spożywczego (np. z przemysłu mięsnego).

Proces wytwarzania biogazu jest pracochłonny i wymaga zachowania ściśle określonych parametrów technicznych nawóz naturalny, tj. utrzymania stałej temperatury, stałego odczynu pH (6,5-7,5) i ciągłości procesu oraz zapewnienia braku dostępu tlenu. Z poddanej fermentacji metanowej biomasy uzyskuje się produkt energetyczny (biogaz) i nawóz organiczny

o podwyższonej jakości – pozbawiony przykrego zapachu substrat, wolny od zanieczyszczeń chorobotwórczych i nasion chwastów. Liczne badania wykazały korzystne działanie plonotwórcze przekompostowanego nawozu wyprodukowanego w biogazowni [6, 53].

Skład biogazu zależy od zastosowanej technologii oraz rodzaju materiału wsadowego. Biogaz składa się głównie z metanu (CH_4) - 55-70%, dwutlenku węgla (CO_2) - 32-37%, dwutlenku azotu (N_2) - 0,2-0,4% oraz siarkowodoru (H_2S) - 6g/100m³ przed odsiarczeniem i poniżej 0,01g/100m³ po odsiarczeniu [6].

Istnieją dwa systemy organizacyjne produkcji biogazu: indywidualne i scentralizowane. W Europie scentralizowane systemy produkcji biogazu rozwinęły się głównie w Danii, zaś niewielkie indywidualne systemy przetwarzające odchody zwierzęce z pojedynczych gospodarstw rolnych (lub kilku pobliskich) rozwinęły się głównie w Niemczech. Obecnie w Niemczech pracuje już ponad 2 tys. biogazowni rolniczych, zasilających 500 tys. gospodarstw domowych w energię elektryczną i po części również w ciepło [35].

Biogazownie scentralizowane swoimi środkami transportu odbierają odchody zwierzęce, które po przefermentowaniu przekazują im z powrotem. W systemie scentralizowanym łatwiej jest zastosować dodatkowe substraty, które spowodują wzrost produkcji biogazu np. do 100 m³/t odpadów [11]. Sukces biogazowni scentralizowanych w Danii polega przede wszystkim na właściwej lokalizacji pozwalającej na wytworzenie energii cieplnej i elektrycznej oraz podłączenie się do sieci grzewczej i elektrycznej. Czasami elektrownie biogazowe przesyłają biogaz do jednostki centralnej, gdzie jest łączona z biogazem wysypiskowym i po przetworzeniu energia przesyłana jest do sieci [6].

Zarówno w Niemczech jak i w Danii właściciele biogazowni (farmerzy) korzystają w szerokim zakresie z wydatnej pomocy państwa [6, 35]. Według szacunków niektórzy rolnicy mogą więcej zarobić na sprzedaży energii z biogazu niż na sprzedaży płodów rolnych.

Otrzymany biogaz wykorzystywany jest na wiele sposobów np. do produkcji energii cieplnej lub w systemach skojarzonych do wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej, sprężony w butlach może być używany jako paliwo dla traktorów i samochodów itp. Uzyskana energia elektryczna może być wykorzystywana na własne potrzeby lub sprzedana do sieci, zaś energia cieplna - do ogrzewania komór fermentacyjnych lub pomieszczeń produkcyjnych i mieszkalnych.

Największe możliwości pozyskania biogazu w Polsce mają gospodarstwa specjalizujące się w produkcji zwierzęcej o koncentracji powyżej 60 SD (sztuk dużych o masie 500 kg). Są to często gospodarstwa powstające w wyniku restrukturyzacji byłych pgr-ów [6].

9.2. Oszacowanie potencjału do produkcji biogazu z ferm zwierzęcych

Wielkość potencjału do produkcji biogazu oszacowano na podstawie zebranych informacji dotyczących lokalizacji ferm oraz stanu pogłowia w 2004 roku (Urząd Wojewódzki w Gdańsku, Powiatowe Inspektoraty Weterynaryjne).

Z uwagi na zakres uzyskanych danych analizą objęto fermy o następującej wielkości pogłowia:

- bydła – powyżej 200 sztuk,
- trzody chlewnej – powyżej 2 tys. sztuk,
- drobiu – powyżej 20 tys. sztuk.

W oparciu o posiadane informacje o fermach nt. dominującej średniej struktury stada bydła i trzody chlewnej oraz głównego kierunku chowu drobiu (kury brojlery i nioski) do przeliczenia sztuk fizycznych na sztuki duże przyjęto następujące średnie wskaźniki: bydło – 0,8 SD, trzoda chlewna – 0,2 SD, drób – 0,004 SD. Za podstawę służyły współczynniki przeliczeniowe zawarte w Rozporządzeniu MOŚ,ZN i L [40].

Potencjał techniczny produkcji biogazu obliczono na podstawie wzoru [63]:

$$P = SD \times W_{smo} \times M$$

gdzie:

SD – liczba sztuk dużych (dużych jednostek przeliczeniowych o wadze 500 kg),

W_{smo} – wskaźnik produkcji suchej masy organicznej w przeliczeniu na SD,
M – produkcja metanu na jednostkę suchej masy organicznej.

Do obliczeń posłużono się wskaźnikami zawartymi w tabeli 9.2.

Tab. 9.2. Dane empiryczne produkcji biogazu z odchodów zwierzęcych [63]

Wyszczególnienie		Bydło		Trzoda		Drób
		obornik	gnojowica	obornik	gnojowica	gnojowica
Sucha masa	t s.m./t odpadów	0,23	0,1	0,2	0,07	0,15
Zawartość suchej masy organicznej w suchej masie	t s.m.o./t.s.m.	0,80	0,8	0,9	0,82	0,76
Produkcja suchej masy organicznej (W_{smo})	kg s.m.o./SD/d	3,0-5,4 średnio - 4.2		2,5-4,0 średnio - 3.3		5,5-10 średnio - 7,78
Produkcja biogazu	m ³ /t s.m.o.	175-520 średnio - 347		220-637 średnio - 428		327-722 średnio - 524
Produkcja metanu (M)	m ³ /t s.m.o.	średnio - 218		średnio - 269		średnio - 330

Źródło: Schulz H., Eder B. 2001. Biogas Praxis. Hemsbach: Oekobuch i inne publikacje.

Na obszarze województwa pomorskiego znajduje się 57 ferm liczących powyżej 200 sztuk bydła, 18 ferm powyżej 2 tys. sztuk trzody i 68 ferm powyżej 20 tys. sztuk drobiu. Całkowita wielkość pogłowia na tych fermach wynosi 22,4 tys. sztuk bydła (17,9 tys. SD), 148,8 tys. sztuk trzody (29,8 tys. SD) i 3,0 mln sztuk drobiu (12,5 tys. SD). Najwięcej zwierząt w chowie fermowym utrzymuje się w powiatach:

- bydło - malborskim, kościerskim, słupskim i człuchowskim,
- trzoda – człuchowskim i kościerskim,
- drobiu – kartuskim, wejherowskim, tczewskim i słupskim (mapa nr 11).

Potencjał produkcyjny biogazu, jaki można uzyskać z odchodów pochodzących z ferm bydła szacuje się na 9,5 mln m³ biogazu w ciągu roku. Potencjał techniczny produkcji biogazu z odchodów bydła wynosi blisko 6 mln m³ metanu/rok (tab. 9.3.).

Tab. 9.3. Potencjał techniczny biogazu z ferm bydła

Powiaty	Bydło SD	Produkcja		
		suczej masy org. t s.m.o./rok	biogazu m ³ /rok	metanu m ³ /rok
<i>Podregion słupski</i>	5 640,8	8 647,3	3 000 629	1 885 122
bytowski	634,4	972,5	337 470	212 013
chojnicki	281,6	431,7	149 797	94 109
czyłuchowski	1 640,8	2 515,3	872 825	548 346
lęborski	1 440,0	2 207,5	766 009	481 239
słupski	1 644,0	2 520,3	874 527	549 15
m. .Słupsk	-	-	-	-
<i>Podregion gdański</i>	12 114,4	18 571,4	6 444 267	4 048 560
gdański	1 568,8	2 405,0	834 525	524 284
kartuski	168,0	257,5	89 368	56 145
kościerski	1 871,2	2 868,5	995 387	625 344
kwidzyński	943,2	1 445,9	501 736	315 212
malborski	2 285,6	3 503,8	1 215 827	763 834
nowodworski	1 432,8	2 196,5	762 179	478 833
pucki	872,0	1 336,8	463 861	291 417
starogardzki	320,0	490,6	170 224	106 942
sztumski	944,0	1 447,2	502 162	315 479
tczewski	1 413,6	2 167,0	751 966	472 417
wejherowski	295,2	452,5	157 032	98 654

<i>Podregion G-G-S</i>	192,0	294,3	102 135	64 165
m. Gdańsk	192,0	294,3	102 135	64 165
Ogółem	17 947,2	27 513,1	9 547 031	5 997 847

Potencjał produkcyjny biogazu, jaki można uzyskać z odchodów pochodzących z ferm trzody szacuje się na 15,3 mln m³ biogazu w ciągu roku. Potencjał techniczny produkcji biogazu z tych odchodów wynosi 9,6 mln m³ metanu rocznie (tab. 9.4).

Tab. 9.4. Potencjał techniczny biogazu z ferm trzody chlewnej

Powiaty	Trzoda chlewna SD	Produkcja		
		suchej masy org. t s.m.o./rok	biogazu m ³ /rok	metanu m ³ /rok
<i>Podregion słupski</i>	24 942,8	30043,6	12858662	8081729
bytowski	1 970,0	2 372,9	1 015 586	638 301
chojnicki	-	-	-	-
człuchowski	19 524,2	23 516,9	10 065 233	6 326 046
łęborski	2 000,0	2 409,0	1 031 052	648 021
słupski	1 448,6	1 744,8	746 791	469 362
m..Słupsk	-	-	-	-
<i>Podregion gdański</i>	4 816,0	15892,8	5800,9	2482773
gdański	-	-	-	-
kartuski	-	-	-	-
kościerski	4 416,0	5 319,1	2 276 563	1 430 830
kwidzyński	-	-	-	-
malborski	-	-	-	-
nowodworski	-	-	-	-
pucki	-	-	-	-
starogardzki	400,0	481,8	206 210	129 604
sztumski	-	-	-	-
tczewski	-	-	-	-
wejherowski	-	-	-	-
<i>Podregion G-G-S</i>	-	-	-	-
Ogółem	29 758,8	35 844,5	15 341 435	9 642 164

Potencjał produkcyjny biogazu, możliwy do uzyskania z odchodów pochodzących z ferm drobiu szacuje się na 18,6 mln m³ biogazu w ciągu roku. Potencjał techniczny produkcji biogazu z tych odchodów wynosi 11,7 mln m³ metanu/rok (tab. 9.5.).

Tab.9.5. Potencjał techniczny biogazu z ferm drobiu

Powiaty	Drób SD	Produkcja		
		suchej masy org. t s.m.o./rok	biogazu m ³ /rok	metanu m ³ /rok
<i>Podregion słupski</i>	2 728,0	7746,7	4059271,6	2556412
bytowski	928,0	2 635,2	1 380 867	869 630
chojnicki	480,0	1 363,1	714 241	449 808
człuchowski	-	-	-	-
łęborski	-	-	-	-
słupski	1 320,0	3 748,4	1 964 164	1 236 973
m..Słupsk	-	-	-	-
<i>Podregion gdański</i>	9 780,0	27 772,3	14 552 667,4	9164 848,0
gdański	192,0	545,2	285 696	179 923
kartuski	4 952,0	14 062,2	7 368 590	4 640 524
kościerski	236,0	670,2	351 169	221 156

kwidzyński	-	-	-	-
malborski	-	-	-	-
nowodworski	-	-	-	-
pucki	-	-	-	-
starogardzki	320,0	908,7	476 161	299 872
sztumski	-	-	-	-
tczewski	1 400,0	3 975,6	2 083 204	1 311 941
wejherowski	2 680,0	7 610,4	3 987 847	2 511 431
Podregion G-G-S	-	-	-	-
Ogółem	12 508,0	35 519,0	18 611 939	11 721 259

Całkowity potencjał techniczny produkcji biogazu, możliwy do uzyskania z odchodów zwierzęcych pochodzących z ferm na obszarze województwa pomorskiego szacuje się na 43,5 mln m³ biogazu w ciągu roku.

Potencjał techniczny produkcji biogazu z tych odchodów wynosi 27,4 mln m³ metanu/rok (tab. 9.6.,).

Tab. 9.6. Potencjał techniczny biogazu z ferm zwierzęcych w województwie pomorskim

Powiaty	Pogłowie ogółem SD	Produkcja		
		suchej masy org. t s.m.o/rok	biogazu m ³ /rok	metanu m ³ /rok
<i>Podregion słupski</i>	33 312	46 437,7	19 918 563	12 523 262
bytowski	3532	5 980,6	2 733 923	1 719 943
chojnicki	762	1 794,7	864 039	543 918
człuchowski	21165	26 032,2	10 938 058	6 874 391
łęborski	3440	4 616,5	1 797 061	1 129 260
słupski	4413	8 013,5	3 585 482	2 255 750
m..Słupsk	-	-	-	-
<i>Podregion gdański</i>	26 710	52144,5	23479708	14 773 842
gdański	1 761	2950,2	1 120 221	704 207
kartuski	5 120	14 319,7	7 457 958	4 696 669
kościerski	6 523	8 857,8	3 623 118	2.277 330
kwidzyński	943	1 445,9	501 736	315 212
malborski	2 286	3 503,8	1 215 827	763 834
nowodworski	1 433	2 196,5	762 179	478 833
pucki	872	1 336,8	463 861	291 417
starogardzki	1 040	1 881,1	852 596	536 419
sztumski	944	1 447,2	502 162	315 479
tczewski	2 814	6 142,6	2 835 170	1 784 358
wejherowski	2 975	8 062,9	4 144 879	2 610 085
<i>Podregion G-G-S</i>	192	294,3	102 135	64 165
Gdańsk	192	294,3	102 135	64 165
Ogółem	60 214	988 76,5	43 500 405	27 361 270

Największy potencjał techniczny wykorzystania odchodów zwierzęcych dla potrzeb produkcji biogazu w województwie pomorskim znajduje się w powiatach: człuchowskim, kartuskim, wejherowskim, kościerskim i słupskim.

Możliwości pozyskania biogazu rolniczego oraz metanu z odchodów zwierzęcych w układzie przestrzennym przedstawiono na mapach nr 12 i 13.

9.3. Wartość energetyczna biogazu rolniczego

Wartość energetyczna biogazu wynosi 19,7-25 MJ/m³. O jego wartości opałowej decyduje procentowy udział metanu. Biogaz o zawartości 65% metanu posiada wartość kalo-

ryczną 23 MJ/m³ [2]. Wartość ta posłużyła do obliczenia energii możliwej do uzyskania z biogazu rolniczego z ferm zwierzęcych województwa pomorskiego.

Z obliczeń wynika, że wielkość tej energii wynosi około 1,0 mln GJ rocznie (tab. 9.7.).

Tab. 9.7. Energia możliwa do uzyskania z biogazu pochodzącego z ferm zwierzęcych w województwie pomorskim

Powiaty	Biogaz m ³ /rok	Potencjał energetyczny GJ/rok
<i>Podregion słupski</i>	19 918 563	458 127
bytowski	2 733 923	62 880
chojnicki	864 039	19 873
człuchowski	10 938 058	251 575
łęborski	1 797 061	41 332
słupski	3 585 482	82 466
m..Słupsk	-	-
<i>Podregion gdański</i>	23 479 707	540 033
gdański	1 120 221	25 765
kartuski	7 457 958	171 533
kościerski	3 623 118	83 332
kwidzyński	501 736	11 540
malborski	1 215 827	27 964
nowodworski	762 179	17 530
pucki	463 861	10 669
starogardzki	852 596	19 610
sztumski	502 162	11 550
tczewski	2 835 170	65 209
wejherowski	4 144 879	95 332
<i>Podregion G-G-S</i>	102 135	2 349
Gdańsk	102 135	2 349
Ogółem	43 500 405	1 000 509

Przy zastosowaniu generatorów prądowórczych z 1 m³ biogazu można uzyskać 1,9 – 2,8 kWh energii elektrycznej i 3,5 – 4,9 kWh energii cieplnej [11].

9.4. Proponowane rejony lokalizacji biogazowni scentralizowanych

Wszystkie fermy objęte powyższą analizą kwalifikują się, z uwagi na wielkość pogłowia liczoną w sztukach dużych (powyżej 60 SD), do posiadania własnych biogazowni. Jest jednak mało prawdopodobne, aby w najbliższym czasie gospodarstwa te mogły zbudować urządzenia do pozyskiwania biogazu z własnych odchodów (wysokie koszty, niedostosowanie techniczne systemu energetycznego). Dlatego na podstawie przeprowadzonej analizy dokonano próby wydzielenia rejonów, które ze względu na nagromadzenie większych ferm i wzmożoną produkcję odchodów zwierzęcych są predysponowane do lokalizacji na ich obszarze biogazowni scentralizowanych, możliwych do podłączenia do sieci elektrycznej i grzewczej. Za takim rozwiązaniem przemawia również fakt, że zbyt duże zagęszczenie lokalizacyjne ferm (szczególnie trzody i drobiu) w tych rejonach może powodować problemy z zagospodarowaniem odchodów, zaś wolne składowanie ich na polach powodować zwiększoną emisję metanu do atmosfery. Wydzielone rejony obejmują obszary o promieniu od 4 do 10 km. Zakłada się, że w zasięgu działania biogazowni scentralizowanej znajdowałyby się fermy położone na obszarze o średnicy od 8 do 20 km (mapa nr 14). Dla rejonów tych obliczono potencjał techniczny produkcji biogazu (tab. 9.8.).

Tab.9.8. Rejony koncentracji produkcji fermowej zwierząt gospodarskich predysponowane

do lokalizacji biogazowni scentralizowanych.

Nr rejonu na mapie nr 4	Pogłowie ogółem na fermach SD	Potencjał produkcyjny biogazu m ³ /rok	Potencjał techniczny produkcji biogazu m ³ metanu / rok	Energia GJ/rok
1.	1 948	1 026 386	644 900	23 607
2.	2 770	2 205 988	1 387 982	50 738
3.	946	1 115 095	702 008	25 647
4.	4 532	2 336 364	1 468 416	53 736
5.	9 627	4 982 712	3 131 489	114 602
6.	7 109	3 673 776	2 308 910	84 497
7.	1 736	923 467	580 161	21 240
8.	4 765	5 131 988	3 230 671	118 036
9.	800	1 190 402	749 681	27 379
10.	2 296	3 416 454	2 151 584	78 578
11.	1 884	2 642 820	1 668 258	60 785
12.	6 287	3 271 843	2 056 107	75 252
13.	939	798 868	502 664	18 374
14.	1 022	543 654	341 546	12 504
15.	2 354	2 361 232	1 486 065	54 308
16.	1 433	762 286	478 900	17 533
17.	2 588	1 376 689	864 894	31 664

9.5. Planowane biogazownie na terenie powiatu człuchowskiego

W listopadzie br. firma „Poldanor” S.A. rozpoczęła realizację nowej inwestycji, jaką jest biogazownia budowana przy istniejącej przemysłowej fermie tuczu trzody chlewnej w Pawłówku (inwestycja otrzymała pozwolenie na budowę). Według informacji uzyskanych w firmie „Poldanor” w planowanej biogazowni przewiduje się pozyskiwanie metanu z 24 tys. m³ gnojowicy rocznie (z fermy w Pawłówku oraz ferm leżących w pobliżu na terenie gminy Przechlewo) oraz 3 tys. ton odpadów poprodukcyjnych rocznie z zakładów mięsnych w Przechlewie.

Przewiduje się, że wyprodukowany biogaz zostanie zagospodarowany do produkcji:

- energii elektrycznej - w ilości 1,4 mln kWh/rok,
- energii cieplnej - w ilości 2,4 mln kWh/rok.

Ponadto, w ciągu najbliższych 5-u lat firma „Poldanor” planuje uruchomienie dalszych biogazowni rolniczych (przy fermach w Koczale i Płaszczycy), które pozwolą na uzyskanie dodatkowo:

- energii elektrycznej - w ilości 9,97 tys. kWh/rok,
- energii cieplnej - w ilości 17,2 tys. kWh/rok.

Zakłada się, że jedna biogazownia może obsługiwać kilka ferm, np. biogazownia w Koczale będzie produkowała biogaz z odchodów pochodzących z ferm w Koczale oraz Łękini. Ponadto zakłada się wykorzystywanie innych odpadów organicznych (w tym z Wytwórni Pasz w Koczale) oraz biomasy roślinnej pochodzącej z upraw energetycznych. Długoterminowe plany inwestycyjne przedsiębiorstwa przewidują budowę kolejnych biogazowni rolniczych dla pozostałych ferm Spółki.

9.6. Wnioski

- 1) Produkcja biogazu z odchodów i odpadów rolniczych przyczynia się do redukcji zawartych w nich zanieczyszczeń oraz pozwala na uzyskanie wysokoenergetycznego źródła energii odnawialnej w postaci biogazu rolniczego.

- 2) Na obszarze województwa pomorskiego znajdują się znaczne zasoby gospodarstw hodowlanych oraz upraw rolniczych, w oparciu o które można zastosować nowoczesne technologie produkcji biogazu.
- 3) Potencjał produkcji biogazu, możliwy do uzyskania z odchodów zwierzęcych pochodzących z większych ferm na obszarze województwa pomorskiego szacuje się na 43,5 mln m³ biogazu w ciągu roku. Potencjał techniczny produkcji biogazu z tych odchodów wynosi 27,4 mln m³ metanu rocznie.
- 4) Przeprowadzona analiza wykazała, że największy potencjał techniczny produkcji biogazu z odchodów zwierzęcych znajduje się na fermach drobiu, następnie trzody chlewnej i bydła, zaś w układzie przestrzennym - w powiatach: człuchowskim, kartuskim, wejherowskim, kościerskim, słupskim, malborskim, tczewskim i bytowskim.
- 5) Najkorzystniejsze warunki do lokalizacji biogazowni scentralizowanych występują w rejonach o dużej koncentracji hodowli fermowych. Z uwagi na duże wahania w liczebności pogłowia wyznaczone w opracowaniu rejony mają charakter orientacyjny. W przypadku planowanej inwestycji wymagane jest każdorazowo pogłębienie i uszczegółowienie badań.

10. Podsumowanie

1. Pogarszający się stan środowiska naturalnego oraz szybko rosnące zapotrzebowanie na energię, przy wyczerpujących się zapasach paliw kopalnych, wymuszają konieczność stopniowego ich zastępowania paliwami ze źródeł odnawialnych. Rozwój energetyki w oparciu o OZE znalazł swój wyraz w licznych międzynarodowych dokumentach prawno-programowych, w tym w dokumentach Unii Europejskiej i Polski. Zapisy w nich zawarte pozwalają sądzić, że zarówno na świecie, jak i w Polsce nastąpi w niedługim czasie dynamiczny rozwój energetyki odnawialnej.
2. Uwarunkowania naturalne sprawiają, że na obszarze województwa pomorskiego istnieją bardzo duże możliwości produkcji biomasy roślinnej (drewna, słomy, roślin energetycznych). Na terenie regionu znajdują się znaczne obszary nie zagospodarowanych użytków rolnych, które można wykorzystać pod potencjalne uprawy energetyczne.
3. Wysoka lesistość obszaru sprawia, że z terenu województwa pomorskiego pozyskiwane są duże ilości drewna opałowego z lasów oraz drewna odpadowego z przetwórstwa tartaczanego. Wielkość pozyskiwanego obecnie drewna z lasów zbliżyła się do wartości maksymalnej (zdaniem leśników brak większych rezerw po uwzględnieniu uwarunkowań ekologicznych i przyrodniczych).
4. Województwo dysponuje dużymi nadwyżkami słomy, które można przeznaczyć do zagospodarowania na cele energetyczne. Istniejące potencjalne nadwyżki siana, możliwe do pozyskania z ekstensywnie użytkowanych łąk trwałych mogą (po sprasowaniu), podobnie jak słoma, stanowić cenny surowiec opałowy.
5. Uprawa roślin energetycznych w województwie pomorskim na specjalnie założonych plantacjach, znajduje się w fazie inicjacji. Czynnione przez pojedynczych rolników, próby tworzenia niewielkich plantacji, służą najczęściej produkcji sadzonek. W fazie zakładania lub wczesnej produkcyjnej jest zaledwie kilka plantacji towarowych. Dużym problemem dla rolników jest wysoki koszt założenia plantacji, brak lokalnych rynków zbytu na zrębki oraz brak doświadczenia. Pewne znaczenie odgrywa tu także obawa przed wyłączeniem na wiele lat gruntów z uprawy tradycyjnych roślin rolniczych. Nie ma także wśród nich zainteresowania zakładaniem plantacji na słabszych gruntach (odłogi i ugory) z uwagi na ryzyko związane z brakiem opłacalności. Jak na razie, większe zainteresowanie uprawą roślin energetycznych wykazują rolnicy we wschodniej części województwa.
6. W celu zaktywizowania rolników do zakładania plantacji upraw energetycznych na własnych gruntach niezbędne są odpowiednie rozwiązania prawne, organizacyjne i finansowe. Wprowadzanie na danym terenie nowych gatunków i fenotypów roślin musi być poprzedzone szczegółowymi badaniami i opracowaniem prawidłowej agrotechniki dosto-

- sowanej do lokalnych uwarunkowań klimatyczno-glebowych. Dobrym rozwiązaniem byłoby także zakładanie (przy udziale samorządów) plantacji pilotażowych i wdrożeniowych, tak aby naoczne obserwacje zachęciły rolników do prowadzenia własnych upraw.
7. Uprawy energetyczne na części najsłabszych gruntów, nawet, jeśli nie będą zbyt dochodowe, z pewnością przyniosą duże korzyści dla środowiska. Nie mniej ważne będą tu korzyści społeczne – produkcja biomasy w pewnym stopniu zaktywizuje obszary wiejskie. Kwestia braku opłacalności upraw prowadzonych na słabych gruntach powinna być rozwiązana przy pomocy odpowiednich środków organizacyjno-prawnych (w tym np. organizacja upraw pod patronatem samorządów i przedsiębiorstw lokalnych).
 8. Istnieją realne przesłanki na powiększenie potencjału upraw energetycznych województwa w oparciu o tradycyjnie uprawiane rośliny rolnicze. W wielu rejonach warunki glebowe pozwalają na podwojenie powierzchni rzepaku - zastępując nim częściowo uprawy jęczmienia i pszenic oraz włączając do uprawy odłogi i ugory wyższych klas bonitacyjnych. Wysoki udział żyta w zasiewach województwa oraz ogólnie duży areal jego uprawy, umożliwiają przeznaczenie znacznej części jego zbiorów do produkcji biopaliw płynnych (ziarno) lub stałych (sprasowane baloty z całych roślin). Areal uprawy żyta można dodatkowo powiększyć obsiewając dużą część odłogów i ugorów słabszej jakości. W gospodarstwach tradycyjnych, dysponujących większymi zasobami obornika możliwe jest także zwiększenie uprawy ziemniaków przemysłowych z przeznaczeniem na bioetanol.
 9. Województwo pomorskie dysponuje znaczącymi możliwościami produkcji i wykorzystania na cele energetyczne biogazu rolniczego. Z uwagi na występujące rejony dużej koncentracji hodowli fermowej istnieją korzystne warunki do lokalizacji biogazowni scentralizowanych.
 10. Oszacowany potencjał biomasy wskazuje na istnienie znaczących zasobów biopaliw, które mogą stanowić istotny element w bilansie paliwowo – energetycznym województwa pomorskiego.
 11. Na obszarze województwa pomorskiego zostało uruchomionych i z powodzeniem wdrożonych szereg instalacji wykorzystujących biopaliwa stałe (drewno i słomę). Zebrano szereg doświadczeń, które pozwolą w przyszłości na rozszerzenie kolejnych wdrożeń. W trakcie realizacji znajduje się pierwsza (na tak dużą skalę) w Polsce biogazownia rolnicza.

Literatura

1. Biuletyn informacyjny 6/2004. Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi i Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa, str.35.
2. Czereś S. 2002: Malwa pensylwańska - odnawialne źródło energii – źródło biomasy. Poradnik Rolnika Pomorskiego. WODR Gdańsk, Oddział w Strzelinie. 3/02.
3. EC BREC 2000: Ekonomiczne i prawne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce. Warszawa; EC BREC.
4. EC BREC 2003: Założenia do strategii Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w zakresie wspierania rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce na lata 2004-2010. Warszawa; EC BREC.
5. Elzanowski Cz. 2002: Rynek rzepaku. Poradnik Rolnika Pomorskiego. WODR Gdańsk, Oddział w Strzelinie. 9/02.
6. Gierulski K., Pisarek M. Śmiglewicz T. 2000: I. Biomasa jako surowiec energetyczny. II. Wytwarzanie i zagospodarowanie biogazu w rolnictwie. Seminarium Energia przyjazna środowisku naturalnemu. Stare Pole.
7. Gornowicz R. 2002. Wpływ pozyskiwania biomasy sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na wycyfowanie pierwiastków biogenych ze środowiska leśnego. Roczniki AR w Poznaniu, Rozprawy Naukowe, Zeszyt 331).
8. Gradziuk P. 1997: Możliwości energetycznego wykorzystania słomy. Seminarium Możliwości wykorzystania biomasy na cele energetyczne. RCDRRiOW w Starym Polu.
9. Grzybek A., Gradziuk P., Kowalczyk K., 2001: Słoma energetyczne paliwo, „Wieś Jutra” Sp. z o.o. Warszawa.
10. Gradziuk P., Grzybek A., Kowalczyk K., Kościak B. 2003: Biopaliwa, Akademia Rolnicza w Lublinie – Instytut Nauk Roln. w Zamościu, „Wieś Jutra” So. Z o.o. Warszawa.

11. Grzybek A. 2004: Możliwości i technologia produkcji biogazu rolniczego. Seminarium „Bioenergia w rolnictwie” opublikowany w: Czysta Energia, październik 2004.
12. Harasim A. 1994: Relacja między plonem słomy i ziarna zbóż. Pamiętnik Puławski – prace IUNG. Zeszyt 104.
13. Hinc J. 2004. Jaka przyszłość żyta ? Poradnik Rolnika Pomorskiego. WODR Gdańsk, Oddział w Strzelinie. 9/04.
14. Jabłoński R. 2002: Rosa multiplora jako roślina energetyczna. Konferencja Wdrażanie nowych technologii w zakresie wykorzystania produktów roślinnych jako materiału energetycznego. RCDRRiOW w Barzkowicach.
15. Jabłoński R. 2004: Rośliny energetyczne – wyniki badań energetyczności. Seminarium Bioenergia w rolnictwie, Poznań, w: Czysta Energia, 10/2004.
16. Kamińska A. 2002: :Słoma cenny nawóz organiczny. Poradnik Rolnika Pomorskiego. WODR Gdańsk, Oddział w Strzelinie. 6/2002.
17. Karwowska – Marska E. 2002: Topole, jako przykład drzew szybkorosnących uprawianych na cele energetyczne. Konferencja Wdrażanie nowych technologii w zakresie wykorzystania produktów roślinnych jako materiału energetycznego. RCDRRiOW w Starym Polu.
18. Kiec P. 2004: Polskie przykłady wdrożeń biogazowni na bazie doświadczeń holenderskich. Seminarium „Bioenergia w rolnictwie” opublikowany w: Czysta Energia, październik 2004.
19. Kościak B. 1997: Przyrodniczo-ekonomiczne uwarunkowania uprawy roślin na cele energetyczne w Polsce. Seminarium Możliwości wykorzystania biomasy (ze szczególnym uwzględnieniem słomy i odpadów drzewnych) na cele energetyczne. RCDRRiOW w Starym Polu.
20. Kotowski W., Dubas J.W. 1994: Wierzba i węgiel. Agroenergetyka, IV kwartał 2003.
21. Kowalik P. 2002: Wykorzystanie biomasy jako surowca energetycznego. Materiały konferenc. Wdrażanie nowych technologii w zakresie wykorzystania produktów roślinnych jako materiału energetycznego. RCDRRiOW w Starym Polu.
22. Kozakiewicz J., Nieściór E. 1984: Słoma i sposoby jej użytkowania w gospodarstwach rolniczych. IUNG Puławy, R(196).
23. Kozmana M. 2004: Malwa na wyłączność. Rzeczpospolita nr 136 z 12-13 czerwca 2004 r.
24. Kubiak M. i inni. 1987: Próba oceny bazy małowymiarowego drewna i możliwości jej wykorzystania. Sprawozdanie z badań (Dokumentacja IBL – Poznań).
25. Kubiak M., Laurow Z. 1994: Surowiec drzewny. Warszawa.
26. Kuliński S. 2004: Możliwości pozyskania drewna opałowego, drobnicy opałowej i zrębków z Lasów Państwowych. Konferencja Ekologiczne ogrzewanie. Biomasa. Kolektory słoneczne. Bałtycka Agencja Poszanowania Energii, Gdańsk.
27. Maćkowiak Cz. 1997: Bilans substancji organicznej w glebach Polski. Biuletyn Informacyjny IUNG nr 5.
28. Majtkowski W. 2003: Potencjał upraw energetycznych. Seminarium Badania właściwości i standaryzacji biopaliw stałych. EC BREC, Warszawa.
29. Możliwości wykorzystania biomasy na cele energetyczne. 2003. Konferencja zorganizowana przez Dyрекcję Regionalną Lasów Państwowych i Zarząd Główny Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Leśnictwa i Drzewnictwa. Malinówka k/Ełku.
30. Myśliwiec E. 2004: Nasz rzepak nr I(4) 2004.
31. Odnowialne źródła energii jako element rozwoju lokalnego – przewodnik dla samorządów i inwestorów 2003. Europejskie Centrum Energetyki Odnowialnej, Warszawa.
32. Opracowanie ekofizjograficzne do planu zagospodarowania przestrzennego województwa pomorskiego, 2001: Praca zbior. pod red. J. Czocharńskiego, Pomorskie Studia Regionalne, Urząd Marszałkowski Województwa Pomorskiego, Gdańsk.
33. Orwińska L. 2004: Dziewięć lat doświadczenia z plantacji wierzby w Marzęcinie, Seminarium „Bioenergia w rolnictwie” opublikowany w: Czysta Energia, październik 2004.
34. Paczosa A. 2003: Zasoby energii odnowialnej w Polsce – regulacje prawne oraz możliwości dofinansowania inwestycji w tej dziedzinie. http://127.0.0.1:49152/lpAbc/lpext.dll/m_psbud/komentarz/prawoo_//zas_en_1.
35. Piechocki Ł. 2004: Biogazownie rolnicze – przykłady niemieckich instalacji. Seminarium „Bioenergia w rolnictwie” opublikowany w: Czysta Energia, październik 2004.
36. Program produkcji energii cieplnej w Gminie Kępice w oparciu o lokalne zasoby biomasy drzewnej. 2003. Urząd Miasta i Gminy w Kępicach.
37. Radtke K. 2004: Program rolnośrodowiskowy czyli dotacje dla gospodarstw chroniących środowisko. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
38. Rocznik statystyczny województwa pomorskiego 2003, Tom II, Urząd Statystyczny w Gdańsku.

39. Rolnictwo w województwie pomorskim. Roczniki z lat 2000, 2001, 2003. Urząd Statystyczny w Gdańsku.
40. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 14 lipca 1998 roku w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać oceny oddziaływania na środowisko inwestycji nie zaliczonych do inwestycji szczególnie szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzi albo mogących pogorszyć stan środowiska, obiektów oraz robót zmieniających stosunki wodne. DU Nr 93 poz. 590.
41. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 czerwca 2003.r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków i innych obiektów budowlanych i terenów. D.U. Nr 121, poz. 1138, par. 39.
42. Różański H., Jabłoński K. 2003: Baza i technologia pozyskiwania drewna energetycznego w Lasach Państwowych. Seminarium Badania właściwości i standaryzacji biopaliw stałych. EC BREC, Warszawa.
43. Różański H., Jabłoński K. 2003: Wykorzystanie zasobów drewna energetycznego w leśnictwie. Konferencja Możliwości wykorzystania biomasy na cele energetyczne. Malinówka k/Elku.
44. Rusakiewicz M. 2004: Energia. Ekologiczne ogrzewanie szansą dla ubogich regionów. Dziennik Bałtycki z dnia 29 kwietnia 2004 r.
45. Solińska U. 2002: Źródło biomasy – malwa pensylwańska, odmiana PETEMI <http://rcd.wroc.pl/RR/2002/>.
46. Stolarski M. 2001: Opłacalność produkcji wierzb krzewiastych w warunkach Żuław. Seminarium Bioenergia na rzecz rozwoju wsi z uwzględnieniem planowania przestrzennego i potrzeb regionalnego systemu informacji o terenie województwa warmińsko-mazurskiego, RCDRRiOW w Starym Polu.
47. Stolarski M. J. 2004: Wierzba i inne rośliny energetyczne źródłem biomasy. Konferencja Ekologiczne ogrzewanie. Biomasa. Kolektory słoneczne. Bałtycka Agencja Poszanowania Energii. Gdańsk.
48. Stolarski M. J.: 2004: Produktywność i pozyskiwanie biomasy wierzb energetycznej, Seminarium „Bioenergia w rolnictwie” opublikowany w: Czysta Energia, październik 2004.
49. Szczukowski s., Budny J.: 2003: Wierzba krzewiasta – roślina energetyczna, WODR w Olsztynie, Olsztyn.
50. Szczukowski S., Tworkowski J., Kwiatkowski J. 1998: Możliwości wykorzystania biomasy Salix sp. pozyskiwanej z gruntów ornych jako ekologicznego paliwa oraz surowca do produkcji celulozy i płyt wiórowych. Postępy Nauk Rolniczych Z.2.
51. Szczukowski S. 2001: Produktywność uprawy wierzb krzewiastej na gruntach rolniczych oraz możliwości jej uprawy na Żuławach. Seminarium Bioenergia na rzecz rozwoju wsi z uwzględnieniem planowania przestrzennego i potrzeb regionalnego systemu informacji o terenie województwa warmińsko-mazurskiego, Stare Pole
52. Szczukowski S., Tworkowski J. Stolarski M. J. 2004: Wierzba energetyczna, Plantpress Sp. z o.o. Kraków.
53. Turowski S. 2000; Wytwórnia biogazu źródłem taniej energii i ulepszzonego nawozu dla rolnictwa. Seminarium Energia przyjazna środowisku naturalnemu. Stare Pole.
54. Tymiński J. 1997: Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w Polsce do 2030 roku. IBMER Warszawa, s. 43, 130.
55. Ustawa z dnia 2 października 2003 r. o biokomponentach stosowanych w paliwach ciekłych i biopaliwach ciekłych (ze zmianami). Dz. U. Nr 199, poz. 1934.
56. Użytkowanie i jakość gruntów, powierzchnia zasiewów i zwierzęta gospodarskie. Opracowania statystyczne dla województw: bydgoskiego, elbląskiego, gdańskiego i słupskiego. Powszechny Spis Rolny 1996. Urząd Statystyczny w: Bydgoszczy, Elblągu, Gdańsku, Słupsku, 1997.
57. Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich w województwie pomorskim. Powszechny Spis Rolny 2002. Urząd Statystyczny w Gdańsku.
58. Warunki przyrodnicze produkcji rolnej. Opracowania dla województw: bydgoskiego, elbląskiego, gdańskiego i słupskiego. IUNG Puławy, 1982 -1987.
59. Wierzba energetyczna, [http:// memberk.chello.pl/w. Suchecki/](http://memberk.chello.pl/w. Suchecki/) /z dn.14.04.04/
60. Wykazy gruntów dla powiatów województwa pomorskiego. Stan na dzień 1.01.2004 r. Starostwa Powiatowe.
61. Wykaz gruntów dla województwa pomorskiego. Stan na dzień 1.01.2004 r. Urząd Marszałkowski w Gdańsku.
62. Wywiad z Prezesem Zarządu firmy Biotek Panem Piotrem Mańko, 2002. Strona internetowa www.biotek.pl.

63. Zowsik M., Oniszk-Popławska A. 2004: Potencjał techniczny produkcji biogazu rolniczego w Polsce oraz możliwości jego wykorzystania. Centrum Doskonałości Komisji Europejskiej w Zakresie Odnawialnych Źródeł Energii w Polsce. Europejskie Centrum Energii Odnawialnej EC BREC/IBMER Warszawa.